



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua
en la microcuenca Llin Llin cantón Colta

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor:

Alvarez Yasaca Jhoana Lisseth
Llamuca Cali Adrian Patricio

Tutor:

PhD. Anita Cecilia Ríos Rivera

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Jhoana Lisseth Alvarez Yasaca con cédula de ciudadanía 0605417567, y Adrian Patricio Llamuca Cali, con cédula de ciudadanía 1727198374, autores del trabajo de investigación titulado: Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en la microcuenca Llin Llin cantón Colta, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 17 de septiembre de 2024



Jhoana Lisseth Alvarez Yasaca

C.I: 0605417567



Adrian Patricio Llamuca Cali

C.I: 1727198374

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, PhD. Anita Cecilia Ríos Rivera catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en la microcuenca Llin Llin cantón Colta, bajo la autoría de Jhoana Lisseth Alvarez Yasaca y Adrian Patricio Llamuca Cali por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 11 días del mes de septiembre de 2024



PhD. Anita Cecilia Ríos Rivera

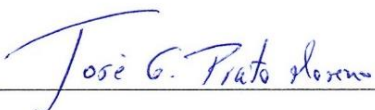
C.I: 0601605066

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

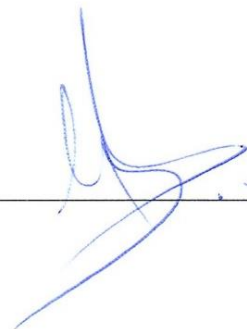
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de **investigación Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en la microcuenca Llin Llin cantón Colta**, presentado por Jhoana Lisseth Alvarez Yasaca, con cédula de identidad número 0605417567, y Adrian Patricio Llamuca Cali, con cédula de identidad número 1727198374, bajo la tutoría de PhD. Anita Cecilia Ríos Rivera; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 17 de septiembre del 2024.

José Prato Moreno, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Patricio Santillán Lima, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



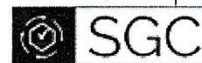
Carla Silva Padilla, Mgs.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

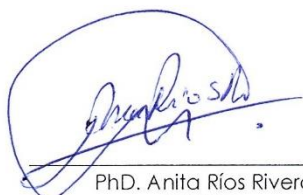
UNACH-RGF-01-04-08.17

VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **JHOANA LISSETH ALVAREZ YASACA** con CC: **0605417567**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **"MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA LLIN LLIN CANTÓN COLTA."**, cumple con el **10%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de septiembre de 2024



PhD. Anita Ríos Rivera
TUTORA



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO

en movimiento



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Que, **ADRIAN PATRICIO LLAMUCA CALI** con CC: **1727198374**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA LLIN LLIN CANTÓN COLTA."**, cumple con el 10 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 10 de septiembre de 2024

PhD. Anita Ríos Rivera
TUTORA

DEDICATORIA

A mis amados padres Laura y Juan, con todo mi cariño y gratitud, quiero dedicarles este trabajo que simboliza el fruto de su amor incondicional y enseñanza a lo largo de toda mi vida. Gracias por ser mi mayor inspiración, por creer en mi en todo momento y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. Su sacrificio, guía y amor incondicional han sido la fuente constante de mi motivación. Con todo mi cariño les dedico este trabajo como muestra de mi eterno agradecimiento y amor hacia ustedes.

Jhoana Lisseth Alvarez Yasaca

Dedico este trabajo de manera muy especial a mis padres Nancy y Patricio, por su inquebrantable apoyo, amor incondicional y constante motivación a lo largo de esta travesía académica. Su aliento y sacrificio han sido la fuerza que me impulso a alcanzar este logro. Gracias por ser mi pilar en los momentos difíciles y por celebrar conmigo en los momentos de alegría. A ustedes, les dedico con cariño y agradecimiento este logro.

Adrian Patricio Llamuca Cali

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por darnos la fortaleza y la sabiduría para culminar este proyecto. Agradecemos de manera especial a nuestra tutora Dra. Anita Ríos, por su invaluable orientación, apoyo durante el proceso de elaboración de esta investigación.

También queremos expresar nuestra gratitud a los MgS. Patricio Santillán, MgS. Marco Rodríguez y MgS. Jonathan Orozco, cuyas contribuciones y comentarios enriquecieron significativamente este trabajo de investigación. Su guía fue clave para alcanzar los objetivos propuestos.

Agradecemos a la Universidad Nacional de Chimborazo por brindarnos la oportunidad de una educación superior de calidad y de forjarnos como profesionales. A World Vision por su apoyo incondicional en la ejecución de esta investigación.

Por último, no podemos dejar de mencionar a nuestros amigos cercanos que nos brindaron su apoyo incondicional y contribuyeron de diversas formas. Su ánimo, motivación y colaboración fueron pilares fundamentales en este arduo camino. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte fundamental en la culminación de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORIA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENRAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 16

1.1 Antecedentes 17

1.2 Planteamiento del problema..... 18

1.3 Justificación 18

1.4 Objetivos 19

1.4.1 General..... 19

1.4.2 Específicos..... 19

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... 20

2.1. Cuenca hidrográfica 20

2.2. Contaminación del agua..... 20

2.3. Calidad del agua..... 21

2.4. Bioindicadores 21

2.5. Macroinvertebrados acuáticos 22

2.6. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)..... 23

2.7. Índice ABI (índice Biológico Andino) 23

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 24

3.1. Tipo de investigación..... 24

3.2. Área de estudio 24

3.3. Metodología de muestreo y recolección 24

3.4. Determinación del caudal 25

3.5. Identificación en laboratorio 26

3.6. Cálculo índice de calidad BMWP..... 26

3.7. Calculo índice ABI 27

3.8. Análisis estadístico..... 29

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Estaciones de muestreo	30
4.1.1. Estación de muestreo 1	31
4.1.2. Estación de muestreo 2	31
4.1.3. Estación de muestreo 3	32
4.1.4. Estación de muestreo 4	32
4.1.5. Estación de muestreo 5	33
4.1.6. Estación de muestreo 6	33
4.1.7. Estación de muestreo 7	33
4.1.8. Estación de muestreo 8	34
4.1.9. Estación de muestreo 9	34
4.1.10. Estación de muestreo 10	35
4.2. Bioindicadores	35
4.3. Determinación del caudal dentro de la microcuenca	38
4.4. Determinación del índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) como método de evaluación.....	39
4.4.1. Estación de muestreo 1	39
4.4.2. Estación de muestreo 2	40
4.4.3. Estación de muestreo 3	41
4.4.4. Estación de muestreo 4	41
4.4.5. Estación de muestreo 5	42
4.4.6. Estación de muestreo 6	43
4.4.7. Estación de muestreo 7	43
4.4.8. Estación de muestreo 8	44
4.4.9. Estación de muestreo 9	45
4.4.10. Estación de muestreo 10	46
4.5. Determinación de calidad del agua con el uso del índice ABI (Índice Biológico Andino)	47
4.5.1. Estación de muestreo 1	47
4.5.2. Estación de muestreo 2	48
4.5.3. Estación de muestreo 3	48
4.5.4. Estación de muestreo 4	49
4.5.5. Estación de muestreo 5	49
4.5.6. Estación de muestreo 6	50

4.5.7. Estación de muestreo 7	50
4.5.8. Estación de muestreo 8	51
4.5.9. Estación de muestreo 9	51
4.5.10. Estación de muestreo 10	52
4.6. Evaluación comparativa de los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices biológicos BMWP – ABI	53
4.6.1. Análisis estadístico	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	55
5.1. Conclusiones	55
5.2. Recomendaciones	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Formulario de campo para el registro de datos.....	25
Tabla 2. Determinación del factor de corrección para cálculo de caudales por el método de flotador.....	26
Tabla 3. Registro de datos de macroinvertebrados.....	26
Tabla 4. Familias y sus respectivas puntuaciones	26
Tabla 5. Rangos del índice BMWP	27
Tabla 6. Puntuación del índice ABI.....	27
Tabla 7. Clasificación de calidad del agua según el índice ABI	29
Tabla 8. Estaciones de muestreo dentro de la microcuenca	30
Tabla 9. Macroinvertebrados más representativos del área de estudio.	36
Tabla 10. Abundancia y diversidad de macroinvertebrados.....	37
Tabla 11. Determinación del caudal en la microcuenca Llin Llin	38
Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos del índice BMWP	47
Tabla 13. Resumen de resultados obtenidos del índice ABI	52
Tabla 14. Relación de los índices BMWP y ABI	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca Llin Llin	24
Figura 2. Ubicación de las estaciones de muestreo en la microcuenca Llin Llin	31
Figura 3. Estación de muestreo 1 "Entrada a la comunidad Llin Llin "	31
Figura 4. Estación de muestreo 2 "Comunidad Llin Llin "	32
Figura 5. Estación de muestreo 3	32
Figura 6. Estación de muestreo 4	32
Figura 7. Estación de muestreo 5	33
Figura 8. Estación de muestreo 6	33
Figura 9. Estación de muestreo 7	34
Figura 10. Estación de muestreo 8	34
Figura 11. Estación de muestreo 9	35
Figura 12. Estación de muestreo 10	35
Figura 13. Familia de macroinvertebrados más representativos dentro de la microcuenca Llin Llin	36
Figura 14. Reducción del caudal del río Llin Llin	39
Figura 15. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 1	40
Figura 16. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 2	40
Figura 17. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 3	41
Figura 18. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 4	42
Figura 19. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 5	42
Figura 20. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 6	43
Figura 21. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 7	44
Figura 22. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 8	45
Figura 23. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 9	46
Figura 24. Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 10	46
Figura 25. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 1	47
Figura 26. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 2	48
Figura 27. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 3	48
Figura 28. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 4	49
Figura 29. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 5	49
Figura 30. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 6	50
Figura 31. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 7	50
Figura 32. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 8	51
Figura 33. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 9	51
Figura 34. Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 10	52
Figura 35. Análisis estadístico del Índice ABI y BMWP	54

RESUMEN

En esta investigación se evaluó la calidad de agua en la microcuenca del río Llin Llin, en el cantón Colta, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Con la ayuda de sistemas de información geográfica, se establecieron 10 estaciones de muestreo en la microcuenca, considerando zonas estratégicas, la cobertura de usos de suelo y la accesibilidad. La recolección de organismos se realizó en agosto, septiembre y octubre de 2023, y enero de 2024, utilizando una red tipo D-net. Se recolectaron 16830 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 12 órdenes y 31 familias. Las familias más representativas fueron Chironomidae, con 60.26 % (10142 individuos), seguida por *Ceratopogonidae* con 13.68 % (2303 individuos), Baetidae con 7.36 % (1239 individuos), Elmidae con 4.96 % (834 individuos) y el 13.74 % (2312 individuos) se distribuyó entre las demás familias.

Aplicando el índice BMWP, se determinó que la calidad del agua se encuentra en una calidad aceptable, considerando que son aguas medianamente contaminadas. En contraste, el índice ABI demuestra ser una herramienta adecuada para evaluar la calidad de agua en la microcuenca, especialmente considerando su aplicación recomendada para ríos alto andinos situados a más de 2000 m.s.n.m, mientras que, la zona de estudio se encuentra entre los 3240 m.s.n.m y 4230 m.s.n.m. Los resultados obtenidos mediante este índice indican que la calidad del agua en la mayoría de las estaciones es buena, con excepción de las estaciones Em1 y Em7, donde se registran una calidad regular.

La evaluación de la calidad del agua en la microcuenca Llin Llin, realizada mediante los índices BMWP y ABI, reveló que el agua esta medianamente contaminada y guarda relación directa con las actividades antrópicas y los usos de suelo predominantes en la zona de estudio, tales como cultivos de ciclo corto, pasto cultivado y páramo.

Palabras claves: Tolerancia, Sensibilidad, BMWP, ABI.

ABSTRACT

The present study evaluated the water quality in the micro-basin of the Llin Llin River in Colta parish. The study looked at aquatic macroinvertebrates as bioindicators. The researcher used geographic information systems where ten sampling stations were established in the micro-basin, considering strategic areas, land use coverage, and accessibility. Using a D-net type network, the researcher collected organisms during August, September, October 2023, and January 2024. The number of aquatic macroinvertebrates collected was 16830, distributed in 12 groups and 31 families. The most representative families were Chironomidae, with 60,26 % (10142 individuals), followed by *Ceratopogonidae* with 13,68 % (2303 individuals), Baetidae with 7,36 % (1239 individuals), Elmidae with 4,96 % (834 individuals) and 13,74 % (2312 individuals) were distributed among the other families.

Applying the BMWP index, the researcher determined that the quality of the water is of an acceptable quality, considering that it is moderately contaminated water. In contrast, the ABI index proves to be an adequate tool to evaluate water quality in the micro-basin, especially considering its recommended application for high Andean rivers located at more than 2000 m.s.n.m, while the study area is between 3240 m.s.n.m. and 4230 m.s.n.m. The results obtained through this index indicate that the water quality in most stations is acceptable, except stations Em1 and Em7, where the recording showed a regular water quality.

The evaluation of water quality in the Llin Llin micro-basin, carried out using the BMWP and ABI indices, revealed that the water is moderately polluted. This pollution is directly related to the anthropic activities and land uses predominant in the study area, such as short-cycle crops, cultivated pasture and paramo. These findings underscore the need for sustainable land use practices to preserve water quality.

7Keywords: Tolerance, Sensitivity, BMWP, ABI.

Reviewed by

ADRIANA
XIMENA
CUNDAR
RUANO

Firmado digitalmente
por ADRIANA XIMENA
CUNDAR RUANO
Fecha: 2024.09.13
13:03:36 -05'00'

MsC. Adriana Cundar Ruano, Ph.D.
ENGLISH PROFESSOR
c.c. 1709268534

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento fundamental para la vida de los seres vivos y es considerado un tesoro de la naturaleza. Sin embargo, su disponibilidad está disminuyendo en el ambiente, por lo que es necesario cuidarla y preservarla. Es importante tener en cuenta que es un recurso natural vulnerable y que su calidad puede ser un factor limitante para muchas actividades humanas cotidianas e industriales (Mora et al., 2020).

Ecuador cuenta con una red significativa de ríos que atraviesan su geografía, cuyas fuentes principales tienen su origen en las elevadas montañas de los Andes, la mayoría de estos ríos sufren graves impactos causados por la actividad humana, tales como, la agricultura y minería intensiva, la liberación de aguas residuales y basura, derrames de petróleo, entre otros factores. Los efectos de la actividad humana en los ríos, provocan alteraciones negativas en la diversidad de la vida acuática, que es un indicador fundamental de la calidad del agua presente en estos ecosistemas fluviales (Liñero et al., 2016).

Se han creado métodos de evaluación de la calidad del agua con el fin de establecer herramientas adecuadas para su administración y control. Ciertos métodos utilizan bioindicadores que brindan la ventaja de poder evaluar el estado ecológico de un río y observar su evolución en el tiempo (García et al., 2017).

Un método para evaluar los cambios ambientales en un medio es analizar la proporción de organismos que son tolerantes a dichos cambios, ya que, los organismos menos tolerantes son los primeros en desaparecer a causa de la contaminación. Es así, que los macroinvertebrados son utilizados normalmente como bioindicadores debido a su alta sensibilidad ante los cambios ambientales, lo que los convierte en una excelente herramienta para la evaluación de la calidad del agua (García et al., 2017).

El índice de calidad del agua BMWP (Biological Monitoring Working Party), fue desarrollado en Inglaterra en 1970 como una forma sencilla y rápida de evaluar la calidad del agua, identificando la familia de macroinvertebrados y calificándolos según su capacidad de resistencia a la contaminación orgánica de su entorno (Roldán, 2003).

De igual manera, el Índice Biológico Andino (ABI), que se basa en el índice BMWP original, permite clasificar la calidad ecológica de un sistema. Este índice se utiliza en ríos altoandinos que se encuentran a una altitud superior a los 2000 m.s.n.m, presentando una menor diversidad de familias de macroinvertebrados debido a la limitación de su distribución en relación a la altitud y a las diferencias en su nivel de resistencia a los impactos ambientales, en comparación con otras áreas geográficas (Meneses et al., 2019).

El proyecto de titulación estimará la calidad del agua en la microcuenca Llin Llin , cantón Colta con macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores; este trabajo está enmarcado en el proyecto “Estudio de la conservación y uso sostenible de servicios ecosistémicos de los páramos de Llin Llin , Sicalpa y Columbe y su área de influencia”, dicho proyecto responde a las necesidades de estas comunidades las cuales están dentro de las prioridades del Convenio Marco de Cooperación para Fortalecimiento de Capacidades a Comunidades en Situación de Vulnerabilidad, entre la Fundación Visión Mundial Ecuador y Universidad Nacional de Chimborazo, firmado en el mes de marzo del 2020.

1.1 Antecedentes

En los ríos de la región altoandina, existe una gran cantidad de especies de macroinvertebrados acuáticos que aún no han sido identificadas por la ciencia, y cuyas características ecológicas y comportamiento natural aún no han sido completamente investigados. Una parte significativa de estos invertebrados son insectos que tienen ciclos de vida complejos, con fases larvales adaptadas al medio acuático. La ecología de estos organismos, así como el monitoreo de la integridad de sus comunidades y la calidad del agua, es fundamental (Encalada et al., 2004).

En este contexto, el creciente interés por comprender y proteger los ecosistemas fluviales, así como estudiar sus cambios a lo largo del tiempo, ha impulsado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos para estimar el impacto de las intervenciones humanas en estos ecosistemas (Yépez et al., 2017).

Anteriormente, las metodologías utilizadas para el estudio y seguimiento de la calidad del agua se centraban exclusivamente en análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, sin restar importancia a estos parámetros, ha surgido la necesidad de incorporar también el análisis de componentes bióticos en el monitoreo biológico para lograr una valoración ambiental más precisa. Estas nuevas metodologías ofrecen varias ventajas, como el uso de equipos simples y relativamente económicos, procedimientos sencillos, rapidez en la obtención de resultados y una alta fiabilidad (Carrasco et al., 2020).

Según Liñero et al. (2016), en Sudamérica se han llevado a cabo evaluaciones de la calidad del agua de los ríos utilizando los macroinvertebrados, entre los que se pueden citar los realizados en Argentina (Albariño, 1997) ; Bolivia (Molina et al., 2008; Moya et al., 2009); Chile (Figuerola et al., 2003; Rojas, 2006) Colombia (Bernal et al., 2006; Caicedo & Palacio, 1998; Forero et al., 2014; J. D. Gutiérrez et al., 2002; Posada et al., 2000; Roldán, 1996) y Perú (Paredes et al., 2004).

En Ecuador se han realizado varios estudios de la calidad de ríos a través de los macroinvertebrados acuáticos, pudiéndose mencionar los de Jacobsen & Encalada (1998); Carrera & Gunkel (2003); Giacomett & Bersosa (2006); Terneus et al. (2013) entre otros.

En Chimborazo, se han llevado a cabo estudios para evaluar la calidad del agua empleando macroinvertebrados como bioindicadores. Entre estos, se menciona a Toledo & Mendoza, (2016), quienes evaluaron la calidad del agua en la microcuenca del río Chimborazo, utilizando los índices BMWP/Col y ABI. Concluyendo que la calidad del agua, es inicialmente Aceptable y Buena, pero posteriormente se deteriora hasta alcanzar un estado dudoso y regular. Esta disminución en la calidad del agua se atribuye a las actividades humanas, como la agricultura y la ganadería, así como a los vertidos domésticos, que han generado perturbaciones en el ecosistema acuático.

Así mismo, se puede mencionar a Déley & Santillán (2016), quienes realizaron una investigación en las microcuencas de Ozogoché, Zula y Jubal. Los resultados de esta investigación fueron recopilados en un libro que presenta una lista detallada de las 33 familias de macroinvertebrados encontradas en el área de estudio. Cada macroinvertebrado está acompañado de sus respectivas claves de identificación, apoyadas por imágenes detalladas que describen las partes y estructuras de sus cuerpos, permitiendo así su

identificación a nivel de orden y familia. Además, el libro incorpora una valoración basada en los índices ABI y BMWP/Col, lo que añade un valor significativo al estudio.

1.2 Planteamiento del problema

Los problemas derivados de la contaminación de los cuerpos de agua se intensifican día a día, lo que empeora la situación de las especies acuáticas a enfrentarse a la amenaza del hombre y a la escasez creciente de un recurso vital. Al mismo tiempo la demanda de agua de calidad aumenta tanto para consumo humano como para uso agrícola (Montoya & Escobar, 2019; Mora et al., 2020).

Según Toledo & Mendoza (2016), en la provincia de Chimborazo la actividad agrícola y pecuaria es muy extendida gracias a las condiciones favorables de suelo, agua y microclima. Es por ello que se requiere realizar estudios para evaluar las características de los recursos hídricos y su calidad, a fin de lograr un equilibrio entre las actividades humanas y la preservación de los ecosistemas acuáticos.

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Columbe (2020), la contaminación del agua se origina por la presencia de ovino, bovino y porcinos que se encuentran alrededor de las fuentes de agua. Además, se suma la descarga de desechos sólidos, aguas negras y grises las cuales son depositadas directamente en los ríos principales. Cabe mencionar que existen algunas microcuencas que alimentan a la cuenca del río Pastaza, teniendo así que la microcuenca Llin Llin cuenta con un sistema hídrico de 23 captaciones con una disponibilidad del recurso hídrico de 14000000 m³/año.

Es importante mencionar que hasta el momento no se han llevado a cabo investigaciones en la microcuenca Llin Llin utilizando macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua. Por lo tanto, es necesario realizar estudios y recopilar datos de campo para obtener información detallada y actualizada, lo que permitirá conocer la situación actual que presenta el recurso hídrico en la microcuenca.

Los resultados obtenidos permitirán tomar decisiones encaminadas a un adecuado manejo de los servicios ambientales de la microcuenca, así como contribuir a la generación de herramientas y estrategias de gestión ambiental que permitan garantizar la sostenibilidad de la zona a largo plazo.

1.3 Justificación

En la actualidad, se pueden identificar diversas fuentes de contaminación que afectan la calidad del agua y ocasionan un impacto negativo sobre la comunidad biológica de estos ecosistemas. Esto se debe a que algunas actividades pueden alterar el equilibrio natural del ecosistema acuático, teniendo efectos perjudiciales en algunos casos (Chavez, 2022).

De esta manera, resulta importante evaluar los distintos parámetros que determinan la calidad del agua, con el fin de garantizar un uso apropiado y sostenible de los recursos acuáticos para asegurar su disponibilidad y calidad. Esto permitirá promover la prosperidad económica como el bienestar de las comunidades que dependen de estos ríos (Chavez, 2022; Herrera et al., 2022).

La presente investigación sobre la calidad del agua en la microcuenca Llin Llin es de gran importancia para el proyecto de conservación y uso sostenible de los servicios ecosistémicos en los páramos de la zona. Los resultados obtenidos permitirán tomar

decisiones encaminadas a un adecuado manejo de los servicios ambientales de la microcuenca, así como contribuir a la generación de herramientas y estrategias de gestión ambiental que permitan garantizar la sostenibilidad de la zona a largo plazo.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Estimar la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca Llin Llin, cantón Colta.

1.4.2 Específicos

- Aplicar el índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) como método de evaluación.
- Determinar la calidad del agua con el uso del índice ABI (Índice Biológico Andino).
- Realizar la evaluación comparativa de los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices biológicos BMWP – ABI

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área geográfica donde fluyen de manera natural todas las aguas, ya sean de lluvia, deshielo, o de acuíferos, hacia un único punto de descarga, como un río, lago u océano. Estas cuencas son independientes de las fronteras políticas y administrativas (Ramakrishna, 1997). La cuenca hidrográfica comúnmente se emplea como una unidad de planificación para la gestión de los recursos hídricos. No obstante, es importante reconocer que las cuencas hidrográficas de los grandes ríos suelen estar compuestas por cuencas más pequeñas (Vásconez et al., 2019).

Según Vásconez et al. (2019), dentro de la cuenca se encuentran los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, que cuentan con funciones como:

Función ambiental:

- Constituyen sumideros de CO₂.
- Alberga bancos de germoplasma.
- Regula la recarga hídrica.
- Conserva la biodiversidad.
- Mantiene la diversidad de los suelos.

Función ecológica:

- Provee hábitat para la fauna.
- Provee hábitat para la flora.
- Tiene influencia sobre la calidad física y química del agua.

Función hidrológica:

- Drena el agua de la precipitación.
- Recarga las fuentes de agua subterránea.
- Recarga las fuentes de agua superficial.

Función socioeconómica:

- Suministra recursos naturales renovables.
- Suministra recursos naturales no renovables.
- Provee espacio para el desarrollo social.
- Provee espacio para el desarrollo cultural.

2.2. Contaminación del agua

La contaminación del agua se define como el acto de introducir sustancias en el agua, provocando cambios en su calidad y composición química (Guadarrama et al., 2016).

La problemática de la contaminación del agua es una realidad que experimentamos en la actualidad, ya que no se limita únicamente a los países industrializados o menos desarrollados, sino que impacta en todos los sectores de la población (Guadarrama et al., 2016). En Ecuador, generada por la incorrecta gestión y eliminación de residuos, representa uno de los principales desafíos que incide en la calidad del agua. Se calcula que, por debajo de los 2000 metros de altitud, los cursos de agua en el país sufren contaminación, principalmente debido a los desechos provenientes de actividades industriales y la carencia de sistemas adecuados para tratar las aguas residuales (Guanokuiza & Antúnez, 2019).

La agricultura también contribuye a la contaminación, ya que los agricultores emplean fertilizantes, plaguicidas y herbicidas para mejorar la fertilidad del suelo y proteger los cultivos de malas cosechas y plagas. Estos productos, arrastrados por las lluvias y los riegos, se desplazan hacia los ríos y vertientes, resultando en la contaminación del agua (Guanokuiza & Antúñez, 2019).

Según Guadarrama et al. (2016), los principales contaminantes del agua son:

- Los agentes patógenos: algunas bacterias, virus y parásitos, provenientes de desechos orgánicos, entran en contacto con el agua.
- Los desechos que requieren oxígeno: Algunos residuos pueden ser descompuestos por bacterias que requieren oxígeno para llevar a cabo el proceso de biodegradación. Cuando hay concentraciones significativas de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno presente en el agua, resultando en la muerte de la vida acuática.
- Las sustancias químicas inorgánicas: como los ácidos y los compuestos de metales tóxicos envenenan el agua.
- Las sustancias químicas orgánicas: como el petróleo, el plástico, los plaguicidas y los detergentes amenazan la vida en el agua.
- Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas. Estas mueren y se descomponen agotando el oxígeno del agua y provocando la muerte de varias especies marinas.

Las múltiples consecuencias derivadas de la contaminación ocasionada por la actividad humana en lagos, ríos y mares incluyen la desaparición de la vida marina y la destrucción de los ecosistemas acuáticos, resultado de la extrema toxicidad de los desechos industriales, así como la manifestación de enfermedades en la población humana (Guadarrama et al., 2016).

2.3. Calidad del agua

La calidad del agua se puede entender como la combinación de las concentraciones y características físicas de sustancias orgánicas e inorgánicas, junto con la composición y estado de la vida acuática. Esta calidad varía en el espacio y en el tiempo debido a influencias tanto externas como internas al cuerpo hídrico (Sierra, 2011).

Según Sierra (2011), para evaluar la calidad, se pueden emplear aspectos principales como:

- Aspectos fisicoquímicos. Las concentraciones, especies y tipos de sustancias orgánicas e inorgánicas.
- Aspectos biológicos. La composición y estado de la biota acuática.
- Aspectos no acuáticos. Los cambios temporales y espaciales que son debidos a los factores intrínsecos y externos al sistema acuático en estudio. Por ejemplo, la canalización del cauce, la presencia de bosques en las riberas de la corriente, etc.

2.4. Bioindicadores

Los bioindicadores se usan como herramientas de medición porque ofrecen información sobre la calidad del medio ambiente y las condiciones actuales de un organismo o ecosistema. Se refieren a organismos o comunidades de organismos que responden a un estímulo al modificar sus funciones vitales o acumular toxinas. Estos estímulos pueden

señalar la presencia de contaminantes en el entorno y desencadenar diversas respuestas en los organismos, lo que los convierte en valiosos indicadores para detectar la presencia de contaminantes en el ambiente (García et al., 2017).

Los macroinvertebrados son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del agua, ya que su presencia, ausencia, densidad o abundancia están directamente relacionadas con la condición del ecosistema acuático. Estos organismos presentan adaptaciones evolutivas específicas a ciertas condiciones ambientales y muestran diferentes grados de tolerancia a la alteración de dichas condiciones. Por lo tanto, cualquier cambio en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados se utiliza como indicador de algún tipo de perturbación (Déley & Santillán, 2016).

La ventaja de emplear macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, en comparación con otros análisis como los parámetros fisicoquímicos, radica en que estos organismos, al vivir en el agua durante días o meses, integran los cambios en los parámetros fisicoquímicos a lo largo de ese período. Esto proporciona una visión más completa de la calidad del agua y de las condiciones presentes durante el período de vida de los organismos hasta su captura. En contraste, un análisis fisicoquímico solo revela las características del agua en el momento del muestreo, sin proporcionar información sobre el estado ecológico previo del cuerpo de agua monitoreado (Déley & Santillán, 2016).

2.5. Macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos engloban a los organismos visibles, aquellos que miden más de 0.5 mm de longitud (Osejos et al., 2020). La mayoría de estos organismos pertenecen a grupos de artrópodos, y entre ellos, los insectos en sus etapas larvales son los más comunes encontrados en aguas dulces. El tiempo que los insectos acuáticos pasan en su fase larval varía considerablemente, desde unas pocas semanas hasta varios años, según la especie y factores ambientales como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento. Por otro lado, los adultos completan su desarrollo fuera del agua, y esta etapa puede durar desde unas pocas horas hasta varios días, dependiendo del grupo y las condiciones del entorno (Déley & Santillán, 2016).

Los macroinvertebrados son cruciales en los ecosistemas acuáticos debido a que representan una parte significativa de la biomasa animal. Interactúan con todos los niveles de las redes tróficas, consumiendo materia orgánica producida por organismos fotosintéticos y provenientes de ecosistemas terrestres, y transfiriéndola a los vertebrados que se alimentan principalmente de ellos. Además, reciclan materiales, descomponen materia orgánica y contribuyen a la purificación del agua al fragmentar partículas grandes en más pequeñas, que luego son aprovechadas por otros organismos. Por lo tanto, cualquier alteración en la comunidad de macroinvertebrados afectaría directamente a animales como peces, aves acuáticas y especies semiacuáticas. Además, cualquier alteración en los macroinvertebrados impactaría el funcionamiento de los ecosistemas lóticos y, como consecuencia, afectaría la provisión de servicios ecosistémicos, incluyendo la disponibilidad de agua de buena calidad (Déley & Santillán, 2016).

Los métodos de evaluación de la calidad del agua que se basan en estos macroinvertebrados ofrecen diversas ventajas, como su simplicidad metodológica, rapidez en la obtención de resultados y alta confiabilidad. Estas características convierten a estos

métodos en una herramienta adecuada para la vigilancia regular de la calidad del agua en cuencas y ríos en general (Osejos et al., 2020).

Se han desarrollado diversos índices biológicos para evaluar la calidad de los ecosistemas, los cuales se utilizan globalmente y, en algunos países, se han adaptado para reflejar las características específicas de sus ecosistemas (García et al., 2017).

2.6. Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

El Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) permite evaluar la calidad del agua considerando el nivel taxonómico de las familias de macroinvertebrados acuáticos. Se asigna una puntuación máxima de 10 a las especies sensibles, indicadoras de aguas limpias, mientras que una puntuación mínima de 1 a las especies tolerantes que indican mayor contaminación. Para las demás familias, su puntuación oscila entre 9 y 2 dependiendo de su grado de tolerancia o sensibilidad ante la contaminación en los diferentes grupos taxonómicos (Roldán, 2003).

2.7. Índice ABI (índice Biológico Andino)

El índice Biológico Andino (ABI) es utilizado para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos por encima de los 2000 m.s.n.m. Este índice clasifica las familias de macroinvertebrados en 10 niveles y les asigna una puntuación de 1 a 10. El valor 1 indica una mayor tolerancia, mientras que un valor de 10 indica una menor tolerancia ante la contaminación (Encalada et al., 2004). Este índice requiere de datos cualitativos, enfocados en la presencia y ausencia de familias, esto lo convierte en una alternativa sencilla de estimación de la calidad del agua (Romero & Tarillo, 2017).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación mixta, integrando enfoques cuantitativos y cualitativos. El enfoque cuantitativo se centró en la recopilación, análisis e interpretación de datos obtenidos, mientras que el enfoque cualitativo incluyó en una revisión bibliográfica sobre de la identificación de macroinvertebrados acuáticos y la obtención de información adicional relativa al área de estudio.

El diseño de investigación fue experimental, ya que permitió ampliar los conocimientos sobre macroinvertebrados y analizar el impacto que tiene la aparición y comportamiento en el ambiente acuático.

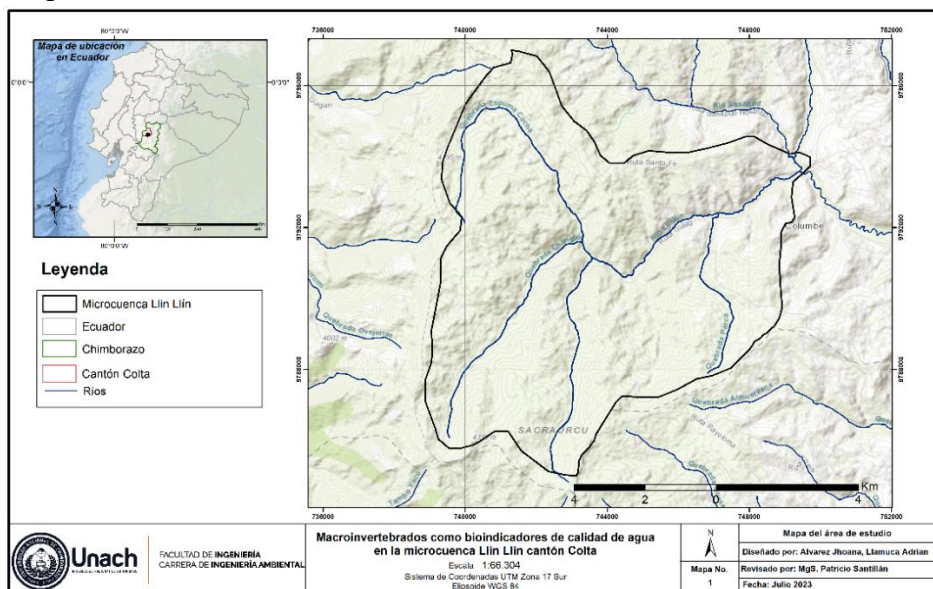
Además, se utilizó un diseño correlacional para comparar los resultados de los índices BMWP y ABI. Esta comparación facilitó la identificación de posibles relaciones entre ambos índices y permitió contrastar una única variable: la calidad del agua.

3.2. Área de estudio

El área de estudio se encuentra en la microcuenca Llin Llin, cantón Colta de la provincia de Chimborazo (Figura 1), tiene una extensión aproximada de 7943,1 hectáreas con una altitud mínima de 3240 m.s.n.m. a una máxima de 4320 m.s.n.m. Los suelos predominantes en esta región son molisoles e inceptisoles, la cobertura del suelo está compuesta principalmente por pasto cultivado, cultivos de ciclo corto y páramo.

Figura 1.

Mapa de ubicación de la microcuenca Llin Llin



Fuente: Autores.

3.3. Metodología de muestreo y recolección

Para el establecimiento del protocolo de muestreo, se tomó en consideración los meses de agosto, septiembre, octubre y enero. Con base en esto, se seleccionaron las estaciones de muestro considerando variables como: usos de suelo, altitud, accesibilidad y actividades antrópicas de la microcuenca.

En lo que respecta a la recolección de la muestra, se utilizó una red "D-net" para capturar los macroinvertebrados en sentido contrario al flujo del agua (Ramírez, 2010). Para ello, la base fue removida con los pies (Carrera & Fierro, 2001). Una vez capturadas las especies, fueron colocadas en recipientes de plástico de boca ancha previamente etiquetados, a los cuales se les añadió una solución de alcohol para fijación y conservación de la muestra. Posteriormente, las muestras fueron transportadas en un cooler a los laboratorios de la Universidad Nacional de Chimborazo para su identificación.

Además, Fue necesario llenar un formulario para el registro de información acerca de las estaciones de muestreo (tabla 1) ya que permitió recolectar y organizar de manera detallada datos importantes. La información recopilada en el formulario fue una herramienta esencial para el análisis y estudio posterior de las muestras.

Tabla 1.

Formulario de campo para el registro de datos

FORMULARIO DE CAMPO PARA EL REGISTRO MUESTRAS	
Nombre del río, riachuelo, laguna, etc.: _____	
Recolección de la muestra en: poza, rápido o remanso	
Ciudad: _____	Coordenada Este: _____
Hora: _____	Coordenada Norte: _____
Dirección del viento: N-NE-E-SE-S-SO-O-NO Altitud: _____	
Tiempo actual: claro – parcialmente nublado – neblina – nublado – lluvioso	
Condiciones climáticas recientes: _____	
Condiciones de la superficie: calma - poca agitación – mucha agitación – oleadas	
Condición del río, riachuelo, laguna: _____	
Color olor del Agua: _____	
Claridad o cantidad de material suspendido en el agua: _____	
Observaciones sobre la vida silvestre: _____	
Otras observaciones que considere interesantes o importantes: _____	

Fuente: (Déley & Santillán, 2016).

3.4. Determinación del caudal

Según MINAGRI (2015), el método del flotador es sencillo, pero solamente proporciona una estimación aproximada. Es necesario tener en cuenta la velocidad del agua y el área del canal.

Para llevar a cabo este proceso, en primer lugar, se eligió un tramo de 10 metros donde se consideró la homogeneidad del río. Luego, la ecuación 1 permitió calcular la velocidad en dicho tramo. A continuación, el tramo fue dividido en secciones más pequeñas y se midió los espacios y la profundidad de cada sección. Con estos datos, se aplicó la ecuación 2 para calcular el área de cada sección. Las áreas obtenidas fueron sumadas para obtener un área total (ecuación 3). Finalmente, la ecuación 4 facilitó el cálculo del caudal total.

$$V = \frac{L}{T} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$A_1 = \frac{(h_0 + h_1)}{2} * e \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_n \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$Q = A * V * Fc \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

V: velocidad, en m/s

L: Longitud

T: Tiempo, en s

A₁: área de cada tramo, en m^2

Q: Caudal, en m^3

A_T: área, en m^2

h: altura, en m

e: espacios, en m

Fc: factor de corrección de acuerdo al tipo de río, adimensional (Tabla 2).

Tabla 2.

Determinación del factor de corrección para cálculo de caudales por el método de flotador

Tipo de cauce	Factor de corrección (Fc)
Ríos de base rocosa	0,8
Ríos sedimentados o lisos	0,9

Fuente: (MINAGRI, 2015).

3.5. Identificación en laboratorio

En el laboratorio, se realizó la identificación de especies, para ello, la muestra fue colocada en bandejas de fondo blanco y posteriormente, las especies recolectadas se dispusieron en cajas Petri para su observación bajo un estereoscopio. Las especies recolectadas fueron separadas en los diferentes morfotipos de macroinvertebrados hallados. Cada espécimen fue identificado hasta el nivel de Orden y Familia utilizando una clave taxonómica. El número de individuos por familia fue registrado según lo indicado la tabla 3.

Tabla 3.

Registro de datos de macroinvertebrados

FORMULARIO DE LABORATORIO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE MACROINVERTEBRADOS				
Microcuenca:		Río:		
Fecha (muestro):		Fecha (identificación).....		
Código del sitio:				
Nombre del colector:				
Nombre del identificador:				
Nº	Orden	Familia	# individuos	Hábitat

Fuente: (Déley & Santillán, 2016).

3.6. Cálculo índice de calidad BMWP

El índice se fundamenta en la presencia o ausencia de familias y los valores de sensibilidad a la contaminación asociados a ellas. Como indica Roldán (2003), para calcular este índice, se evaluó la presencia de las familias siguiendo los criterios como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4.

Familias y sus respectivas puntuaciones

Familia	Puntaje
Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Ghomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10

<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydroboscidae, Leptophlebiidae, Phylopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiariidae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophylidae, Physidae, Tipulidae</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: (Roldán, 2003).

Una vez realizada la evaluación, los valores de sensibilidad de las familias presentes en las estaciones de estudio fueron sumados y posteriormente clasificados siguiendo los criterios establecidos en la tabla 5 (Oleas et al., 2017).

Tabla 5.

Rangos del índice BMWP

Clase	Rango	Calidad	Características	Color
I	≥121	Muy buena	Aguas muy limpias	Celeste
II	101-120	Buena	Aguas limpias	Azul
III	61-100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36-60	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo
V	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Mostaza
VI	≤15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán, 2003).

3.7. Cálculo índice ABI

El índice ABI permitió clasificar a las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles, asignándoles puntuaciones del 1 al 10. Un valor de 1 indica una mayor tolerancia, mientras que un valor de 10 indica una menor tolerancia ante la contaminación.

Estos niveles y puntuaciones se muestran en la tabla 6 (Encalada et al., 2004).

Tabla 6.

Puntuación del índice ABI

Orden	Familia	Puntuación
<i>Turbellaria</i>	<i>Planariidae</i>	5
<i>Hirudinea</i>		3
<i>Oligochaeta</i>		1

<i>Gasteropoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6
	<i>Physidae</i>	3
	<i>Hydrobiidae</i>	3
	<i>Limnaeidae</i>	3
	<i>Planorbidae</i>	3
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6
<i>Ostracoda</i>		3
<i>Hydracarina</i>		4
<i>Ephemetroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
	<i>Leptophlebiae</i>	10
	<i>Leptohyphidae</i>	7
	<i>Oligoneuriidae</i>	10
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
	<i>Gomphidae</i>	8
	<i>Libellulidae</i>	6
	<i>Coenagrionidae</i>	6
	<i>Calopterygidae</i>	8
	<i>Polythoridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
	<i>Gripopterygidae</i>	10
<i>Heteroptera</i>	<i>Veliidae</i>	5
	<i>Gerridae</i>	5
	<i>Corixidae</i>	5
	<i>Notonectidae</i>	5
	<i>Belostomatidae</i>	4
	<i>Naucoridae</i>	5
<i>Trichoptera</i>	<i>Helicopsychidae</i>	10
	<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Polycentropidae</i>	8
	<i>Hydroptilidae</i>	6
	<i>Xiphocentronidae</i>	8
	<i>Hydrobiosidae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	7
	<i>hydropsychidae</i>	5
	<i>Anamalopsychidae</i>	10
	<i>Philopotamidae</i>	8
	<i>Limnephilidae</i>	7
<i>Lepidóptera</i>	<i>Pyalidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactylidae</i>	5
	<i>Lampyridae</i>	5
	<i>Psephenidae</i>	5
	<i>Scirtidae</i>	5
	<i>Staphylinidae</i>	3
	<i>Elmidae</i>	5
	<i>Dryoídae</i>	5
	<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Hydrophilidae</i>	3

<i>Díptera</i>	<i>Hydraenidae</i>	5
	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Limoniidae</i>	4
	<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Dixidae</i>	4
	<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>stratiomyidae</i>	4
	<i>Empididae</i>	4
	<i>Chiriniidae</i>	2
	<i>Culicidae</i>	2
	<i>Muscidae</i>	2
	<i>Ephydriidae</i>	2
	<i>Athericidae</i>	10
	<i>Syrphidae</i>	1

Fuente: (Encalada et al., 2004).

Después de haber identificado el orden, la familia y el puntaje, se procedió a sumar los puntajes correspondientes para obtener el ABI total. Este indicador representa la calidad del agua (Tabla 7).

Tabla 7.

Clasificación de calidad del agua según el índice ABI

Rango	Calidad
> 96	Muy buena
59 – 96	Buena
36 – 58	Regular
< 35	Malo

Fuente: (Encalada et al., 2004).

3.8. Análisis estadístico

Para comparar los resultados de los índices de calidad, se aplicó un diseño de bloque simple, donde Gutiérrez (2016), identifica las fuentes de variabilidad, como el factor de tratamientos y el factor de bloque. En este diseño, asignó a los índices BMWP y ABI (tratamientos); las estaciones de muestreo (bloques), lo que permitió evaluar su influencia. Una vez recopilados los datos, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los índices.

Para llevar a cabo el análisis estadístico, se utilizó los softwares Minitab 17 y OriginPro 9.1, que ofrecieron las herramientas necesarias para realizar el análisis.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas considerando diversas variables, tales como usos de suelo, altitud, accesibilidad y actividades antrópicas. Para las estaciones de muestreo, se realizaron salidas de reconocimiento, y se identificaron un total de 10 estaciones (tabla 8). Es importante destacar que, de las 10 estaciones 3 están en área de páramo 5 están influenciados por actividad pecuaria y 2 dentro de áreas pobladas.

Tabla 8

Estaciones de muestreo dentro de la microcuenca

Cod*	Estaciones de muestreo	Coordenadas UTM		
		X	Y	Z
Em1	Estación de muestreo 1	749444	9793551	3241
Em2	Estación de muestreo 2	749261	9793485	3252
Em3	Estación de muestreo 3	748300	9792925	3283
Em4	Estación de muestreo 4	747393	9792344	3380
Em5	Estación de muestreo 5	746347	9792239	3327
Em6	Estación de muestreo 6	746334	9792245	3375
Em7	Estación de muestreo 7	745212	9791271	3398
Em8	Estación de muestreo 8	744113	9790915	3554
Em9	Estación de muestreo 9	743463	9791257	3549
Em10	Estación de muestreo 10	743221	9792131	3664

*Em: Estaciones de muestreo

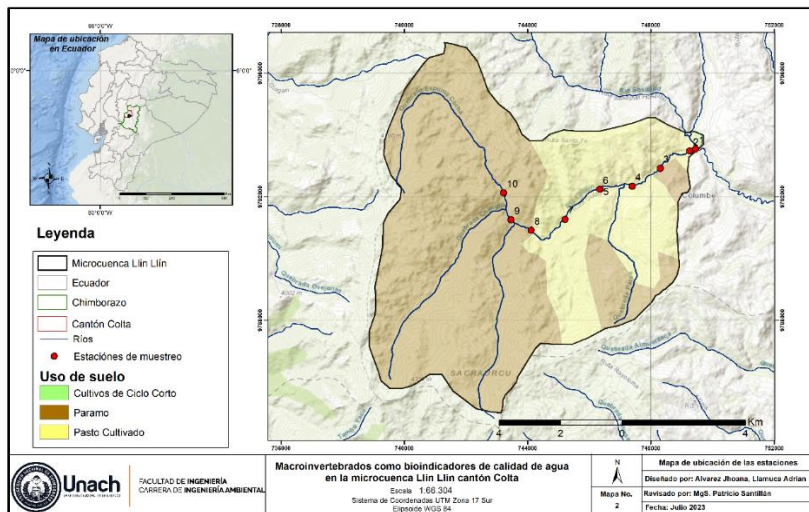
Fuente: Autores.

Dentro de la microcuenca se identificaron tres usos del suelo: páramo, pasto cultivado y cultivos de ciclo corto. Además, las áreas pobladas son un factor importante que influye en la presencia o ausencia de macroinvertebrados, dado su nivel de sensibilidad y tolerancia a cambios ambientales.

En la figura 2, se aprecian las estaciones de muestreo las cuales fueron obtenidos mediante la aplicación GPS test que proporciona coordenadas en el sistema WGS UTM 84 y la información de cobertura de uso de suelo se obtuvo de la base de datos geoespacial del portal SIGTIERRAS.

Figura 2.

Ubicación de las estaciones de muestreo en la microcuenca Llin Llin



Fuente: Autores.

4.1.1. Estación de muestreo 1

La estación de muestreo 1 se encuentra ubicada en la parte baja de la microcuenca, a una altitud de 3241 m.s.n.m. En este punto se evidenció la presencia de pasto cultivado y especies arbustivas como tilo: *Sambucus canadensis* (Adoxaceae) y sigse: *Cortaderia nitida* (Poacea), que se encuentra a riberas del río (figura 3). Además, se observó viviendas, un taller de motos, cultivos de ciclo corto y la cría de ganado bovino y porcino a pocos metros del río.

Figura 3.

Estación de muestreo 1 "Entrada a la comunidad Llin Llin"



Fuente: Autores.

4.1.2. Estación de muestreo 2

La estación de muestreo 2 está situada a una altitud de 3252 m.s.n.m. El área presenta una cobertura de suelo de pasto (figura 4). En la ribera del río se encontró especies arbustivas y herbáceas como el tilo: *Sambucus canadensis* (Adoxaceae); sigse: *Cortaderia nítida* (Poacea); chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae); y menta: *Mentha spicata* (Lamiaceae). Es importante destacar que en este lugar se encuentran viviendas a pocos metros del río, y la cría de ganado porcino.

Figura 4.

Estación de muestreo 2 "Comunidad Llin Llin"



Fuente: Autores.

4.1.3. Estación de muestreo 3

La estación de muestreo 3 se encuentra a una altitud de 3282 m.s.n.m. La cobertura de uso de suelo es pasto cultivado (figura 5). Las especies observadas a las riberas del río son sigse: *Cortaderia nítida* (Poacea); chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae). En el sector se observó la cría de ganado bovino.

Figura 5.

Estación de muestreo 3



Fuente: Autores.

4.1.4. Estación de muestreo 4

La estación de muestreo 4 se encuentra ubicada a 3380 m.s.n.m. La cobertura de uso de suelo en la zona es pasto cultivado (figura 6). Cabe mencionar que se identificó especies arbustivas como la chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae) y especies arbóreas introducidas como el Eucalipto: *Eucalyptus globolus* (Mirtaceae). Durante los meses de muestreo, se pudo observar la presencia de ganado ovino y bovino.

Figura 6.

Estación de muestreo 4



Fuente: Autores

4.1.5. Estación de muestreo 5

La estación de muestreo 5 se encuentra a 3327 m.s.n.m. La cobertura de uso de suelo es pasto cultivado (figura 7). En la ribera del río se observó especies arbustivas como la chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae); sigse: *Cortaderia nítida* (Poacea) y menta: *Mentha spicata* (Lamiaceae). Cabe mencionar que, en el sector existe una microempresa lechera y la cría de ganado bovino.

Figura 7.

Estación de muestreo 5



Fuente: Autores.

4.1.6. Estación de muestreo 6

La estación de muestreo 6 se encuentra ubicada en la parte media de la microcuenca, a una altitud de 3375 msnm. El área presenta una cobertura de suelo de pasto cultivado (figura 8). A las riberas del río se evidenció la presencia de especies arbustivas como el sigse: *Cortaderia Nitida* (Poaceae) y chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae). En el sector al estar cubierto por pasto se evidencio la crianza de ganado bovino.

Figura 8.

Estación de muestreo 6



Fuente: Autores.

4.1.7. Estación de muestreo 7

La estación de muestreo 7 está situada en la parte media de la microcuenca, a una altitud de 3398 msnm. Esta área exhibe una cobertura de suelo de pasto cultivado (figura 9). En las riberas del río se evidenció la presencia de especies arbustivas como el sigse: *Cortaderia Nitida* (Poaceae) y chilca: *Baccharis latifolia* (Asteraceae). Dentro del período de muestreo, se constató actividad de crianza de ganado ovino en la zona.

Figura 9.

Estación de muestreo 7



Fuente: Autores.

4.1.8. Estación de muestreo 8

La estación de muestreo 8 se encuentra ubicada en la parte alta de la microcuenca, a una altitud de 3554 msnm. Caracterizada por una cobertura de suelo de páramo (figura 10). Se observó la presencia de especies arbustivas como la cortadera: *Cortaderia selloana* (Poaceae), sigse: *Cortaderia Nitida* (Poaceae) y Árbol de papel: *Polylepis incana* (Rosaceae), además, en la ribera del río, se observó la actividad de cría de ganado bovino.

Figura 10.

Estación de muestreo 8



Fuente: Autores.

4.1.9. Estación de muestreo 9

La estación de muestreo 9 se encuentra ubicada en la parte alta de la microcuenca, a una altitud de 3549 msnm. Caracterizada por una cobertura de suelo de páramo (figura 11). Se observó la presencia de especies arbustivas como la cortadera: *Cortaderia selloana* (Poaceae) y Árbol de papel: *Polylepis incana* (Rosaceae).

Figura 11.

Estación de muestreo 9



Fuente: Autores.

4.1.10. Estación de muestreo 10

La estación de muestreo 10 se encuentra ubicada en la parte alta de la microcuenca, a una altitud de 3664 msnm. Caracterizada por una cobertura de suelo de páramo (figura 12). Se observó la presencia de especies arbustivas como la cortadera: *Cortaderia selloana* (Poaceae), Árbol de papel: *Polylepis incana* (Rosaceae) y helecho caballuno: *blechnum loxense* (Blechnaceae).

Figura 12.

Estación de muestreo 10

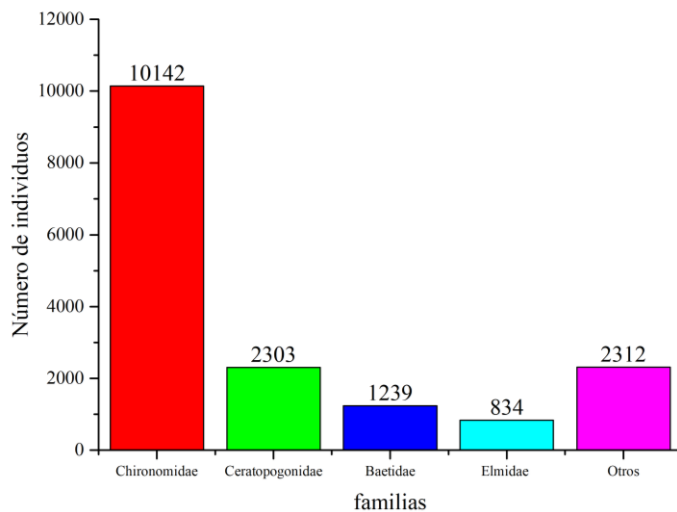


Fuente: Autores.

4.2. Bioindicadores

La recolección de muestras de agua se realizó durante los meses de agosto, septiembre, octubre y enero. Se identificó un total de 16830 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 31 familias y 12 órdenes. Entre las familias más destacadas en términos de representatividad tenemos a *Chironomidae*, con 60.26 % (10142 individuos), seguida por *Ceratopogonidae* con 13.68 % (2303 individuos), *Baetidae* con 7.36 % (1239 individuos), *Elmidae* con 4.96 % (834 individuos) y el 13.74 % (2312 individuos) se distribuyó entre las demás familias de igual relevancia (figura 13).

Figura 13. Familia de macroinvertebrados más representativos dentro de la microcuenca Llin Llin







Fuente: Autores.

En la tabla 9 se muestra una descripción detallada de los macroinvertebrados más representativos identificados durante el muestreo en la microcuenca. En ella se especifican la taxonomía, las características y el hábitat. Esta información resultó relevante para evaluar el estado ecológico de la microcuenca.

Tabla 9

Macroinvertebrados más representativos del área de estudio.

Taxonomía	Características	Fotografía
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: <i>Chironomidae</i>	Las larvas de esta familia pueden ser colectoras, recolectoras, raspadoras, filtradoras o predadoras. Su tamaño varía entre 2-30 mm. Estas larvas se encuentran muy distribuidas en ambientes acuáticos continentales como ríos, lagunas temporales, lagos profundos, con sedimentos blandos, rocosos, vegetación y casi cualquier tipo de hábitat. Además, son muy tolerantes a la contaminación por materia (Déley & Santillán, 2016).	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: <i>Ceratopogonidae</i>	Las larvas de esta familia son predadoras. Su tamaño varía entre 2-15 mm. Se encuentran generalmente en aguas de movimiento lento como estanques, pantanos y arroyos. También son frecuentes en sedimentos blandos o en zonas con crecimiento de algas. Las especies más comunes son de tipo serpiente y carecen de falsas patas (Déley & Santillán, 2016).	

Orden: Ephemeroptera	Las ninfas de esta familia son raspadoras. Los baetidos son buenos nadadores, sus cuerpos también están modificados para arrastrarse. Su tamaño varía de 3-12 mm. Algunas especies son tolerantes a las aguas contaminadas (Déley & Santillán, 2016)	
Clase: Insecta		
Familia: <i>Baetidae</i>		
Orden: Coleoptera	Estas larvas son raspadoras. Su tamaño varía entre 6-10 mm. Sus cuerpos son cilíndricos, generalmente alargados. Se los encuentra en hábitats lóticos con fondos rocosos y con alto contenido de oxígeno (Déley & Santillán, 2016).	
Clase: Insecta		
Familia: <i>Elmidae</i>		

Fuente: Autores.

En la tabla 10 se muestra la abundancia y diversidad de macroinvertebrados durante los meses de muestreo. Rodríguez et al. (2021), asocia las actividades antropogénicas como el pastoreo y la agricultura con la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados. Específicamente, destaca la abundancia de *Chironomidae* y *Ceratopogonidae*, familias conocidas por su adaptación a ecosistemas acuáticos con altos niveles de contaminación orgánica.

Tabla 10.

Abundancia y diversidad de macroinvertebrados

N°	Orden	Familia	Número de macroinvertebrados
1	Turbellaria	<i>Planariidae</i>	3
2	Hirudinea	<i>Hirudinea</i>	101
3	Oligochaeta	<i>Haplotaxida</i>	297
4	Gasteropoda	<i>Limnaeidae</i>	8
5	Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>	28
6	Amphipoda	<i>Hyalellidae</i>	260
7	Trombidiforme	<i>Hydracarina</i>	104
		<i>Baetidae</i>	1239
8	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	2
		<i>Leptohyphidae</i>	13
		<i>Perlidae</i>	14
9	Plecoptera	<i>Gripopterygidae</i>	178
		<i>Leptoceridae</i>	84
		<i>Hydroptilidae</i>	1
10	Trichoptera	<i>Hydrobiosidae</i>	44
		<i>Hydropsychidae</i>	2
		<i>Limnephilidae</i>	111

11	Coleoptera	<i>Scirtidae</i>	18
		<i>Staphylinidae</i>	1
		<i>Elmidae</i>	834
		<i>Blepharoceridae</i>	38
		<i>Simuliidae</i>	94
		<i>Tabanidae</i>	553
		<i>Tipulidae</i>	3
12	Díptera	<i>Limoniidae</i>	313
		<i>Ceratopogonidae</i>	2303
		<i>Psychodidae</i>	17
		<i>Dolichopodidae</i>	1
		<i>Empididae</i>	20
		<i>Chironomidae</i>	10142
		<i>Muscidae</i>	4
Total		31	16830

Fuente: Autores.

4.3. Determinación del caudal dentro de la microcuenca

La medición del caudal del río Llin Llin fue un proceso fundamental para entender la dinámica hídrica en la microcuenca. Se realizaron mediciones durante los cuatro meses obteniendo un promedio de 0,47 m³/s (tabla 11), Según Motta & Vimos (2020), el caudal es un factor clave en la ecología de los ríos, ya que influyen en la distribución de los organismos, la retención de materia orgánica y la formación de hábitats adecuados para diversas especies.

Tabla 11.

Determinación del caudal en la microcuenca Llin Llin

Caudal (m ³ /s)				
Cod.	Agosto	Septiembre	Octubre	Enero
Em1	0,42	0,43	0,24	0,36
Em2	0,37	0,21	0,58	0,63
Em3	0,40	0,30	0,35	0,52
Em4	0,21	0,22	0,32	0,63
Em5	0,35	0,20	0,17	0,97
Em6	0,38	0,46	0,23	0,62
Em7	0,57	0,64	0,86	1,34
Em8	0,27	0,21	0,30	0,59
Em9	0,60	0,30	0,65	0,98
Em10	0,06	-	-	0,88
Q* promedio	0,47			

*Q = Caudal

Fuente: Autores.

Es importante mencionar que, durante los meses de septiembre y octubre, no fue posible recolectar información sobre el caudal en la estación 10. Esto se debió a un desvío del curso del agua hacia un canal de riego (Figura 14), lo que resultó en una reducción del flujo principal. Esta disminución impidió la realización adecuada de la medición batimétrica.

Figura 14.

Reducción del caudal del río Llin Llin



Fuente: Autores.

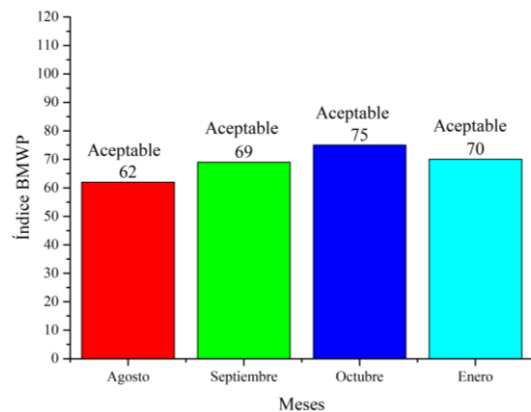
4.4. Determinación del índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) como método de evaluación

4.4.1. Estación de muestreo 1

La figura 15 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación Em 1. Se puede apreciar que, la calidad es “aceptable”, con puntuaciones de 62 a 75 respectivamente. Estas puntuaciones se deben principalmente a las actividades antrópicas como la agricultura, ganadería, vertidos domésticos las cuales ocasionan perturbaciones que afectan a la vida acuática (Toledo & Mendoza, 2016), junto con la acumulación de basura y residuos alimenticios en las riberas del río. Además, se evidenció una alta predominancia de especímenes del orden Díptera (*Chironomidae* y *Ceratopogonidae*), los cuales indican una baja calidad del agua. También, se encontró especímenes de orden Ephemeroptera (*Baetidae*) que son indicadores del buen estado de calidad de agua. Entre las demás familias identificadas, algunas presentaron puntajes superiores e inferiores a 5, lo que contribuyó a determinar el estado en esta estación. Esto se contrasta con el estudio realizado por (Quishpi et al., 2018).

Figura 15.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 1



Fuente: Autores.

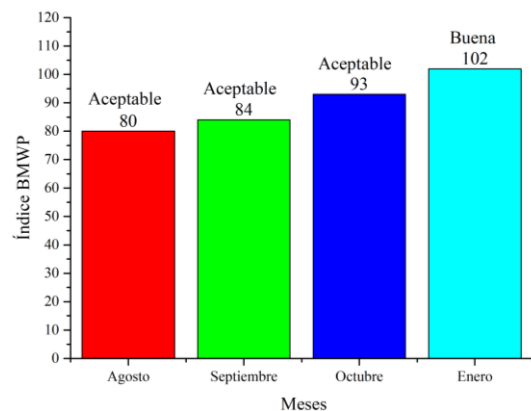
4.4.2. Estación de muestreo 2

La figura 16 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación Em 2. Se puede apreciar que, la calidad del agua es “aceptable” y “buena”, con puntuaciones de 80 a 102 respectivamente.

En este punto, se evidenció la cría de animales porcinos en la ribera del río, lo que influyó en la abundancia de macroinvertebrados del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae* y *Tabanidae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Blepharoceridae* y *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*) y Ephemeroptera (*Baetidae*), que son indicadores de buena calidad. Este patrón coincide con el estudio realizado por Alomía et al. (2017). Entre las demás familias identificadas, algunas presentaron puntajes superiores e inferiores a 5, lo que contribuyó a determinar el estado en esta estación.

Figura 16.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 2



Fuente: Autores.

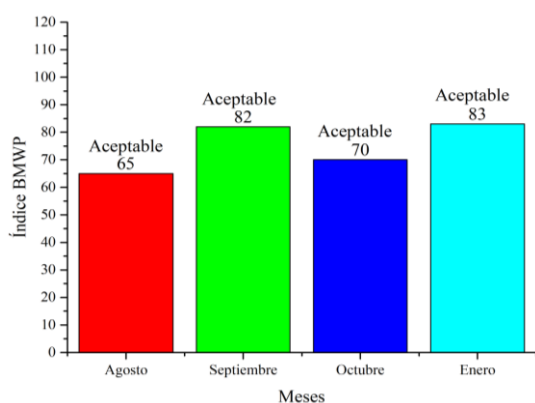
4.4.3. Estación de muestreo 3

La figura 17 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación Em 3. Se puede apreciar que, la calidad del agua es “aceptable”, con puntuaciones de 65 a 83 respectivamente. Esta variación se debe a que existe la presencia de ganado bovino en las riberas del río, según Ramírez et al. (2018), la actividad ganadera es un factor que afecta negativamente la diversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos.

Estas actividades influyen en la predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae* y *Empididae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Blepharoceridae* y *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*) y Ephemeroptera (*Baetidae*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de esta estación. Esto coincide con el estudio realizado por (Giraldo et al., 2014).

Figura 17.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 3



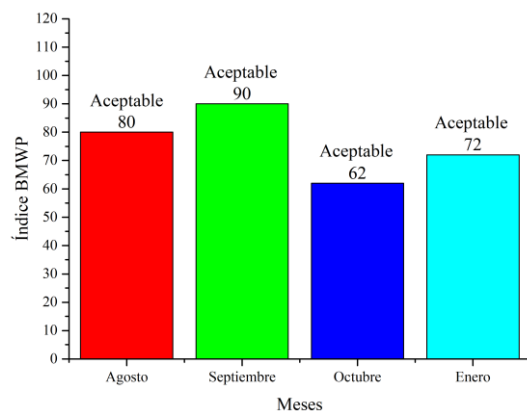
Fuente: Autores.

4.4.4. Estación de muestreo 4

La figura 18 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación Em 4. Se aprecia que la calidad del agua es “aceptable”, con puntuaciones de 62 a 90 respectivamente. Estas variaciones se debe la cría de ganado ovino y bovino en la ribera del río, las cuales influyen en la predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae* y *Empididae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Blepharoceridae*, *Psychodidae* y *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*, *Perlidae*) y Ephemeroptera (*Baetidae* y *Leptophlebidae*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación. Según Bravo & Restrepo (2021), la actividad ganadera impacta a la comunidad de macroinvertebrados, generando una baja diversidad y alta abundancia, especialmente de organismo tolerantes como las *Chironomidae*, taxones comunes en ecosistemas con evidente contaminación orgánica.

Figura 18.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 4



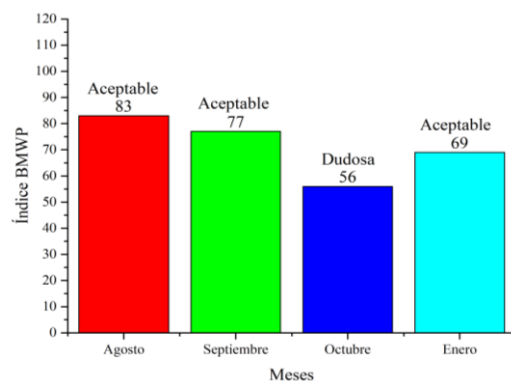
Fuente: Autores.

4.4.5. Estación de muestreo 5

La figura 19 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación de muestreo 5. Se aprecia que, la calidad del agua es “aceptable” y “dudosa”, con puntuaciones de 56 a 83. En la estación se evidenció la presencia de ganado y una microempresa lechera a pocos metros del río. Estas actividades generan alteraciones en su habitat y provocan un aumento en la abundancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae*), que indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5. Sin embargo, se encontraron familias como *Simuliidae*, *Blepharoceridae*, *Limoniidae*, que indican buena calidad. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*), Ephemeroptera (*Baetidae*) y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación. Esto coincide con el estudio realizado por Gastezzi & Rincón (2023), que señala una mayor presencia de *Chironomidae* en el área de estudio debido a la presencia de materia orgánica, algas, hojas, y madera, relacionadas con la poca profundidad y la baja corriente del río.

Figura 19.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 5



Fuente: Autores.

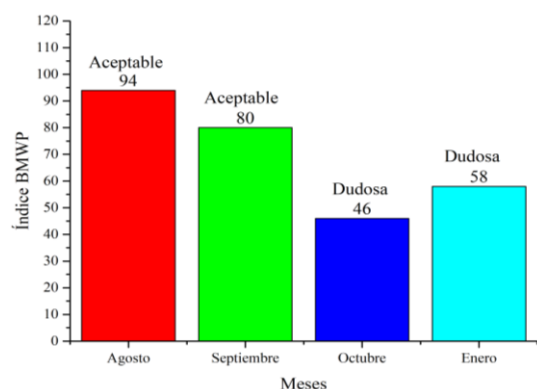
4.4.6. Estación de muestreo 6

La figura 20 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP, para la estación de muestreo 6. Se aprecia que, la calidad del agua es “dudosa” y “aceptable”, con puntuaciones de 46 a 94. La variación se debe a la presencia de ganado bovino en las riberas del río, lo cual contribuye a la contaminación con materia orgánica y nutrientes, especialmente durante las lluvias, cuando una mayor cantidad de estos elementos es arrastrada hacia el río. Según Tobias & Guzmán (2022), las actividades ganaderas afectan a la calidad del agua y alteran la estructura de las familias de macroinvertebrados.

Esto influye en la predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae* y *Empididae*), los cuales indican una baja calidad de agua, a excepción de las familias *Simuliidae* y *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*, *Perlidae*) Ephemeroptera (*Baetidae*) y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación.

Figura 20.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 6



Fuente: Autores.

4.4.7. Estación de muestreo 7

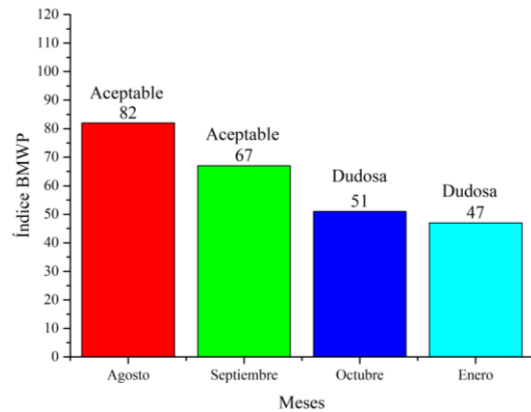
La figura 21 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación de muestreo 7. Se aprecia que, la calidad del agua es “dudosa” y “aceptable”, con puntuaciones de 47 a 82 respectivamente. Esto se debe al desplazamiento de familias durante perturbaciones, a su vez también por la presencia de ganado bovino y ovino. Según Rodríguez et al. (2021), la influencia de la ganadería, cuyas excretas y orina son ricas en sustancias nitrogenadas, causa un impacto directo al medio ambiente.

Esto influye en la predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Psychodidae*, *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*)

Ephemeroptera (*Baetidae*) y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación.

Figura 21.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 7



Fuente: Autores.

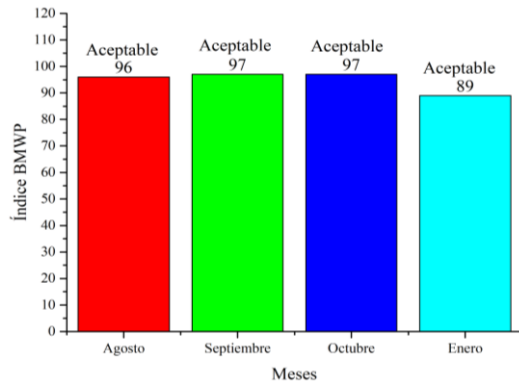
4.4.8. Estación de muestreo 8

La figura 22 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación de muestreo 8. Se aprecia que, la calidad del agua es “aceptable”, con puntuaciones de 89 a 97 respectivamente. Esto concuerda con el estudio de Peña et al. (2023), el cual indica que en la zona alta la contaminación es leve y la calidad de agua es aceptable. Una de las principales causas a considerar es la incidencia antrópica (bebedero para ganado bovino), que provoca desequilibrios en los páramos.

Esto influye en la predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Blepharoceridae*, *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*, *Perlidae*), Ephemeroptera (*Baetidae*), Amphipoda (*Hyaellidae*) y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación.

Figura 22.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 8



Fuente: Autores.

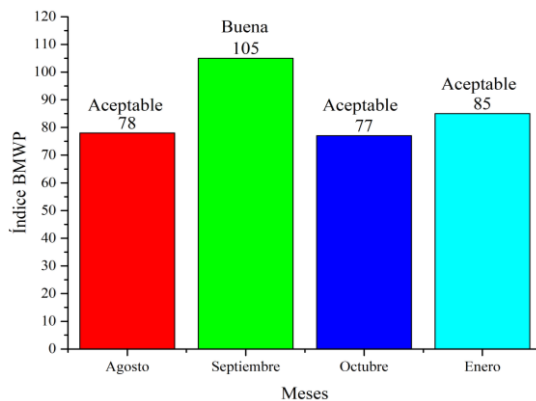
4.4.9. Estación de muestreo 9

La figura 23 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación de muestreo 9. Se aprecia que, la calidad del agua es “acceptable” y “buena”, con puntuaciones de 77 a 105 respectivamente.

Se evidenció una predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Psychodidae*, *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*, *Perlidae*), Ephemeroptera (*Baetidae*, *Leptophlebiae*), Amphipoda (*Hyalellidae*) y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación. Esto coincide con el estudio realizado por Silva & Huamantínco (2022), manifestando que, en un ecosistema con actividades y altitudes similares, observó la predominancia del orden Diptera.

Figura 23.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestreo 9



Fuente: Autores.

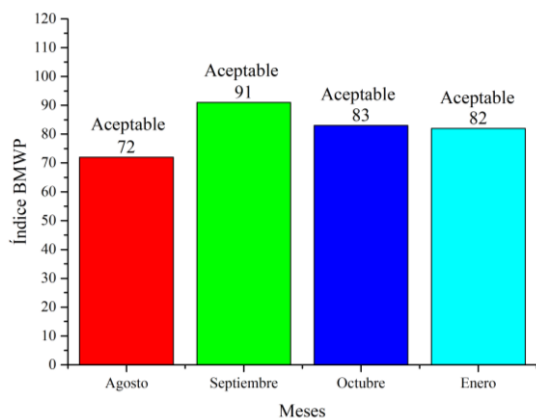
4.4.10. Estación de muestreo 10

La figura 24 presenta los resultados obtenidos de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice BMWP para la estación de muestreo 10. Se aprecia que, la calidad del agua es “aceptable”, con puntuaciones de 72 a 91 respectivamente.

Se observó una predominancia del orden Díptera (*Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tabanidae*), los cuales indican una baja calidad de agua, con valores inferiores a 5, a excepción de las familias *Simuliidae*, *Psychodidae*, *Limoniidae*, que presentan valores superiores. Además, se encontró especímenes del orden Coleoptera (*Elmidae*, *Scirtidae*), Trichoptera (*Hydrobiosidae*, *Limnephilidae*, *Leptoceridae*), Plecoptera (*Gripopterygidae*, *Perlidae*), Ephemeroptera (*Baetidae*, *Leptophlebiae*), Amphipoda (*Hyaellidae*), Hydracrina y Oligochaeta (*Haplotaxida*), entre otros, que contribuyeron a determinar el estado de la estación. Esto coincide con el estudio de Padrón (2019), quien analizó que, en altitudes similares al lugar de estudio, resalta la dominancia del orden Diptera.

Figura 24.

Índice de calidad de agua BMWP estación de muestre 10



Fuente: Autores.

En la tabla 12 se muestra el promedio del índice BMWP, destacándose que la totalidad de las estaciones se clasifican con una calidad biológica “aceptable”, con características de aguas medianamente contaminadas.

Tabla 12.

Resumen de los resultados obtenidos del índice BMWP

Cod	Agosto	Septiembre	Octubre	Enero	Promedio	Calidad
Em1	62	69	75	70	69,0	Aceptable
Em2	80	84	93	102	89,8	Aceptable
Em3	65	82	70	83	75,0	Aceptable
Em4	80	90	62	72	76,0	Aceptable
Em5	83	77	56	69	71,3	Aceptable
Em6	94	80	46	58	69,5	Aceptable
Em7	82	67	51	47	61,8	Aceptable
Em8	96	97	97	89	94,8	Aceptable
Em9	78	105	77	85	86,3	Aceptable
Em10	72	91	83	82	82,0	Aceptable

Fuente: Autores.

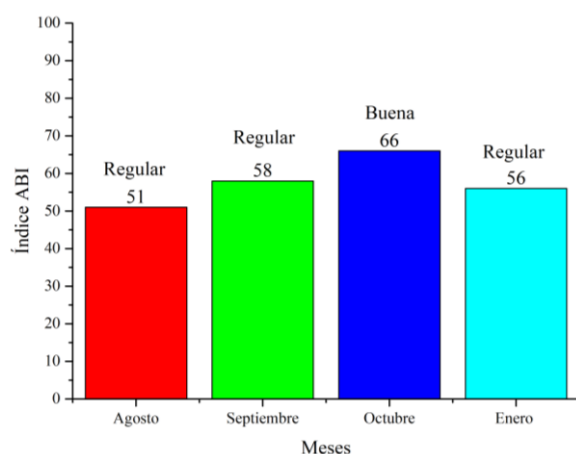
4.5. Determinación de calidad del agua con el uso del índice ABI (Índice Biológico Andino)

4.5.1. Estación de muestreo 1

La figura 25 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 1 se observa que, la calidad es “regular” y “buena” con puntuaciones de 51 a 66.

Figura 25.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 1



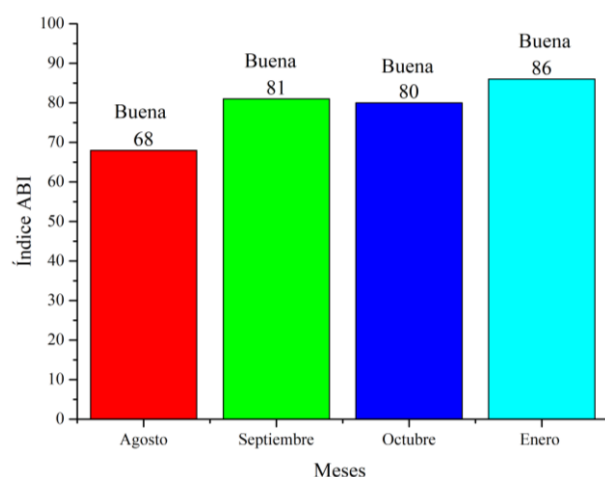
Fuente: Autores.

4.5.2. Estación de muestreo 2

La figura 26 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 2 se observa que, la calidad de agua es “buena”, con puntuaciones de 68 a 86.

Figura 26.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 2



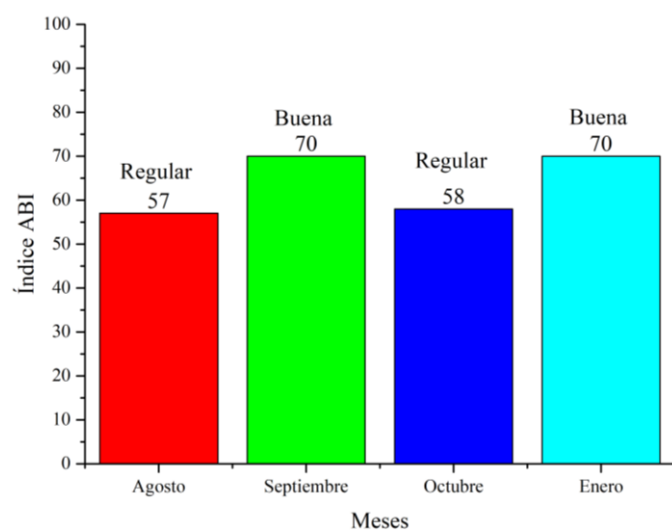
Fuente: Autores.

4.5.3. Estación de muestreo 3

La figura 27 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 3 se observa que, la calidad varía de “regular” a “buena” con puntuaciones de 57 a 70.

Figura 27.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 3



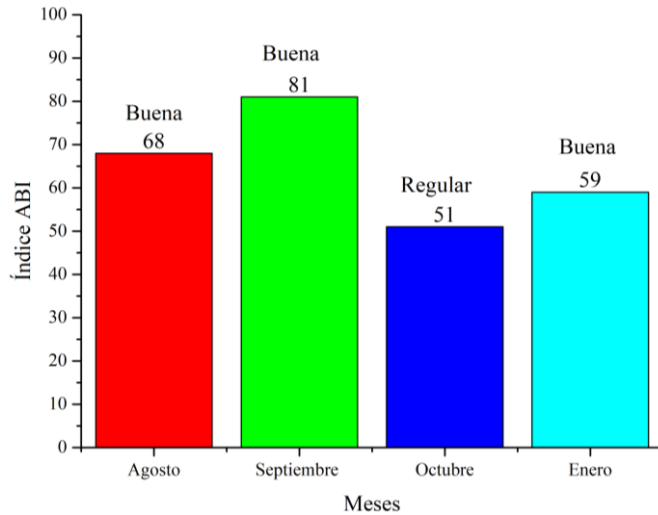
Fuente: Autores.

4.5.4. Estación de muestreo 4

La figura 28 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 4 se observa que, la calidad varía de “regular” a “buena” con puntuaciones de 51 a 81.

Figura 28.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 4



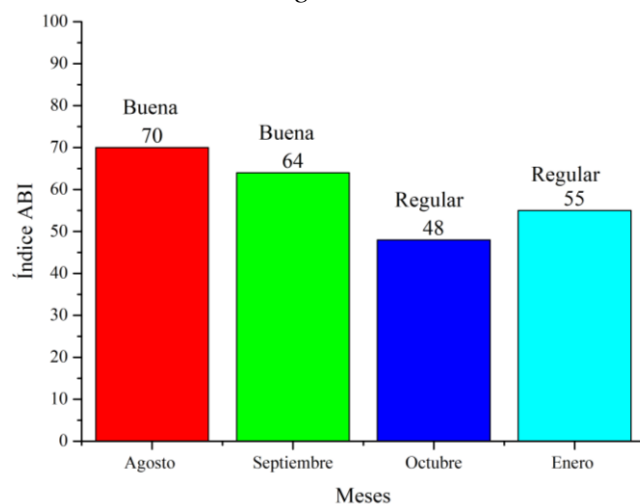
Fuente: Autores.

4.5.5. Estación de muestreo 5

La figura 29 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 5 se observa que, la calidad varía de “regular” a “buena” con puntuaciones de 48 a 70.

Figura 29.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 5



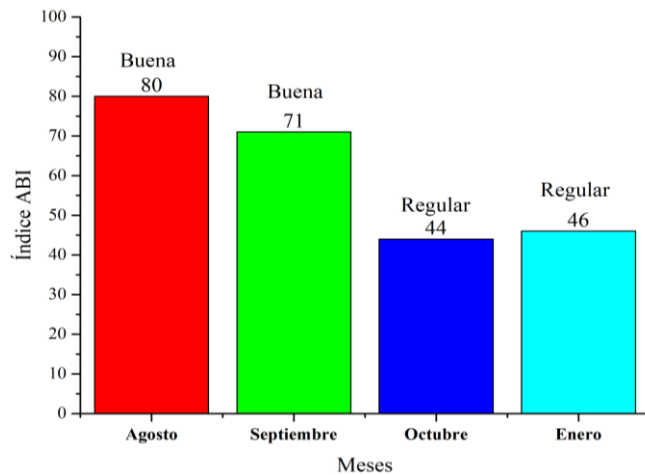
Fuente: Autores.

4.5.6. Estación de muestreo 6

La figura 30 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 4 se observa que, la calidad varía de “regular” a “buena” con puntuaciones de 44 a 80.

Figura 30.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 6



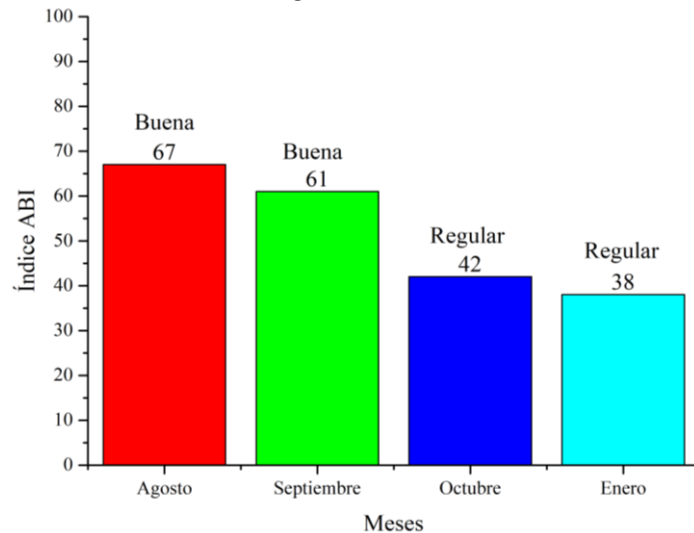
Fuente: Autores.

4.5.7. Estación de muestreo 7

La figura 31 presenta los resultados de la evaluación de la calidad del agua mediante el índice ABI. Para la estación de muestreo 7, se observa una calidad que varía de “regular” a “buena”, con puntuaciones entre 38 a 67 respectivamente durante los meses muestreados.

Figura 31.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 7



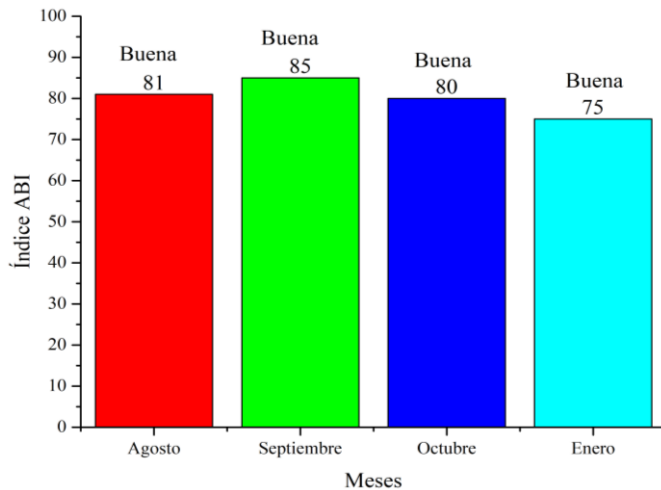
Fuente: Autores.

4.5.8. Estación de muestreo 8

La figura 32 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 8 se observa que, la calidad es “buena”, con puntuaciones de 75 a 85.

Figura 32.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 8



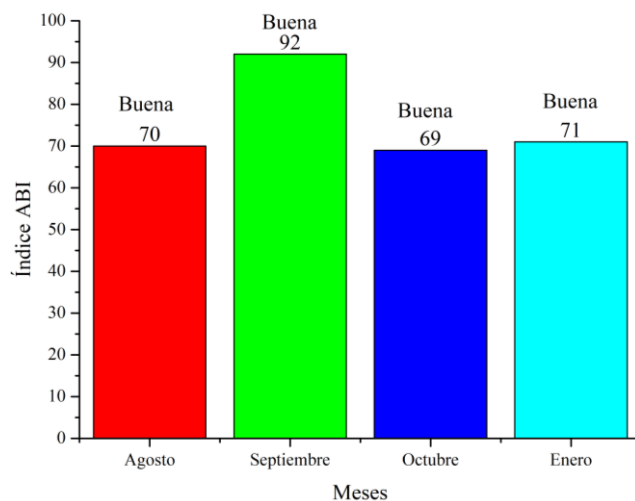
Fuente: Autores.

4.5.9. Estación de muestreo 9

La figura 33 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 9 se observa que, la calidad es “buena”, con puntuaciones de 69 a 92.

Figura 33.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 9



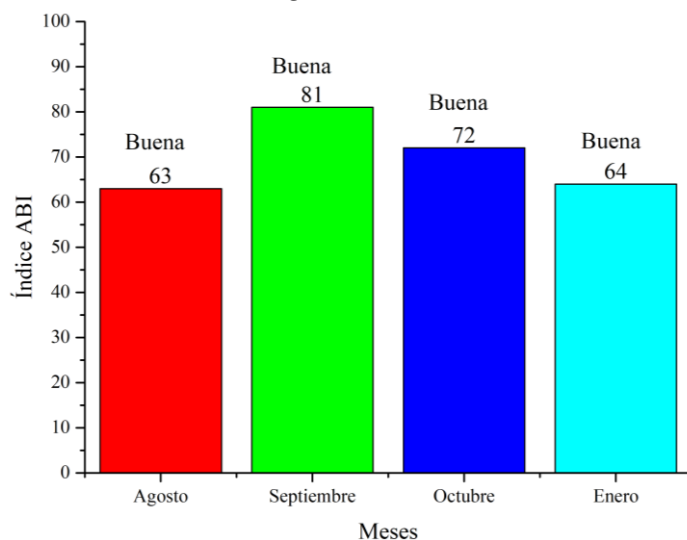
Fuente: Autores.

4.5.10. Estación de muestreo 10

La figura 34 presenta los resultados de la evaluación de calidad de agua utilizando el índice ABI. Para la estación 10 se observa que, la calidad es “buena”, con puntuaciones de 63 a 81.

Figura 34.

Índice de calidad de agua ABI estación de muestreo 10



Fuente: Autores.

En la tabla 13 se presenta el promedio del índice ABI, predominando 8 estaciones con calidad de agua “buena”. Sin embargo, las estaciones 1 y 7 muestran una calidad “regular”.

Tabla 13

Resumen de resultados obtenidos del índice ABI

Cod	Agosto	Septiembre	Octubre	Enero	Promedio	Calidad
Em1	51	58	66	56	57,8	Regular
Em2	68	81	80	86	64,0	Buena
Em3	57	70	58	70	63,8	Buena
Em4	68	81	51	59	64,8	Buena
Em5	70	64	48	55	59,3	Buena
Em6	80	71	44	46	60,3	Buena
Em7	67	61	42	38	52,0	Regular
Em8	81	85	80	75	80,3	Buena
Em9	70	92	69	71	75,5	Buena
Em10	63	81	72	64	70,0	Buena

Fuente: Autores.

4.6. Evaluación comparativa de los resultados obtenidos a partir del cálculo de los índices biológicos BMWP – ABI

En la tabla 14 se puede observar el contraste entre el Índice BMWP y ABI, mostrando cómo se relacionan las valoraciones de cada índice en las estaciones de muestreo. En las estaciones Em1 y Em7, el índice ABI indica una valoración “Regular”, mientras que, para el índice BMWP fue “aceptable”, lo que las clasifica como “aguas medianamente contaminadas”. En las estaciones restantes, los índice BMWP y ABI muestran valoraciones de “aceptable y buena”.

Tabla 14

Relación de los índices BMWP y ABI.

Cod	Índice BMWP		Índice ABI	
	Promedio	Calidad	Promedio	Calidad
Em1	69,00	Aceptable	57,75	Regular
Em2	89,75	Aceptable	64,00	Buena
Em3	75,00	Aceptable	63,75	Buena
Em4	76,00	Aceptable	64,75	Buena
Em5	71,25	Aceptable	59,25	Buena
Em6	69,50	Aceptable	60,25	Buena
Em7	61,75	Aceptable	52,00	Regular
Em8	94,75	Aceptable	80,25	Buena
Em9	86,25	Aceptable	75,50	Buena
Em10	82,00	Aceptable	70,00	Buena

Fuente: Autores.

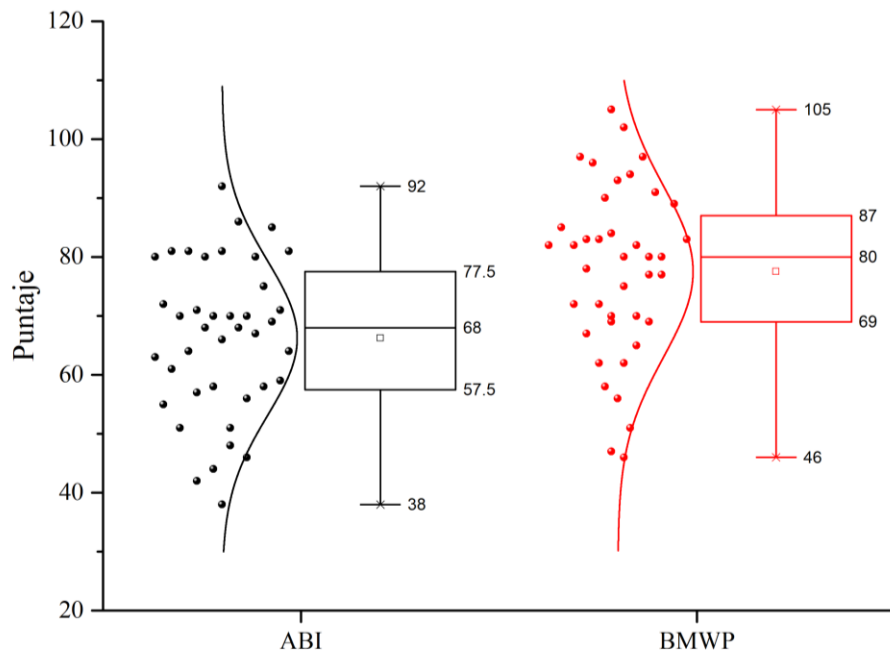
4.6.1. Análisis estadístico

La figura 35 muestra la distribución de los índices ABI y BMWP, utilizados para evaluar la calidad del agua en la microcuenca Llin Llin. El análisis estadístico revela diferencias significativas ($p = 0,000$) entre los dos índices, para un nivel de significancia del 5%. Las diferencias encontradas sugieren que la calidad de agua es variable.

El índice ABI, presenta una distribución más uniforme, con un rango de valores entre 38 y 92, y una media de 68. La mayor concentración de datos en torno 57,5 y 77,5 puntos indica una calidad del agua “regular” y “buena”. Por otro lado, el índice BMWP, muestra una mayor variabilidad de datos, con un rango de 46 a 105 y una media de 80. La concentración de datos alrededor de los 68 a 87 puntos muestra una calidad de agua “aceptable” con características de aguas medianamente contaminadas.

Figura 35.

Análisis estadístico del Índice ABI y BMWP



Fuente: Autores.

Este estudio demuestra que el índice ABI proporciona un diagnóstico más preciso de la calidad de agua en la microcuenca. Esto se debe a que la sensibilidad del ABI se adapta mejor a las influencias antrópicas y a la altitud (Ríos et al., 2014). Además, Toledo & Mendoza (2016), recomiendan utilizar el índice ABI en áreas de páramo, ya que incluye todas las familias características de este hábitat.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de realizar la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- A través del uso de macroinvertebrados como bioindicadores, se demostró que la calidad del agua de la microcuenca Llin Llin se ha visto comprometida en ciertas estaciones, se ha encontrado la existencia de grupos sensibles, como las Trichópteras y Ephemeropteras; sin embargo, la abundancia de grupos resistentes a la contaminación como las Dípteras (*Chironomidae* y *Ceratopogonidae*) en todas las estaciones. Esto se debe a diversas actividades antrópicas en su entorno, las más frecuentes incluyen la ganadería, la producción lechera y la reparación de motocicletas.
- Mediante el índice BMWP se determinó que en las 10 estaciones la calidad del agua es “aceptable” con características de aguas medianamente contaminadas.
- Por medio del índice ABI se estableció la calidad del agua es “buena” a excepción de la estación Em1 y Em7 que posee una calidad “regular”.
- La evaluación comparativa de los resultados obtenidos mediante el cálculo de los índices biológicos BMWP y ABI, reveló variaciones significativas en la calidad de agua. Se observó que el índice ABI proporciona un diagnóstico más preciso de la calidad de agua en la microcuenca. Esta precisión se atribuye a la mayor sensibilidad del ABI para adaptarse a las influencias antrópicas y a la altitud del área de estudio.

5.2. Recomendaciones

- Llevar a cabo estudios continuos de calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. Esto permitirá monitorear de manera efectiva los impactos ambientales y evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos. Es crucial priorizar las áreas identificadas con problemas significativos de contaminación para implementar acciones correctivas, promoviendo así la restauración ambiental y la sostenibilidad a largo plazo.
- Evaluar periódicamente la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos, esto permitirá generar registros detallados y comparar como varia la comunidad de macroinvertebrados en respuesta a cambios en el caudal y modificaciones en el hábitat.
- Complementar los estudios biológicos con análisis detallados de calidad de agua mediante parámetros fisicoquímicos. Esta integración permitirá la evaluación más precisa y específica de los niveles de contaminación en los cuerpos de agua.
- Fomentar el uso de métodos biológicos como complemento de evaluación de calidad agua. Estas metodologías nos solo son económicamente accesibles, sino que también ofrecen resultados que no varían con el ICA-NSF.

BIBLIOGRAFÍA

- Alomía, J., Iannacone, J., Alvarino, L., & Ventura, K. (2017). Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist*, 15(1), 65–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.24039/rtb2017151144>
- Bernal, E., García, D., & Novoa, M. A. (2006). Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), 45–59.
- Bravo, L., & Restrepo, G. (2021). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 57–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5432>
- Caicedo, O., & Palacio, J. (1998). Los macroinvertebrados béticos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actualidades Biológicas*. <https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329779>
- Carrasco, J., Lema, L., Cabrera, J., Caballero, V., & Daisy, C. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en sitios de interés turístico de la provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico-Profesional*, 5(1), 858–879. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i1.2021>
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. In *Ecociencia* (Vol. 2). <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- Carrera, P., & Gunkel, G. (2003). Ecology of a high Andean stream, Rio Itambi, Otavalo, Ecuador. *Limnologica*, 33(1), 29–43. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(03\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(03)80005-1)
- Chavez, R. (2022). Evaluación de la calidad del agua mediante la bioindicación de macroinvertebrados acuáticos, en un tramo del río Toribio, Ciénaga Magdalena, Colombia. *Ciencia E Ingeniería*, 9(5). <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.7461089>
- Déley, R., & Santillán, P. (2016). *Macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula Parque Nacional Sangay - Ecuador*.
- Encalada, A., Rieradavall, M., Ríos, B., Carcía, N., & Prat, N. (2004). *Protocolo simplificado y guía de evaluación de calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*.
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76, 275–285. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Forero, L. C., Longo, M., Ramírez R., J. J., & Chalar, G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICERN-MAE), Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 233. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15790>
- García, J. M., Sarmiento, L. F., Salvador, M., & Sabrina, L. (2017). *Artículo de investigación Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos : aplicación en ríos tropicales de alta montaña . Revisión corta Use of bioindicators for evaluating water quality in rivers : application to tropical high m.* 47–62.
- Gastezzi, P., & Rincón, J. E. (2023). Composición de los macroinvertebrados según la

- calidad del agua en turberas de altura, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 71(1), e54605. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.54605>
- Giacometti, J., & Bersosa, F. (2006). Giacometti & Bersosa, 2006.pdf. *Serie Zoológica, Appendix 1*, 17–32.
- Giraldo, L. P., Chará, J., Zúñiga, M. D. C., Ana, C., & Pedraza, G. (2014). Agricultural land use impacts on aquatic macroinvertebrates in small streams from la Vieja River (Valle del Cauca, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 203–219. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15788>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Columbe. (2020). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación de agua. *ECORFAN ® Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), 1–10. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guanokuiza, L., & Antúnez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático.*, 5(9), 1053–1102. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i9.7946>
- Gutiérrez, H. (2016). Análisis y diseño de experiencias. In *Turkish Journal of Medical Sciences* (Vol. 46, Issue 5). <https://doi.org/10.3906/sag-1507-147>
- Gutiérrez, J. D., Riss, W., & Ospina, R. (2002). Bioindicación de la calidad del agua con lógica difusa sugeno y macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá. *Acta Biológica Colombiana*, 7(2), 37.
- Herrera, G., Chávez, M., & Jiménez, M. (2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Información Tecnológica*, 33(2), 59–66. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000200059>
- Jacobsen, D., & Encalada, A. (1998). *The macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams in the wet and dry season*. 142. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/142/1998/53>
- Liñero, L., Balarezzo, V., Eraso, H., Pacheco, F., Ramos, C., Muzo, R., & Calva, C. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *Cuadernos de Investigación UNED*, 8(1), 69–75. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v8n1/1659-4266-cinn-8-01-00068.pdf>
- Meneses, Y., Castro, M., & Jaramillo, A. (2019). Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL. and ABI. Indices. *Acta Biologica Colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- MINAGRI. (2015). Manual N° 5 Medición de agua. *Ministerio de Agricultura y Riego de Lima*, 2da Ed., 32. <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Molina, C., Gibon, F., Pinto, J., & Rosales, C. (2008). *Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera real, bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales*. https://www.researchgate.net/publication/41394703_Estructura_de_macroinvertebrados

- os_acuaticos_en_un_rio_altoandino_de_la_Cordillera_Real_Bolivia_variacion_anual_y_longitudinal_en_relacion_a_factores_ambientales
- Montoya, Y., & Escobar, A. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Revista Politécnica*, 15(29), 65–81. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n29a6>
- Mora, G., Medina, C., Polo, J., & Hora, M. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 85–98. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.10>
- Motta, Á., & Vimos, D. (2020). Influence of temporal variation of hydraulic parameters on the structure and function to the macroinvertebrate community in an Andean stream. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 606–621. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1023>
- Moya, N., Gibon, F.-M., Oberdorff, T., Rosales, C., & Domínguez, E. (2009). Comparación De Las Comunidades De Macroinvertebrados Acuáticos En Ríos Intermitentes Y Permanentes Del Altiplano Boliviano: Implicaciones Para El Futuro Cambio Climático Comparison of Aquatic Macroinvertebrate Communities From Intermittent and Perennial B. *Ecología Aplicada*, 8(2). <https://www.redalyc.org/pdf/341/34112150012.pdf>
- Oleas, J., Bravo, Y., & Clevel, K. (2017). Estudio comparativo de la calidad de los ríos Teañe y Atacames empleando macroinvertebrados Como bioindicadores. *Gestión Ambiental*, 14, 30.
- Osejos, M. A., Merino Conforme, M. C., Merino Conforme, M. V., & Solis Barzola, J. L. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *Recimundo*, 4(4), 454–467. [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.454-467](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467)
- Padrón, C. (2019). *Padrón- Pesantez*, C. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8938/1/14585.pdf>
- Paredes, C., Ianacone, J., & Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentonicos como indicadores biologicos de la calidad de agua en dos rios de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 44(January), 107–118.
- Peña, R., Peralta, J., León, J., & Guzmán, A. (2023). *Determinación del caudal y calidad de agua mediante bioindicadores en los páramos de la Comunidad el Calvario en el Cantón Tisaleo*. 8(5), 1418–1438. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i5>
- Posada, J. A., Roldán, G. G., & Ramírez, J. J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 59–70.
- Quishpi, Á., Pérez, P. N., Rodríguez, M., & Santillán, G. (2018). Macroinvertebrados Bentónicos: Bioindicadores De La Calidad Del Agua De Un Sistema Fluvial Alto Andino Ecuatoriano. *Hallazgos* 21, 3, 1–13. <file:///C:/Users/Personal/Downloads/234-Texto del artículo-459-1-10-20180611.pdf>
- Ramakrishna, B. (1997). Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas. In *Iica* (pp. 1–319). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/17713>
- Ramírez, A. (2010). Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 41–50.

- Ramírez, Y., Giraldo, L., Zúñiga, M. del C., Ramos, B., & Chará, J. (2018). Influencia de la ganadería en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(3), 1244. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/30316>
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The Andean biotic index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 62(April), 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Rodríguez, A., Roldán, J., & Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, La Libertad-Perú. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 41(1), 91–101. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Rojas, A. (2006). Current State of Knowledge of Trichoptera of Chile. *Gayana*, 70(1), 65–71. <https://www.scielo.cl/pdf/gayana/v70n1/art11.pdf>
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. In *Universidad de Antioquia*. <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>
- Roldán, G. (2003). *Boindicación de la calidad del agua en Colombia*. https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=ZEjgIKZTF2UC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Bioindicación+de+la+calidad+del+agua+en+Colombia:+Propuesta+para+el+uso+del+método+BMWP/Co&ots=INn32AIyON&sig=ZUoLz7cFBeSYUGKaKnil2GeyIU&redir_esc=y#v=onepage&q=Bioindicación
- Romero, D., & Tarillo, H. (2017). Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017. In *TESIS* (Vol. 87, Issue 1,2).
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico* (L. López (ed.); Primera ed). Sierra, Carlos. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=calidad+de+agua&ots=ceWPSj4Jdl&sig=V_V1z3dJARuIp9c85eCFp2fHbhY&pli=1#v=onepage&q=calidad+de+agua&f=false
- Silva, M. ., & Huamantínco, A. (2022). Microhabitat preference and trophic guilds of aquatic macroinvertebrates in high Andean rivers, Ayacucho, Peru. *Limnetica*, 41(1), 1–16. <https://doi.org/10.23818/limn.41.01>
- Terneus, E., Racines, M. J., & Hernández, K. (2013). Evaluación Ecológica del Río Lliquino a Través de Macroinvertebrados Acuáticos, Pastaza – Ecuador. *Revista de Ciencias*, 16, 31–45. <https://doi.org/10.25100/rc.v16i0.501>
- Tobias, M., & Guzmán, C. (2022). *Variación estructural de familias de macroinvertebrados acuáticos y su relación con la calidad del agua en quebradas asociadas con cultivos de café y ganadería vacuna en el sector de La Tagua , Sierra Nevada de Santa Marta* *Structural variation of families*. 46(178), 206–216.
- Toledo, M., & Mendoza, B. (2016). Estudio de la calidad de agua utilizando bioindicadores, en microcuenca del río Chimborazo (EC). *Research Gate*, 27(September), 1–15. https://www.researchgate.net/publication/312192044_ESTUDIO_DE_LA_CALIDA

D_DE_AGUA_UTILIZANDO_BIOINDICADORES_EN_MICROCUEENCA_DEL_RIO_CHIMBORAZO_EC

- Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., Prehn, C., Cevallos, C., & Ortiz, L. (2019). Cuencas hidrográficas. In *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (Vol. 5, Issue 1). <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjourals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseysociety.com/downloads/reports/Educa>
- Yépez, Á., Yépez, Á., Zambrano, J., Morales, D., Guerrero, N., & Tayhing, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador Aquatic macroinvertebrates as indicators of water quality in areas of residual discharge to the Quevedo river, Ecuador. *Ciencias Tecn UTEQ*, 10(1), 27–34.

ANEXOS

1. Registro fotográfico sitios de recolección



Fotografía 1. Estación de muestreo 1



Fotografía 2. Estación de muestreo 2



Fotografía 3. Estación de muestreo 3



Fotografía 4. Estación de muestreo 4



Fotografía 5. Estación de muestreo 5



Fotografía 6. Estación de muestreo 6



Fotografía 7. Estación de muestreo 7



Fotografía 8. Estación de muestreo 8



Fotografía 9. Estación de muestreo 9



Fotografía 10. Estación de muestreo 10

2. Fotografías de recolección e identificación de macroinvertebrados



Fotografía 11. Batimetría



Fotografía 12. Recolección de muestra



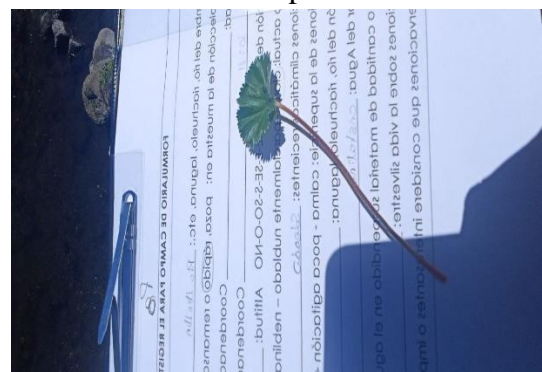
Fotografía 13. Recolección de muestra en campo



Fotografía 14. Recolección de muestra en campo



Fotografía 15. Etiqueta de las muestras



Fotografía 16. Registro en campo



Fotografía 17. Recolección de macroinvertebrados en laboratorio



Fotografía 18. Identificación de macroinvertebrados

Hoja 4
Pág. 3

FORMULARIO DE LABORATORIO PARA EL REGISTRO DE DATOS DE
MACROINVERTEBRADOS

Micrositio: San Juan No. San Juan
 Fecha (investigador): 20/05/2018 Fecha (identificación): 20/05/2018
 Código del sitio: _____
 Nombre del colector: Alonso Alvarado, Juan Moreno
 Nombre del identificador: Alonso Alvarado, Juan Moreno



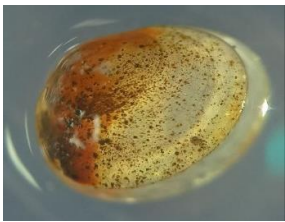








Nº	Orden	Familia	Género	# Individuos	Habitat
✓ 1	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 2	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 3	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 4	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 5	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 6	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 7	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 8	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 9	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10
✓ 10	San Juan	Chironomidae		10-15 20-25 30-35 40-45 50-55	0-10














Fotografía 19. Registro de macroinvertebrados



Fotografía 20. Toma de fotografías de macroinvertebrados

3. Listado de macroinvertebrados encontrados en la microcuenca Llin Llin

Taxonomía	Fotografía	Taxonomía	Fotografía
Orden: Amphipoda Clase: Malacostraca Familia: Hyaletellidae		Orden: Trombidiforme Clase: Arachnida Familia: Hydracarina	
Orden: Veneroida Clase: Bivalvia Familia: Sphaeriidae		Orden: Plecoptera Clase: Insecta Familia: Gripopterygidae	
Orden: Ephemeroptera Clase: Insecta Familia: Baetidae		Orden: Trichoptera Clase: Insecta Familia: Limnephilidae	
Orden: Coleoptera Clase: Insecta Familia: Elmidae		Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Chironomidae	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Ceratopogonidae		Orden: Trichoptera Clase: Insecta Familia: Hydrobiosidae	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Limoniidae		Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Tipulidae	

Orden: Haplotaxida Clase: Oligochaeta Familia: Haplotaxida		Orden: Díptera Clase: Insecta Familia: Empididae	
Orden: Trichoptera Clase: Insecta Familia: Hydroptilidae		Orden: Trichoptera Clase: Insecta Familia: Leptoceridae	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Psychodidae		Orden: Díptera Clase: Insecta Familia: Blepharoceridae	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Simuliidae		Orden: Hirudinea Familia: Hirudinea	
Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Tabanidae		Orden: Coleoptera Clase: Insecta Familia: Staphylinidae	
Orden: Coleoptera Clase: Insecta Familia: Scirtidae		Orden: Plecoptera Clase: Insecta Familia: Perlidae	
Orden: Hygrophila Clase: Gasteropoda Familia: Lymnaeidae		Orden: Diptera Clase: Insecta Familia: Dolichopodidae	