



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES
MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA,
CANTÓN LA MANÁ, 2023”**

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

Autoras

Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira

Parra Toro Mercy Fernanda

Tutor

Clavijo Cevallos Manuel Patricio

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira, con cédula de ciudadanía No. 0550067912, y Parra Toro Mercy Fernanda, con cédula de ciudadanía No. 0550222921 declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”**, siendo el Licenciado Ph.D Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Angely Yajaira Chanatasig Chicaiza
C.C: 0550067912
ESTUDIANTE



Mercy Fernanda Parra Toro
C.C: 0550222921
ESTUDIANTE

Latacunga, 12 de febrero del 2024

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 **CHANATASIG CHICAIZA ANGELY YAJAIRA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550067912** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 - Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Lic. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.

Tema: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”

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

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

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de febrero del 2024.



Angely Yajaira Chanatasig Chicaiza

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

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 **PARRA TORO MERCY FERNANDA**, identificada con cédula de ciudadanía **0550222921** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 - Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Lic. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.

Tema: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”

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

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

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de febrero del 2024.



Mercy Fernanda Parra Toro

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

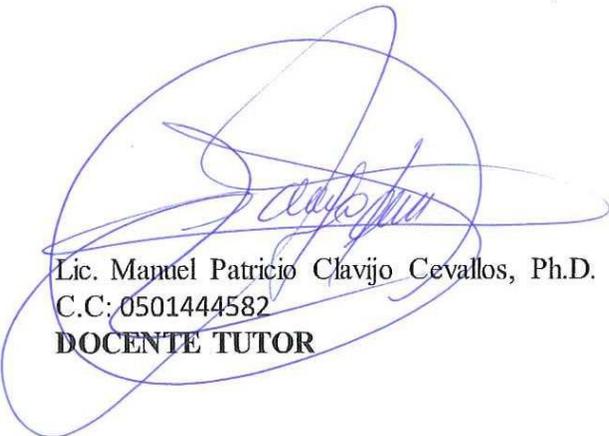
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

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

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”, de Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira y Parra Toro Mercy Fernanda, 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, 12 de febrero del 2024



Lic. Manuel Patricio Clavijo Cevallos, Ph.D.
C.C: 0501444582
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

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: Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira y Parra Toro Mercy Fernanda, con el título de Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 12 de febrero del 2024



Ing. José Andrade Valencia, Ph.D.
C.C: 0502524481
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Isaac Cajas Cayo, Mg.
C.C: 0502205164
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Jaime Lema Pillalaza, Mg.
C.C: 1713759932
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi madre y abuelos, por su apoyo y motivación para continuar mi desarrollo profesional. A toda mi familia por sus palabras de aliento y por desearme siempre lo mejor, por el apoyo moral en todo momento, que me ayudaron a seguir adelante en mi carrera.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de crecer y formarme como profesional, al Ph.D. Patricio Clavijo Cevallos, tutor del proyecto de grado, quién con su paciencia y conocimiento profesional supo guiarme hacia la culminación exitosa de esta investigación, potencializando en todo momento el desarrollo y la disciplina para enfrentar los retos a nivel profesional. A los miembros del tribunal de lectores por su tiempo y asesoría. También agradecer a mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado con un granito de arena en mi formación que ha sido fundamental. Por último, pero no menos importante, agradezco a todas las personas que, de una forma u otra, me brindaron su ayuda, consejos y ánimo a lo largo de esta investigación. Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y contribuciones de cada una de estas personas, y por ello les estoy eternamente agradecida.

Angely Yajaira Chanatasig Chicaiza

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud a Dios por haberme bendecido y permitirme alcanzar otra meta en mi vida. También agradezco a mi padre, quien ha sido mi principal motivación para seguir adelante, y a mi madre, quien siempre ha estado ahí para brindarme palabras de aliento en los momentos más difíciles y apoyarme en la consecución de mis sueños.

Agradezco a mis abuelos maternos por alegrarse con cada uno de mis logros, por confiar en mí desde el inicio de esta gran aventura. Agradezco también a mis hermanos, Danny, Paola y Xavier, por celebrar cada uno de mis éxitos por siempre darme amor y apoyo. A mi pequeño sobrino Matías, quien siempre me anima con sus risas y se enorgullece de tenerme como ejemplo a seguir.

No puedo dejar de mencionar a mi prestigiosa universidad, por abrirme las puertas y permitirme hacer realidad mis sueños. Agradezco a mis estimados profesores, quienes me han transmitido sus conocimientos científicos y sus experiencias laborales. A mi tutor del Ph.D Patricio Clavijo Cevallos, por guiarme en este proceso formativo.

También quiero expresar mi gratitud a una persona que se sumó a esta aventura y que siempre tuvo plena confianza en mi capacidad para lograrlo. Nunca perdió la fe en que alcanzaría mi objetivo de completar mis estudios.

Finalmente, quiero agradecer a mi grupo de amigos, quienes hicieron que esta aventura fuera bonita y divertida a lo largo de todo este tiempo. Un agradecimiento especial para ti, Claudia, por el cariño y el amor que me brindaste en los momentos de dolor y tristeza. Siempre tuviste palabras de aliento que lograban sacar una sonrisa de alegría en mí. Agradezco el tiempo que dedicaste para escucharme cuando te necesité, y nunca olvidaré el apoyo que me brindaste como amiga.

Mercy Fernanda Parra Toro

DEDICATORIA

Dedico a Dios por darme salud y vida para culminar con una etapa muy importante en mi vida profesional. Así como también a Cuatro seres extraordinarios que han sido mi fuente de inspiración, apoyo incondicional y amor inquebrantable a lo largo de toda mi vida: mi querida madre, mis adorados abuelos y mi amado novio.

A mi madre Blanca Chicaiza cuyo amor infinito y sacrificio desinteresado han sido el faro que ha iluminado mi camino en los momentos más oscuros. Por ser mi consejera, el pilar fundamental, que con su cariño y dedicación forjaron en mí, valores y responsabilidad, a luchar por mis sueños y nunca rendirme, que hicieron posible alcanzar una meta más en mi vida. Su presencia ha sido mi mayor fortaleza y su amor, mi refugio en cada desafío.

A mis abuelos, cuya sabiduría, bondad y generosidad han dejado una huella imborrable en mi corazón. Gracias por compartir conmigo sus historias, sus valores y su amor por el conocimiento. Su ejemplo de integridad, perseverancia y humildad ha sido mi guía constante a lo largo de este camino académico.

A mi novio Anderson Sanchez, tu amor, apoyo y comprensión han sido la luz que ha iluminado mi camino a lo largo de este viaje académico. Agradezco profundamente tu paciencia infinita, tus palabras de aliento y tu constante motivación, que han sido mi fuente de inspiración en cada paso de esta travesía. Este logro no solo es mío, sino también tuyo, porque has estado a mi lado en cada desafío y cada triunfo. Tu presencia ha hecho que este camino sea más significativo y hermoso.

A ustedes, les dedico este logro con todo mi cariño y gratitud. Su amor incondicional y su constante apoyo han hecho posible este sueño. Que este trabajo sea un modesto homenaje y un testimonio de mi profundo agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.

Angely Yajaira Chanatasig Chicaiza

DEDICATORIA

Quiero dedicar mi presente logro a Dios, quien ha colmado mi vida de salud y bendiciones, permitiéndome culminar esta importante meta. A mis amados padres, Luis y Olga, les agradezco de todo corazón por ser mis pilares inquebrantables y haber desempeñado roles fundamentales en mi camino hacia el éxito.

A ti, querido papi Luis, te agradezco por tu constante apoyo, tus sabios consejos y tu amor incondicional. Tú has sido mi fuerza inspiradora y mi guía en cada paso que he dado hacia esta meta. Tu ejemplo de perseverancia y determinación ha sido una fuente constante de motivación para superar cualquier obstáculo y llegar hasta donde estoy hoy.

Mi querida mamá Olga, tu amor incondicional y tu fe inquebrantable en mí han sido mi luz en los momentos más oscuros. Agradezco tu apoyo incondicional, tus palabras de aliento y tu presencia constante en mi vida. Eres mi inspiración y mi motivación más profunda para alcanzar mis sueños.

Y a ti, querido abuelito Serafín, aunque ya no te encuentres físicamente a mi lado, siento tu presencia y tu amor en cada paso que doy. Tus valores, sabiduría y el amor que me brindaste durante tu tiempo en la Tierra siempre serán una guía eterna. Serás mi ángel guardián y mi inspiración desde el cielo.

Este logro que hoy alcanzo es el resultado del amor, el sacrificio y la confianza que han depositado en mí. Les dedico este logro con todo mi corazón y les agradezco profundamente por su dedicación y apoyo incondicional. Mi éxito no sería posible sin ustedes y estoy eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

Con amor y gratitud infinita,

Mercy Fernanda Parra Toro

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”

Autoras:
Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira
Parra Toro Mercy Fernanda

RESUMEN

La expansión de la ganadería y la agricultura en las proximidades del río Quindigua ha generado una preocupación significativa sobre la calidad del agua, debido a la introducción de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos. El presente proyecto de investigación está dirigido a determinar la calidad de agua por bioindicadores en el río Quindigua, Parroquia de Guasaganda cantón la Maná. Para ello, se aplicaron metodologías que incluyeron el uso de la red subber y el método de patada para la identificación de macroinvertebrados, cuyos datos se emplearon para calcular índices biológicos como BMWP/col, Biológico Andino, ETP, Diversidad de Shannon-Weaver y Simpson. Estos índices permitieron evaluar la abundancia de especies, la composición de familias de macroinvertebrados y la sensibilidad individual de cada organismo, complementados con la recopilación de datos físico-químicos y microbiológicos en la zona de estudio. El muestreo se llevó a cabo en tres puntos a lo largo del río Quindigua: el puente Quindigua, el puente Guasaganda y el puente La Florida, durante los meses de noviembre y diciembre para abarcar las épocas de sequía y lluvia, con el propósito de comparar los resultados en ambos períodos. Se observó una disminución en la relación entre el caudal y la abundancia de organismos durante la sequía, lo que indicó una menor presencia de familias de macroinvertebrados. Los resultados mostraron que la calidad del agua fue crítica en el puente Quindigua, mala en el puente Guasaganda y regular en el puente La Florida, con 173 macroinvertebrados recolectados en total. Además, los análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en diciembre en el puente La Florida revelaron que las condiciones del oxígeno disuelto no cumplían con los estándares debido a la elevada presencia de materia orgánica. Los demás parámetros se evaluaron según la tabla 3 los Criterios de Calidad de Aguas para el Riego Agrícola del Tulsma Libro VI (Anexo 1, 2015). La aplicación del índice ICA corroboró la información de los bioindicadores, clasificando el punto uno como Pésimo, el punto dos de manera Regular y el punto tres a modo de Mala calidad. En conclusión, estos hallazgos resaltan la necesidad urgente de implementar medidas de gestión ambiental y regulación de actividades antropológicas para preservar y mejorar la calidad del agua en el río Quindigua, asegurando así la salud a largo plazo de este vital recurso hídrico.

Palabras clave:

Biodiversidad, Contaminación, Índices, Organismos, Sensibilidad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

**THEME: “DETERMINATION OF WATER QUALITY BY
MACROINVERTEBRATE BIOINDICATORS IN THE QUINDIGUA RIVER,
GUASAGANDA PARISH, CANTON LA MANA, 2023”**

Authors:

Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira
Parra Toro Mercy Fernanda

ABSTRACT

The expansion of livestock and agriculture in the vicinity of the Quindigua River has generated significant concern about water quality, due to the introduction of both organic and inorganic pollutants. The present research project is aimed at determining water quality by bioindicators in the Quindigua River, Guasaganda Parish, La Maná canton. For this purpose, methodologies were applied that included the use of the subber net and the kick method for the identification of macroinvertebrates, whose data were used to calculate biological indices such as BMWP/col, Andean Biological, ETP, Shannon-Weaver Diversity and Simpson's.

These indices allowed us to evaluate the abundance of macroinvertebrates in the Quindigua river. These indices made it possible to evaluate the abundance of species, the composition of macroinvertebrate families and the individual sensitivity of each organism, complemented with the collection of physical-chemical and microbiological data in the study area. Sampling was carried out at three points along the Quindigua River: Quindigua Bridge, Guasaganda Bridge and La Florida Bridge, during the months of November and December to cover the dry and rainy seasons, in order to compare the results in both periods. A decrease in the relationship between flow and abundance of organisms was observed during the drought, indicating a lower presence of macroinvertebrate families. The results showed that water quality was critical at Quindigua Bridge, poor at Guasaganda Bridge and fair at La Florida Bridge, with 173 macroinvertebrates collected in total. In addition, physicochemical and microbiological analyses conducted in December at La Florida Bridge revealed that dissolved oxygen conditions did not meet standards due to the high presence of organic matter. The other parameters were evaluated according to Table 3 the Tulsma Agricultural Irrigation Water Quality Criteria Book VI (Annex 1, 2015). The application of the ICA index corroborated the information from the bioindicators, classifying point one as Poor, point two as Fair and point three as Bad quality. In conclusion, these findings highlight the urgent need to implement environmental management measures and regulation of anthropological activities to preserve and improve water quality in the Quindigua River, thus ensuring the long-term health of this vital water resource.

Key words: Biodiversity, Contamination, Indices, Organisms, Sensitivity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
DEDICATORIAS	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xx
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1 General	4
5.2 Específicos.....	4
6. SISTEMATIZACIÓN DE OBJETIVOS	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. El Agua.....	7
7.2. Calidad de Agua.....	7
7.3. Contaminación del Agua	8
7.4. Contaminación Química.....	8
7.5. Bioindicadores (macroinvertebrados).....	9
7.5.1. Tipos de macroinvertebrados de acuerdo a la altitud.....	9
7.5.2. Taxonomía de los Macroinvertebrados en el ecosistema Acuáticos.....	10
7.5.3. Clasificación de los macroinvertebrados.....	11

7.6. Índices de calidad de agua por bioindicadores	13
7.6.1. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party/Col).....	13
7.6.2. Índice ETP (Ephemeroptera/ Plecoptera/ Trichoptera)	15
7.6.3. Índice Biológico Andino (ABI).....	16
7.6.4. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.....	18
7.6.5. Índice de Simpson.....	19
7.7. Determinación de la calidad del agua (ICA).....	20
7.8. Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos para la calidad del agua	21
7.8.1. Parámetros Físicos	21
7.8.2. Temperatura	22
7.8.3. Turbidez	22
7.8.4. Unidad de medida de la turbidez.....	22
7.8.5. Parámetros Químicos	22
7.8.6. Potencial de Hidrogeno (pH).....	22
7.8.7. Oxígeno Disuelto.....	23
7.8.8. Demanda Bioquímica del Oxígeno.....	23
7.8.9. Nitratos	23
7.8.10. Fosfato.....	24
7.8.11. Sólidos totales disueltos	24
7.8.12. Parámetros Microbiológicos.....	24
7.8.13. Coliformes fecales.....	24
8. Marco Legal	25
8.1. Constitución de la República del Ecuador.....	25
8.2. Código Orgánico Del Ambiente.....	25
8.3. Reglamento del Código Orgánico Ambiental	27
9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS	28
10. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS).....	29
10.1. Tipo de investigación.	29
10.1.1. Investigación cualitativa.....	29
10.1.2. Investigación Descriptiva	29
10.1.3. Investigación de campo.....	29

10.2. Métodos	29
10.2.1. Método Inductivo	29
10.2.2. Método cualitativo.....	30
10.3. Técnicas de investigación.....	30
10.3.1 Fase de Campo.	30
10.3.2. Muestreo de macroinvertebrados	31
10.4. Técnica de muestreo de macroinvertebrados en aguas poco profundas.....	31
10.4.1. Método de Patada.....	31
10.4.2. Red Surber.....	32
10.5 Fase de Laboratorio.	32
10.5.1. Monitoreo de macroinvertebrados.....	33
10.5.2. Materiales, equipos e instrumentos	33
10.5.3 Instrumentos	34
11. Fase de Gabinete	34
11.1. Técnica de recolección de muestras de agua para el análisis físico - Químicos y microbiológico.....	34
11.2. Utilización de la guía taxonómica para la identificación de macroinvertebrados	34
12. RESULTADOS	35
12.1. Descripción del Área de Estudio.....	35
12.2 Características Biofísicas	36
12.3 Características Climáticas	36
13. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	51
14. IMPACTOS (SOCIAL, AMBIENTAL O ECÓNOMICO).....	54
14.1. Impacto Social.....	54
14.2. Impacto Ambiental	54
14.3. Impacto Económico.....	54
15. CONCLUSIONES	55
16. RECOMENDACIONES	56
17. BIBLIOGRAFÍA.....	58
18. ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Beneficiarios del proyecto</i>	3
Tabla 2. <i>Sistematización de los objetivos</i>	4
Tabla 3. <i>Tipos de macroinvertebrados de acuerdo a la altitud</i>	10
Tabla 4. <i>Guía taxonómica de los Macroinvertebrados de los ríos</i>	10
Tabla 5. <i>Estructura de Macroinvertebrados</i>	12
Tabla 6. <i>Calificación de las Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Índice BMWP/Col</i>	14
Tabla 7. <i>Calidad biológica del agua –Índice BMWP/Col</i>	15
Tabla 8. <i>Valoración de la Calidad de Agua según método EPT</i>	16
Tabla 9. <i>Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la propuesta del Índice ABI</i>	17
Tabla 10. <i>Rangos de la calidad de agua Índice Biológico Andino (ABI)</i>	18
Tabla 11. <i>Clasificación de biodiversidad según el índice de Shannon – Weaver</i>	19
Tabla 12. <i>Clasificación del ICA</i>	21
Tabla 13. <i>Coordenadas geográficas del Río Quindigua en UTM</i>	31
Tabla 14. <i>Los materiales para el monitoreo de macroinvertebrados</i>	33
Tabla 15. <i>Resultados de la calidad de agua del primer muestreo en el Río Quindigua</i>	37
Tabla 16. <i>Tabla de resultados del muestreo dos, del mes de diciembre</i>	41
Tabla 17. <i>Resultados del laboratorio de los análisis físicos-químicos y microbiológicos</i>	45
Tabla 18. <i>Comparativa de los muestreos llevados a cabo en los meses de noviembre y diciembre</i>	48
Tabla 19. <i>Modelo de la guía taxonómica</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa de la zona de estudio.</i>	35
Figura 2. <i>Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar punto uno.</i>	39
Figura 3. <i>Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar en punto dos.</i> 39	
Figura 4. <i>Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar punto tres</i>	40
Figura 5. <i>Clasificación de los macroinvertebrados en segundo muestreo punto uno</i>	43
Figura 6. <i>Clasificación de macroinvertebrados segundo muestreo punto dos</i>	43
Figura 7. <i>Clasificación de macroinvertebrados segundo muestreo punto tres</i>	44
Figura 8. <i>Comparación de los resultados del ICA en cada punto de muestreo.</i>	47

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES EN EL RÍO QUINDIGUA, PARROQUIA GUASAGANDA, CANTÓN LA MANÁ, 2023”

Fecha de inicio: Agosto del 2023

Fecha de finalización: Finalización de Proyecto de Titulación II

Lugar de ejecución:

Parroquia Guasaganda, Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

Sostenibilidad ambiental

Equipo de Trabajo:

Tutor. - Dr. Patricio Manuel Clavijo Cevallos Ph.D.

Estudiantes.

Chanatasig Chicaiza Angely Yajaira.

Parra Toro Mercy Fernanda.

LECTOR 1. – Ph.D. José Andrade

LECTOR 2. - Mg. Issac Cajas

LECTOR 3. – Mg. Jaime Lema.

Área de Conocimiento:

Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis y conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sostenibilidad ambiental

Línea de vinculación de la carrera:

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

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La calidad del agua es un factor clave para el mantenimiento de los hábitats acuáticos y la salud humana, por ende, se ha convertido en un importante desafío ambiental. Los cuerpos de agua, como ríos y arroyos, son receptores de una variedad de fuentes de contaminación, incluidos desechos industriales, aguas residuales domésticas y agrícolas y productos químicos procedentes de actividades humanas. Esto puede tener un impacto directo en la biodiversidad acuática, lo que a su vez afecta la salud de los ecosistemas y las comunidades que dependen de ellos.

El río Quindigua es reconocido por su extenso paisaje agrícola y ganadero, es un valioso recurso natural y reserva de biodiversidad. La investigación sobre la calidad del agua en el lugar anteriormente mencionado, no sólo contribuye al crecimiento del conocimiento científico, sino que también proporciona información importante para la gestión y conservación de este entorno natural. Sin embargo, las amenazas ambientales sobre el río han aumentado debido a actividades humanas cercanas, como la agricultura, la ganadería y el turismo. Posibles cambios en la calidad del agua en esta área pueden afectar negativamente la integridad ecológica y la sostenibilidad.

La utilización de macroinvertebrados como bioindicadores permite una evaluación precisa y confiable de la salud del agua en el río, lo que a su vez respalda la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental y la conservación del recurso hídrico. Los macroinvertebrados son organismos sensibles a los cambios en la calidad del agua y su presencia, diversidad y abundancia pueden proporcionar información valiosa sobre las condiciones ambientales. El análisis de los macroinvertebrados en la zona de estudio, permitió determinar indicadores cuantitativos y cualitativos de la calidad del agua y el impacto potencial de las actividades humanas cercanas en los cuerpos de agua locales.

La presente investigación busca contribuir al conocimiento científico y a la toma de decisiones informadas sobre la gestión y conservación de los recursos acuáticos. Los resultados obtenidos son una base fundamental para la implementación de medidas de manejo y políticas de conservación que mitiguen los efectos negativos de las actividades humanas en la calidad del agua. Además, la metodología utilizada en este estudio podrá ser replicada en otras regiones similares, contribuyendo así a la comprensión global de los procesos ecológicos en los ecosistemas acuáticos y a la protección de la biodiversidad.

Es importante enfatizar la necesidad del desarrollo de procesos que vinculen a la universidad y el sector social como nuevos profesionales comprometidos con el progreso del país.

Ampliar aún más los conocimientos y habilidades a través de proyectos e iniciativas que promuevan y fortalezcan mecanismos de colaboración al servicio de la sociedad, resolviendo así problemas sociales, económicos y ambientales.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. *Beneficiarios del proyecto*

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
La población de la Parroquia de Guasaganda.		Población del cantón la Maná.	
Hombres:	2.225	Hombres:	21.420
Mujeres:	2.197	Mujeres:	20.796
Total:	4.422	Total:	42.216

Nota. La presente tabla muestra las cantidades de los beneficiarios desglosado en directos e indirectos y se clasifica en hombres y mujeres. **Fuente:** INEC, (2020)

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se realizó en el río Quindigua perteneciente a la Parroquia Guasaganda, este situado en la sierra centro del Ecuador se extiende sobre una vasta zona montañosa, incluyendo parte de la cordillera de los Andes. El agua es un recurso natural esencial para la vida en la tierra y desempeña un papel vital en la salud de los ecosistemas acuáticos y terrestres. La calidad del agua está constantemente amenazada por diversas actividades humanas y factores naturales, que pueden tener efectos devastadores en los sistemas acuáticos y la salud pública. En este contexto, es un área de gran relevancia ecológica y potencial importancia para el abastecimiento de agua a las comunidades aledañas. Por lo tanto, se enfoca en determinar la deforestación de flora nativa, la expansión de la agricultura y así también por el crecimiento poblacional.

A pesar de la importancia de la calidad del agua en el sector anteriormente mencionado no dispone de un estudio exhaustivo que evalúe la calidad del agua utilizando bioindicadores, en particular macroinvertebrados. Los mismos que son organismos sensibles a los cambios en la calidad del agua y aportaron información valiosa sobre la salud de los ecosistemas acuáticos.

Por lo tanto, existe la necesidad de abordar esta brecha de información y medir con precisión la calidad del agua en el área utilizando macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos. Esto permitió a las personas identificar y comprender posibles amenazas ambientales y tomar medidas efectivas para proteger y mejorar la calidad del agua en esta área, asegurando así la

sostenibilidad de los recursos hídricos y la protección de la biodiversidad en este importante ecosistema.

Para ello los análisis físico-químicos y microbiológicos permitió determinar la presencia y concentración de diferentes sustancias químicas en el agua, como metales pesados, nutrientes, compuestos orgánicos, pH y turbidez. Estos parámetros fueron evaluados por medio de un laboratorio y se pudo establecer la presencia de contaminantes que podrían representar un riesgo para la salud y el ambiente. Por consiguiente, el análisis microbiológico ayudo a detectar la presencia de microorganismos patógenos como bacterias, virus, protozoos, los cuales contaminan el agua y representar riesgos para la salud humana y la vida acuática, de manera que se logró identificar las fuentes de contaminación ya que es esencial para tomar medidas correctivas y prevenir la propagación de enfermedades transmitidas por el agua.

5. OBJETIVOS:

5.1 General

Determinar la calidad del agua por bioindicadores, en el río Quindigua, Parroquia Guasaganda, cantón la Maná.

5.2 Específicos

- Zonificar el área de estudio por medio de puntos georreferenciados.
- Evaluar la calidad del agua del río Quindigua mediante el análisis físico-químico y microbiológico, utilizando la diversidad de macroinvertebrados como bioindicadores.
- Elaborar un catálogo de la diversidad de macroinvertebrados encontrados en el muestreo de agua del río Quindigua.

6. SISTEMATIZACIÓN DE OBJETIVOS

Con respecto a los objetivos específicos planteados, se presenta las actividades, metodologías y los resultados para la realización de diversos procedimientos.

Tabla 2. *Sistematización de los objetivos*

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Delimitar el área establecida por medio de puntos georreferenciados.	Visita in-situ del área de estudio.	Reconocimiento del área de estudio.	Levantamiento de una línea base de la zona de estudio y

			factores de riesgo para el ecosistema acuático.
	Georreferenciación del área de estudio.	A través del uso de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS. Con el GPS, se logró adquirir las coordenadas geográficas, y mediante el software, se pudo crear el mapa correspondiente a la región de investigación.	Mapa de ubicación
	Recorrido a los bordes de río Quindigua para el reconocimiento de la flora.	Se realizó transectos lineales de 10 metros de longitud con una diferencia de 1 kilómetro para cada punto de muestreo, así como también recorridos libres.	Fotografías y reconocimiento de la zona de estudio.
Evaluar la calidad del agua del río Quindigua mediante el análisis físico-químico y microbiológico, utilizando la diversidad de macroinvertebrados como bioindicadores.	Trabajo de campo en cada uno de los puntos georreferenciados, para su debido muestreo	Preparar el equipo necesario, se debe contar con el equipo de bioseguridad para realizar la recopilación de datos en los puntos georreferenciados. Esto puede incluir dispositivos GPS, cámaras fotográficas, hojas de registro, entre otros.	
	Identificación y clasificación de macroinvertebrados en el laboratorio con la ayuda de una guía taxonómica.	Se recolectó la mayor cantidad posible de bioindicadores (macroinvertebrados) que posteriormente se identificó en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi y se clasificó según su taxonomía (orden, clase y familia).	Lista de macroinvertebrados.

	Toma de muestras de agua para análisis físico-químico y microbiológico.	Se tomó las muestras de agua en una botella ámbar de dos litros, para la debida conservación de las muestras se utilizó un cooler con hielo, para ser trasladadas a un laboratorio.	Análisis de agua. Resultados de la calidad del agua.
	Determinación de la calidad del agua.	Comparación de la calidad del agua del río a través del cálculo de los ICA.	
Elaborar un catálogo de la diversidad de macroinvertebrados encontrados en el muestreo de agua del río Quindigua.	Sistematización del listado de bioindicadores encontrados	Uso del sistema único de información de bioindicadores	Catálogo de bioindicadores
	Proposición de estrategias de mejora de la calidad del agua del río.	Análisis de datos encontrados.	Estrategias de cuidado ambiental del río.

Nota. – Al realizar cada una de las actividades mencionadas anteriormente, permitió obtener los resultados de investigación, Elaboración propia (2024).

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. El Agua

El agua es un recurso renovable de origen natural cumple un papel fundamental para el sustento de la vida humana y el resto de los seres vivos, es un elemento esencial para los ecosistemas (López, 2016). Sin embargo, las vertientes principales de dicho recurso natural se ven afectada por las actividades humanas, la escasa protección de las fuentes de agua y su deterioro gradual.

Recurso limitado y esencial para la vida y la salud, indispensable para vivir dignamente y es condición previa para la realización de otros derechos humanos, tanto en los países en desarrollo como en los países desarrollados (Lealesper, 2021). Más de 1.000 millones de personas carecen de un suministro suficiente de agua y varios miles de millones no tienen acceso a servicios adecuados de esta manera las poblaciones sufren consecuencias para la salud y el medio ambiente.

El agua es el elemento fundamental necesario para la existencia y supervivencia de todos los organismos vivos de la tierra, también es un elemento con múltiples usos, desde ser fuente de producción agrícola hasta materia prima para la generación de energía hidroeléctrica. Por ello es importante establecer regulaciones contra su uso.

7.2. Calidad de Agua

Se determina calidad de agua al análisis de las características físicas-químicas y microbiológicas de una muestra de agua mediante la evaluación de directrices de calidad o estándares. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos (Teneus & Jacome, 2018). En términos de su caracterización ecológica como en planificación y gestión hidrológica, ya que determina la idoneidad del agua para sostener los ecosistemas y satisfacer diversas necesidades. La calidad del agua puede verse alterada tanto por causas naturales como por factores externos. Cuando los factores externos que degradan la calidad natural del agua son ajenos al ciclo, hablamos de contaminación. La prevención, control y resolución de los problemas de contaminación del agua es uno de los objetivos que deben considerarse en cualquier política progresiva de gestión del agua (Morocho & Chunchu, 2019). Se refiere a la importancia de abordar los problemas de contaminación del agua como parte fundamental de cualquier política de gestión del agua. Enfatiza la necesidad de abordar los problemas de contaminación del agua de manera integral y progresiva

dentro de la gestión, haciendo hincapié en la importancia de incorporar esta consideración en las políticas relacionadas con el agua

Las cuencas fluviales tienden a ser áreas de alta presión antropogénica debido a condiciones de vida favorables, como suelos fértiles, agua de riego y transporte fluvial eficiente (Enfoque, 2019). En estas áreas, la calidad del agua superficial se ve afectada por actividades humanas como el desarrollo, la expansión urbana, las actividades industriales y agrícolas de diferente escala, la intensidad de las precipitaciones, la erosión y el transporte de sedimentos. Sin embargo, la degradación de los recursos hídricos es cada vez mayor, y una de las consecuencias más notorias es la creciente contaminación de los ecosistemas de agua dulce, limitando el uso del agua para el consumo, fines agrícolas y la vida acuática.

7.3. Contaminación del Agua

Según Organización Mundial de la Salud (2019). El agua contaminada se define como aquella cuya composición ha sido alterada de tal manera que no cumple con las condiciones necesarias para su uso previsto en su estado original. De manera similar, la contaminación se refiere a la perturbación de diversos ecosistemas en general. Al considerar la definición de la Organización Mundial de la Salud, la polución del agua puede entenderse como la modificación del estado natural del agua, lo que resulta en daños para los organismos que la habitan y aquellos que la consumen.

La contaminación del agua en los páramos es una preocupación creciente debido a la importancia crítica de estos ecosistemas de alta montaña para el suministro de agua dulce, tanto para las comunidades locales como para las regiones más bajas, puede tener graves consecuencias para la biodiversidad, la salud humana y la disponibilidad de recursos hídricos.

7.4. Contaminación Química

Esto puede incluir la contaminación por productos químicos agrícolas, como pesticidas y fertilizantes, que se lavan de los campos agrícolas y se infiltran en las corrientes de agua. También puede incluir la contaminación industrial, como la liberación de metales pesados y productos químicos tóxicos en las aguas de los páramos (Perugachi & Cachipundo, 2020). La contaminación del agua en los páramos es preocupante porque estos ecosistemas son críticos para la regulación del flujo de agua y la provisión. Se produce cuando sustancias nocivas (a menudo productos químicos o microorganismos) contaminan un arroyo, río, lago, océano, u otra masa de agua, reduciendo la calidad del agua y volviéndola tóxica para las personas o el medio ambiente.

Proporciona ejemplos claros de fuentes comunes de contaminación del agua, subrayando la necesidad de abordar la contaminación por productos químicos agrícolas y la contaminación industrial como parte de los esfuerzos de protección.

7.5. Bioindicadores (macroinvertebrados).

El uso de los macroinvertebrados acuáticos (especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo.

Un bioindicador es un organismo que contiene información sobre parte del ambiente que lo rodea, como mencionamos puede ser una especie (o grupo de especies) animal o vegetal que refleja el estado abiótico o biótico del ambiente, representando el impacto del ambiente en el hábitat, cambios ambientales en comunidades o ecosistemas, o para indicar diversidad en otras especies (Carrera, 2021). Los macroinvertebrados son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación del agua.

Constituyen un gran número de especies vegetales, hongos o animales, cuya presencia o estado en un ecosistema determinado ofrece información sobre ciertas características ecológicas de este o el posible impacto ambiental de ciertas prácticas sobre el mismo. Estos se utilizan principalmente para la evaluación de la calidad ambiental de los ecosistemas (Piña, 2020). Todos los bioindicadores deben realizar una serie de posiciones para la cual se toma en cuenta la dispersión y volumen.

7.5.1. Tipos de macroinvertebrados de acuerdo a la altitud.

Los macroinvertebrados pueden encontrarse en una amplia variedad de hábitats acuáticos, incluyendo ríos, arroyos, lagos y estanques, y su distribución puede variar según la altitud, esto puede influir en la composición de las comunidades de debido a las diferencias en la temperatura, la disponibilidad de oxígeno y otros factores ambientales (Moya, Gibón, Oberdorff, Rosales, & Domínguez, 2019).

Por lo tanto, en la Tabla 3, se puede observar la composición específica de las comunidades que puede variar en diferentes cuerpos de agua a lo largo de un gradiente de altitud. Además, estos organismos son indicadores importantes de la calidad del agua y se utilizan en estudios de biomonitorización para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos.

Tabla 3. *Tipos de macroinvertebrados de acuerdo a la altitud.*

Macroinvertebrados de aguas bajas y cálidas (baja altitud):	Macroinvertebrados de zonas intermedias (altitudes medias):	Macroinvertebrados de aguas frías y de montaña (altas altitudes):
Mosquitos (larvas).	Varias especies de efemerópteros, tricópteros y plecópteros adaptados a condiciones intermedias de temperatura y oxígeno. Es importante tener en cuenta que la distribución de los macroinvertebrados también puede estar influenciada por otros factores locales, como la calidad del agua, la disponibilidad de alimentos y la presencia de depredadores.	Tricópteros (caddisflies).
Libélulas (ninfas).		Plecópteros (stoneflies).
Escarabajos acuáticos.		Efemerópteros (mayflies).
Cangrejos de río.		Dípteros no simúlidos (black flies).
Caracoles de agua dulce.		Gasterópodos de agua dulce adaptados al frío.

Nota: Grupos funcionales de macroinvertebrados de acuerdo a altitud. **Fuente:** (Moya, Gibón, Oberdorff, Rosales, & Domínguez, 2019).

7.5.2. Taxonomía de los Macroinvertebrados en el ecosistema Acuáticos.

Los macroinvertebrados son componentes fundamentales de los ecosistemas acuáticos y desempeñan papeles importantes en la estructura y función de estos hábitats. Su diversidad, abundancia y composición proporcionan información valiosa sobre la calidad del agua y la salud de los ecosistemas (Hanson, Monika, & Alfonso, 2020) . De esta en la tabla 4, muestra la clasificación e identificación de los macroinvertebrados con el orden, familia y taxonomía de dichos organismos acuáticos, que provienen de un sufijo “macro” porque se pueden ver fácilmente a simple vista o con equipos de ampliación moderada. También se puede definir que son organismos sin columna vertebral, visibles con ayuda de una lupa, y que habitan en hábitats como ríos, arroyos, lagos, estanques y otros cuerpos de agua.

Tabla 4. *Guía taxonómica de los Macroinvertebrados de los ríos.*

Orden	Familia	Taxonomía
Tricladida	Girardia	<i>Girardia</i>
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	<i>Hellobdelastagnalis</i>
Amphipoda	Sphaeriidae	<i>Sphaerum forbesi</i>
Acarina	Eremidae	<i>Hydrozetes</i>
Coleoptera	Dytiscidae	<i>Linnaeus</i>

Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Oxyethira</i>
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Metioceumus</i>
	Chironomidae	<i>Pseudosmitia</i>
	Orthocaldiinae	
	Chironominae	

Nota: Guía del orden, familia y la taxonomía que conforman cada uno de los macroinvertebrados.

Fuente: (Pérez, 2016)

Los estudios taxonómicos de macroinvertebrados acuáticos son cruciales para la evaluación de la calidad del agua, ya que grupos específicos exhiben diferentes niveles de contaminación o alteración de los ecosistemas acuáticos. Por ejemplo, ciertos macroinvertebrados son sensibles a la contaminación, mientras que otros pueden tolerar condiciones adversas. Por tanto, analizando la composición y abundancia de estos organismos se pueden sacar conclusiones sobre la salud y estado del ecosistema acuático en cuestión.

7.5.3. Clasificación de los macroinvertebrados.

Los macroinvertebrados son organismos acuáticos que carecen de columna vertebral y son lo suficientemente grandes como para ser visibles a simple vista sin la necesidad de un microscopio. Estos organismos son importantes indicadores de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia, abundancia y diversidad pueden proporcionar información valiosa sobre la salud de un cuerpo de agua (Rodríguez, Espiá, & Turizo, 2023). La clasificación de los macroinvertebrados se basa en grupos taxonómicos.

- **Artrópodos:** Este grupo incluye una amplia variedad de macroinvertebrados acuáticos, como insectos, crustáceos y arácnidos. Algunos ejemplos comunes incluyen larvas de mosquitos, larvas de libélulas, larvas de efímeras, camarones de agua dulce y cangrejos de río.
- **Moluscos:** Los moluscos acuáticos son otro grupo importante de macroinvertebrados. Ejemplos incluyen caracoles de agua dulce y mejillones de río.
- **Anélidos:** Los anélidos acuáticos son gusanos segmentados que viven en el agua. Algunos ejemplos son las sanguijuelas y las larvas de ciertas moscas.
- **Equinodermos:** Aunque menos comunes en ambientes acuáticos dulces, algunas especies de erizos de agua dulce pueden encontrarse en ríos y arroyos.

- **Cordados:** En este grupo se incluyen los vertebrados acuáticos, como los peces, aunque a menudo se consideran macroinvertebrados debido a su tamaño cuando son jóvenes. Los alevines de peces, por ejemplo, pueden ser importantes indicadores de la calidad del agua.
- **Otros:** Además de los grupos mencionados anteriormente, hay otros macroinvertebrados menos comunes, pero igualmente importantes, como los anfibios en su fase de larva (renacuajos) y los hirudíneos (sanguijuelas).

Cada uno de estos grupos de macroinvertebrados puede subdividirse en varias especies y se utilizan en estudios de calidad del agua y evaluaciones de ecosistemas acuáticos para evaluar la salud del ecosistema y la calidad del agua. La presencia y abundancia de ciertas especies pueden indicar la presencia de contaminantes o alteraciones en el hábitat, lo que hace que los macroinvertebrados sean valiosos indicadores biológicos en la gestión de recursos acuáticos. En la tabla 5, se detalla la estructura de los macroinvertebrados puede variar ampliamente dependiendo de la especie y en el ecosistema que se encuentran estos individuos:

Tabla 5. *Estructura de Macroinvertebrados.*

Estructura de los macroinvertebrados	
Exoesqueleto	Suelen tener un exoesqueleto o caparazón externo que proporciona soporte y protección al cuerpo.
Segmentación	Está compuesto por una serie de segmentos que pueden estar fusionados o divididos. Esta segmentación les proporciona flexibilidad y movilidad.
Apéndices	Estos apéndices pueden incluir patas, antenas, mandíbulas, pinzas y estructuras similares.
Sistema de alimentación	La estructura de la boca y las mandíbulas de los macroinvertebrados varía según la especie y su dieta. Algunos son filtradores, otros son depredadores y otros son descomponedores, por lo que su sistema de alimentación se adapta a sus necesidades.
Respiración	Pueden respirar de diversas maneras, incluyendo branquias, tráqueas, espiráculos u otros mecanismos adaptados para obtener oxígeno del agua.
Reproducción	La reproducción de los macroinvertebrados puede ser sexual o asexual.
Tamaño y forma	La estructura de los macroinvertebrados puede variar en tamaño desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros de longitud. Su forma puede ser muy diversa, desde plana y ovalada hasta alargada y cilíndrica, dependiendo de la especie.

Nota: Estructura de los macroinvertebrados. **Fuente:** (Molina, François, Pinto, & Rosales, 2023)

Es importante destacar que los macroinvertebrados acuáticos son extremadamente diversos, y existen miles de especies diferentes en todo el mundo, cada una con sus propias adaptaciones estructurales específicas para su hábitat y estilo de vida. Su presencia y abundancia en un ecosistema acuático pueden proporcionar información valiosa sobre la calidad del agua y la salud del ecosistema.

7.6. Índices de calidad de agua por bioindicadores.

Los bioindicadores de calidad del agua son herramientas utilizadas para evaluar la calidad del agua como ríos, lagos, arroyos y estanques utilizando organismos vivos como bioindicadores. Estos bioindicadores, también conocidos como indicadores, son organismos sensibles a los cambios en la calidad del agua y pueden proporcionar información valiosa sobre la salud y las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos (Pérez, 2020). El principio detrás del índice de calidad del agua como indicador biológico es que ciertos organismos acuáticos como insectos, tienen requisitos específicos de calidad del agua y son sensibles a la contaminación y las perturbaciones ambientales (Gamboa, 2019). Monitorear la abundancia de estos organismos en cuerpos de agua puede proporcionar a los científicos y administradores ambientales información sobre la calidad del agua

7.6.1. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party/Col)

Denominado Análisis de Sensibilidad; Según Roldan (2019), el índice BMWP debido a su versatilidad “es muy útil para la gestión de la calidad del agua”; una vez sea adaptado y modificado para un cuerpo determinado de agua lotico ya que ayuda a realizar una evaluación rápida y acertada , esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos, es reconocido como un método sencillo y rápido para la estimación de la calidad del agua, utilizando los macro invertebrados como bioindicadores para esta estimación.

Para Naranjo, Gonzales & Garces (2020), el método solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos recopilados son cualitativos (presencia o ausencia) el valor que se da va de 1 a 10 dependiendo de la tolerancia que tengan los diferentes grupos de familias a la contaminación orgánica, siendo menos sensibles las menores puntuaciones y más sensibles los de mayor puntuación.

Además, Arango (2019), menciona que el índice BMWP se fundamenta en la presencia de familias sensibles o tolerantes a la contaminación del agua, para calcularlo se suman los puntos asignados a cada familia según su tolerancia, las puntuaciones altas significan alta sensibilidad a perturbaciones en la calidad del agua, y bajas, lo contrario.

Según Gómez (2019) el método solo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos recopilados son cualitativos (presencia o ausencia). Los valores asignados que varían de 1 a 10 en función de la tolerancia que las diversas familias tienen a la contaminación orgánica. Las puntuaciones más bajas corresponden a las familias menos sensibles, mientras que las puntuaciones más altas se otorgan a aquellas más susceptibles a la contaminación. Las familias particularmente sensibles, como Perlidae y Oligoneuriidae, reciben una calificación de 10. Por otro lado, las familias más resistentes a la contaminación, como Tubificidae, reciben una puntuación igual a la suma de todas las puntuaciones de las familias, lo que proporciona el puntaje total BMWP.

Tabla 6. *Calificación de las Familias de Macroinvertebrados Acuáticos para el Índice BMWP/Col.*

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	8
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Lymnaeidae, Libellulidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	7
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae. Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Glossiphoniidae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Cyclobdellidae Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2

Tubificidae.	1
--------------	---

Nota: Valor de la tolerancia de diferentes grupos de contaminación. **Fuente:** (Roldán, 2019).

En la Tabla 6, exhibe las categorías de calidad del agua según el índice BMWP/Col, las cuales se determinan al agregar las puntuaciones de las familias identificadas. La clasificación de las clases de agua se realiza en función de la puntuación obtenida.

Para realizar el cálculo del Índice BMWP/Col, se obtiene la siguiente fórmula:

$$\text{BMWP/Col} = \Sigma (\text{Ci} \times \text{Ni}) / \Sigma \text{Ni}.$$

Donde:

Ci: Puntuación asignada a cada taxón de macroinvertebrado acuático presente en el cuerpo de agua. Estas puntuaciones son proporcionadas en una tabla de referencia que asigna valores según la tolerancia de los diferentes taxones a la contaminación y degradación del agua.

Ni: Número de individuos de cada taxón encontrado en el cuerpo de agua.

En la tabla 7, se describe la evaluación rápida y precisa del índice biológico BMWP/col que se basa en mediciones de sensibilidad, lo que lo hace muy útil en la gestión de la calidad del agua cuando se aplica y ajusta a un cuerpo de agua específico, está basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macro invertebrados acuáticos.

Tabla 7. Calidad biológica del agua –Índice BMWP/Col.

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

Nota: Clases de calidad de agua **Fuente:** (Samboni Ruiz, 2020).

7.6.2. Índice ETP (Ephemeroptera/ Plecoptera/ Trichoptera)

Se utiliza en estudios ecológicos para evaluar la calidad del agua, determinar la salud de los ecosistemas acuáticos y proporcionar información para la toma de decisiones en la gestión y conservación de los recursos hídricos. Su presencia y diversidad indican una buena calidad del

agua, mientras que su ausencia o reducción en la diversidad puede señalar problemas ambientales como la contaminación y degradación del hábitat (Leaño & Pérez, 2020) .

Para realizar el cálculo, se utiliza la división del número de EPT encontrados en la muestra entre el total de macroinvertebrados.

$$\text{EPT} = (\text{NEPT}/\text{N}) * 100$$

Dónde:

IEPT = índice EPT

NEPT = Número total de individuos EPT en la muestra

N = Número total de individuos en la muestra

Por lo tanto, la tabla 8, categoriza los cuerpos de agua en cuatro niveles de calidad, con porcentajes que abarcan desde baja (0%-24%) hasta excelente (75%-100%).

Tabla 8. Valoración de la Calidad de Agua según método EPT.

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del agua
1	75 – 100	Muy buena
2	50 – 74	Buena
3	25 – 49	Regular
4	0 – 24	Mala

Nota: Evaluación de la calidad del agua utilizando el método EPT. **Fuente:** (Céspedes, 2020)

7.6.3. Índice Biológico Andino (ABI)

Según Meneses, (2019), menciona que “Es un índice biológico cualitativo utilizado en estudios de impacto ambiental y ecológico; el índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos alto andinos por encima de los 2000 msnm, ya que alberga macroinvertebrados bentónicos en la zona Lista de claves taxonómicas para animales.

Para aplicar el índice, el muestreo debe realizarse en diferentes hábitats en estado silvestre. No se recomienda utilizar datos de un solo tipo de hábitat ya que el objetivo es lograr representatividad de toda el área de estudio y el muestreo debe continuar hasta que se descubran nuevas familias. El ABI asigna a cada familia un valor de sensibilidad a la contaminación del 1 al 10 de modo que cuando se encuentre un número específico de familias, el valor final del índice aplicado será la suma de los valores de sensibilidad

$$\text{ABI} = (10 - \text{Puntuación Normalizada}) * 10$$

Esta fórmula convierte la puntuación normalizada en un valor de ABI, donde un valor más alto indica una mejor calidad del agua.

Tabla 9. Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos según la propuesta del Índice ABI.

ORDEN	FAMILIA	PTO.	ORDEN	FAMILIA	PTO.
Tricladida	Planariidae	5		Helicopsychidae	10
				Calamoceratidae	10
				Odontoceridae	10
				Leptoceridae	8
				Polycentropodidae	8
Hirudinea	-	3		Hydroptilidae	6
Oligochaeta	-	1		Xiphocentronidae	8
Bivalvia	Sphaeriidae	3	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
Amphipoda	Hyaellidae	6		Glossosomatidae	7
Ostracoda	-	3		Hydropsychidae	5
Hydracarina	-	4		Anomalopsychidae	10
Ephemeroptera	Baetidae	4		Philopotamidae	8
				Limnephilidae	7
	Blepharoceridae	10		Ptilodactilidae	5
	Simuliidae	5		Lampyridae	5
	Tabanidae	4		Psephenidae	5
	Tipulidae	5		Scirtidae	5
	Limoniidae	4		Staphylinidae	3
	Ceratopogonidae	4		Elmidae	5
	e Dixidae	4		Dryopidae	5
	Psychopodidae	3		Gyrinidae	3
	Dolichopodidae	4		Dytiscidae	3
	Stratiomyidae	4	Coleoptera	Hydrophilidae	3
	Empididae	4		Hydraenidae	5
	Chironomidae	2		Veliidae	5
Díptera	Culicidae	2		Gerridae	5
	Muscidae	2		Corixidae	5
	Ephydriidae	2		Notonectidae	5
	Athericidae	10		Belostomatidae	4
	Syrphidae	1		Naucoridae	5
	Perlidae	10			
Plecoptera	Gripopterygidae	10	Heteróptera		

	Ancylidae	6			
	Physidae	3			
Gastropoda	Hydrobiidae	3	Lepidoptera	Pyralidae	4
	Lymnaeidae	3			
	Planorbidae	3			

Nota: En la presente tabla se puede evidenciar las órdenes y familias de macro invertebrados su puntaje va de 1 a 10 según el grado de tolerancia a la contaminación. **Fuente:** (Carrera, 2016)

En la tabla 9, está relacionada con la recolección de macroinvertebrados, una vez analizadas las muestras en el laboratorio y registradas en matrices de identificación por taxonomías Orden, Familia y número de individuos encontrados en la muestra, se obtendrá la sensibilidad total de cada punto de monitoreo que al ser comparadas con la escala ABI generó una puntuación final categorizada en 5 niveles para calidad de agua: Muy buena, buena, regular, mala, pésima.

Tabla 10. Rangos de la calidad de agua Índice Biológico Andino (ABI).

Tabla 10 Calidad de agua	Valores de evaluación
Muy buena	96
Buena	59-96
Regular	35-58
Mala	14-34
Pésimo	<14

Nota: Evaluación de la calidad del agua utilizando el índice ABI. **Fuente:** (Meneses & Castro ., 2019).

En la tabla 10, se muestra los niveles de evaluación del Índice Biológico Andino (ABI), los mismos que van desde la calidad de agua muy buena hasta el último nivel pésimo, con esto se puede determinar en qué estado se encuentra el sistema hídrico.

7.6.4. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener.

El índice de Shannon, de Shannon-Weaver o de Shannon-Wiener que se usa para medir la biodiversidad específica. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de especies (Flores, 2019). No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes de coral, y los menores las zonas desérticas.

La ventaja de un índice de este tipo es que no es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:

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

Donde:

S= número de especies (riqueza de especies)

p_i = proporción de individuos de la especie

i = respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i) n_i / N

n_i = número de individuos de la especie i

N= el número de todos los individuos de todas las especies

Este indicador se utiliza para cuantificar una biodiversidad específica, se representa con la letra "H'", su valor varía entre números positivos, normalmente entre 2, 3 y 4. Este indicador es uno de los más conocidos para medir la biodiversidad.

Tabla 11. Clasificación de biodiversidad según el índice de Shannon – Weaver.

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

Nota: Evaluación de la calidad del agua, mediante el índice de Shannon- Weaver. **Fuente:** (Pérez. & Méndez, 2021).

Mediante la tabla 11, se muestra la clasificación y evaluación del Índice de Shannon- Weaver, el mismo que es utilizado para calcular la flora que se encuentra en los tres puntos de muestreo, de esta manera el análisis de este índice empieza desde un nivel alto y finaliza en una calificación baja.

7.6.5. Índice de Simpson.

El índice de Simpson es utilizado para medir la riqueza de organismos donde la dominancia de la diversidad, representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie (López, López, & Fragilde, 2017). Es una medida utilizada en la ecología para

la evaluación de los ecosistemas acuáticos, donde la dominancia de especies puede ser cuantificada dentro de un hábitat determinada.

Varía inversamente con la heterogeneidad por los valores del índice decrecen o aumentan según aumente o decrezca la diversidad (Soler, 2020). Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total.

$$D = \frac{\sum^n(n - 1)}{N(N - 1)}$$

D= índice de Simpson.

n = número total de organismos de una especie.

N = número total de organismos de todas las especies.

El valor de la D de Simpson varía de 0 a 1, con 0 representando diversidad infinita y 1 representando ninguna diversidad, por lo que cuanto mayor sea el valor de D, menor es la diversidad. Por esta razón, el índice de Simpson suele expresarse como su inverso (1/ D) o su complemento (1-D) que también se conoce como el índice Gini-Simpson (Kiernan, 2020).

De esta manera el índice, será representado mediante graficas que muestren el desarrollo de abundancia y riqueza de los individuos que existan en los sistemas acuáticos.

7.7. Determinación de la calidad del agua (ICA).

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es una herramienta utilizada para evaluar y resumir la calidad general del agua de un cuerpo específico. Este índice se basa en la medición y evaluación de diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos del agua para determinar su estado y clasificarlo en función de ciertos estándares predefinidos (Caho & López, 2017). La intención es proporcionar una medida comprensible y fácil de interpretar en un contexto determinado. Se eligen los parámetros a medir, que pueden incluir aspectos como la concentración de oxígeno disuelto, pH, nutrientes (nitrógeno y fósforo), sólidos suspendidos, metales pesados y otros contaminantes relevantes. Los valores medidos para cada parámetro se comparan con los valores de referencia y se normalizan en una escala común, generalmente de 0 a 100, donde 0 representa la peor calidad y 100 la mejor calidad.

Para calcular el ICA de cada parámetro se multiplica su valor normalizado por el peso asignado y sumando los resultados para todos los parámetros:

El cálculo del ICA se realiza aplicando la ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

ICA: Índice de calidad de agua global.

I_i : Índice de calidad para el parámetro i .

W_i : Coeficiente de ponderación del parámetro i .

n: Número total de parámetros.

La interpretación de la tabla 12, indica el valor del ICA en una escala establecida para clasificar la calidad del agua, de un ecosistema acuático.

Tabla 12. Clasificación del ICA.

Calidad de agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota: Identificación de color mediante el tipo de calidad de agua, los valores van 0 – 100 que puede ser pésima a excelente. **Fuente:** (Caho & López, 2021).

7.8. Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos para la calidad del agua.

7.8.1. Parámetros Físicos

El agua es una sustancia vital para la vida en la Tierra y tiene una serie de parámetros físicos importantes que describen sus propiedades y comportamiento en diversas condiciones. Como es la temperatura del agua puede influir en la solubilidad de diferentes sustancias y en la vida acuática. La turbidez mide la claridad del agua y puede indicar la presencia de partículas suspendidas. La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica y está relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. El pH indica la acidez o alcalinidad del agua y puede afectar la disponibilidad de nutrientes y la toxicidad de ciertas sustancias. El oxígeno disuelto es esencial para la vida acuática, y su concentración puede variar según la temperatura y la presión (Martinez, 2017).

7.8.2. Temperatura.

La temperatura del agua juega un papel fundamental en la ejecución de diferentes procesos que tienen lugar en ella. Un incremento en la temperatura tiene un efecto significativo en la capacidad de disolución de las sustancias, lo que implica un aumento en la cantidad de sólidos disueltos y una reducción en la concentración de gases presentes en el agua (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2019). La temperatura del agua en los ríos es importante para la vida acuática, ya que influye en la disponibilidad de oxígeno disuelto y en la actividad de los organismos acuáticos. Cambios extremos en la temperatura del agua pueden afectar negativamente a la flora y fauna de los ríos. En resumen, el agua de los ríos es un parámetro crítico y su variabilidad depende de diversos factores ambientales y estacionales en una región específica.

7.8.3. Turbidez.

La turbidez del agua en los ríos se refiere a la cantidad de partículas sólidas en suspensión que están presentes en el agua y que hacen que esta se vea opaca o turbia. Estas partículas pueden ser sedimentos, arcilla, materia orgánica, microorganismos u otras sustancias suspendidas en el agua.

7.8.4. Unidad de medida de la turbidez.

La turbidez se evalúa habitualmente mediante la utilización de unidad de nefelómetros o unidades de turbidez nefelométrica, conocidas como NTU. El control de los niveles de turbidez en los ríos reviste una relevancia significativa en la preservación de la salud de los ecosistemas acuáticos, así como en la provisión de agua potable de alta calidad.

7.8.5. Parámetros Químicos

Los metales pesados como el plomo, el mercurio y el cadmio pueden ser tóxicos para los seres humanos y la vida acuática. Los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo pueden provocar la proliferación de algas y la eutrofización de cuerpos de agua. Estos incluyen compuestos químicos orgánicos como pesticidas, herbicidas y contaminantes industriales (Guzmán, Mayorga, & Mejía, 2020). Estos son compuestos químicos que pueden tener efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente, como los productos farmacéuticos y productos químicos utilizados en la industria.

7.8.6. Potencial de Hidrogeno (pH).

El pH es una medida que indica si el agua es ácida o alcalina, y se determina por la concentración de iones de hidrógeno en la solución. La escala del pH, que va de 0 a 14, es logarítmica, donde un pH de 7 es neutro (igual concentración de iones de hidrógeno y iones de

hidróxido), valores menores indican acidez, y valores mayores indican alcalinidad (Vera, 2020). Cada unidad de cambio en el pH representa un cambio de diez veces en la concentración de iones de hidrógeno. Monitorear el pH es esencial en la gestión del agua debido a su influencia en diversos procesos biológicos y químicos.

7.8.7. Oxígeno Disuelto.

La concentración de oxígeno disuelto (OD) se refiere a la cantidad de oxígeno gaseoso presente en forma disuelta en el agua (Orozco, Flores, Alvarado, & Ruiz, 2019). La presencia de oxígeno libre es esencial para sustentar la vida de peces, plantas, algas y diversos organismos acuáticos. Por esta razón, ha sido tradicionalmente reconocido como un indicador crucial de la capacidad de un río para mantener la vida acuática.

7.8.8. Demanda Bioquímica del Oxígeno.

La técnica de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno) evalúa la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos unicelulares, como las bacterias. Este método se emplea para identificar niveles de contaminación, y su principal limitación reside en el tiempo requerido para obtener resultados, que aproximadamente se extiende a lo largo de 5 días (Larrea, Beatri, Lugo, & Rojas, 2021). Desempeña un papel crucial en el tratamiento del agua. Cuando las aguas residuales son liberadas en el entorno, pueden introducir contaminantes en forma de material orgánico en los cuerpos receptores de agua. Concentraciones elevadas de compuestos orgánicos pueden agotar los niveles de oxígeno disuelto en el agua, dando lugar a consecuencias negativas tanto ambientales como regulatorias.

7.8.9. Nitratos.

Los nitratos son sustancias químicas que incluyen átomos de nitrógeno y oxígeno, cuya fórmula es NO_3 . Representan una forma oxigenada del nitrógeno y se encuentran con frecuencia en la naturaleza, especialmente en el suelo y en el agua. Juegan un papel crucial para el desarrollo de las plantas al proporcionar una fuente esencial de nitrógeno, un nutriente fundamental para su crecimiento (Molina, Hernández, Gómez, & Cañizares, 2019). En la gestión ambiental y del agua, se monitorean y regulan los niveles de nitratos para garantizar que no alcancen niveles perjudiciales para los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

7.8.10. Fosfato.

Los iones de fosfato generalmente actúan como nutrientes para el crecimiento de algas (Bolaños, 2022). Una alta concentración de fosfato (PO_4^-) provoca un crecimiento excesivo de algas, lo que en última instancia afecta la cantidad de oxígeno en el agua, provocando un crecimiento descontrolado de algas, así como también la materia orgánica viva. La descomposición conduce finalmente a un proceso adecuado de eutrofización.

7.8.11. Sólidos totales disueltos.

Los sólidos totales disueltos (STD) representan la cantidad total de sustancias sólidas que se encuentran en forma disuelta en una muestra de agua. Estos sólidos abarcan sales, minerales, iones y partículas diminutas que están presentes en el agua en estado disuelto (Martinez, 2017). La evaluación de la concentración de sólidos totales disueltos es crucial para determinar la calidad del agua, ya que concentraciones elevadas pueden señalar la existencia de contaminantes en el cuerpo de agua.

7.8.12. Parámetros Microbiológicos

Contaminación bacteriana se miden los niveles de bacterias coliformes y *Escherichia coli* (*E. coli*) para evaluar la contaminación fecal y el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua. Concentración de microorganismos patógenos se pueden buscar microorganismos patógenos específicos, como *Salmonella* y *Giardia*, para evaluar la seguridad del agua potable. Los colifagos son virus que infectan a las bacterias coliformes y pueden servir como indicadores de la calidad microbiológica del agua (Vallejo, 2019).

7.8.13. Coliformes fecales.

Los Coliformes fecales, también conocidos como coliformes termorresistentes, pueden resistir temperaturas de hasta 45°C . Estos microorganismos forman parte del grupo de los coliformes totales, pero se distinguen por ser positivos. Son indicadores más fiables de la higiene en alimentos y agua, ya que su presencia señala contaminación fecal de origen humano o animal, así como la presencia de desechos en descomposición y aguas negras (Fábrega, 2022). La mayoría de ellos pertenecen a la especie *E. coli* y se encuentran en mayor concentración en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

8. Marco Legal.

8.1. Constitución de la República del Ecuador.

Título II Derechos / Capítulo Segundo Derechos del Buen Vivir / Sección Primera Agua y Alimentación

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 (Const., 2008, art. 12).

Título II Derechos / Capítulo segundo Derechos del buen vivir / Sección segunda Ambiente sano

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 (Const., 2008, art. 14).

Título VI Régimen De Desarrollo / Capítulo primero / Principios generales

Art. 276.- numeral 4, establece que uno de los objetivos del régimen de desarrollo será recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Const., 2008, art. 276).

Título VII Régimen del Buen Vivir / Capítulo segundo / Biodiversidad y recursos naturales / Sección Sexta Agua

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 (Const.,2008, art. 411).

8.2. Código Orgánico Del Ambiente.

Título II Institucionalidad y Articulación de los Niveles de Gobierno en el Sistema Nacional Descentralizado De Gestión Ambiental / Capítulo II. De las facultades ambientales de los gobiernos autónomos descentralizado.

Art. 26, numeral 8: Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales las siguientes

facultades, que ejercerán en las áreas rurales de su respectiva circunscripción territorial, en concordancia con las políticas y normas emitidas por la Autoridad Ambiental Nacional. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido (COA., 2017, art. 26).

Libro Segundo Del Patrimonio Natural Título I De La Conservación de la Biodiversidad.

Art. 30. Numeral 7, Objetivos del Estado. Los objetivos del Estado relativos a la biodiversidad son, adoptar un enfoque integral y sistémico que considere los aspectos sociales, económicos, y ambientales para la conservación y el uso sostenible de cuencas hidrográficas y de recursos hídricos, en coordinación con la Autoridad Única del Agua (COA., 2017, art. 30).

Título II de la Conservación in Situ / Capítulo II / Del sistema nacional de áreas protegidas.

Art. 38, numeral 5, Establece que uno de los Objetivos de las áreas naturales incorporadas al Sistema Nacional de Áreas Protegidas será mantener la dinámica hidrológica de las cuencas hidrográficas y proteger los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas (COA., 2017, art. 38).

Título VI Régimen Forestal Nacional / Capítulo V / Manejo y conservación de bosques naturales.

Art. 109, numeral 6, de las disposiciones generales para el manejo forestal sostenible establece que las disposiciones generales deberán orientarse a proteger y recuperar los recursos hídricos (COA., 2017, art. 109).

Libro Tercero de la Calidad Ambiental / Título II Sistema Único de Manejo Ambiental Capítulo V / Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos.

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

Art. 196.- Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de

sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia (COA., 2017, art. 196).

Título II Control y Seguimiento Ambiental / Capítulo IV / Monitoreo y seguimiento.

Art. 208.- Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo. La información generada, procesada y sistematizada de monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda (COA., 2017, art. 208).

8.3. Reglamento del Código Orgánico Ambiental

Art.482.- Un sistema de control ambiental permanente consta de una variedad de herramientas de gestión que permiten el seguimiento y control sistemático, permanente, continuo o periódico del cumplimiento de los requisitos legales, reglamentarios y autorizaciones ambientales. El sistema incluye auditorías, inspecciones, supervisión ciudadana, seguimiento de la calidad de los recursos naturales y seguimiento del cumplimiento de los planes de manejo ambiental y obligaciones de autorización ambiental y otras obligaciones establecidas por las autoridades ambientales (RCOA, 2019).

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

1. Manejo y conservación
2. Preparación de recipientes

3. Llenado de recipientes
4. Refrigeración y congelación de muestras
5. Transporte de muestras
6. Rotulando
7. Recepción de muestras en el laboratorio.

9. PREGUNTAS CIENTIFICAS

¿Existe una relación entre la presencia de macroinvertebrados en el sitio de estudio y la fiabilidad de la determinación de la calidad del agua?

La relación entre la presencia de macroinvertebrados en el sitio de estudio y la fiabilidad de la determinación de la calidad del agua es fundamental para comprender el estado del recurso hídrico. La recolección y clasificación de estos organismos, utilizando la técnica de red de patada, permiten evaluar la diversidad, sensibilidad, tolerancia, abundancia y riqueza de los mismos. Esta información es crucial para aplicar diversos índices biológicos y así obtener una definición más confiable del estado del agua en el sitio de estudio. Durante los muestreos realizados en noviembre y diciembre, se recolectaron macroinvertebrados en diferentes puntos de muestreo, totalizando 173 bioindicadores. Estos datos se utilizaron para evaluar la calidad del agua, utilizando bioindicadores como el Índice de Calidad del Agua (ICA).

Los bioindicadores empleados en el proyecto mostraron coherencia con la evaluación de la calidad del agua calculada mediante el Índice de Calidad del Agua (ICA), que agrupa parámetros esenciales para un análisis. Durante los meses de noviembre y diciembre, se presentó una calidad de agua clasificada como "Pésima en la zona de estudio uno y dos" y "Mala en la zona tres", con un rango de 10.70 en el punto de muestreo del puente Quindigua, y en puente Guasaganda con un rango de 11 y por último en la zona de puente La Florida en un rango 32,44.

Los índices ABI y EPT, aplicados en los tres meses de muestreo en todos los puntos analizados, indicaron una calidad que variaba de "Pésima – Mala". Estos índices evaluaron la calidad en función de la abundancia de ciertas familias de bioindicadores, como el orden Ephemeroptera, que fue el más predominante según el índice EPT. En cuanto al índice SHANNON-WEAVER, la biodiversidad de los macroinvertebrados fue clasificada como "Baja" en los tres puntos de muestreo durante los dos análisis.

Los resultados derivados de la aplicación de los bioindicadores proporcionan una validación de la confiabilidad de nuestros hallazgos. Estos resultados ofrecen parámetros significativos que permite evaluar el nivel de contaminación presente en el río Quindigua. Además, posibilitan la comparación con el Índice de Calidad del Agua (ICA) y las normativas ambientales actuales. De esta manera, logramos determinar las condiciones que caracterizan el estado de calidad del agua.

10. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS).

10.1. Tipo de investigación.

10.1.1. Investigación cualitativa.

La presente investigación se enfocó en la observación de los macroinvertebrados permitiendo obtener una comprensión más profunda de estos organismos y de su papel importante en los ecosistemas. Los hallazgos obtenidos deben tener aplicación directa a la conservación de la biodiversidad, el monitoreo ambiental y la gestión de los recursos naturales.

10.1.2. Investigación Descriptiva

Esta investigación descriptiva implica estudiar el análisis, el registro e interpretación de macroinvertebrados en un entorno acuático particular y de esta manera poder efectuar su clasificación. Dentro del proyecto de investigación en el río Quindigua se aplicó mediante el análisis de los resultados obtenidos, de esta manera al observar la zona de estudio, se debe realizar procesos de investigación científica, ayudando a conocer la diversidad, y abundancia de estos organismos.

10.1.3. Investigación de campo

A través de la visita in-situ realizada en el lugar de estudio, se llevó a cabo la identificación de los puntos donde se obtuvo muestras. Estas visitas de campo se desarrollaron con herramientas como el GPS y ArcGIS.

10.2. Métodos

10.2.1. Método Inductivo

Este enfoque de investigación permitió derivar conclusiones generales a partir de datos específicos recopilados durante el muestreo, utilizando índices como BMWP/Col, EPT, ABI y Shannon-Weaver y Simpson para evaluar la calidad de agua en el río Quindigua.

10.2.2. Método cualitativo

El estudio se centra en el ámbito de la investigación cualitativa, dado que se llevó a cabo la identificación de los macroinvertebrados recogidos en el río mediante el uso de claves de identificación taxonómica.

10.3. Técnicas de investigación.

10.3.1 Fase de Campo.

El primer muestreo fue realizado el 11 de noviembre en la época de sequía, por consiguiente, el segundo muestreo se efectuó el 21 de diciembre del 2023, el mismo que fue en la temporada de lluvia.

Transectos lineales.

El método de transectos lineales es uno de los más utilizados por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con que se muestrea los macroinvertebrados. Un transecto es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un determinado tipo de vegetación. El cual fue implementado en la bocatoma, medio y final, teniendo en cuenta que las muestras fueron tomadas a una distancia de 3 metros cada una. Aunque el tamaño del transecto puede ser variable y dependiente del grupo de especímenes a medirse, es comúnmente aceptado trazar con una cuerda de 10 metros de longitud, y registrar todas las especies existentes, desde la cuerda hacia afuera a cada lado de la misma; es decir, 10 m x 10 m (Rodríguez, 2016). El estudio se llevó a cabo durante los meses de noviembre y diciembre en los sitios de muestreo ubicados en el río Quindigua, donde se ubicaron 3 puntos, con una distancia de 1 km entre cada uno. Para su delimitación se utilizó una cuerda que fue ubicada a la orilla del río marcando los 3 puntos, formando un transecto lineal.

Los puntos de recolección se dispusieron en dirección de norte a sur con el propósito de determinar con precisión su ubicación, donde se tomó las respectivas coordenadas con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS). El plan de muestreo se ejecutó de la siguiente manera: Se desarrolló salidas de campo a los diferentes puntos ubicados en la zona de estudio, la misma que se realizó en horario matutino. Para ubicar a los especímenes que se encuentren en el cuerpo de agua, se empleó las dos técnicas la red surber y el método de patada. La toma de muestras se efectuó en épocas de lluvias y sequía, siguiendo el mismo procedimiento anteriormente mencionado.

10.3.2. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macro invertebrados se elaboró mediante el método empleado en aguas lenticas o de poca corriente. Los entornos de aguas poco profundas incluyen ríos, lagos y otros cuerpos de agua donde podemos alcanzar el fondo con las manos, lo que requiere el uso de redes relativamente pequeñas. Para este tipo de cuerpo de agua tenemos una variedad de redes de mano que se pueden comprar o hacer usando una malla fina y duradera. Es importante usar una malla fina porque muchos macroinvertebrados acuáticos son pequeños. La mayoría de los estudios utilizan tamaños de malla de 500 μm o menos (Ramírez, 2023). De esta manera se procedió a utilizar una malla más conocida como velo de novia, la misma que se la transformo en forma de cono.

En la tabla 13, se muestra las coordenadas geográficas que fueron tomadas en cada uno de los puntos de muestreo del río Quindigua.

Tabla 13. *Coordenadas geográficas del Río Quindigua en UTM.*

Coordenadas.				
Puntos	Nombre del lugar	X	Y	Msnm
P1	Puente Quindigua	714557	9919080	206
P2	Puente Guasaganda	715661	9918982	549
P3	Puente la florida	716582	9918468	607

Nota: Ubicación geográfica de los puntos de muestreo en el río Quindigua.

10.4. Técnica de muestreo de macroinvertebrados en aguas poco profundas.

10.4.1. Método de Patada

Esta técnica consistió en atrapar macroinvertebrados, removiendo el fondo del río. Se llama ‘de patada’ porque mientras uno de los miembros de la pareja da ‘patadas’, removiendo el fondo, la otra coloca la red río abajo para atraparlos. Es utilizada en ríos con aguas lenticas o poco profundas en donde se puede caminar.

Procedimiento.

En cada uno de los sitios de muestreo se realizó los siguientes pasos;

Este muestreo de macroinvertebrados se efectuó con la ayuda de dos personas, uno de los miembros que con la fuerza de sus extremidades inferiores y superiores levanta y agita las piedras

y arena que se encontró asentadas en el fondo del río, mientras que el otro colocó la red de patada en el río para atraparlos. Los sedimentos atrapados en la red de patada fueron colocados en una bandeja blanca para separar los macroinvertebrados de hojas, palos, piedras, entre otros. Con la ayuda de unas pinzas se ubicaron a los macroinvertebrados muestreados en frascos de orina con alcohol al 70%. Los frascos etiquetados se colocaron en un cooler y se transportaron al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su posterior identificación.

10.4.2. Red Surber

Se atrapo a los macroinvertebrados con una red sujeta a un marco metálico, que abierta tiene forma de L, removiendo el fondo del río. Se manipuló en ríos de poca profundidad, donde el agua no supere los 45 centímetros o el borde superior de una bota de caucho. No es recomendable realizar este muestreo en ríos donde el agua esté tranquila y el fondo sea de arena o lodo.

Procedimiento.

Al ingresar al río corriente abajo del sitio elegido, se trató de no alterar ni remover los materiales del fondo. Donde se buscó una parte central de la corriente o donde el agua sea correntosa. Se colocó la boca de la malla frente a la corriente y se asentó la base en el fondo del río. En cada punto de muestreo y se removió con las extremidades, el fondo durante un minuto, se ubicó la red a un lado, de modo que no obstruya el ingreso de los macroinvertebrados. Una vez recogido los individuos, se procedió a colocar en un frasco de orina, con alcohol al 70 % por ende se identificó con una etiqueta donde se ubicó el sitio, el nombre del río, la fecha y la persona que participó en la recolección.

10.5 Fase de Laboratorio.

La identificación de macroinvertebrados se ejecutó el 13 de noviembre y el 22 de diciembre del 2023, siendo este el primer y segundo muestreo donde se clasifico e identifico los diferentes organismos utilizando una guía de caracterización específica y se anotó la cantidad de cada especie encontrada. Posteriormente, se realizó el cálculo del IBCA, que es una medida de la calidad del agua basada en la presencia y abundancia de diferentes especies de macroinvertebrados. Es importante señalar que la identificación de macroinvertebrados en la fase de laboratorio no solo proporciona información sobre la calidad del agua, sino que también puede utilizarse como una herramienta importante para la evaluación y monitoreo de los ecosistemas acuáticos (Castillejo,

2016). Por esta razón los macroinvertebrados son utilizados como bioindicadores de calidad, ya que estos ayudan a verificar la eficacia en la se encuentra el recurso hídrico.

Para evaluar la calidad del agua de los parámetros físicos-químicos y microbiológicos se procedió a enviar las muestras al laboratorio EMAPA, el 21 de diciembre del 2023 el cual elaboró mediante un procedimiento conocido como índice biótico de calidad del agua (IBCA). Los resultados se interpretan según los valores establecidos en diferentes guías y normas de calidad de agua.

10.5.1. Monitoreo de macroinvertebrados

El monitoreo del río implica determinar los cambios en el agua, animales y la tierra circundante a través de varias observaciones o estudios. Así, se puede descubrir la enfermedad del río y sugerir el tratamiento necesario para curarla. Es importante obtener datos en diferentes partes del río. De esta manera, se puede comparar la calidad del agua ya sea esta, agua arriba y aguas abajo, o según su entorno o las actividades que se realizan cerca.

10.5.2. Materiales, equipos e instrumentos

Tabla 14. *Los materiales para el monitoreo de macroinvertebrados.*

Materiales para el monitoreo de agua.			
Monitoreo de Agua	Físico- Químico y microbiológico	Red de Patada	Red Suber
Pinzas metálicas			
Botas de caucho y Guantes			
Cooler			
Bandeja blanca	Recipientes de plástico	Red de Patada	Red de Patada
Frascos plásticos pequeños	Cooler	Reciente plástico	Recipiente plástico
Alcohol 70%	Botas y guantes	Bandeja blanca	Bandeja blanca
Lápiz	Libreta de campo	Cernidor con media nylon	Cernidor con media nylon
Papel de etiquetas	Etiquetas		
Hojas de campo			
Lupa			
Estacas y cinta métrica.			

Nota: Materiales e Instrumentos para la recolección de macroinvertebrados, por los diferentes métodos, Elaboración propia (2024).

10.5.3 Instrumentos

- ***Libreta de Campo***

Facilitó el registro de los datos recolectados en el campo, tales como parámetros, números de muestra, nombres de los investigadores, coordenadas geográficas, temperatura, hora, fecha, método de recolección, cantidad de muestra recogida, actividades en la zona y localización.

- ***GPS***

Es una herramienta que facilitó la determinación de las coordenadas geográficas de los tres puntos de muestreo.

- ***Estereoscopio***

Este dispositivo fue utilizado para la observación de los organismos más diminutos encontrados en el agua.

- ***Guía Taxonómica***

Confirmó la identificación de la especie recolectada según su familia y género en el lugar de muestreo.

11. Fase de Gabinete.

11.1. Técnica de recolección de muestras de agua para el análisis físico - Químicos y microbiológico.

El procedimiento de la toma de muestras de agua para el respectivo análisis Físico - Químico y Microbiológico esta con base en la (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013).

Procedimiento. En cada uno de los sitios de muestreo se realizó los siguientes pasos:

Antes de recolectar la muestra se procedió a lavar los recipientes 3 veces seguidas con el agua del río, a excepción de la muestra para análisis microbiológicos. La botella debe ser llenada y tapada de manera inmediata. Una vez recogida la muestra se rótulo de manera clara con una etiqueta, y seguidamente se colocó en un cooler para su posterior transporte. Desde su obtención se conservó las muestras a una temperatura entre 2 °C y 5 °C y protegida de la luz solar. Las muestras fueron transportadas como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013 para su posterior recepción en el laboratorio y respectivo análisis.

11.2. Utilización de la guía taxonómica para la identificación de macroinvertebrados

Estas láminas constan los grupos de macroinvertebrados más comunes encontrados en el río. Se clasificaron por su sensibilidad a la contaminación del agua y por las características que los

diferencian de otros grupos. La lámina de caracterización se diseñó para ayudar a identificar cada grupo de macroinvertebrados de acuerdo con sus características más generales. Por ende, se utilizó la guía taxonómica de Roldan, para conocer cada grupo y familia al que pertenece los individuos, así como también su orden y nombre científico.

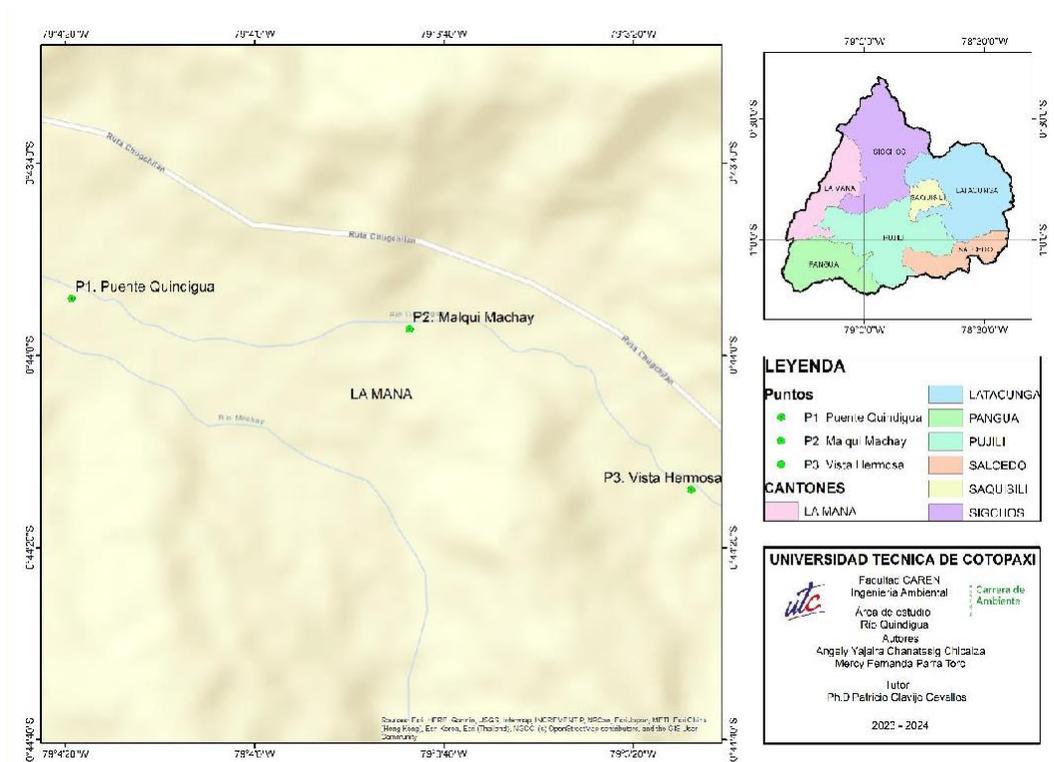
12. RESULTADOS.

En la presente investigación se determinan los resultados dando cumplimiento al primer objetivo:

12.1. Descripción del Área de Estudio.

El cantón La Maná está localizado en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la provincia de Cotopaxi. Tiene varios pisos climáticos que varían de subtropical a tropical (altura variable de 200 y 1150 m s. n. m.). El río Quindigua es uno de los recursos más importante por su caudal permanente y peligroso en el invierno, el mismo que pertenece a la parroquia de Guasaganda.

Figura 1. Mapa de la zona de estudio.



Nota: Mapa de la zona de estudio, en los cuales se distingue los distintos puntos de muestreo.

12.2 Características Biofísicas

El tipo de ecosistema identificado en la región del Puente Quindigua, Guasaganda y La Florida, en la provincia de Cotopaxi perteneciente al Cantón La Mana parroquia Guasaganda con una extensión de 184.6 Km² alberga un tipo de ecosistema, bosque montano y zona de vida de bosque húmedo subtropical. Es multiestrategico, que tiene un bioclima húmedo o demasiado humedo, en referencia a las ramas del dosel, puede crecer de 20 a 30cm de altura, los árboles emergentes superan los 35 m.

12.3 Características Climáticas.

La comprensión de las características climáticas implica una interacción compleja, de cualquier cambio en alguno de estos factores puede tener repercusiones significativas en la hidrología y la ecología de los ríos. Es esencial considerar estos elementos al analizar y administrar los recursos hídricos de una determinada área (González, 2020). Por lo tanto, en río Quindigua perteneciente al Cantón La Maná presento una serie de cambios en su clima, tanto en la época de la lluvia y sequía, por esta razón las fuertes lluvias presentadas en este lugar causo varios daños a la flora y fauna. En esta región, la variedad climática se manifiesta a través de diversos elementos como las precipitaciones, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la lluvia entre otros. Los cambios en las condiciones climáticas son notables a nivel mundial, y estos factores inciden directamente.

En el Puente Quindigua se encontró a una temperatura de 24 °C, es el primer punto de muestreo que fue denotado en la zona de estudio, el impacto ambiental observado fue la contaminación ganadera, la flora del lugar se encontraba degradada, esto indica que la contaminación ha causado que la calidad de agua sea mal. En el punto dos, que representa al Puente Guasaganda es conocida como una zona turística y ganadera, mantiene su flora y fauna en buenas condiciones por lo tanto la temperatura tomada en ese lugar fue de 23.84°. En el último punto de muestreo que corresponde al Puente La Florida, se pudo observar que la flora y fauna se encontró degradada y la contaminación del ecosistema era totalmente extensa y esto era a causa del crecimiento demográfico del lugar y la temperatura era de 23.75 °C.

Resultados en base al objetivo 2.

En la tabla 15, se muestran los resultados sobre la calidad del agua, mediante la evaluación de los índices de calidad por medio de bioindicadores.

Tabla 15. Resultados de la calidad de agua del primer muestreo en el Río Quindigua.

CALIDAD DE AGUA DEL MES DE NOVIEMBRE										
Puntos de Muestreo	BMWP /Col	Calidad	ABI	Calidad	ETP %	Calidad	Índice de Simpson	Calidad	Índice de Shannon Weaver	Diversidad
Puente Quindigua	42	Agua Contaminada	35	Regular	47%	Regular	0.94	Dominancia	0.77	Bajo
Puente Guasaganda	18	Crítica	12	Pésimo	18%	Mala	0.98	Dominancia	1.30	Bajo
Puente la Florida	21	Crítica	20	Mala	28%	Regular	1	Riqueza	1.37	Bajo

Nota: Elaboración Propia.

Mediante los resultados obtenidos, durante el mes de noviembre, nos indica el estado del que se encuentra el entorno acuático del río Quindigua, por ende, se pudo observar que la aplicación de los índices de calidad de agua, permitió conocer la diversidad de macroinvertebrados actuales de dicho lugar, y con los mismo comprender la importancia de cuidar el agua para las generaciones futuras.

Por lo tanto, al evaluar el índice de calidad BMWP/ col, en el primer punto de muestreo ubicado en el puente Quindigua se pudo observar, que la variedad de macroinvertebrados es abundante debido que en esta zona no existe una población aledaña, de modo que se determinó que el ecosistema acuático no se encuentra en perfectas condiciones, debido a las fuertes lluvia. En relación a lo anteriormente mencionado, se detalla que el agua de este punto de muestreo se encuentra en clase III, con una clasificación de 42, dando a conocer que el agua se encuentra contaminada y por ende la identificación de en la tabla será de color amarillo.

Por consiguiente, en el Puente Guasaganda y el Puente La Florida, presento un resultado de clase IV y de calidad crítica, por lo cual no es apto para el consumo agrícola.

Mediante el análisis de los valores de la calidad del índice ABI en los tres puntos de muestreos anteriormente mencionados, dándonos así los siguientes resultados donde se obtuvo que el punto uno es regular con una calificación de 35, por consiguiente, en el punto dos se pudo observar que la calidad es pésima con una evaluación de 12, y por último el punto 3 la calidad es mala.

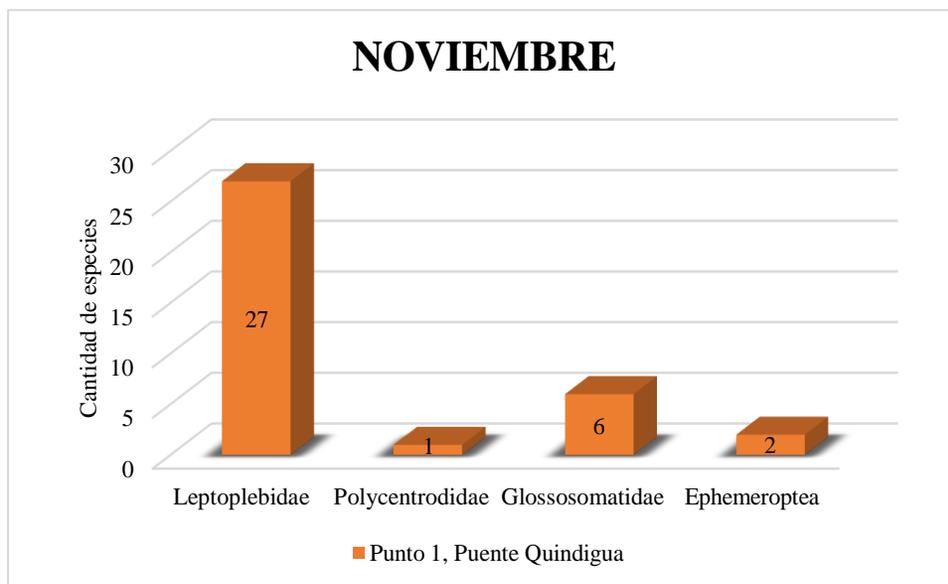
En el índice de calidad de ETP, señalo que la calidad de agua en el punto uno, es regular debido que tiene una puntuación del 47% con una mayor abundancia de macroinvertebrados siendo esta de clase III, mientras que en el punto dos y tres la presencia de individuos fue menor, de manera que se encuentran con una valoración de 18 y 28.

En cambio, en el índice de Simpson, se evaluó las especies que han sido denominaste en los puntos de muestro en la cual el punto uno y dos tienes grupos de familias con mayor repetición, mientras que el punto tres no tiene una gran variedad de especímenes.

El índice de SHANNON-WEAVER indica una biodiversidad de clasificación "baja" en los tres puntos de muestreo, el punto uno presenta un valor de 0,77, el punto dos muestra un valor de 1.30, y el punto tres registra un valor de 1,37, respectivamente.

En la ilustración 2, se muestra la cantidad de organismos identificados por familia en cada uno de los sitios de muestreo. En el primer punto, ubicado en el Puente Quindigua, se documentaron un total de 4 familias. La densidad poblacional en este punto se determinó en 27 individuos recolectados.

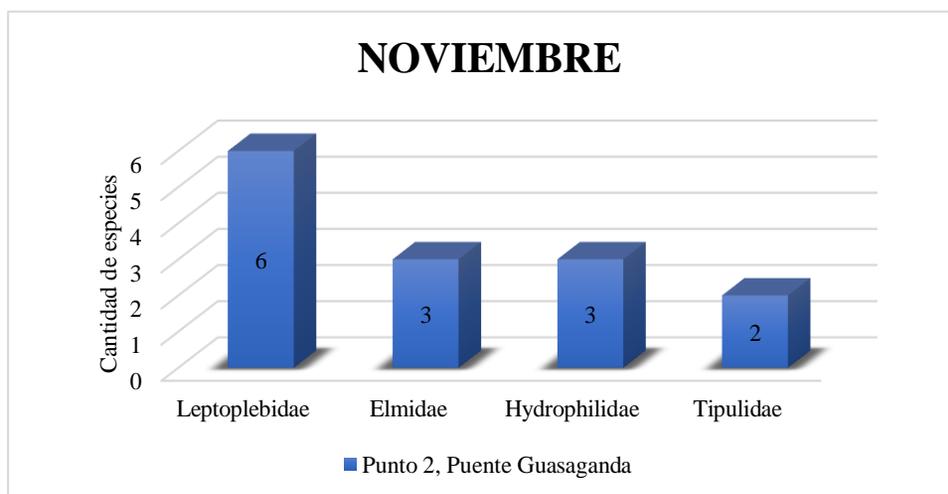
Figura 2. Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar punto uno.



Nota: Elaboración Propia.

En el primer punto, ubicado en el Puente Quidigua, se documentaron un total de 4 familias. La densidad poblacional en este punto se determinó en 27 individuos recolectados.

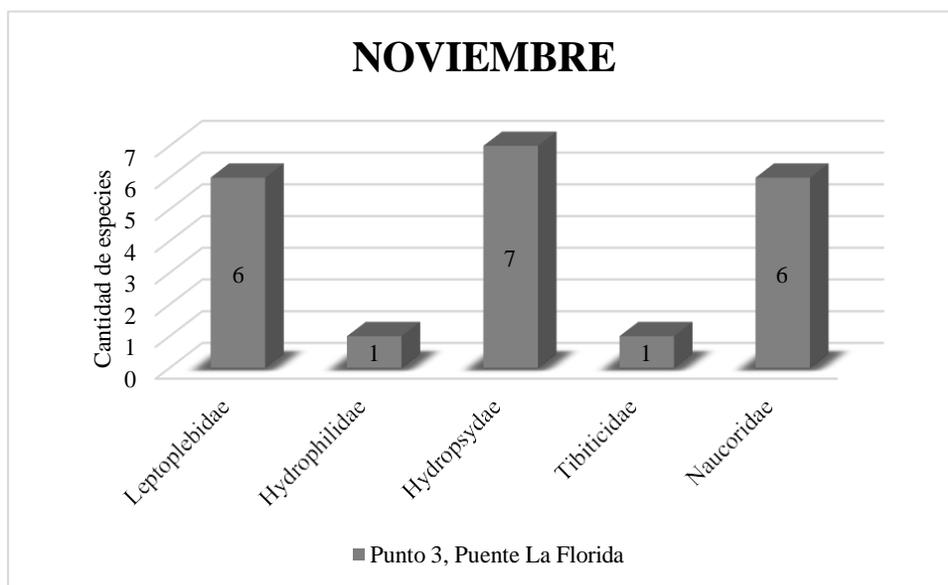
Figura 3. Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar en punto dos.



Nota: Elaboración Propia.

En el segundo punto, situado en el Puente Guasaganda, se identificaron en total 4 familias. La cantidad de individuos recolectados en este lugar se determinó como una densidad poblacional de 14.

Figura 4. Cantidad de macroinvertebrados recolectados por categoría familiar punto tres.



Nota: Elaboración Propia.

Finalmente, en el tercer punto ubicado en el Puente La Florida, se documentaron un total de 5 familias. La familia Hydropsyda fue la que presentó la mayor cantidad de individuos entre los tres puntos muestreados. La densidad poblacional en este punto se estimó en 21 individuos recolectados.

Tabla 16. *Tabla de resultados del muestreo dos, del mes de diciembre.*

CALIDAD DE AGUA DEL MES DE DICIEMBRE										
Puntos de Muestreo	BMWP/Col	Calidad	ABI	Calidad	ETP %	Calidad	Índice de Simpson	Calidad	Índice de Shannon Weaver	Diversidad
Puente Quindigua	50	Agua Contaminadas	47	Regular	49%	Regular	0.98	Dominancia	1.05	Bajo
Puente Guasaganda	20	Crítica	18	Mala	20%	Mala	1.20	Riqueza	1.28	Bajo
Puente La Florida	28	Crítica	28	Mala	30%	Regular	1.40	Riqueza	1.50	Bajo

Nota: Elaboración Propia.

En la tabla 16, Se detalla los resultados sobre los índices de calidad de agua evaluados, de esta manera el índice de BMWP/col nos indica un resultado claro para cada punto de muestreo teniendo en cuenta que es el muestreo dos que se realizó en el mes de diciembre, por lo tanto los valores del punto uno es de 50 de clase III, de procedencia dudosa, demostrando que el agua se encuentra contaminada, mientras que el punto dos y tres se mantienen en un estado crítico porque su calificación es de 20 y 28 demostrando que el agua es muy contaminada.

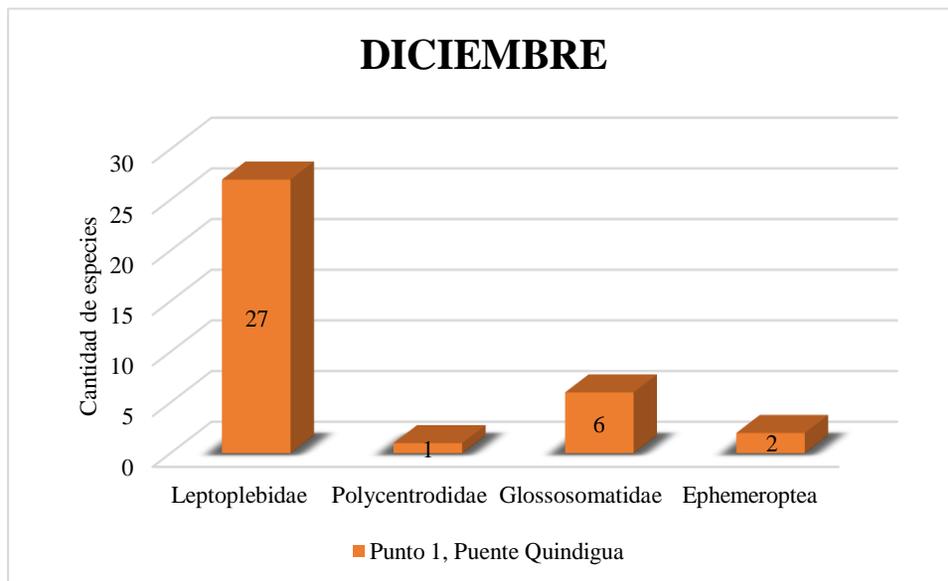
Los valores del índice ABI, están detallados de la siguiente manera, dónde el punto uno tiene una calificación de 47 y el punto dos y tres mantienen la calidad de agua mala que va desde los valores de 18 y 28.

Por lo tanto, el índice ETP, que se evaluó el agua con el porcentaje de macroinvertebrados encontrados en el lugar se detalló, una valoración de 49, y para el punto tres un valor de 30 teniendo en cuenta que el agua todavía es regular, el siguiente resultado demuestra el porcentaje de 20, el cual indica que el recurso hidráulico no es bueno es decir se encuentra en mal estado.

Por medio de la evaluación del índice de Simpson, se conoció la dominancia y equidad de las especies de los macroinvertebrados encontrados, debido que al escoger dos individuos al azar del punto uno de muestreo, se hallaron el en mismo grupo de familia, el cual indica la dominancia de la especie que existe en este punto de muestreo. Para finalizar el índice de Shannon Weavers, muestra una biodiversidad de flora de cada una de las muestras recolectadas las mismas que se encuentran en un estado poco, de acuerdo a los puntos de muestreo el punto uno obtuvo 1.05, el punto dos, 1.28 y el punto tres de 1.50.

La ilustración 5 muestra la cantidad de individuos identificados por familia en cada uno de los puntos de muestreo del mes de diciembre.

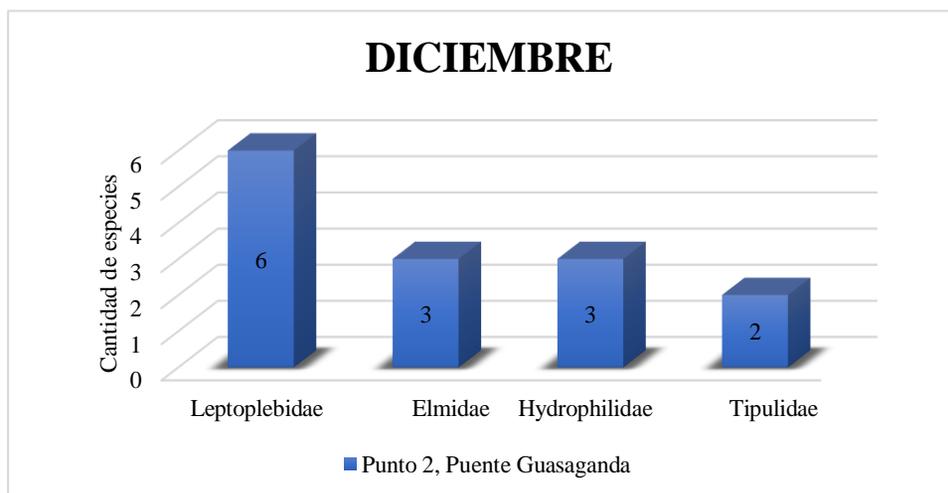
Figura 5. Clasificación de los macroinvertebrados en segundo muestreo punto uno.



Nota: Elaboración Propia,

Se observa que en el punto uno se identificó las familias Polycentrodidae con 5 individuos, Glossosomatidae con 9 y Ephemeroptea con 4 individuos. La familia más predominante fue Leptoplebidae con 30 individuos, sumando un total de 48 macroinvertebrados.

Figura 6. Clasificación de macroinvertebrados segundo muestreo punto dos.

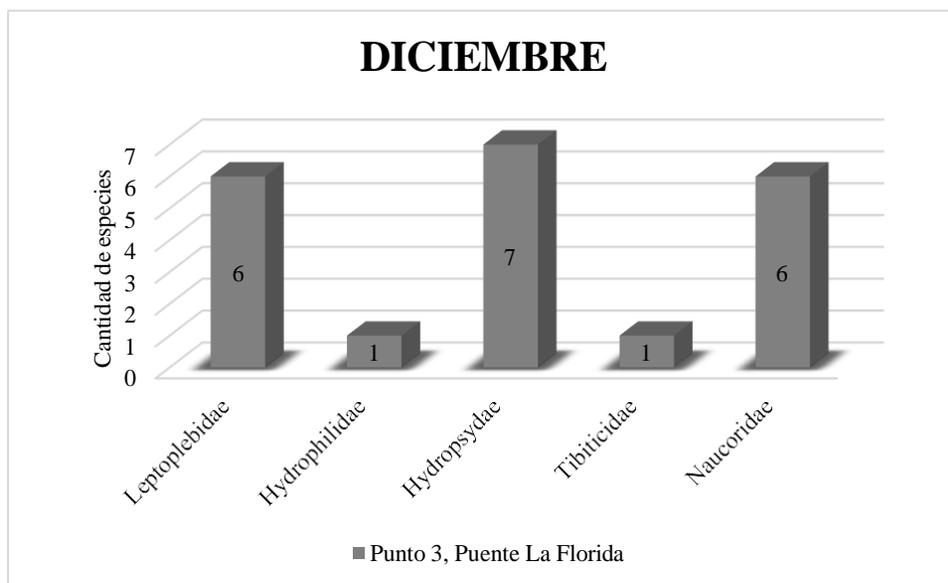


Nota: Elaboración Propia

En el segundo punto, se identificaron las siguientes familias, Elmidae con 2 individuos, Hydrophilidae con 6 y Tipulidae con 4 individuos. La familia más predominante fue

Leptoplebidae, con un total de 8 individuos, resultando en una abundancia de 20 macroinvertebrados.

Figura 7. Clasificación de macroinvertebrados segundo muestreo punto tres.



Nota: Elaboración Propia.

En el tercer punto, se reconoció las familias Leptoplebidae 8 individuos aso como también Hydrophilidae con 4 i individuos, Tibiticidae con 3 y Naucoridae con 4. La familia predominante en este punto fue Hydropsydae, con un total de 10 individuos, sumando así un total de 29 macroinvertebrados.

Tabla 17. Resultados del laboratorio de los análisis físicos-químicos y microbiológicos.

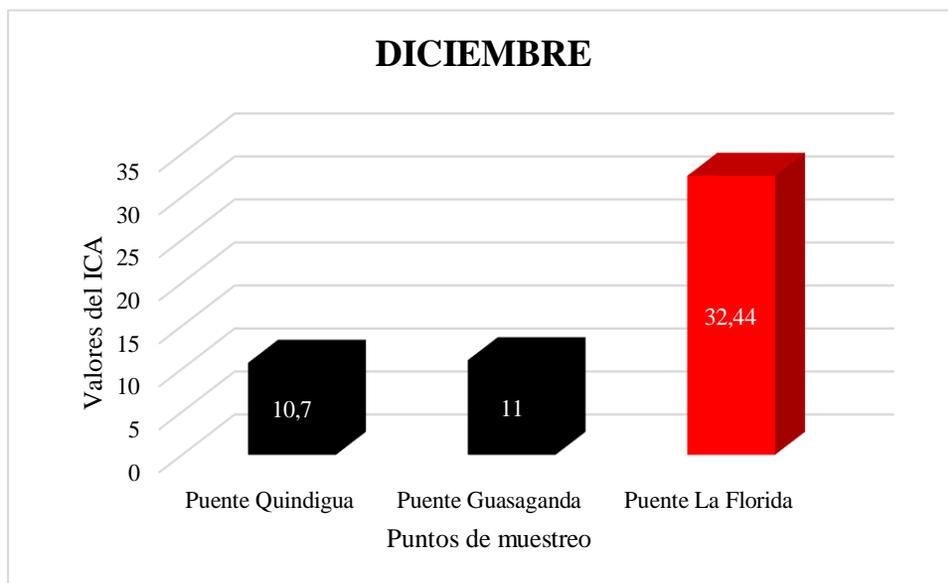
RESULTADOS DE ANÁLISIS – RÍO QUINDIGUA					CRITERIOS DE RESULTADOS- COMPARACIÓN.			
PARAMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	PUENTE QUINDIGUA	PUENTE GUASAGANDA	PUENTE LA FLORIDA	NORMATIVA DE REFERENCIA.TABLA 3. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA. TULSMA.LIBRO VI. ANEXO 1 (2015)	PUENTE QUINDIGUA	PUENTE GUASAGANDA	PUENTE LA FLORIDA
		DICIEMBRE			DICIEMBRE			
DBO ₅	mg/l	0	0	5	N/A	N/A	N/A	N/A
FOSFATO	mg/l	<0.19	<0.19	0.86	N/A	N/A	N/A	N/A
NITRATOS	mg/l	<5.0	<5.0	<5.0	N/A	N/A	N/A	N/A
OXIGENO DISUELTO	mg/l	3.50	3.30	10	3	SI CUMPLE	SI CUMPLE	N/A
pH	Unidad de pH	4.90	4.96	5.20	6-9	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
TURBIDEZ	NTU	4.91	3.52	149	S/N	S/N	S/N	S/N
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/l	76	72	167	S/N	S/N	S/N	S/N
TEMPERATURA	°C	23.75	23.84	24	S/N	S/N	S/N	S/N
COLIBORMES FECALES.	NMP/100 ml	1.0	6.0	9.0	1000	SI CUMPLE	SI CUMPLE	SI CUMPLE
ICA NSF		10.70	11	32.44				
		PÉSIMA	PÉSIMA	MALA				

Nota: Los resultados del laboratorio

En la tabla 17, una vez establecidos los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos, se procedió a la comparación con la normativa de la Tabla 3 Criterios de Calidad de Aguas para el Riego Agrícola, del Tulsma Libro VI. Anexo 1 (2015). Por la cual se pudo determinar que en los resultados obtenidos del mes de diciembre en la época de lluvia tuvieron una pequeña variación entre los puntos de muestreo, como es el caso de los siguientes parámetros: el DBO₅, Fosfato, Nitratos, sobrepasan los límites permisibles de la normativa tomada como referencia, por otra parte el oxígeno disuelto cumple con el límite permisible y con el rango de acreditación del laboratorio, en el punto 1, perteneciente al puente Quindigua y en el punto 2, el Puente Guasaganda, pero en cambio el punto tres que pertenece al Puente La Florida, sobrepasa el límite con un total de 10mg/l. En cambio, el parámetro de pH, si aplica la normativa porque no sobre pasa el valor establecido de 6-9. La turbidez, los sólidos totales disueltos y temperatura, no aplican dentro de la normativa, mediante los resultados del laboratorio. Las coliformes fecales que pertenecen a los análisis microbiológicos, si cumplen con el limite permisible.

El índice de calidad de agua (ICA), ayudó a evaluar y conocer la calidad de agua del Río Quindigua, de manera que el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA- NSF), dónde se toma en cuenta los 9 parámetros principales de referencia de la normativa desarrollada como son: (Demanda Bioquímica de Oxígeno, Fosfato, Nitratos, Oxígeno Disuelto, pH, Solidos Disueltos Totales, Turbiedad, Temperatura y Coliformes fecales), los mismos que fueron determinados cada uno en los diferentes puntos de muestreo en el mes de diciembre.

Figura 8. Comparación de los resultados del ICA en cada punto de muestreo.



Nota: Comparación de los resultados del Índice de Calidad del Agua en los tres puntos de muestreo.

En la ilustración 8, describe los resultados obtenidos de la aplicación del (ICA-NSF) que corresponde al mes de diciembre, en los puntos de muestreo del recurso hídrico del río Quindigua, en la época de lluvia correspondiente al año 2023, en el puente Quindigua y el puente Guasaganda se encuentra en la categoría 0 - 25, el estado del agua es pésima para el consumo agrícola y se halla de color negro en la tabla 17, que hace referencia a los valores de evaluación del ICA, mientras que en el puente La Florida muestra los valores de 26 - 50 que corresponde a la calidad mala del agua, que se localiza señalado de color rojo.

Tabla 18. Comparativa de los muestreos llevados a cabo en los meses de noviembre y diciembre.

RÍO QUINDIGUA												
Puntos de muestreo	Mes	BMWP /col	CALIDAD DE AGUA					Biodiversidad Índice shannon Weaver		Caudal	Abundancia	N° DE FAM
			Calidad	ABI	Calidad	% ETP	Calidad					
Puente Quindigua	NOV	42	Aguas Contaminadas	35	Regular	47	Regular	Bajo	0.77	1.37 m ³ /s	36	4
	DIC	50	Aguas Contaminadas	47	Regular	49	Regular	Bajo	1.05	1.83 m ³ /s	48	4
Puente Guasaganda	NOV	18	Critica	12	Pésima	18	Mala	Bajo	1.30	1.50 m ³ /s	14	4
	DIC	20	Critica	18	Mala	20	Mala	Bajo	1.28	1.35 m ³ /s	20	4
Puente La Florida	NOV	21	Critica	20	Mala	28	Regular	Bajo	1.37	1.03 m ³ /s	21	5
	DIC	28	Critica	28	Regular	30	Regular	Bajo	1.50	1.22 m ³ /s	19	5

Nota: Elaboración Propia.

De acuerdo a la Tabla 18, se desarrolla una comparación de resultados de la evaluación de la calidad del agua en base a los muestreos realizados durante los meses de noviembre y diciembre. Estos incluyeron la identificación y clasificación de macroinvertebrados acuáticos según su taxonomía, con puntuaciones de las tablas correspondientes. Como el índice BMWP/col, el tramo del río Quindigua en el punto uno, ubicado en el Puente Quindigua, exhibe un estado de "Aguas Contaminadas". Por otro lado, el índice ABI indica que la calidad del agua tiende a ser "Regular" en noviembre y diciembre. El índice EPT señala una calidad "Regular" durante los dos meses. En cuanto al índice de SHANNON-WEAVER, la biodiversidad está considerada como "Baja" con un valor mínimo de 0,77 en noviembre, seguido de 1.05 en diciembre, y se clasifico como una biodiversidad "Baja". En relación al punto dos, que corresponde al puente Guasaganda el análisis según el índice BMWP/col señala que la calidad del agua se encuentra en un estado "Crítico" a lo largo de los dos meses. Los índices ABI y EPT indican que la calidad del agua se mantiene en un nivel "Malo" durante todo el período. En cuanto al índice de Shannon-Weaver, la biodiversidad varía y es considerada "Baja" en noviembre con un valor de 1.30.

En el tercer punto, ubicado en el sector del puente La Florida, el análisis según el índice BMWP/col revela que la calidad del agua se clasifica como "Crítica" en noviembre y diciembre. En el índice ABI se detalla en el mes de noviembre como "Mala" y diciembre "Regular". El índice de EPT indican que la calidad del agua es "Regular" en los dos meses. En términos de biodiversidad, se caracteriza como "Bajo", con valores que varían desde 1.37 en noviembre, seguido de 1.50 en diciembre, siendo este último el valor más alto. Se recopiló un total de 173 macroinvertebrados, las especies más comunes y abundantes principalmente de las familias Leptoplebidae y Hydrophilidae. Estas familias desempeñan un papel destacado en los Índices BMWP/col y ABI, ya que generalmente son especies que pueden tolerar y sobrevivir en ambientes acuáticos altamente contaminados. Por otro lado, en el índice EPT, la familia de Ephemeropteros fue la especie más común identificada. Dado que esta especie es sensible a contaminantes y perturbaciones ambientales, se considera clave para evaluar en cierta medida la contaminación del agua.

Resultados del objetivo 3.

Elaboración del catálogo de macroinvertebrados.

Se realizó la fase de campo donde se recolectó a los macroinvertebrados en los puntos de muestreo identificados anteriormente en el mes de noviembre y diciembre, posteriormente se realizó la fase de laboratorio donde se clasificó e identificó a cada uno de los individuos, de esta manera se procedió a tomar las fotografías correspondientes a cada individuo para la elaboración del catálogo. Para el diseño se tomará en cuenta las imágenes de alta resolución, los datos obtenidos de acuerdo a cada uno de los índices, así como las características, el nombre científico y común el orden y la familia, seguidamente se realizó una pequeña descripción de la zona de estudio y de los puntos de muestreo, así como también de la metodología utilizada, y sobre todo el ecosistema que se encuentra en el río Quindigua.

Guía Taxonómica.

En la presente investigación científica, la guía taxonómica es un documento que se utilizó para registrar y organizar la información de cada una de las especies de acuerdo a la morfología. La guía taxonómica de macroinvertebrados es una herramienta importante para los científicos, ecólogos y estudiosos de los ecosistemas acuáticos, ya que permite documentar y compartir información precisa sobre las diferentes especies presentes en un determinado ambiente acuático (González, 2019). Esta información es crucial para entender la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como para evaluar su estado de conservación y salud. De acuerdo a la guía taxonómica que se utilizó se identifican varios aspectos como; orden, familia, nombre científico, nombre común, entre otros, el mismo que ayudó a la identificación de cada uno de los individuos encontrados.

A continuación, se presenta la estructura que se tomó en cuenta para la creación del catálogo en el río Quindigua.

Tabla 19. *Modelo de la guía taxonómica.*

Clasificación Taxonómica
Fotografía
Orden
Familia
Nombre Científico
Nombre Común
Referencia de búsqueda
Guía de Lectura
Descripción

Nota: elaboración propia

En la tabla 19 se detalla la descripción del modelo del catálogo, que se realizó como una guía de identificación de los individuos encontrados en los tres puntos de muestreo esta información servirá para futuras investigaciones en el río Quindigua.

Fotografía: Fue tomada por los autores considerando una buena resolución de la imagen.

Orden: Es la categoría taxonómica entre la clase y familia.

Familia: Es la categoría taxonómica importante después del género y especie.

Nombre Científico: Está conformado por el nombre de género y el específico la misma que debe ser escrita en cursiva y la letra en mayúscula.

Nombre Común: Nombre con el cual se conoce al individuo en diferentes localidades.

Referencia de Búsqueda: En este caso el libro de la guía taxonómica de Roldán.

Guía de Lectura: Es la evaluación de acuerdo a los índices biológicos de calidad.

Descripción: Se trata de definir el individuo estudiado.

13. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Según García (2017), menciona que los bioindicadores se basan únicamente en la modificación de las comunidades de organismos que residen en un cuerpo de agua ante la presencia de cambios en el entorno acuático. Los organismos que indican la calidad del agua tienen la habilidad de reflejar los cambios que experimenta el hábitat a lo largo de su ciclo de vida. Asimismo, los indicadores biológicos no solo son capaces de señalar perturbaciones debido a la contaminación

en un cuerpo de agua, sino que también pueden indicar alteraciones físicas en el cauce y en la ribera.

Los índices biológicos empleados señalan un significativo impacto de contaminación. En los primeros puntos de la zona de estudio, el índice BMWP/Col indica una calidad de agua clasificada como "Agua Contaminada en el punto 1 y crítica en el 2 y 3. Por otro lado, el índice ABI señala una calidad de agua evaluada como "Regular en el primer punto, Pésima en el segundo y Mala en el tercero" del mes de noviembre. Por ende, en el mes de diciembre en el punto 1 y 3, se evalúa como "Regular", y en el punto 2 como "Mala". En relación al índice EPT, se observa una mayor abundancia de la familia Leptoplebidae, perteneciente al orden Trichoptera, registrada en el punto uno. En este punto, la calidad del agua fue catalogada como "Agua contaminada" en los meses de noviembre y diciembre. La escasa presencia de organismos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) en los tres puntos de muestreo se explica por su sensibilidad a las variaciones en la calidad del agua.

Según Pérez (2021), las especies del orden Trichoptera no son tolerantes en cuerpos de agua con mayor acumulación de materia orgánica, ya que son exigentes en concentraciones altas de oxígeno y son indicadoras de aguas oligotróficas. Esto explica la disminución considerable del número de individuos de EPT aguas abajo, siendo reemplazados por los órdenes Hydropsyidae, que fueron los organismos más abundantes en el punto tres del río y son indicadores de aguas contaminadas.

En relación al índice de diversidad de Shannon-Weaver, la presente investigación revela diferencias significativas entre los puntos de muestreo seleccionados. No obstante, la abundancia en el punto tres del mes de diciembre fue considerablemente mayor en comparación con el punto uno. Este fenómeno posiblemente se atribuye a una cobertura vegetal más robusta en el punto, lo cual podría ofrecer una mejor protección al recurso hídrico, asegurando así un hábitat más favorable en comparación con los puntos anteriores, donde la cobertura vegetal y la flora disminuyen de manera considerable.

De acuerdo con Hanson (2010), se señala que, en regiones con escasa cobertura vegetal debido a acciones humanas como la agricultura y la cría de animales, se observa una disminución en la variedad biológica de macroinvertebrados. La existencia de bioindicadores en la comparación de los índices biológicos como es el caso de BMWP/col, ETP, ABI Y SHANNON- WEAVER, son de suma importancia debió que ayudaron a determinar la calidad del agua del río Quindigua, a

través del análisis de estos índices se logró considerar varios aspectos sobre los impactos de las actividades que se realizan en la zona de estudio. En el presente proyecto de investigación se logró capturar un total de 173 de individuos de macroinvertebrados, en el mes de noviembre y diciembre, que conjuntamente con la guía taxonómica de Roldan, se pudo ordenar de acuerdo a las familias encontradas, y conforme a su nivel de tolerancia de cada familia se fue aplicando los índices de calidad biológica, y una vez desarrollado estos cálculos se pudo determinar que la calidad de agua de río Quindigua, que se encuentra ubicado en el cantón La Maná, es un recurso hídrico de mala calidad, por ende a lo largo del trabajo de campo se pudo evidenciar las acciones humanas que han provocado las alteraciones climáticas y ambientales.

En base a los resultados físicos- químicos y microbiológicos, en comparación a la Tabla 3. Criterios de Calidad de Aguas para el Riego Agrícola, del Tulsma Libro VI. Anexo 1(2015), del análisis de los nueve parámetros principales tomados en cuenta, solo tres cumplen con los límites máximos permisibles, estos parámetros son el oxígeno disuelto, pH, coliformes fecales. Esta información sugiere que, aunque algunos aspectos del agua analizada están dentro de los estándares aceptables, otros parámetros podrían estar fuera de los límites recomendados para su uso en la agricultura. Es crucial considerar estas discrepancias al evaluar la capacidad del agua para el riego, ya que la presencia de ciertos elementos fuera de los rangos aceptables podría tener implicaciones importantes para la calidad de los cultivos y la seguridad alimentaria

El presente análisis se centra en la evaluación de un catálogo de macroinvertebrados recolectados en diversos sitios dentro de un ecosistema acuático. El objetivo principal es comprender la diversidad, la abundancia y la salud del ecosistema a través de la identificación y análisis taxonómico de los macroinvertebrados presentes. Se realizaron muestreos en múltiples sitios seleccionados estratégicamente dentro del área de estudio. Las muestras fueron recopiladas utilizando métodos estándar y posteriormente clasificadas hasta el nivel de especie. Se emplearon índices bióticos para evaluar la calidad del agua, considerando la presencia, abundancia y tolerancia de los macroinvertebrados. Se observó una alta diversidad en todos los sitios muestreados, indicando una variada comunidad acuática. Las abundancias de especies fueron notorias en mayor cantidad en el punto de muestreo llamado Puente Quindigua, revelando la importancia de la calidad de agua. Por consiguiente, en el punto del Puente Guasaganda tiene menos abundancia de individuos, en cambio en la zona del Puente la Florida la cantidad de individuos era menos ya que se encuentra en una extensión poblacional.

14. IMPACTOS (SOCIAL, AMBIENTAL O ECÓNOMICO).

14.1. Impacto Social.

En línea con la problemática abordada en este proyecto, se reconocieron varios efectos positivos que podrían aportar beneficios a los aspectos sociales. Un aspecto crucial para examinar es la valoración de la calidad del agua en tres puntos representativos elegidos para el muestreo. Los resultados obtenidos mediante diversos índices indicaron que la calidad del agua del río Quindigua oscila entre niveles de contaminación hasta un estado crítico. Este conocimiento resulta crucial para las comunidades que residen en las proximidades del río y cuya subsistencia está ligada a las actividades agropecuarias. Aporta significativamente al entendimiento en el ámbito social sobre la situación ambiental a la que se enfrentan los habitantes de la parroquia. Se produce un impacto positivo al generar varias propuestas y decisiones compartidas con las autoridades locales a través de diversas iniciativas colectivas. El objetivo es mejorar la calidad de vida de los habitantes en la región y, simultáneamente, impulsar el desarrollo social mediante la promoción de actividades productivas a través de medidas de protección ambiental.

14.2. Impacto Ambiental.

En el desarrollo del proyecto de titulación sobre la calidad de agua del río Quindigua, de acuerdo a las visitas in-situ realizadas, se pudo evidenciar las actividades antropológicas, ganaderas que se encuentran en las zonas aledañas al caudal del río. A medida que se realizó el recorrido al borde del río y en la toma de fotografías se observó las descargas directas que tenían los sectores ganaderos, la población de ese lugar, utilizaba como una fuente principal para lavar su ropa el caudal del río, arrojando así partículas de detergente, también en algunos casos donde ya existía mayor población, se pudo evidenciar, sedimentos de heces fecales de personas o restos de pequeños animales, de acuerdo a los resultados obtenidos el impacto ambiental que afecta al río Quindigua es negativo debido a los graves problemas de contaminación que existen en la zona.

14.3. Impacto Económico.

El nivel económico que deja la presente investigación es favorable debido al bajo costo, de esta manera la búsqueda realizada sirva a futuro para asumir responsabilidades con el medio ambiente y buscar soluciones para mitigar los daños ambientales. La investigación de macroinvertebrados no solo contribuye a la preservación del ambiente, sino que también tiene un impacto económico

positivo al respaldar sectores como la agricultura y ganadería, la investigación científica y la educación ambiental. La comprensión y conservación de estos pequeños organismos tienen implicaciones directas en el bienestar económico de las comunidades aledañas.

15. CONCLUSIONES.

Mediante la zonificación del área de estudio del río Quindigua por medio de puntos georreferenciados emerge como una herramienta indispensable para comprender y gestionar de manera efectiva este entorno crucial. Al delinear cada punto de muestreo, se establece una línea base que facilita tanto la organización como el análisis detallado de los datos espaciales. Este enfoque posibilita la identificación de patrones, tendencias y características específicas dentro del área de estudio, lo que proporciona una valiosa toma de decisiones informadas en diversos ámbitos, desde la planificación urbana hasta la gestión ambiental y el desarrollo territorial.

La Calidad de agua del río Quindigua, actualmente se encuentra afectada por las alteraciones climáticas que ha tenido en los últimos años, mediante los análisis físicos - químicos y microbiológicos, se puede concluir que las actividades agrícolas y ganaderas son las principales fuentes de contaminación para el recurso hídrico, por ende en los tres puntos de muestreo se puede evidenciar que el ecosistema acuático se encuentra en mal estado, la flora nativa del sitio es destruida por el crecimiento poblacional es el factor principal que ha causado daño a este recurso y la falta de conocimiento de la contaminación hídrica, debido que causan problemas ambientales de forma directa e indirecta, que incluso estaría afectando a la salud de los habitantes a largo plazo.

En los puntos de muestreo seleccionados para el desarrollo del proyecto de investigación, se obtuvo un total de 173 macroinvertebrados, los mismos que fueron utilizados como bioindicadores de calidad, por ende, se clasificaron en 13 familias halladas, dentro de cada punto de muestreo. Al aplicar el índice BMWP/col, se evidencia como resultado aguas en estado crítico y de mala calidad, lo que se puede concluir que con base a este índice el estado del agua del río Quindigua se encuentra en una categoría de aguas muy contaminadas.

Al aplicar el índice ETP, es el bioindicador que ayuda a conocer la sensibilidad de los macroinvertebrados, debió que los cálculos se desarrollaron con las familias que pertenecen a las órdenes de, Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera. Los resultados obtenidos nos indican el estado del agua, en la cual nos indicaba que en el punto uno y dos el estado del agua es regular, y

finalmente en el último punto el recurso hídrico es de mala calidad, puesto que este tipo de familias son sensibles a las alteraciones ambientales por lo que se considera que el este sitio tiene mayor fuente de contaminación.

Con el análisis físico- químico y microbiológico se aplicó el índice ICA, donde se evaluó los nueve parámetros físicos, los mismos que dio como resultado que el oxígeno Disuelto, el pH, las coliformes fecales son los únicos parámetros que cumplen los límites permisibles de la normativa de referencia, Tabla 3, Criterios de Calidad de Aguas Para el Riego Agrícola del Tulsma Libro VI, Anexo (2015), el cual ha sido afectado y alterado por las condiciones humanas.

La creación de un catálogo de macroinvertebrados es una herramienta esencial para la investigación y monitoreo de los ecosistemas acuáticos. Proporciona información valiosa sobre la salud del agua, biodiversidad y posibles impactos por actividades humanas. Además, contribuye a la toma de decisiones informadas en la gestión de recursos naturales. Por tanto, su elaboración y actualización periódica resulta fundamental para el estudio y conservación.

16. RECOMENDACIONES

La organización Hatun Yanawrpi puede implementar acciones de mitigación por medio del personal especializado, en las áreas donde la contaminación afecta más significativamente el recurso hídrico, con el objetivo de salvaguardar la calidad del agua. Esta eficacia es crucial para las actividades cotidianas de los habitantes que dependen de este recurso.

La información derivada de este estudio, será instruida a la comunidad por medio del personal técnico de la zona de estudio como es la organización de Hatun Yanawrpi, así como también por los estudiantes de Ingeniería Ambiental, con el propósito de utilizar como fundamento para lanzar campañas de monitoreo y llevar a cabo actividades destinadas a la preservación de los recursos naturales en estas áreas que se encuentran bajo amenaza debido al avance de la frontera agrícola y ganadera. Esto se lograría a través de capacitaciones o reuniones con el personal competente de las instituciones involucradas.

Realizar seguimientos ambientales regulares en el río Quindigua, la organización anteriormente mencionada, así como también los estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, son quienes estarían a cargo del monitoreo, ya que esto ayuda a identificar los niveles de contaminación y sus fuentes correspondientes, ya que es favorable para ampliar la información, así como también para

adquirir experiencia en el trabajo de campo. De este modo, intervenir en los sectores responsables de la contaminación y proponer medidas de mitigación que contribuyan a disminuir los niveles de contaminación que son generados por las actividades turísticas, agrícolas y ganaderas.

La creación del catálogo es de suma importancia ya que se logra documentar una amplia diversidad de macroinvertebrados durante el muestreo en las aguas del río Quindigua. Dicha iniciativa proporcionará una base de datos para futuras investigaciones. Que permitirá un mejor monitoreo del río y facilitará una mejor comprensión de los macroinvertebrados de la zona de estudio.

17. BIBLIOGRAFÍA.

- Bolaños, J. (2022). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre.* . Obtenido de Scielo:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000400015&script=sci_arttext
- Buenaño, M. (2018). *MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA DULCE.* Obtenido de
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001#:~:text=Las%20comunidades%20de%20macroinvertebrados%20son,simple%20y%20de%20bajo%20costo.
- Caho, A., & López, A. (2021). *Determination of the water quality index for the western section of the TorcaGuaymaral wetland using UWQI and CWQI methodologies.* Obtenido de
<http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>
- Caho, C., & López, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI.* Obtenido de Scielo : <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>
- Carrera, D. (2016). *LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS.* Quito: *EcoCiencia.* Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000800001&script=sci_arttext
- Castillejo, P. (2016). *ESTABLECIMIENTO DE UN ÍNDICE BIÓTICO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE AGUAS DE LOS RÍOS ANDINOS PRESENTES EN EL ECUADOR BASADO EN POBLACIONES DE DIATOMEAS EPILÍTICAS.* Obtenido de Universidad Internacional SEK: <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2377>
- Céspedes, A. M.-F. (2020). (2013). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO OPIA (TOLIMA-COLOMBIA) MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.* *Caldasia*, 35(2), 371–387. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0366-52322013000200012&script=sci_arttext
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 109.
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 191 [Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos].

- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 196 [Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos].
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 208 [Control y seguimiento].
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 26 [Sistema Nacional Descentralizado de gestion Ambiental].
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 30 [CONSERVACION DE LA BIODIVERSIDAD].
- COA., C. O. (2017). Obtenido de Artículo 38 [Sistema Nacional de áreas protegidas].
- Const., C. D. (2008). *Artículo 12 [Capítulo segundo, Derechos del buen vivir]*.
- Const., C. D. (2008). *Artículo 14 [Sección segunda Ambiente sano]*.
- Const., C. D. (2008). *Artículo 276 [Título VI Régimen De Desarrollo Capítulo primero Principios generales]*.
- Const., C. D. (2008). *Artículo 411 [Régimen del Buen Vivir Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales Sección Sexta Agua]*.
- Fábrega, J. (2022). *Contaminación por coliformes y evaluación fisicoquímica del agua en las cercanías de la desembocadura del río Mariato*. . Obtenido de Scielo:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292002000100003
- Flores, S. (2019). *Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bologna para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener*. Obtenido de Revista de Difusión Cultural Y Científica de La Universidad La Salle: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2019000100011&script=sci_arttext.
- González, A. (2020). *Caracterización climática y variabilidad de temperatura superficial de la llanura costera de Nayarit y su teleconexión con ENSO y PDO*. Obtenido de Scielo:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662020000100158
- González, S. (2019). *DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS* . Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>
- Gracias, J. (2017). *Use of bioindicators for evaluating water quality in rivers: application to tropical high mountain rivers. a short review*. Obtenido de Artículo de Investigación :

<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/download/659/1174/#:~:text=El%20uso%20de%20bioindicadores%20ofrece,su%20evoluci%C3%B3n%20en%20el%20tiempo.>

- Guzmán, L., Mayorga, N., & Mejía, C. (2020). *Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú*. Obtenido de Universidad Contiental: <https://doi.org/10.18259/acs.2015039>
- Hanson, P., Monika, S., & Alfonso, R. (2020). *Estudio de la diversidad taxonómica y funcional de los macroinvertebrados en un río de montaña Andino*. Obtenido de Scielo: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>
- Kiernan, D. (2020). *Introducción, índice de Simpson e índice Shannon-Weiner*. Obtenido de SUNY College of Environmental Science and Forestry via OpenSUNY: <https://lc.cx/1k796L>
- Larrea, J., Beatri, R., Lugo, D., & Rojas, M. (2021). *Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río almendares como caso de estudio*. Obtenido de Scielo: <http://scielo.sld.cu/pdf/rccb/v53n2/2221-2450-rccb-53-02-148.pdf>
- Leaño, J., & Pérez, D. (2020). *Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v9n4/v9n4_a07.pdf
- López, A., López, G., & Fragilde, M. (2017). *Propuesta de un índice de diversidad funcional*. Obtenido de Scielo: <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v38n3/art03.pdf>
- López, V. (2020). *Determinación del índice de calidad de agua (ICA – NSF) de las fuentes de agua resultantes de un plan de manejo de parámos, Parroquia Sucre, Cantón Patate*. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/827>
- Martinez. (2017). *Solidos Volátiles y solidos totales*. Obtenido de Hach: <https://es.hach.com/parameters/solids>
- Martinez, R. (2017). *Parámetros físicos, químicos, microbiológicos, para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente - vaciante. Iquitos*. Obtenido de Universidad Nacional De La Amazonía Peruana: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_b0360cab51493bb6b081e0967f007875

- Mendoza, S. (2022). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/852/85263724007/html/>
- Meneses, & Castro, J. A. (2019). *COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS RÍOS ALTOANDINOS MEDIANTE EL USO DE LOS ÍNDICES BMWP/COL. Y ABI*. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 299–310. Obtenido de Redalyc: <https://www.redalyc.org/journal/3190/319060771010/html/>
- Meneses, Y., Castro, M., & Jaramillo, A. (2019). *Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI*. Obtenido de Scielo : <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Molina, C., François, M., Pinto, J., & Rosales, C. (2023). *Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la Cordillera: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales*. Obtenido de Scielo : http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162008000100013
- Molina, E., Hernández, L., Gómez, H., & Cañizares, M. d. (2019). *Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar*. Obtenido de Scielo : <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v47n1/v47n1a14.pdf>
- Moya, N., Gibón, F.-M., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2019). *Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos según su altitud*. Obtenido de Scielo: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v8n1-2/a12v8n1-2.pdf>
- Orozco, C., Flores, H., Alvarado, D., & Ruiz, J. (2019). *CAMBIO CLIMÁTICO Y EL IMPACTO EN LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL LAGO DE CHAPALA*. Obtenido de Scielo : <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v6n5/v6n5a5.pdf>
- Pérez. (2021). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. *Academia Colombiana de Ciencia*, 23(88), 375-387. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30389621/375-387-libre.pdf?1390886422=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLos_macroinvertebrados_y_su_valor_como_i.pdf&Expires=1706281786&Signature=d77g84tPPm~L~6Uofh3X~H076y-IQxiI9GtmSc5DFxhl9f0wa4f0iR

- Peréz, G. (2016). *DIVERSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL PÁRAMO DE FRONTINO*. Obtenido de Scielo :
<http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v30n2/v30n2a11.pdf>
- RCOA. (12 de 06 de 2019). *Artículo 482 [CAPITULO III MECANISMOS DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD AMBIENTAL]*. Obtenido de
<https://site.inpc.gob.ec/pdfs/lotaip2020/REGLAMENTO%20AL%20CODIGO%20ORGANICO%20DEL%20AMBIENTE.pdf>
- Rodriguez. (12 de 05 de 2016). *INFERENCIA EN MUESTREO POR*. Obtenido de FACULTAD DE MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA:
<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/115318/Rodr%C3%ADguez%20Jim%C3%A9nez%20Jos%C3%A9%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodriguez, J., Espiá, R., & Turizo, R. (2023). *Grupos funcionales de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira*. Obtenido de Scielo :
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442011000400009&script=sci_arttext
- Roldán, G. (2019). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del Método* . Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442014000600016&script=sci_arttext
- Samboni Ruiz, N. E. (2020). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Ingeniería e investigación, 27(3), 172-181*. Obtenido de Scielo :
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext
- Samboni, Carvajal, J., & Escobar, C. (2019). *A review of physical-chemical parameters as water quality and*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v27n3/v27n3a19.pdf>
- Soler, P. (2020). *ndice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela*. Obtenido de Scielo :
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=pdf.
- Vallejo, J. (2019). *Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable de la Planta de Tratamiento*. Obtenido de Alcira:
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/355>

Vera, O. (2020). *TRASTORNOS DEL EQUILIBRIO ÁCIDO-BASE*. Obtenido de Scielo :
http://www.scielo.org.bo/pdf/rmcmlp/v24n2/v24n2_a11.pdf