



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA, EN LA RIBERA DE BOSQUE ANDINO EN LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL SANGAY

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR/(ES): ESTEFANI MICHELLE GUEVARA RON
DIRECTOR(A): Dra. LOURDES CUMANDA CARRERA BELTRAN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2022, **Estefani Michelle Guevara Ron**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Estefani Michelle Guevara Ron, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor/autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de agosto de 2023

Estefani Michelle Guevara Ron

220000483-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN BIOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS, COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA, EN LA RIBERA DE BOSQUE ANDINO EN LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DEL PARQUE NACIONAL SANGAY**, realizado por la señorita: **ESTEFANI MICHELLE GUEVARA RON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Sofia Carolina Godoy Ponce PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2023-08-08
Dra. Lourdes Cumanda Carrera Beltran DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-08-08
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello. ASESORA DEL TRABAJO DEL INTEGRACIÓN CURRICULAR	_____	2023-08-08

DEDICATORIA

Al regalo más grande que Dios me pudo entregar Montse y Lía, mis hijas, con mucho cariño ya que, sacrificaron muchas horas que les pertenecía y cedieron su tiempo para que “Mamá estudie”. Son las personas más importantes de mi vida, mi fuerza y mi motivo para cada día luchar y salir adelante.

Por ustedes y para ustedes, toda mi fuerza y dedicación, las amo infinitamente

Con amor mamá

Estefani

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser mi fortaleza en los momentos que sentí desmayar y bendecirme con esta nueva meta profesional.

A Klever mi padre, por siempre creer en mí y enseñarme con su ejemplo el significado de la resiliencia.

A Sandra mi madre, por estar presente en este camino, alimentar mi amor propio y demostrarme que puedo lograr todo lo que me proponga.

Mi hermano Daniel, mi primer amor, uno de mis motores principales. Gracias por llegar a mi vida y nunca dejarme sola.

A Juan Carlos mi compañero de vida, por siempre estar pendiente de este proceso, estar conmigo en las buenas y en las malas y por la seguridad que siempre me brindas.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, a los profesores que estuvieron presentes en este camino, gracias por sus enseñanzas y por la experiencia adquirida.

A la Dra. Cumandá Carrera por haber aceptado el reto de dirigir este trabajo, gracias por todo su apoyo.

A mis amigos y compañeros de lucha, Gaby, Gregory, Daniel y David; gracias por hacerme parte de su pequeña familia foránea y hacer que esta vida universitaria sea más bonita y llevadera, gracias por nunca dejarme sola en el camino y estudiar conmigo, este logro también es de Uds. Y a todas las personas que me ayudaron a cumplir este reto, gracias por todo su apoyo.

Michelle

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xi
SUMMARY	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
Marco teórico.....	3
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Bases teóricas	4
2.2.1 Contexto general.....	4
2.2.2 Neuston.....	4
2.2.3 Bentos	4
2.3 MARCO METODOLÓGICO.....	5
2.4 Los macroinvertebrados bentónicos en la zona alto andina y bosque nublado.....	5
2.5 Índices biológicos de calidad de agua	5
2.6 Índice biológico andino (ABI).....	6
2.7 El índice ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera)	6
2.8 Índice de diversidad de Simpson (IDS).....	7
2.9 Índice de sorensen.....	8
2.10 Cuencas hidrográficas.....	9
2.10.1 Elementos de una cuenca hidrográfica.....	9
2.10.2 Tributarios	10
2.10.3 Cause principal.....	10
2.11 Funciones de la cuenca	10
2.12 Microcuenca del rio Cachipata	11
CAPÍTULO III.....	12
3. MARCO METODOLÓGICO.....	12
3.1 Área de estudio	12
3.2 Características climáticas	12
3.3 Tipo y diseño de la investigación	13
3.4 Unidad de análisis.....	13

3.5	Población de estudio	13
3.6	Tamaño de la muestra.....	13
3.7	Selección de los puntos de muestreo	14
3.7.1	Recolección y muestreo de macroinvertebrados	14
3.8	Análisis de muestras en laboratorio.....	15
3.9	Identificación.....	16
3.10	Registro.....	16
3.11	Determinación de la calidad del agua	16
3.11.1	Índice biológico ETP	16
3.11.2	Índice biológico andino (ABI)	16
3.11.3	Índice de diversidad biológica.....	16
3.11.4	Índice de diversidad de Margalef (S).....	17
3.11.5	Índice de diversidad de Shannon	17
CAPÍTULO IV		18
4.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1	Coberturas de ribera de la microcuenca del río Cachipata.....	18
4.2	Índice biológico andino (ABI).....	19
4.3	Análisis de prevalencia.....	21
4.4	Prevalencia de Familias de macroinvertebrados acuáticos río Cachipata.....	22
4.5	Índices de Biodiversidad del río Cachipata.....	23
4.5.1	Índices de similitud del río Cachipata.....	24
4.5.2	Análisis de correlación de los sectores del río Cachipata.	24
CAPÍTULO V.....		26
5.1	CONCLUSIONES	26
5.2	RECOMENDACIONES	28
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Significado de los valores del índice biológico andino (A.B.I).....	6
Tabla 2-2: Valores de referencia del índice ETP.	7
Tabla 2-3: Interpretación del índice de Sorensen.....	9
Tabla 4-1: Puntos de monitoreo macroinvertebrados	18
Tabla 4-2: Coberturas de ribera.	18
Tabla 4-3: Índice Biológico Andino río Cachipata.	20
Tabla 4-4: Familias presentes en la microcuenca del río Chimborazo.	21
Tabla 4-5: Densidad relativa de especies	22
Tabla 4-6: Índices de diversidad florística y similitud.....	23
Tabla 4-7: Índices de diversidad florística y similitud.....	24
Tabla 4-8: Índice de diversidad florística y similitud.	24

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Ubicación del río Cachipata.....	12
Ilustración 3-2: Recolección de muestras de macros	15
Ilustración 3-3: Análisis de muestras en laboratorio a. Filtrado; b. Obtención de muestras; c.	15
Ilustración 4-1: Coberturas del río Cachipata.....	19

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN Y ETIQUETADO DE MUESTRAS EN CAMPO
- ANEXO B:** FORMULARIO DE REGISTRO EN EL CAMPO
- ANEXO C:** CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO
- ANEXO D:** ETIQUETADO DE MUESTRAS
- ANEXO E:** PUNTO DE MONITOREO 1 (QUEBRADA RODEO)
- ANEXO F:** PUNTO DE MONITOREO 2 (SANTA ROSA)
- ANEXO G:** PUNTO DE MONITOREO 3 (TABALBO)
- ANEXO H:** PUNTO DE MONITOREO 4 (TIMBUL)
- ANEXO I:** VALORES DE REFERENCIA DEL ÍNDICE BMWPCOL

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad, determinar la relación de la población de los macroinvertebrados con las diferentes coberturas de ribera, utilizando índices biológicos de calidad de agua, en las estribaciones orientales de la provincia de Chimborazo, en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, el área de estudio corresponde a 20.92 hectáreas. Se trabajó en dos fases: campo y laboratorio, la primera fase realizó el monitoreo del aportante principal de la microcuenca del río Cachipata; la recolección de especímenes se utilizó una red-D de 32 cm de ancho y 22 cm de profundidad, con luz de malla de 500 μ m. La fase de laboratorio las muestras fueron colocadas en un tamiz artesanal de tela fina de nylon; depositando el residuo en una bandeja blanca, para la identificación de los macroinvertebrados. Los resultados señalan una cobertura predominante de bosque 12.41ha; la calidad biológica del agua, en los puntos quebrada Rodeo (P1QR) y Santa Rosa (P2SR), indican una calidad aceptable; mientras en los puntos Tabalbo (P3T) y Timbul (P4TB) la calidad es dudosa; en los puntos de monitoreo se identificaron 13 órdenes, 31 familias, con un total de 827 individuos; el orden Ephemeroptera, familia Baetidae presentó 112 individuos; la diversidad media de 0.48, el valor máximo correspondiente al punto P3T con 0.61, con un valor medio; mientras que el índice de Simpson manifiesta que en el punto P2SR existe el valor máximo de 0.98 y un promedio de 0.97, que conlleva a un índice alto; existe una similitud en los grupos P1QR-P4TB y P2SR-P4TB, mientras que en entre P3T-P4TB existe una disimilitud, el punto P3SR indica contaminación. De forma general la correlación señala una similitud de la población de macroinvertebrados entre el punto inicial de monitoreo P1QR, y el punto final P4TB.

Palabras clave: < MICROCUENCA>, <MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, < CALIDAD DE AGUA>, <ÍNDICES FLORÍSTICOS >, <COBERTURA DE RIBERA >, <BOSQUE ANDINO >

0431-DBRA-UPT-2024

ABSTRACT

This research aims to determine the relationship of the macroinvertebrate population with the different riparian coverages using biological indices of water quality. This will be carried out in the eastern foothills of Chimborazo province at the buffer area of Sangay National Park. The study area corresponds to 20.92 hectares. We worked in two phases: field and laboratory. The first phase involved monitoring the main contributor of the Cachipata River micro-watershed. The specimen was collected using a D-net 32 cm wide and 22 cm deep with a mesh size of 500 μm . The samples were placed in an artisanal sieve made of fine nylon cloth in the laboratory phase. The residue was deposited in a white tray for the identification of macroinvertebrates. The results show a predominant forest cover of 12.41 ha. The biological quality of the water, at the points Rodeo Creek (P1QR) and Santa Rosa (P2SR), indicates an acceptable quality. While at the points Tabalbo (P3T) and Timbul (P4TB), the quality is doubtful. At the monitoring points 13 orders, 31 families, with a total of 827 individuals were identified. The order Ephemeroptera, family Baetidae presented 112 individuals. The average diversity of 0.48, the maximum value corresponding to point P3T with 0.61 with an average value; while Simpson's index shows that at point P2SR there is a maximum value of 0.98 and an average of 0.97. This leads to a high index. There is a similarity in the groups P1QR-P4TB and P2SR-P4TB while between P3T-P4TB there is a dissimilarity. Point P3SR indicates contamination. In general, the correlation indicates a similarity of the macroinvertebrate population between the initial monitoring point P1QR and the final point P4TB.

Keywords: <MICROWATERBASIN>, <BENTONIC MACROINVERTEBRATES>, <WATER QUALITY>, <FLOWER INDEX>, <RIBER COVERAGE>, <ANDEAN FOREST>.

0431-DBRA-UPT-2024

.....
Ing. Romel Francisco Calles Jimenez Mgtr.

CI:0603877713

INTRODUCCIÓN

El entorno de los ecosistemas acuáticos de ribera, son de gran importancia desde mucho tiempo atrás, siendo empleados por la humanidad como fuente de recursos. Sin embargo, pese a su utilidad en varios ámbitos del desarrollo de la sociedad; en las últimas décadas, el crecimiento demográfico unido a factores de desarrollo, provocan un incremento de la afectación sobre este recurso, lo cual influye en el aceleramiento de procesos de degradación (Custodio & Chamane, 2016, pp. 33-44).

Los diferentes escenarios, son el inicio de estudios, que influyen en la evaluación de los ecosistemas de rivera de río, de esta manera se puede evidenciar los indicadores relevantes para identificar el estado actual del ecosistema (Hurtado & Yurrita, 2005, pp. 271-286).

Sin embargo, se necesita realizar investigaciones sobre los ecosistemas de ribera en los ecosistemas de bosque nublado, de esta manera se puede evidenciar la capacidad de resiliencia de los mismos (Kutschker B & Miserendino, 2009, pp. 19-34).

Una alternativa que diferentes países han desarrollado son los mecanismos de monitoreo, contando con técnicas y procedimientos, a través de la evaluación de reacciones e índices de sensibilidad de organismos vivos ante la presencia de sustancias contaminantes en los causes de agua (Segnini, 2003, pp. 45-63).

En la actualidad la calidad biológica del agua es una prioridad mundial, debido a los niveles de contaminación de las cuencas hídricas. Según la (ONU, 2016, pp. 5-16): “Diariamente, se vierten millones de toneladas de aguas contaminantes que no se someten a un tratamiento adecuado, sí como residuos de origen industrial y agrícola a las aguas alrededor del mundo”. Se estima que anualmente las fuentes hídricas (ríos y mares), reciben la contaminación equivalente al peso de toda la población del mundo con un total cercano 7,000 millones de personas (Hernández & Hansen, 2011, pp. 115-127). La contaminación del agua afecta a los ecosistemas que mantienen la salud de los seres humanos, la producción de comestibles, así como también la biodiversidad.

El monitoreo de la calidad biológica en las zonas de amortiguamiento de áreas protegidas, son importantes para el funcionamiento hidrológico de las cuencas, los aportes del caudal a ríos principales son fundamentales para que el ciclo hidrológico mantenga el equilibrio natural (Bustamante & Angulo, 2018). A la vez que funcionan como una herramienta importante al momento de conocer el estado actual de conservación del ecosistema (Roldán, 2003, p. 175).

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

1. Realizar la evaluación biológica de macroinvertebrados bentónicos, como indicadores de la calidad de agua, en la ribera del bosque Andino, en la Zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Establecer las coberturas presentes en la ribera del río Cachipata en la zona de amortiguamiento.
2. Determinar la distribución de los grupos de macro invertebrados muestreados en el río Cachipata, que forma parte de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay.
3. Evaluar los índices de riqueza y abundancia de macro invertebrados acuáticos y su relación con las coberturas de ribera.

MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

Los macroinvertebrados bentónicos (MIB), son organismos que se pueden ver a simple vista, tienen un tamaño superior a 2 mm de longitud e invertebrados porque no poseen columna vertebral, es decir carecen de un esqueleto interno articulado y acuáticos porque su ciclo de vida lo desarrollan parcial o totalmente en el ecosistema hídrico de esteros, ríos, lagos o lagunas (Carrera & Fierro, 2001).

Los MIB, son los más utilizados en la evaluación de ecosistemas fluviales a nivel mundial, gracias a que representan características especiales con relación a otros componentes de la biota acuática, lo que facilita la comparación entre este tipo de estudios. Otra de las ventajas que presentan es que se pueden desarrollar muestreos cuantitativos, con materiales simples y de bajo costo. Además de contar con la disponibilidad del método de análisis para una correcta comparación entre datos y su posterior validación mediante la generación de índices de calidad de agua, los mismos que han sido validados en diferentes partes del mundo (Rosales & Mateo, 2016, pp. 66-75).

Los MIB, son considerados actualmente como los mejores bioindicadores, debido a que nos proporcionan excelentes señales del estado actual de la calidad del agua. Algunos de ellos se desarrollan en aguas de buena calidad, en cambio otros se han adaptado a condiciones adversas de contaminación; por lo que cada individuo, independientemente de su hábitat, se ha convertido en un verdadero indicador. Cabe indicar que, en los últimos años, el concepto de la calidad del agua ha ido cambiando, a medida que se han integrado nuevas variables (bióticas-ambientales), que complementan la información (Lozano, 2005, pp. 5-11).

De ahí la importancia de considerar a los MIB, como los protagonistas que definen el estado actual de la calidad del agua y de la conformación dentro de la cadena trófica como constructores del componente de biomasa animal más importante en muchos trechos del cauce, generando materia y energía necesaria para la nutrición de los consumidores superiores (González et al., 2012, pp. 135-148).

En la provincia de Chimborazo la degradación de los ecosistemas de bosque está acabando con la vegetación endémica, además de la amenaza del incremento de la frontera agrícola y la ganadería, han disminuido en un 58% la superficie de bosques nublados (Astorga, 2008, pp. 7-60).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Contexto general

En términos generales los MIB, pueden vivir en la superficie del agua, en el fondo o nadar libremente; de ahí que reciban diferentes nombres de acuerdo con este tipo de adaptación. En cambio, algunos animales de agua dulce se pueden clasificar de acuerdo al sitio donde se desarrollan y a la forma de moverse. De ahí que ciertos MIB viven en la superficie del agua, en cambio otros permanecen suspendidos en el lecho acuático o bien nadan activamente. Pero la gran mayoría MIB, viven sobre algún tipo de sustrato ya sea en el fondo (bentos), o en los tallos de plantas acuáticas, madera o rocas (Hanson S & Ramirez, 2010, pp. 3-37).

2.2.2 Neuston

Se refiere a los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Veliidae, Collembola, Hemiptera, Gyrinidae, Hydrotidae y Mesoveliidae (Baque, 2021).

2.2.3 Bentos

Se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo de los ríos y lagos, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y sustratos similares. Los principales órdenes representantes son: *Ephemeroptera*, *Plecóptera*, *Trichoptera*, *Megaloptera* y *Díptera*. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia *Euthyplociidae* *Ephemeroptera*. Otros, como la familia *Blephariceridae*, *Díptera*, se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen (Cedeño & Quinteros, 2016).

2.3 MARCO METODOLÓGICO

2.4 Los macroinvertebrados bentónicos en la zona alto andina y bosque nublado.

Actualmente a nivel mundial existe un creciente interés por estudiar a los MIB y su comportamiento con los ecosistemas acuícolas. De ahí que la parte alta andina, que incluye los bosques nublados y de ceja andina, se ha convertido en una verdadera área de investigación por parte de diferentes instituciones públicas y privadas. Este tipo de iniciativas permite conocer el estado actual, frente a la constante degradación que sufren estos ecosistemas por la sobre explotación y contaminación del agua (Acosta et al., 2009, pp. 35-64).

Uno de los intereses por conservar los recursos fluviales alto andinos, es que nos proporcionan agua para consumo humano tanto para los centros urbanos como para las zonas rurales. Además este recurso es utilizado para la generación de energía eléctrica y como suministro de agua para riego (Flores, 2016).

Es también importante destacar que las diferentes realidades sociales y de crecimiento económico, ocasionan situaciones de conflicto al no encontrar un equilibrio entre estas dos realidades; las mismas que van a incidir de manera directa en la conservación del medio ambiente. Esta problemática ambiental traerá como consecuencia una pérdida de la biodiversidad acuática; lo que se convierte a futuro en una amenaza para los sistemas hídricos alto andinos (Franco & Andrade, 2013, pp. 69-85)

Considerando la fisiografía que presenta la región andina, es importante considerar todas y cada una de las quebradas pequeñas que alimentan al cause principal, ya que todas aportan con un conocimiento ecológico, el mismo que debe ser tomado en cuenta al momento de su evaluación. Toda la información generada debe ser socializada y compartida con la población local, para crear conciencia en la gente acerca del impacto que ocasionan las actividades antropogénicas sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en las microcuencas de la zona andina (Bustamante & Angulo, 2018).

2.5 Índices biológicos de calidad de agua





Los índices más utilizados para para el monitoreo de la calidad del agua son: El Índice Biológico Andino (ABI) que es una modificación del Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), adaptado específicamente para arroyos entre los 2000 y 4000 m.s.n.m. Y el Índice ETP (*Ephemeroptera*, *Trichoptera* y *Plecóptera*), adaptado por (Carrera & Fierro, 2001), los cuales son útiles en el análisis de la calidad del agua, debido a que necesitan bajo nivel taxonómico (Familia), bajo costo en términos de tiempo y dinero, convirtiéndose en metodologías rápida (Propuesta para el uso del método BMWP/Col, 2003, p 175).

2.6 Índice biológico andino (ABI)

El Índice Biológico Andino (ABI) como ya se explicó anteriormente, es una modificación del Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) original, modificado y adaptado específicamente para arroyos entre los 2000 y 4000 m.s.n.m, por (Propuesta para el uso del método BMWP/Col, 2003, p. 175), para interpretar mejor a las comunidades de macroinvertebrados que se encuentran en los páramos de América del Sur (Propuesta para el uso del método BMWP/Col, 2003, p. 175).

Este índice relaciona la presencia o ausencia de grupos de organismos identificados hasta el nivel taxonómico de familia y su nivel de tolerancia a la contaminación hídrica. Permite determinar una escala de valores para la comunidad en estudio y resume los puntajes en categorías de calidad ambiental basadas en información regional de tipo fisicoquímica. Debe tenerse en cuenta variaciones de tipo ecológico para definir las familias predominantes de la comunidad y sus niveles de sensibilidad al ICA (Leaño & Pérez, 2020, pp. 567-591)

Tabla 2-1: Significado de los valores del índice biológico andino (A.B.I).

Valor	Calidad	Color
>74	MUY BUENO	
45 – 74	BUENO	
27 – 44	REGULAR	
< 27	MALA	

Fuente: Acosta R. & Prat, 2009

Realizado por: Guevara E, 2023

2.7 El índice ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera)

Este índice utiliza tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. Se usan estos grupos por su sensibilidad a la contaminación debido a que son los primeros en desaparecer cuando los ríos se contaminan (Carrera & Fierro, 2001).





Este índice toma en cuenta a los individuos de las familias que se encontraron en el muestreo, se inicia sumando a los individuos de los órdenes: x para luego dividir a la suma de todos los

individuos de los órdenes encontrados, a esto se multiplica por 100 de esa manera dará el resultado final en términos de porcentaje. Para la aplicación del índice EPT se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{EPT}(\%) = (\Sigma(E + P + T)/\Sigma(\text{Total de individuos})) * 100 \quad (1)$$

Se utilizan este grupo de ordenes debido a que presentan una alta sensibilidad a la contaminación y son los primeros en desaparecer cuando el río se contaminan (Carrera & Fierro, 2001).

Tabla 2-2: Valores de referencia del índice ETP.

Valor	Calidad del agua	Color
75 - 100 %	Muy buena	
50 - 74 %	Buena	
25 - 49 %	Regular	
0 - 24 %	Mala	

Fuente: Carrera & Fierro, 2001

Realizado por: Guevara E, 2023

2.8 Índice de diversidad de Simpson (IDS)

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Zapata & Villanueva, 2011, págs. 41-47)

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N-1)} \quad (2)$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

S = Número de especies

n_i = Número total de individuos presentes, i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

N = Número de individuos por especie

Índice de Diversidad de Shannon

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo # de individuos (Marrugan, 1988).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (3)$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

2.9 Índice de sorensen

El coeficiente de comunidad nos ayuda a calcular la diversidad entre comunidades es decir la diversidad beta, no considera la densidad relativa de las especies, es mucho más útil cuando el principal interés es la determinación de la presencia o ausencia de las especies (Pintag, 2019).

$$Iss = \frac{2C}{A + B} \times 100 \quad (4)$$

En donde:

Iss = Índice de Sorensen

A = Número de especies en el sitio 1

B = Número de especies en el sitio 2

C = Número de especies similares presentes en ambos sitios A y B.

Tabla 2-3: Interpretación del índice de Sorensen.

Valores	Interpretación
0,00-0,35	Disimiles
0,36-0,70	Medianamente similares
0,71-1,00	Muy similares

Fuente: Pintag, 2019

2.10 Cuencas hidrográficas

Las cuencas hidrográficas son espacios territoriales delimitados por la propia naturaleza y donde el agua que proviene de las montañas o del deshielo, descienda por la depresión hasta llegar al mar. En estos territorios existe una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes) (Pérez & Quisphi, 2016).

Físicamente, representa una fuente natural de captación y concentración de agua superficial y subterránea. Al mismo tiempo, tanto la cuenca como, sobre todo, el agua captada por ella, es una fuente de vida para el hombre. Pero también es origen de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos o se producen alteraciones por contaminación (Breña, 2006, p. 20)

Las cuencas hidrográficas permiten entender espacialmente el ciclo hidrológico, así como también los recursos naturales y la infraestructura creada por el hombre en las cuales desarrollan sus actividades económicas que afectan positiva o negativamente la calidad y cantidad del agua, la capacidad de adaptación de los ecosistemas y la calidad de vida de sus habitantes (Ordoñez J, 2011).

2.10.1 Elementos de una cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica posee los siguientes elementos:

Línea divisoria de agua

Es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. Otro término utilizado para esta línea se denomina parteaguas.

2.10.2 Tributarios

Curso de agua secundario o llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. En principio, de dos ríos que se unen es considerado como afluente el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca).

2.10.3 Cauce principal

El cauce (río) principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.

2.11 Funciones de la cuenca

Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema: Dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos (Aguirre N, 2007).

1. Función hidrológica: Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos. Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración. Descarga del agua como escurrimiento (Chamorro, 2016).

2. Función ecológica: Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua. Proporciona el hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y sus interacciones entre los seres bióticos y abióticos (Ibañez, 2012).

3. Función ambiental: Constituyen sumideros de CO₂. Alberga bancos de germoplasma. Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos. Conserva la biodiversidad. Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos (Gómez, 2016).

4. Función socioeconómica: suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población. Provee espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad (Silva & Correa, 2009, pp. 13-34).

2.12 Microcuenca del río Cachipata

La ribera del río Cachipata, que es parte de la cuenca del Pastaza, tiene una superficie total de 1450 hectáreas, enmarcadas dentro de un rango altitudinal que va desde los 2560 hasta los 4300 m.s.n.m., y donde se asientan unas cinco comunidades, cuya actividad principal es la agricultura y ganadería, con un alto índice de intervención antrópica, lo cual provocando una reducción de este tipo de ecosistema que es de vital importancia para la regulación del recurso hídrico (Toledo, 2015).

La bondad de los ecosistemas de las zonas de amortiguamiento se ven bajo una fuerte presión, ya que la intervención, por el acceso de zonas de cultivo o de uso pecuario han degradado los cauces naturales, poniendo en riesgo el caudal ecológico y por ende la resiliencia de las microcuencas (Garcés, 2010).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Área de estudio

Para el desarrollo de la presente investigación se identificó un ecosistema de ribera, con alto valor de importancia para nuestro país. Ubicado en la zona alto andina y que corresponde a la microcuenca del río Cachipata. Esto con la finalidad de evaluar la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, como indicadores de la calidad del agua en este ecosistema.

3.2 Características climáticas

El área de la presente investigación está ubicada en la zona oriental de Chimborazo, las condiciones climáticas, fueron tomadas de la estación meteorológica Finca Guadalupe y Guano UTM (773313.74; 773730.84) a una altitud de 3.000 m.s.n.m.; de los anuarios meteorológicos 2016 (INAMHI: M0406 y M0408) registraron temperaturas medias anuales 16°C con valores mínimos de 6.5°C y máximos de 15.4°C, la precipitación media 1088.4mm, la humedad relativa media de 68.9% (ver figura 1-2).

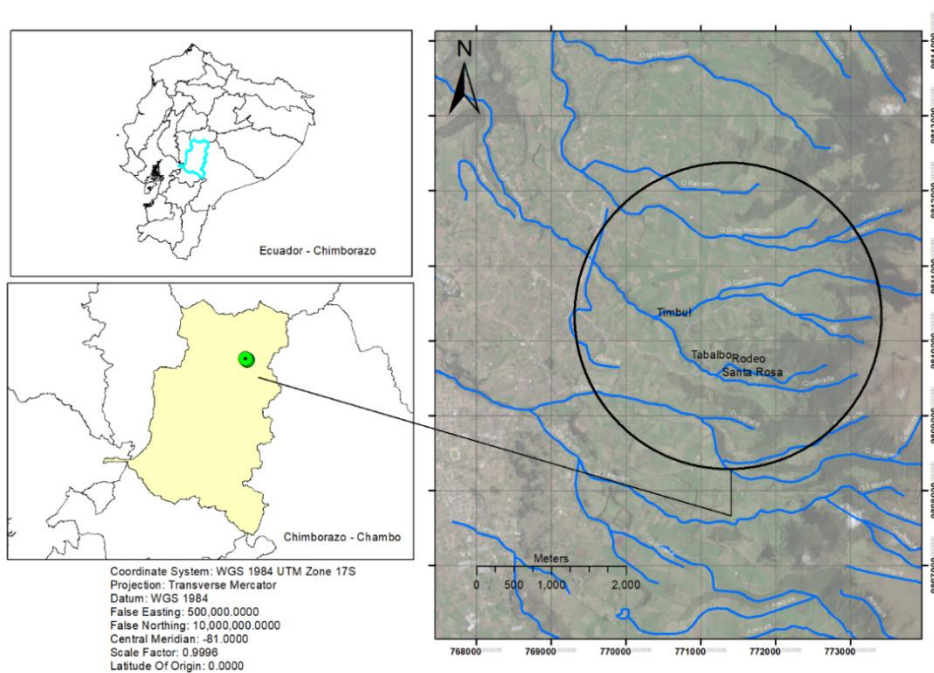


Ilustración 3-1: Ubicación del río Cachipata.

Fuente: Guevara E, 2023

3.3 Tipo y diseño de la investigación

El tipo de estudio de la investigación es: aplicada, de campo, de laboratorio, cualitativa, cuantitativa, correlacional, documental e histórica, por su nivel de profundidad la presente investigación busca la solución de problemas, considerando la aplicación del conocimiento se denomina aplicativo, de secuencia transversal, los datos que se van a analizar son descriptivos y cuantitativos, de tipo casi-experimental, porque se van a observar las variables, pero no se van a modificar las mismas.

3.4 Unidad de análisis

La unidad de análisis del proyecto de titulación tiene como objetivo determinar la composición y abundancia, considerando la espacialidad cartográfica para determinar la prevalencia de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca del río Cachipata.

3.5 Población de estudio

En la microcuenca del río Cachipata existen múltiples comunidades de macroinvertebradas, por lo tanto, el problema representa la calidad del agua del ecosistema fluvial correspondiente al ecosistema de bosque de ceja andina.

3.6 Tamaño de la muestra

Se estableció la metodología aplicada por (Déley & Santillán, 2016), que manifiestan para considerar los puntos de monitoreo se debe tener en cuenta varios aspectos: la longitud de los ríos, tratando de evitar el efecto de borde en la diversa zona de cobertura de suelo, además se debe tener en cuenta tomar muestras después de un tributario. También se debe considerar características similares en el cauce, considerando de preferencia el flujo laminar, además del tipo de sustrato o material de arrastre.

$$n = \frac{N}{e^2N - 1 + 1} \quad (5)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población (longitud del río km)

e = Error admisible (0.25)

3.7 Selección de los puntos de muestreo

Para la selección de los puntos se consideraron aspectos como: accesibilidad, ubicación topográfica, condiciones climáticas y coberturas. La ubicación de los puntos de muestreo se lo realizó mediante herramientas de información geográfica; que sirvió en la elaboración de la cartografía y la georreferenciación del cauce, de esta manera se ubicaron los puntos de monitoreo. Una vez realizada la visita utilizamos un navegador GPS para ubicar los puntos de monitoreo.

Técnicas de recolección de datos

El muestreo de la calidad biológica del río en la ribera de la zona de estudio se realizó tomando en cuenta los puntos establecidos en el monitoreo en un periodo de tres meses (mayo, junio y julio), considerados como época de transición, de esta manera se procedió a establecer los protocolos de recolección e identificación de macro invertebrados acuáticos.

3.7.1 *Recolección y muestreo de macroinvertebrados*

La determinación de los puntos de muestreo se lo realizo en el aportante principal de las dos microcuencas, tomando en cuenta diferentes aspectos, como altitud, cercanía a centros poblados, los cuales puedan influir en la calidad del agua, vías de acceso, vegetación ribereña y uso actual del suelo (Déley & Santillán, 2016).

Para el muestreo de MIB, se seleccionó un tramo del río lo más representativo posible, evitando sitios que hayan sido alterados por algún tipo de perturbación antrópica o natural. Se trató que en cada punto existiese la mayor diversidad de hábitats posibles, y que la muestra sea representativa del lugar de monitoreo. Estas condiciones favorecen a una alta fiabilidad de los datos en el tramo seleccionado (Jaramillo et al., 2011, pp. 33-45).

Para la captura de los especímenes se utilizó una red-D de 32 cm de ancho y 22 cm de profundidad, con luz de malla de 500 μm . La recolección se realizó sumergiendo la red en diferentes sitios y removiendo diferentes sustratos acuáticos. Una vez obtenida la muestra se colocó en una bandeja blanca y con la ayuda de una pinza se procedió a separar ramas, hojarasca y rocas, con la finalidad de evitar algún tipo de afectación a los especímenes al momento de su traslado al laboratorio. Los especímenes capturados fueron preservados en una solución de formol al 5% y transportados en envases plásticos debidamente rotulados, hasta el laboratorio para su correspondiente identificación (Déley & Santillán, 2016).



Ilustración 3-2: Recolección de muestras de macros.

Fuente: Guevara E, 2023

3.8 Análisis de muestras en laboratorio

La muestra de MIB, preservada es colocada en un tamiz artesanal de tela fina de nylon; esto con la finalidad de filtrar y colocar en una bandeja blanca, para facilitar la detección de los individuos presentes. Para el caso de aquellos organismos pequeños se utilizó una lupa, lo que facilito su detección (Déley & Santillán, 2016).

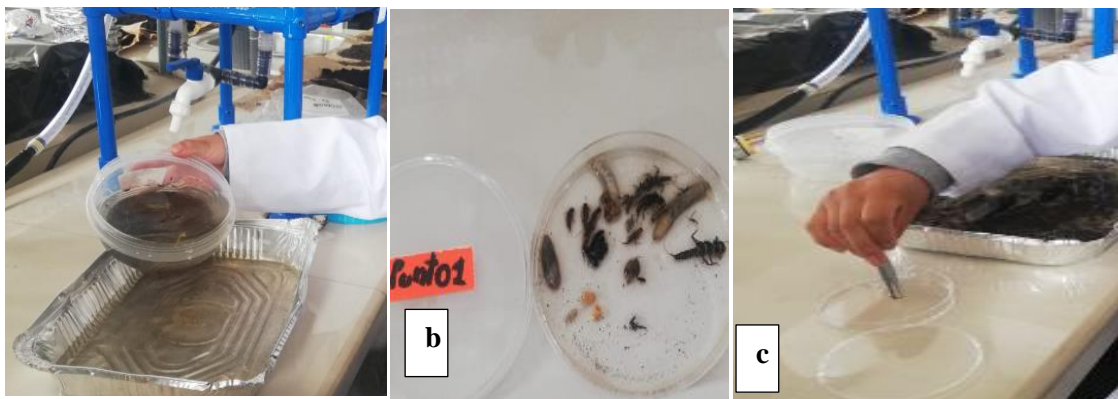


Ilustración 3-3: Análisis de muestras en laboratorio a. Filtrado; b. Obtención de muestras; c. de Separación de muestras.

Fuente: Guevara E, 2023

3.9 Identificación

Una vez separados los macroinvertebrados acuáticos, son colocados en una caja petri con alcohol al 85-90%. Para la identificación nos ayudamos de un microscopio estereoscópico CZM6 y libros como: Manual de identificación de macroinvertebrados bentónicos de las microcuencas Jubal, Ozogoche y Zula, Parque Nacional Sangay – Ecuador (Déley & Santillán, 2016); Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (Propuesta para el uso del método BMWP/Col, 2003, p. 175).

3.10 Registro

En el formulario de registro se colocó el número total de individuos de cada grupo junto con las observaciones realizadas al momento del muestreo. Estos valores posteriormente fueron registrados en una base de datos electrónica para efectuar los respectivos análisis y cálculos requeridos de acuerdo a los objetivos planteados en la presente investigación.

3.11 Determinación de la calidad del agua

3.11.1 Índice biológico ETP

Para establecer el índice ETP se sumó el total de individuos de una muestra y se sumó también el total de individuos de los grupos ETP. El valor total ETP se divide para el valor del total de individuos. El resultado se multiplica por 100 para obtener el porcentaje (Escandón & Cáceres, 2022), comparamos con los valores de referencia del índice ETP, y establecemos la calidad del agua.

3.11.2 Índice biológico andino (ABI)

Este índice toma en cuenta el grado de sensibilidad que tienen las diferentes familias de macroinvertebrados a los contaminantes. Por tal razón se determinó la Presencia de los diferentes grupos de macroinvertebrados, y no el número de individuos (Abundancia). Para el cálculo del índice se sumó las puntuaciones parciales que se obtuvieron de la presencia de cada familia de macroinvertebrados y de esta forma se obtuvo la puntuación global del punto de muestreo (Ruiz & Cuadrán, 2019). Se debe llenar una hoja por cada área de muestreo (Carrera & Fierro, 2001).

3.11.3 Índice de diversidad biológica

Para determinar la diversidad biológica de los macroinvertebrados se utilizaron índices Para los análisis cuantitativos y cualitativos de los datos, se calcularon las siguientes variables relativas: riqueza específica de Margalef, dominancia de Simpson, equidad de Shannon-Wiener (Cottam & Curtis, 1956, pp. 451-460).

3.11.4 Índice de diversidad de Margalef (S)

Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (6)$$

Dónde:

D Mg = Índice de Diversidad de Margalef

S = número de especies

N = número total de individuos

ln= Logaritmo natural

Índice de diversidad de Simpson (IDS)

Es la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie.

Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Marrugan, 1988, p. 20).

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (7)$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

S = Número de especies

n_i = Número total de individuos presentes, i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

N = Número de individuos por especie.

3.11.5 Índice de diversidad de Shannon

La uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, el cual mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Marrugan, 1988, p. 20).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (8)$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

CAPÍTULO IV

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Coberturas de ribera de la microcuenca del río Cachipata

Para determinar las coberturas se consideraron las imágenes proporcionadas por el software SASPlanet, considerando el uso de estudios relacionados (Análisis multitemporal del cambio en la cobertura del suelo en la Mixteca Alta Oaxaqueña, 2021 pp. 96-121), la zona en estudio se encuentra ubicada en las estribaciones orientales de la provincia de Chimborazo, en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, con una superficie de 20.92 hectáreas de influencia, considerando un área de influencia de 30 metros desde el lecho del río, se generó cartografía temática, identificando tres tipos de cobertura, vegetación correspondiente a bosque de ribera, pastos cultivados y suelo. Se establecieron cuatro puntos de monitoreo, que recorren las diferentes coberturas de río, logrando establecer los criterios de análisis de las coberturas.

Tabla 4-1: Puntos de monitoreo macroinvertebrados

ID	Este	Norte	Detalles
1	771417.38	9809677.57	Rodeo
2	771283.71	9809495.42	Santa Rosa
3	770878.39	9809724.74	Tabalbo
4	770413.32	9810290.61	Timbul

Realizado por: Guevara E, 2023

La clasificación supervisada se estableció con 50 puntos de control distribuidos uniformemente en las diferentes coberturas identificadas, de esta manera se obtuvieron un gran nivel de detalle, los insumos utilizados fueron proporcionados por el sistema nacional de información SNI las imágenes satelitales utilizadas fueron las imágenes SPOT-7, del año 2019, con un porcentaje de nubosidad menor al 10% y una precisión de 6 metros de resolución.

Tabla 4-2: Coberturas de ribera.

ID	Cobertura	Área (ha)
1	Bosque	12.41
2	Pasto	4.8
3	Suelo	3.71

Realizado por: Guevara E, 2023

Las coberturas nativas, según (MAE, 2014), corresponde a bosque siempreverde montano alto, sector norte y centro de la cordillera oriental, subregión norte y centro, se caracterizan por tener

un dosel de 11.1 a 15 m. Estas especies forestales se caracterizan por sus fustes grandes e irregulares, por el tipo de suelo y su anclaje han desarrollado raíces adventicias. Los estratos de sotobosque predominan especies de helechos herbáceos y arbóreos de los géneros *Dicksonia* y *Cyathea*, además arbustos de los géneros *Calceolaria*, *Ribes*, *Rubus*, *Berberis*, *Ilex*, *Brachyotum* y *Miconia*; en los tocones se encuentran epifitas vasculares y briofitas; estudios similares manifiestan que la diversidad de especies, albergan un entorno para la cadena trófica, de esta manera los sustratos que caen al río se convierten en materia orgánica y proporcionan alimentos a especies saprofitas (Bustamante et al., 2018).

Los pastizales y el suelo, aunque en menor proporción muestra una intervención antrópica, que causa una alteración en los ecosistemas acuáticos

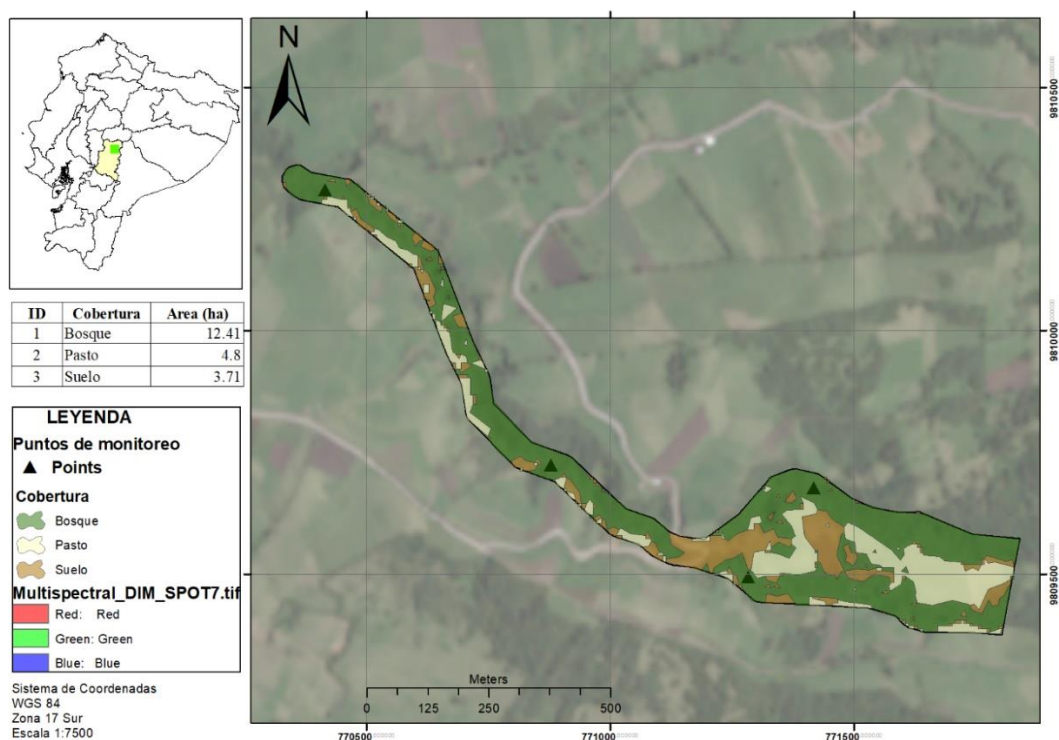


Ilustración 4-1: Coberturas del río Cachipata.

Fuente: Guevara E, 2023

4.2 Índice biológico andino (ABI)

El Índice Biológico Andino (ABI) es una modificación implementada entre los 2000 y 4000 m.s.n.m; con el enfoque de identificar a las comunidades de macroinvertebrados ubicadas en latitudes correspondientes al ecosistema páramo a nivel de Sudamérica. Esta metodología está relacionada con la identificación de microorganismos hasta llegar al nivel taxonómico, de esta manera se relaciona la tolerancia a la contaminación hídrica (Acosta R & Prat, 2009).

Los resultados de calidad biológica de agua (ABI), en los puntos P1QR y P2SR, registra un agua de calidad aceptable; en los puntos P3T y P3TB, el agua es de una calidad dudosa. Los resultados muestran una variación, a medida que la intervención antrópica se acentúa, las vías son las principales fuentes de contaminación en los ríos, ya que se depositan ahí basura productos de las actividades ganaderas, además de la inestabilidad de la época lluviosa-seca, se ve claramente incidente, en una evaluación, en el caso de los reportes manifiestan que la época seca en la sierra se acentúa a finales de junio, pero en nuestra investigación se identificaron lluvias torrenciales hasta el mes de agosto .

Tabla 4-3: Índice Biológico Andino río Cachipata.

Punto de monitoreo	Código	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Clase	Calidad de agua
Quebrada Rodeo	P1QR	91	88	II	ACEPTABLE
		85	86	II	ACEPTABLE
		64	64	II	ACEPTABLE
		74	66	II	ACEPTABLE
Santa Rosa	P2SR	63	71	II	ACEPTABLE
		56	64	II	ACEPTABLE
		52	56	II	ACEPTABLE
		56	59	III	DUDOSA
Tabalbo	P3T	46	41	III	DUDOSA
		45	40	III	DUDOSA
		42	39	III	DUDOSA
		44	40	III	DUDOSA
Timbul	P4TB	58	51	IV	DUDOSA
		52	51	III	DUDOSA
		33	33	III	DUDOSA
		51	49	III	DUDOSA

Realizado por: Guevara E, 2023

La particularidad de las zonas de ríos provenientes de las zonas de bosque andinos se caracterizan por ser poco caudalosos, pero con una gran pendiente, una de las condiciones que son fáciles de identificar en la variación de las poblaciones, son las precipitaciones; en la actualidad las condiciones no siguen un patrón estable, por esta razón las comunidades de macroinvertebrados tienen variabilidad (Acosta R & Prat, 2009).

4.3 Análisis de prevalencia

La distribución de una población de macroinvertebrados, está asociado a la persistencia de los mismos en un tramo de río en condiciones similares, sin considerar los eventos causados por la intervención antrópica, en el presente apartado se evalúa la diversidad, dominancia y similitud, de las poblaciones en el río Cachipata, de esta manera determinar la dinámica de movilidad y prevalencia de las comunidades de macroinvertebrados del agua, con este enfoque se puede valorar el estado del ecosistema fluvial.

1. Evaluación ecológica de los macroinvertebrados acuáticos del río Cachipata

La calidad del agua del RC, se evaluó mediante los índices asociados a los macroinvertebrados bentónicos; fundamentada en la adaptación de organismos en diferentes condiciones del medio.

Tabla 4-4: Familias presentes en la microcuenca del río Chimborazo.

N°	Orden	Familia	Total
1	Diptera	Tipulidae	22
		Muscidae	17
		Limoniidae	15
		Simuliidae	61
		Ceratopogonidae	27
		Blephariceridae Sp1	32
2	Plecoptera	Chironomidae	69
		Gripopterygidae	10
3	Coleoptera	Halplidae	4
		Elmidae	77
		Scirtidae	13
		Ptilodactylidae	4
4	Ephemeroptera	Chironomidae	3
		Baetidae	112
		Limnephilidae	54
		Calamoceratidae	5
		Hydropsychidae	4
5	Trichoptera	Hydrobiosidae	23
		Hydroptilidae	1
		Polycentropodidae	9
		Leptoceridae	7
6	Amphipoda	Glossosomatidae	58
		Hyalellidae	69
7	Haplotaxida	Tubificidae	35
8	Hydracarina	Hydrachnidae	6
9	Veneroidea	Sphaeriidae	2
10	Tricladida	Planariidae	16
11	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	25
12	Lepidoptera	Pyralidae	1
13	Basommatophora	Physidae	27
		Lymnaeidae	19
TOTAL			827

Realizado por: Guevara E, 2023

En la tabla, podemos observar la distribución de macroinvertebrados del RC, considerando los cuatro puntos de monitoreo; de esta se identificaron 13 órdenes, con 31 familias, con un total de 827 individuos; el orden *Ephemeroptera*, con la familia *Baetidae* con se posiciona con 112

individuos, mientras que el orden *Lepidoptera*, con la familia *Trichoptera* con un individuo; investigaciones previas han reportado que la presencia de los diferentes tipos de especies varían en condiciones adversas, como el clima, la intervención, la necesidad de nutrientes, y la disponibilidad de un caudal permanente se consideran como hábitat adecuado, pero la intervención antrópica puede alterar los procesos naturales, a la vez que influyen directamente sobre estas poblaciones (Forero et al., 2013).

4.4 Prevalencia de Familias de macroinvertebrados acuáticos río Cachipata.

El análisis de la abundancia se expresa en porcentaje (%) y la frecuencia (F), el orden *Ephemeroptera*, con la familia *Baetidae* presenta (13,54 %), existe una relación de esta especie asociada a la movilidad, en su estudio (Dély & Santillan, 2016), manifiestan que esta especie tiene las capacidades propicias para la movilidad y capacidad de tolerancia en aguas contaminadas, por ende, su amplia distribución.

Tabla 4-5: Densidad relativa de especies

N°	Orden	Familia	ABUN %	F
1	Diptera	Tipulidae	2.66	0.5
		Muscidae	2.06	0.5
		Limoniidae	1.81	0.5
		Simuliidae	7.38	1
		Ceratopogonidae	3.26	0.75
		Blephariceridae Sp1	3.87	0.25
		Chironomidae	8.34	1
2	Plecoptera	Gripopterygidae	1.21	0.25
		Halplidae	0.48	0.25
		Elmidae	9.31	1
3	Coleoptera	Scirtidae	1.57	0.5
		Ptilodactylidae	0.48	0.25
		Chironomidae	0.36	0.25
4	Ephemeroptera	Baetidae	13.54	1
		Limnephilidae	6.53	0.5
		Calamoceratidae	0.60	0.25
		Hydropsychidae	0.48	0.25
		Hydrobiosidae	2.78	0.75
5	Trichoptera	Hydroptilidae	0.12	0
		Polycentropodidae	1.09	0.25
		Leptoceridae	0.85	0.25
		Glossosomatidae	7.01	0.25
		Hyalellidae	8.34	1
7	Haplotaxida	Tubificidae	4.23	1
8	Hydracarina	Hydrachnidae	0.73	0.25
9	Veneroidea	Sphaeriidae	0.24	0.25
10	Tricladida	Planariidae	1.93	0.5
11	Rhynchobdella	Glossiphoniidae	3.02	0.75
12	Lepidoptera	Pyralidae	0.12	0
13	Basommatophora	Physidae	3.26	0.5
		Lymnaeidae	2.30	0.5

Para determinar la frecuencia en las 31 familias en los puntos, se analizaron los cuatro puntos de monitoreo (P01QR; P02SR; P3T; P3TB), la prevalencia se evalúa mediante la frecuencia de encontrar el mismo tipo de individuos en los cuatro puntos, de esta manera se identificaron seis familias (*Simuliidae*, *Tubificidae*, *Chironomidae*, *Haliplidae*, *Baetidae*, *Elmidae*, y *Hyaellidae*); la recurrencia de especies está íntimamente relacionada con sus adaptaciones de movilidad, la capacidad de transitar de un lugar a otro, tolerancia en zonas contaminadas (Reyes et al., 2015).

El ecosistema adecuado para establecer mecanismos de conservación en estos sectores de páramo, son importantes, debido a que conserva los principales aportantes para el uso adecuado de los recursos hídricos y a la vez mantiene la diversidad de las especies, para establecer una cadena trófica y una capacidad de resiliencia de los cauces fluviales (Perrone, 2001).

4.5 Índices de Biodiversidad del río Cachipata

Para la evaluación de los índices de abundancia y dominancia, se determinó la similitud, la dominancia y abundancia; para el índice de Shannon se tiene presenta una diversidad media de 0.48, el valor máximo se encuentra en el punto P03T con 0.61, que corresponde a un valor medio; mientras que el índice de Simpson manifiesta que en el punto P02SR existe el valor máximo de 0.98 y un promedio de 0.97, lo que significa que el índice es alto. Estudios realizados Smith, manifiesta que el índice de dominancia es inversamente proporcional a la diversidad (Smith, 2007).

Tabla 4-6: Índices de diversidad florística y similitud.

Índice	P01QR	P02SR	P03T	P04TB	PROMEDIO
Shannon	0.43	0.27	<u>0.61</u>	0.61	0.48
IDS	0.96	<u>0.98*</u>	0.97	0.97	0.97

Realizado por: Guevara E, 2023

Estudios realizados por (Alvizu, 2004) manifiesta que existen dos importantes tendencias que al menos pretenden describir un modelo de riqueza de especies en un rango altitudinal. De esta forma a medida que la altitud incrementa la diversidad disminuye, de esta manera se puede ver el notable cambio en las zonas tropicales.

4.5.1 Índices de similitud del río Cachipata

El índice de Sorensen muestra un disimilitud, en los puntos P01PSJN - P04O, debido a que posee seis especies comunes entre estos lugares; P01PSJN - P04O, con un valor de (0,46); el índice de similitud analiza la semejanza de especies entre los tres estratos del área de estudio, el ISS, los índices de similitud muestran que las variaciones que existen en los ríos se ven influenciados directamente a la actividad antrópica que altera las condiciones de los cauces fluviales, puntos de descarga alteran el ecosistema donde se desarrollan los macroinvertebrados y son indicadores de vulnerabilidad de las especies ante la intervención humana.

Tabla 4-7: Índices de diversidad florística y similitud.

Índice Similitud	
A	B
Similar	Disimilar
P1-P4	88.54
P2-P4	81.08
P3-P4	74.64

Realizado por: Guevara E, 2023

Para el análisis de grupos se establecieron tres grupos, de esta manera en el río Cachipata existe una similitud en los grupos P1-P4 y P2-P4, mientras que existe una disimilitud entre P3-P4, lo que nos muestra que es el punto P3SR, es un punto de contaminación, lo que se corrobora con la presencia de una vía que lo atraviesa.

4.5.2 Análisis de correlación de los sectores del río Cachipata.

Un análisis para establecer la prevalencia de las comunidades de macroinvertebrados entre dos puntos de monitoreo es la matriz de correlación de Pearson, que establece las proporciones similares en los diferentes puntos de monitoreo, de esta manera se establece que si la correlación es mayor al 0.75, existe una fuerte correlación de presencia de poblaciones de macroinvertebrados.

Tabla 4-8: Índice de diversidad florística y similitud.

	PUNTO 1 (Quebrada Rodeo)	PUNTO 2 (Santa Rosa)	PUNTO 3 (Tabalbo)	PUNTO 4 (Timbul)
PUNTO 1 (Quebrada Rodeo)	1			
PUNTO 2 (Santa Rosa)	0.30	1		

PUNTO 3				
(Tabalbo)		0.46	0.01	1
PUNTO 4				
(Timbul)		<u>0.89</u>	0.02	0.00
				1

Realizado por: Guevara E, 2023

La matriz de correlación de Pearson muestra una similitud de la población de macroinvertebrados entre el punto inicial de monitoreo P1QR, y el punto final P4TB, lo cual establece una estrecha relación entre los dos sectores, pese a que hay presencia de zonas de intervención la población y el ecosistema de ribera mantiene sus capacidades de resiliencia. Según Bustamente manifiestan en su estudio que la prevalencia entre dos sectores ampliamente distribuidas se asocia estrechamente, aunque la población se vea afectada los ríos de la zona alto andina mantienen aún sus propiedades de recuperación (Bustamate et al., 2018).

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

- La zona en estudio se encuentra ubicada en las estribaciones orientales de la provincia de Chimborazo, en el área de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay, con una superficie de 20.92 hectáreas de influencia, considerando un área de influencia de 30 metros desde el lecho del río, se generó cartografía temática, identificando tres tipos de cobertura, vegetación correspondiente a bosque de ribera, pastos cultivados y suelo, la proporción establecida muestra a la cobertura de bosque con 12.41 ha, la cobertura de pasto representa 4.8 ha, mientras que la cobertura de suelo sin vegetación corresponde a 3.71 ha.
- La calidad biológica de agua (ABI), en los puntos P1QR y P2SR, registraron valores que corresponden un agua de calidad aceptable; en los puntos P3T y P3TB, el agua es de una calidad dudosa; la distribución de macroinvertebrados del RC, considerando los cuatro puntos de monitoreo; logró identificar 13 órdenes, con 31 familias, con un total de 827 individuos; el orden Ephemeroptera, con la familia Baetidae con se posiciona con 112 individuos; los índices de abundancia y dominancia; se determinó la similitud, la dominancia y abundancia; para el índice de Shannon se tiene presenta una diversidad media de 0.48, el valor máximo se encuentra en el punto P03T con 0.61, que corresponde a un valor medio; mientras que el índice de Simpson manifiesta que en el punto P02SR existe el valor máximo de 0.98 y un promedio de 0.97, lo que significa que el índice es alto
- En el río Cachipata existe una similitud en los grupos P1-P4 y P2-P4, mientras que existe una disimilitud entre P3-P4, lo que nos muestra que es el punto P3SR, es un punto de contaminación, lo que se corrobora con la presencia de una vía que lo atraviesa, La matriz de correlación de Pearson muestra una similitud de la población de macroinvertebrados entre el punto inicial de monitoreo P1QR, y el punto final P4TB, lo cual establece una estrecha relación entre los dos sectores, pese a que hay presencia de zonas de intervención la población y el ecosistema de ribera mantiene sus capacidades de resiliencia.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda establecer zonas de monitoreo continuo, de esta manera se podrá conocer el efecto que tiene las alteraciones de la temporalidad climática en estos lugares y las poblaciones que se relacionan con los macroinvertebrados.
- Es necesario establecer criterios de conservación de ecosistemas de ribera, de esta manera no se afectará a la cadena trófica que está presente en estos ecosistemas, mediante el apoyo de los organismos que manejan las competencias de ambiente, se debe establecer campañas de reforestación.
- Los mecanismos de compensación deben considerar este tipo de estudios, de esta manera se puede implementar procesos de participación de la comunidad, sobre el desarrollo de los ecosistemas saludables y su estrecha relación con la productividad de la microcuenca.

GLOSARIO

Ecosistema: Es una unidad formada por factores bióticos (o integrantes vivos como los vegetales y los animales) y abióticos (componentes que carecen de vida, como por ejemplo los minerales y el agua), en la que existen interacciones vitales, fluye la energía y circula la materia.

Bioindicadores: Los bioindicadores son utilizados como instrumentos de medición pues brindan información de la calidad del ambiente y sobre todo de las condiciones actuales de un organismo o ecosistema.

Biomasa animal: Aquella biomasa que producen los seres que no son capaces de elaborar los productos químicos sólo con la ayuda de la energía solar, es decir, que utilizan en su alimentación la biomasa vegetal.

Bentos: Todos los organismos que se entierran en la arena, como las almejas, caracoles y berberechos, así como aquellos que se adhieren a las rocas, como los mejillones, anémonas y balanos, o los que caminan sobre el fondo, como los poliquetos y los cangrejos, son organismos bentónicos. De la misma forma, los peces que viven contra el fondo son peces bentónicos.

Ceja andina: , Es la vegetación de transición entre el bosque de neblina y el páramo, se extiende en el Ecuador desde los 3.000 hasta los 3.400 msnm.

Endémico: En ecología y conservación el endemismo se interpreta con relación a un área geográfica de referencia y dentro un marco temporal determinado. Mientras que en biogeografía evolutiva se considera al endemismo como restricción a un área natural sin importar el tamaño, además permite identificar patrones que han perdurado a través del tiempo.

Macroinvertebrados: Se llaman macros porque tienen un tamaño superior a 2 mm de longitud e invertebrados porque no poseen columna vertebral, es decir carecen de un esqueleto interno articulado.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R., RÍOS, B., RIERADEVALL, M., & Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

ACOSTA, R., RÍOS, B., RIERADEVALL, M., & PRAT, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28(1), 35-64.

ACUÑA VITERI, C. A. (2021). Estudio comparativo bibliográfico de tres adsorbentes naturales, utilizados para biorremediar aguas contaminadas con mercurio en la explotación aurífera . *Universida Nacional de Chimborazo*.

AGUIRRE, M., VANEGAS, E., & GARCÍA, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.

AGUIRRE, M., VANEGAS, E., & GARCÍA, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.

AGUIRRE, N. (Agosto de 2007). Manual para el manejo sustentable de cuencas hidrográficas. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

ALVIZU, P. (2004). *Complejidad y respuesta funcional de la vegetación de páramo a lo largo de gradientes altitudinales*. Merida-Venezuela.

BAQUE, L. (2021). *Estudio de calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río buenos aires, jipijapa*. Jipijapa: unesum.

BREÑA, A. (2006). Principios y fundamentos de la hidrología superficial. . Mexico: Universidad Autónoma Metropolitana.

BROWN, P., MCCLELLAND, N., DESIGNER, R., & TOZER, R. (1970). A water quality index-do we dare? *Water & Sewage*, 339.

BROWN, R. M. (1970). A Water Quality Index – Do We Dare. *Water and Sewage Works*, 11, 339-343.

BUSTAMANTE, P., ANGULO, A., & CARGUA, F. (2018). *Prevalencia de familias de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en dos ecosistemas del Ecuador Continental*. Riobamba.

C. TEJADA-TOVAR, A. V.-O.-J. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecno Lógicas*, 109-123.

CALAO, C. R., & MARRUGO, J. L. (2015). Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana. *Biomédica*, 35(2), 139-151.

CARRERA, C., & FIERRO, K. (2001). *Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito-Ecuador: EcoCiencia.

CARRERA, R. C., & FIERRO, P. K. (2001). *Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito-Ecuador: EcoCiencia.

CEDEÑO, A., & QUINTEROS, E. (2016). *Determinación de la calidad del agua mediante la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en la subcuenca del río carrizal*. . Manta: ESPAM.

CHAMORRO, K. (2016). *Identificación y caracterización de las zonas de recarga hídrica mediante herramientas Sig de los acuíferos la carbonería, Guaraczapas, Yuyucocha y Santa Clara para la protección de las fuentes de aprovisionamiento de agua en la zona urbana de Ibarra*. Ibarra.

COELLO, J., ORMAZA, R., DÉLEY, A., RECALDE, C., & RÍOS, A. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los ríos Ozogoche, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 16(31), 58-69.

COTTAM, G., & CURTIS, J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451-460.

CUSTODIO, M., & CHAMANE, F. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales. *Scientia Agropecuaria*, 7, 33-44.

DÉLEY, R., & SANTILLÁN, P. (2016). *Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoche y Zula Parque Nacional Sangay*. Primera Ed. Riobamba-Ecuador: El Telegrafo EP.

DE, R., 2010. Bentos, Importancia. Principales componentes. , pp. 1-5.

DÉLY, R., & SANTILLAN, P. (2016). *Macroinvertebrados Bentónicos de las Microcuencas Jubal, Ozogoché y Zula* (1 ed.). Riobamba: El Telegrafo EP.

DÍAZ, Y. (2018). *Eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos para remover gases de H₂S emitidos de un sistema de tratamiento de agua residual de curtiembre, SJL-2018*. Universidad César Vallejo , Perú.

ESCANDÓN, C., & CÁCERES, M. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo*. Gualaceo.

FJARABO, [sin fecha]. La Energía de la Biomasa: Biomasa y energía. [en línea]. [Consulta: 7 septiembre 2022]. Disponible en: http://fjarabo.webs.ull.es/Biomasa/Bio01/Bio01_40.htm.

FLORES, M. (2016). *Estudio comparativo de indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo y de la biodiversidad de la mesofauna edáfica en dos usos de suelo de la microcuenca del río Pomacocha, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*. Riobamba.

FORERO, A., CÉSPEDES, J., & REINOSO, G. (2013). Estudio de la familia Baetidae (Ephemeroptera: Insecta) en una cuenca con influencia de la urbanización y agricultura: río Alvarado- Tolima. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(25), 12-21.

FRANCO, L., DELGADO, J., & ANDRADE, G. (2013). Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global. *Revista Colombiana de geografía*, 69-85.

GÁLVEZ, J. (2012). *Cartilla Técnica: Aguas Subterráneas-acuíferos*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.

GARCÍA, J., SARMIENTO, L., SALVADOR, M. Y PORRAS, L., 2017. Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Universidad La Gran Colombia* [en línea], vol. 23, pp. 47-62. ISSN 2346-0814. Disponible en: <http://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/659>.

GARCÉS, D. (2010). *Gestión Ambiental Integral para el manejo y Conservación del Párametro de la Microcuenca del Río Chimborazo*. Riobamba: UNACH.

GÓMEZ, N. (2016). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad fisicoquímica del agua en un bofedal, distrito de Quinua.* . Perú.

GONZÁLEZ, S., RAMÍREZ, P., MEZA, M., & DIAS, G. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural*, 16(2), 135-148.

GUERRA ALVA, K. P. (2017). Evaluación de metales pesados (Cr, Al, Fe) en aguas de escorrentía pluvial en las cunetas y su impacto en cultivos de arroz-Marona.

GUERRA, A., & GENEVIE, V. (2012). *Tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología.* LIMA - PERU.

HAHN-VONHESSBERG, C. M., TORO, D. R., GRAJALES-QUINTERO, A., DUQUE-QUINTERO, G., & SERNA-URIBE, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico, Centro de Museos*, 13(2), 89-105.

HANSON, P., SPRINGER, M., & RAMIREZ, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.

HÉRNADEZ, J., ALMARCHA, M., LAFUENTE, J., & GABRIEL, D. (2010). Development and application of a hybrid inert/organic packing material for the biofiltration of composting off-gases mimics. *Journal of Hazardous Materials*, 178.

HERNÁNDEZ, A., & HANSEN, A. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 115-127.

HURTADO, S., TREJO, F. G., & YURRITA, P. J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del río San Juan, Querétaro, Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 44(3), 271-286.

IBAÑEZ, G. (2012). *Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la subcuenca del Río San Pablo en el cantón La Mana, provincia de Cotopaxi.* Cotopaxi.

IZQUIERO, M. (2010). *Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso.* UNIVERSITAT DE VALÈNCIA. Obtenido de <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

JARAMILLO, R., MOLINA, F., & BETANCUR, T. (2011). Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de Corantioquia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(19), 33–45.

KHITOUS, M., MOUSSOUS, S., & KHERAT, M. (2015). *Biosorption of Cd(II) by Pleurotus mutilus biomass in fixed-bed column: experimental and breakthrough curves analysis*. Desalination and Water Treatment.

KUTSCHKER, A., BRAND, C., & MISERENDINO, M. (2009). Evaluación de la calidad de los bosques de ribera en ríos del NO del Chubut sometidos a distintos usos de la tierra. *Ecología austral*, 19-34.

LEAÑO, J., & PÉREZ, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija. *Acta Nova*, 567-591.

LENNTCH. (2012). *Lenntch Water Treatment Solution*. Recuperado el 15 de 08 de 2017, de <http://www.lenntch.es>

LOZANO ORTIZ, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: Importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. *Umbral científico*, 2(7), 5-11.

LOZANO, P., 2015. *Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. S.l.: s.n.

LOZANO, L. (2005). La bioindicación de la calidad del agua: Importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del Río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. *Umbral científico*, 7, 5-11.

MARRUGAN, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. *Princeton University Press*, 20.

MONTOYA, Y., ACOSTA, Y., & ZULUAGA, E. (2011). Evolución de la calidad del agua en el río Negro y sus principales tributarios empleando como indicadores los índices ICA, el BMWP/COL y el ASPT. *Caldasía*, 33(1), 193-210.

MORALES, M., VANEGAS, E., & GARCÍA, N. (2014). Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la cuenca periurbana río Platanitos, Guatemala. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), 19–23.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (vol. 1 ed.). Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA.

MOYA, C., VALDOVINOS, C., MORAGA, A., ROMERO, F., DEBELS, P., & OYANEDEL, A. (2009). Patrones de distribución espacial de ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico. *Revista chilena de historia natural*, 425-422.

NARANJO, J., & LÓPEZ, P. (2013). Biological monitoring working party, Un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos. *Ciencia en su PC*, 2, 15-25.

NOGUERA-URBANO, 2017. El endemismo: diferenciación del término, método y aplicaciones. *Acta zoológica mexicana* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 89-90. ISSN 0065-1737. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372017000100089&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v33n1/0065-1737-azm-33-01-00089.pdf.

ONU. (2016). Declaración de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. . *ONU*, 5-16.

ORDOÑEZ. (2009). *Informe de consultoría, Levantamiento de información en la zona sur de la provincia de Manabí, Ecuador, en apoyo al programa regional de mecanismos financieros innovadores para el manejo sostenible de la tierra a través de ganadería ambiental*. Manabí-Ecuador.

ORDOÑEZ, J. (2011). *Cartilla técnica: ¿Que es una cuenca Hidrológica?* . Lima-Perú: Foro Peruano del agua.

ORDOÑEZ, MORENO, J., & R. (2013). *Estudio de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos de Cultivo de Flores en aguas Residuales*. Quito: UPS.

PAYAN, S. (2016). *“estudio y diseño de biofiltro a partir de materia orgánica para el tratamiento de agua*. Mexico: centro de investigación en materiales avanzados S.C.

PDOT. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia: San José de Payamino*. Napo: SERVICOCA.

PÉREZ, N., MARAÑÓN, A., GONZÁLEZ, A., RODRÍGUEZ, Y., & NARANJO, C. (2015). Estudio de la correlación entre el índice biótico BMWP-CUB y parámetros fisicoquímicos en el río Gascón de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 24(3), 231-242.

PÉREZ, P., & QUISPFI, Á. (2016). Análisis de la calidad de agua de los ríos, Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a la subcuenca del río Patate, de la provincia de Cotopaxi. Riobamba, Chimborazo, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.

PERRONE, A. (2001). *La sostenibilidad del ecoturismo en el Ecuador*. Quito: Serie Páramo (Ecoturismo) 9: 23-37.

PINTAG, C. (2019). *Estudio florístico del bosque siempreverde de páramo dentro de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, cantón Mocha, provincia Tungurahua*. Tungurahua.

PRAT, N., RÍOS, B., ACOSTA, R., & RIERADEVALL, M. (2009). Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. In: E. Domínguez & H. Fernández (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. 631-654.

RAMIREZ, E., CORONA, J., AVELAR, F., & THALASSO. (2010). Biofiltration of methanol in an organic biofilter using peanut shells as medium. *Bioresource Technology*, 101.

Residuos Profesional. (2013). <http://www.residuosprofesional.com/proponen-el-uso-de-cascaras-de-naranja-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>. Recuperado el 12 de 02 de 2016, de <http://www.residuosprofesional.com>

REYES, A. P., RAMOS, P. C., LÓPEZ, S. A., & LÓPEZ, I. H. (2015). Estudio de la diversidad florística del páramo de la comunidad de Guangopud, provincia de Chimborazo, Ecuador. *Rev. Perspectiva*, 16(18), 75-82.

RIVERA, J., GARZA, M., ALMAGUER, V., & LOREDO, J. (2010). *Bioingeniería ambiental aplicada a una columna empacada con *Chorella* sp. inmovilizada para la remoción de metales pesados*. Ciencia UANL.

ROLDÁN, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col*. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.

ROLDÁN, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Medellín: Ed. Universidad de Antioquia.

ROSALES, E., & MATEO, S. (2016). Uso de Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad del agua del río Palacagüina, Norte de Nicaragua. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 8, 66-75.

RUIZ, K., & CUADRÁN, D. (2019). *Evaluación del estado trófico en relación a los parámetros físico-químicos y macroinvertebrados bentónicos del lago San Pablo, cantón Otavalo*. Otavalo.

SALA, L., GARCÍA, S., GONZALES, J., FRASCAROLI, M., BELLÚ, S., MANGIAMELI, F., & PEREGRIN, S. (2010). Biosorción para la eliminación de metales pesados en aguas de desecho. *An Quimic*, 106(2).

SANCHEZ, P. (2001). *Estudio de biosorción de metales pesados de un efluente de origen antropogénico utilizando E. coli*. Universidad de Sonora.

SEGNINI, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. . En *Ecotropicos* (p. 45-63).

SILVA, S., & CORREA, F. (2009). *Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica*. Semestre económico.

SMITH, S. R. (2007). *Ecología: Comunidades*. Eds. Capella, F. 4 ed. Madrid, ES. P 350-356.: Editorial Pearson Educacion S.A.

SNET, S. N. (2004). Índice de calidad del agua general. "ICA", 1-14.

SOTO, E. M., SOSA, C. A., & LOREDO, J. A. (2006). Optimización del proceso de remoción de metales pesados de agua residual de la industria galvánica por precipitación química. *Información tecnológica*, 33-42.

TEJADA, C., VILLABONA, A., & GARCÉS, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *I8(34)*.

TEJADA, C., VILLABONA, A., & RUIZ, V. (2012). Biomasa residual para remoción de mercurio y cadmio. *COLCIENCIAS*, 11-21.

- TEJADA-TOVAR, C., VILLABONA-ORTIZ, A., & GARCÉS-JARABA, L.** (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *Tecnológicas*, 129 - 123.
- TOAPANTA, & A.** (2017). *Análisis del bagazo de la caña de azúcar como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria de lácteos “lácteos valenzuela divino niño” de la provincia de cotopaxi, cantón saquisilí.* Ambato - Ecuador: UTA.
- TOLEDO, M.** (2015). Determinación de la calidad del agua mediante el uso de Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la microcuenca del río Chimborazo. Riobamba: ESPOCH.
- TORRES, P. C.** (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- TORRES, P., CRUZ, C., PATIÑO, P., ESCOBAR, J., & PÉREZ, A.** (2010). Aplicación de índices de calidad de agua-ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería e Investigación*, 30(3), 86-95.
- VALLADOLID JOVE, B. J., & ZUÑIGA PAURO, P. D.** (2019). Remoción de iones cobre (II) de soluciones acuosas sintéticas a diferentes concentraciones usando lana de oveja como medio adsorbente.
- VALENCIA, D.**, 2010. Ies Abastos Ámbito Científico Valencia Diversificación Curricular. *IES Abastos* [en línea], pp. 3-6. [Consulta: 7 septiembre 2022]. Disponible en: http://www.mclibre.org/otros/daniel_tomas/diversificacion/ecosistemas/ecosistemas.pdf.
- VILLADA, Y., HORMAZA, A., & CASIS, N.** (2014). *Uso de la cascarilla de arroz para la remoción de azul de metileno en columnas de lecho empacado.* Tecnológicas.
- VILLAMARÍN, C., PRAT, N., & RIERADEVALL, M.** (2014). Caracterización física, química e hidromorfológica de los ríos altoandinos tropicales de Ecuador y Perú. *Latin american journal of aquatic research*, 42(5), 1072-1086.
- ZAPATA, F., & VILLANUEVA, M.** (2011). Biodiversidad de la cuenca media y baja del río Cunus. . *Prospectiva universitaria*, 41-47.

ANEXOS

Recolección y etiquetado de muestras en campo



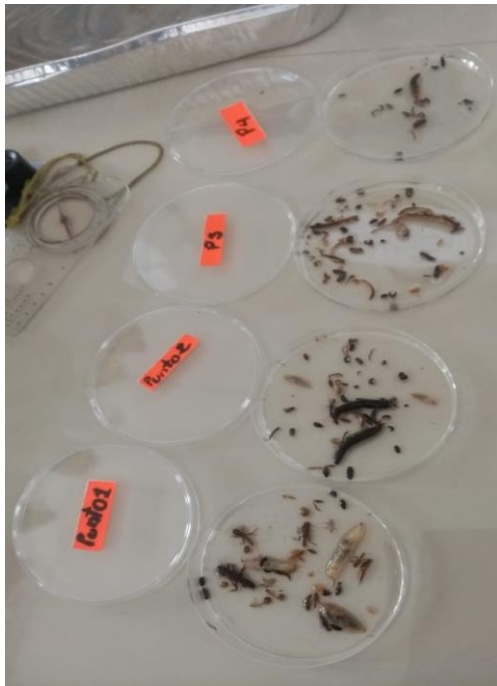
Formulario de registro en el campo

PUNTO 3				
N°	Orden	Familia	# de Individuos	Observaciones
1	Triteladida	Planariidae	27	
2	Amphipoda	Hydrulidae	11	
3	Oligochaeta	Haplotaenidae	8	
4	Trichoptera	Hydroptilidae	1	
5	Diptera	Chironomidae	1	
6	Diptera	Tipulidae	3	
7	Trichoptera	Hydrobiosidae	1	
8	Ephemeroptera	Baetidae	9	
PUNTO 4				
1	Diptera	Tipulidae	1	
2	Triteladida	Planariidae	7	
3	Amphipoda	Hydrulidae	1	
4	Diptera	Simuliidae	4	
5	Coleoptera	Elmidae	1	
6	Ephemeroptera	Baetidae	1	
7	Chironomida	Achnetidae	1	

Clasificación de muestras en el laboratorio



Etiquetado de muestras



Punto de monitoreo 1 (Quebrada rodeo)

		PUNTO 1 (Quebrada Rodeo)																		
ORDEN	FAMILIA	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				PROMEDIO		
		Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	
Diptera	Tipulidae	1	0.90	5	3	1	0.98	5	3	6	10.91	5	3	7	8.33	5	3	4	2.99	
	Muscidae	3	2.70	2	3	1	0.98											2	1.60	
	Blephariceridae																			
	Limoniidae	1	0.90	4		2	1.96	4		3	5.45	4		1	1.19	4		2	1.40	
	Simuliidae	1	0.90	5	8	1	0.98	5	8	1	1.82	5	8	2	2.38	5	8	1	1.00	
	Blephariceridae Sp1	10	9.01	10	10	10	9.80	10	10	4	7.27	10	10	8	9.52	10	10	8	6.99	
	Chironomidae	9	8.11	2	3	5	4.90	2	2	4	7.27	2	2					6	4.79	
Plecoptera	Gripopterygidae					1	0.98	10	10					9	10.71	10	10	5	3.99	
Coleoptera	Elmidae	11	9.91	5	6	23	22.55	5	6	9	16.36	5	6					14	11.44	
	Scirtidae					5	4.90	5	7	3	5.45	5	7					4	3.19	
Ephemeroptera	Dytiscidae					1	0.98	3	9	2	3.64							2	1.20	
	Baetidae	12	10.81	4	7							3	9					12	9.58	
Trichoptera	Limnephilidae	24	21.62	7		8	7.84	7	7	12.73	7		9	10.71	7		12	9.58		
	Calamoceratidae	2	1.80	10	10				2	3.64	10	10	1.00	1.19	10	10	2	1.33		
	Hydrobiosidae	4	3.60	3	9	2	1.96	8	9				11	13.10	8	9	6	4.52		
	Polycentropodidae	4	3.60	8	9								5	5.95	8	9	5	3.59		
	Leptoceridae	1	0.90	8	8	2	1.96	8	8	3	5.45	8	8					2	1.60	
	Glossosomatidae	8	7.21	7	19	18.63	7	7					31	36.90	7	7	19	15.44		
	Hyalellidae	20	18.02	6	7	21	20.59	6	7									21	16.37	
Amphipoda	Hyalellidae																			
Haplotaxida	Tubificidae									11	20.00							11	8.78	
TOTAL		111	100	91	88	102	100	95	86	55	100	94	84	84	100	74	88	125	100	

Punto de monitoreo 2 (Santa Rosa)

		PUNTO 2 (Santa Rosa)																	
ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%
Coleoptera	Elmidae	1	4.17	5	6	1	2.78	5	6	4	11.43	5	6	2	10.00	5	6	2	4.99
	Scirtidae	1	4.17	5	7	2	5.56	5	7	1	2.86	5	7	1	5.00	5	7	1	3.12
	Ptilodactylidae	1	4.17	5	10	1	2.78	5	10	2	5.71	5	10	0	0.00	5	10	1	2.49
Diptera	Tipulidae	1	4.17	5	3	3	8.33	5	3	1		5	3	1	5.00	5	3	2	3.74
	Limoniidae					1	2.78	4				0	0.00			4		1	1.25
	Muscidae					7	19.44	2	2	4	11.43	2	2	2	10.00	2	2	4	10.81
	Ceratopogonidae					5	13.89	4	3									5	12.47
	Chironomidae	2	8.33	2	2	2	5.56	2	2					0	0.00	2	2	1	3.33
	Simuliidae	3	12.50	5	8	4	11.11	5	8	3		5	8	0	0.00	5	8	3	6.24
	Ephemeroptera	Baetidae	1	4.17	4	7	1	2.78	4	7	6	17.14	4	7	5	25.00	4	7	3
Trichoptera	Hydropsychidae	1	4.17	8	9					3	8.57	8	9					1	2.49
	Hydrobiosidae	1	4.17	8	9	1	2.78	8	9									1	2.49
Hirudinea	Limnephilidae	2	8.33	7									4	20.00	7		3	7.48	
	Glossiphoniidae	4	16.67	3	3					2	5.71	3	3	2	10.00	3	3	3	6.65
Amphipoda	Hyalellidae	3	12.50	6	7	3	8.33	6	7	6	17.14	6	7	1	5.00	6	7	3	8.11
Hydracarina	Hydracarina	3	12.50			2	5.56			1	2.86							2	4.99
Tricladida	Planariidae					2	5.56							1	5.00			2	3.74
Haplotaxida	Tubificidae					1	2.78	1		1	2.86	1						1	2.49
Veneroidea	Sphaeriidae							1		1	2.86	3	4	1	5.00	3	4	1	2.49
TOTAL		24	100	63	71	36	100	56	64	35	88.57	52	66	20	100	56	59	40	100

Punto de monitoreo 3 (Tabalbo)

		PUNTO 3 (Tabalbo)																	
ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BMWP (Roldan 2003)	Total	%
Amphipoda	Hyalellidae	2	5.13	6	7	4	9.52	6	7	2	4.88	6	7	2	5.56	6	7	3	5.98
Haplotaxida	Tubificidae	6	15.38	1		1	2.38	1		5	12.20	1		4	11.11	1		4	9.56
Rhynchobdellae	Glossiphoniidae	4	10.26	3	3					2	4.88	3	3	5	13.89	3	3	4	8.76
Basommatophora	Physidae	2	5.13	8	3	1	2.38	8	3	3	7.32	8	3	1	2.78	8	3	2	4.18
	Limnephilidae	5	12.82	6	4	3	7.14	6	4	2	4.88			1	2.78	6	4	3	6.57
Diptera	Simuliidae	3	7.69	5	8	2	4.76	5	8	1	2.44	5	8	2	5.56	5	8	2	4.78
	Limoniidae	1	2.56	4		4	9.52	4		1	2.44	4		1	2.78	4		2	4.18
	Chironomidae					3	7.14	2	2	3	7.32	2	2	2	5.56	2	2	3	6.37
	Ceratopogonidae	4	10.26	4	3	1	2.38	4	3	4	9.76	4	3					3	7.17
Ephemeroptera	Baetidae	8	20.51	4	7	11	26.19	4	7	9	21.95	4	7	8	22.22	4	7	9	21.51
Coleoptera	Elmidae (adulto, larva)	3	7.69	5	6	8	19.05	5	6	2	4.88	5	6	9	25.00	5	6	6	13.15
Tricladida	Planariidae	1	2.56			4	9.52			7	17.07			1	2.78			3	7.77
TOTAL		39	100	46	41	42	100	45	40	41	100	42	39	36	100	44	40	42	100

Punto de monitoreo 4 (Timbul)

		PUNTO 4 (Timbul)																	
ORDEN	FAMILIA	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				PROMEDIO	
		Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BWMP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BWMP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BWMP (Roldan 2003)	Total	%	ABI/BMWP (Acosta et al. 2009)	BWMP (Roldan 2003)	Total	%
Diptera	Chironomidae	8	14.81	2	2	11	22.45	2	2	6	12.24	2	2	14	28.00	2	2	10	15.75
	Tipulidae													1	2.00	5	3	1	1.62
	Simuliidae	18	33.33	5	8	8	16.33	5	8	9	18.37	5	8	3	6.00	5	8	10	15.34
	Ceratopogonidae	3	5.56	4	3	4	8.16	4	3	1	2.04	4	3	5	10.00	4	3	3	5.25
Trichoptera	Leptoceridae	1	1.85	8	8														1.62
	Hydroptilidae					1	2.04	7	6										1.62
	Hydrobiosidae			8	9	2	4.08	8	9					2	4.00	8	9	2	3.23
Ephemeroptera	Baetidae	15	27.78	4	7	8	16.33	4	7	16	32.65	4	7	12	24.00	4	7	13	20.59
Coleoptera	Halplidae	3	5.56	4						1	2.04								3.23
	Elmidae (larva, adulto)					4	8.16	5	6										6.46
Lepidoptera	Pyralidae	1	1.85	5	4														1.62
Amphipoda	Hyalellidae									2	4.08	6	7	3	6.00	6	7	3	4.04
Basommatophora	Physidae	1	1.85	8	3	5	10.20	8	3	8	16.33	8	3	6	12.00	8	3	5	8.08
	Lymnaeidae	2	3.70	6	4	4	8.16	6	4					2	4.00	6	4	3	4.31
Haplotaaxida	Tubificidae	1	1.85	1						5	10.20	1							4.85
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	1	1.85	3	3	2	4.08	3	3	1	2.04	3	3	2	4.00	3	3	2	2.42
	TOTAL	54	100	58	51	49	100	52	51	49	100	33	33	50	100	51	49	61.917	100

Valores de referencia del índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150 101 - 120	Aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Crítica	> 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Carrera & Fierro, (2001).



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 08/08/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: ESTEFANI MICHELLE GUEVARA RON
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: FACULTAD DE CIENCIAS
Carrera: INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL
Título a optar: INGENIERA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL
<p style="text-align: center;">Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán Directora del Trabajo de Titulación</p> <p style="text-align: center;">Ing. Silvana Paola Ocaña Coello Asesora del Trabajo de Titulación</p>

