

Research Article

Determination of the Water Quality of the Copueno River by Macroinvertebrate Analysis

Determinación de la calidad de agua del Río Copueno mediante el análisis de macroinvertebrados

Lizbeth Maurat, Daniela Astudillo, Catalina Patiño, Luis Fernández, Kathia Loja*

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Ambiental, Macas, Ecuador

ORCID

Kathia Loja: <https://orcid.org/0000-0003-2011-3128>

INDEXACIÓN II CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA Y TECNOLOGIA
MORONA SANTIAGO
CICTMS 2021

Corresponding Author: Kathia Loja

Published: 18 April 2024

Production and Hosting by
Knowledge E

© Lizbeth Maurat et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

In the Copueno River located in the area between Macas and Proaño, water quality was determined using the Water Quality Index (ICA) and the BMWP/col Index. For this purpose, three sampling points defined mainly by their accessibility were taken, three water samples were taken for physicochemical analysis, and three water samples were taken for microbiological analysis, all according to the stipulations of NTE INEN 2169:2013 and NTE INEN 2176:2013. The IQA-Data 2015 program was used for the physicochemical parameter analysis, which showed values of 58.57 for point 1, 67.47 for point 2, and 51.76 for point 3, which according to the water quality classification table based on the ICA (NSF), the water has a classification of "Regular" in the three points. For the determination of water quality, it has been made the BMWP/col.

Keywords: Copueno, Benthic Macroinvertebrates, water quality, analysis.

Resumen

En el río Copueno ubicado en la zona entre Macas y Proaño, se determinó la calidad del agua mediante el Índice de Calidad de Agua (ICA) y el Índice BMWP/col. Para ello tomaron tres puntos de muestreo definidos principalmente por su accesibilidad, se tomaron tres muestras de agua para los análisis fisicoquímicos y tres muestras de agua para los análisis microbiológicos todo esto según lo estipulado en las NTE INEN 2169:2013 y NTE INEN 2176:2013. Para el análisis de parámetros fisicoquímicos se utilizó el programa IQA-Data 2015 que mostró valores de 58.57 para el punto 1, de 67.47 para el punto 2 y de 51.76 para el punto 3 lo que según la tabla de clasificación de calidad de agua en función al ICA (NSF) el agua tiene una clasificación de "Regular" en los tres puntos. Para la determinación de la calidad de agua se realizó mediante el índice BMWP/col.

Palabras Clave: Copueno, Macroinvertebrados Bentónicos, Calidad del Agua, Análisis.

 OPEN ACCESS



1. Introducción

El agua es un recurso de vital importancia, el desarrollo industrial y el continuo crecimiento poblacional del siglo XIX ha provocado un creciente consumo y contaminación de este líquido vital (1). Debido a esto se ha hecho fundamental el desarrollo de técnicas de monitoreo y control de contaminación de las diferentes masas de agua haciendo principal hincapié en las principales fuentes de agua dulce como ríos, lagos y aguas subterráneas (2). La evaluación y control de la contaminación del agua ha pasado de ser un reto generalizado de algunos países a una necesidad global, especialmente de aquellos países en desarrollo, ya que el agua puede favorecer directa o indirectamente la transmisión de diversas enfermedades (3).

El monitoreo continuo de las masas de agua permite una adecuada gestión del recurso hídrico ya que facilita la detección temprana de los cambios de calidad que puede sufrir este recurso (4). Sin embargo, cuando se habla de “monitoreo” no es simplemente tomar muestras y hacer mediciones, es imprescindible que los datos obtenidos sean públicos y puedan estar disponibles, una adecuada comunicación y retroalimentación permite a la autoridad encargada de la gestión de este recurso tome las decisiones pertinentes en base a la información obtenida (5).

El uso de macroinvertebrados permite evaluar el estado ecológico de las masas de agua convirtiéndose en un componente esencial en la legislación relacionada con los recursos hídricos de todo el mundo (6). Sin embargo, en Ecuador no es así, según los parámetros presentes en el Acuerdo Ministerial 097-A, sobre la “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua”, los únicos parámetros que se toman en cuenta son los físico-químicos y microbiológicos del agua, no se toma en cuenta la presencia de las diferentes poblaciones de macroinvertebrados presentes en el agua como un parámetro determinante en la evaluación de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos presentes en el agua con un tamaño superior a los 0.5mm de longitud (7). El análisis de la calidad del agua gracias a los macroinvertebrados tiene muchas ventajas como: la alta confiabilidad, una obtención rápida de resultados, una metodología simple. Lo que vuelve a este método una herramienta eficaz sobre todo en monitoreos rutinarios de la calidad del agua en cuencas y ríos en general (8).

No se debe subestimar la información que ofrece el análisis de las diferentes especies de macroinvertebrados acuáticos ya que poseen relación directa con servicios ambientales como la calidad del agua (9). Debido a que estos organismos tienen



una capacidad de respuesta alta a las variaciones ambientales son imprescindibles para la comprensión de la estructura trófica y el funcionamiento de los ecosistemas principalmente acuáticos (10). Sin embargo, debido a la escasa información sobre índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para la obtención de datos, dejan fuera a los macroinvertebrados acuáticos como un parámetro viable para la evaluación y monitoreo de las fuentes de agua (11)

Por tal motivo se ha propuesto por evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física y biológica del agua, mediante programas de monitoreo (12). El objetivo de esta evaluación o investigación es descubrir qué tipo de contaminante prevalece en estas aguas o que macroinvertebrado se mantiene en el ecosistema. Así mismo determinaremos la calidad de agua del río Copueno mediante la identificación de diferentes familias de macroinvertebrados que se encuentran ubicados en esta zona y a través de los parámetros físico-químicos, con carácter investigativo para la adquisición de nuevos conocimientos en el ámbito ambiental.

2. Materiales y Métodos

Esta investigación es de carácter cualitativo y cuantitativo, ya sea para examinar la presencia o ausencia de las familias de macroinvertebrados y para la recolección de datos para el respectivo análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos comparando su accesibilidad y sus tipologías de los diferentes puntos del río Copueno.

2.1. Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el río Copueno ubicado en las parroquias General Proaño y Macas, pertenecientes a la provincia de Morona Santiago con un tramo de 3.8 km, del cual se establecieron tres estaciones de muestreo identificadas como Punto de Estudio Copueno (PTECO1, PTECO2 Y PTECO3) con una respectiva distancia PTECO1-PTECO2: 1.71 km, PTECO2 - PTECO3: 2.09 km.

2.2. Determinación de los puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo se tomó en cuenta su accesibilidad y su respectiva distancia dado en el mes de junio del año 2022, en cada punto se tomaron las muestras necesarias para sus respectivos análisis

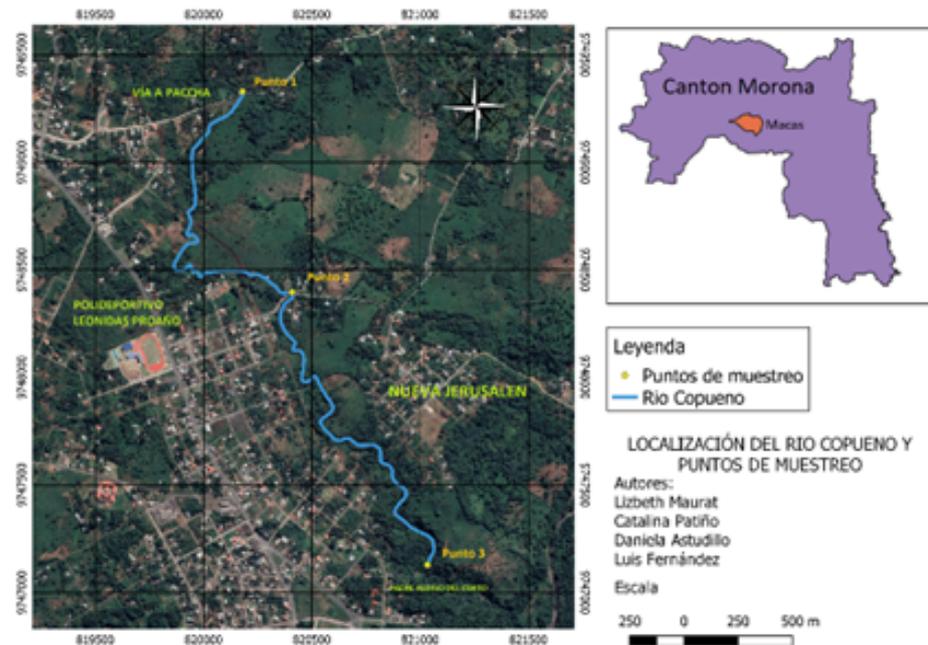


Figura 1

Mapa de localización de puntos de muestreo.

Las coordenadas geográficas WGS84 de las estaciones se especifican en la tabla 1, se han seleccionado estas tres estaciones de muestreo debido a sus características y accesibilidad.

Tabla 1

Localización de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN	X	Y	MSNM
PTECO1	820176,042	9749337,094	1056,5
PTECO2	821023,648	9747147,058	1061,5
PTECO3	821214,152	9744979,304	1061,9

2.3. Toma de muestras

2.3.1. Muestras de agua

La toma de muestras de agua se realizó mediante la NTE INEN 2169:2013 esta norma menciona que en muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, se debe llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido



de carbono y la variación en el valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

Para las muestras para análisis microbiológicos se siguió la NTE INEN 2176:2013, propone que los recipientes deben ser de vidrio o de plástico de la mejor calidad y estar libres de sustancias tóxicas. Para análisis de rutina es suficiente que tengan una capacidad de 300 cm³. Los recipientes se deben tapar con tapas de vidrio esmerilado o tapas de tornillo, y si es necesario con bandas elásticas de silicona, que resistan esterilizaciones repetidas a 160°C.

2.3.2. Macroinvertebrados

Actualmente, uno de los métodos más utilizados para determinar la calidad del agua es el uso de indicadores biológicos, mayormente los conocidos macroinvertebrados. Los cambios en la fisiología y morfología de los invertebrados en los cursos de agua indican la magnitud de su impacto, por lo que el análisis de estos organismos es la mejor manera de determinar la calidad del agua. (12)

2.3.3. Colecta e identificación de los macroinvertebrados bentónicos

Para la recolecta de las muestras de macroinvertebrados en los puntos correspondientes que ya explicamos anteriormente que se dieron en el río Copueno, el río al cual se acudió para hacer los muestreos correspondientes es un río con todas las características principales como es corriente, caudal, ribera, fuentes de contaminación de plata de tratamiento de aguas residuales, actividades turísticas y ganadería. (13)

Para la recolección de macroinvertebrados se hizo uso de una red (tipo D), una bandeja, pinzas, guantes, frascos de plástico y alcohol. Mediante la técnica “de patada” se removió el suelo del fondo y con la red se procedió a la recolección de los sedimentos levantados estos sedimentos se colocaron en una bandeja en donde con una pinza se procedió con la recolección de los macroinvertebrados los cuales fueron colocados en frascos con alcohol para su preservación.



2.4. Identificación de macroinvertebrados acuáticos mediante su taxonomía

Para poder llevar a cabo esta identificación de macroinvertebrados se utilizó el estereoscopio el cual nos permitirá identificar a que familia pertenecen cada macroinvertebrados, luego se procedió a la anotación de resultados de familias y ver qué características pose cada uno de ellos, por ello se utilizando la guía de índice biológico para la calidad del agua “Biological Monitoring Working Party/Colombia” - BMWP/COL elaborada por Roldán 2003.

2.5. Coliformes Totales (CT) y fecales (F)

Bacilos Gram negativos mejor conocidos como coliformes totales (CT) se clasifican en aerobios o anaerobios facultativos. Los coliformes totales están presentes en las heces del ecosistema, tales como agua y suelo, es por ello por lo que suelen progresar en presencia de sales binarias, además de fermentar la lactosa produciendo ácido, gas y aldehído en un lapso de 24 a 48 horas (15).

Los coliformes fecales o termotolerantes se distingue de los demás, en virtud de que son considerados como un indol positivo, soportan altas temperaturas y es uno de los indicadores utilizados en la industria alimenticia y el agua, debido a su gran precisión en la higiene. Es importante considerar que si existe presencia de microorganismos en el agua es un indicador de contaminación fecal ya sea de procedencia humana o animal (16).

2.6. Índice de Calidad del Agua (ICA)

Con este índice es posible realizar un análisis global de la calidad del agua en diferentes niveles y determinar la debilidad del cuerpo ante posibles amenazas. La herramienta surge como una alternativa a la evaluación de recursos hídricos para formular políticas públicas y monitorear impactos de manera más efectiva. (14)

La calidad del agua es una herramienta que nos permite tomar acciones de control y mitigación del mismo, garantizando un suministro de mejor calidad (15). Este índice es el más usado para medir la calidad de una fuente hídrica a través de la comparación de los resultados de los diferentes tramos o puntos de control de los ríos, esto permite crear una base de datos que servirá como fuente de información para futuros monitoreos y nos permitirá observar de manera más clara los cambios que sufre el río a través del tiempo, también se da a conocer que fue diseñado en 1970.

**Tabla 2**

Parámetros y Pesos ICA (NSF) para la calidad del agua.

Parámetros	Unidad	Peso NSF	Descripción
Temperatura	°C	0.10	Muestra la temperatura del agua al momento de tomar la muestra
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.17	Indica la cantidad de oxígeno disuelto en agua y puede ser un indicador inmediato de contaminación.
DBO	mg O ₂ /L	0.10	Es la demanda bioquímica de oxígeno para que los organismos degraden materia orgánica.
Sólidos disueltos totales	mg/L	0.08	Es la cantidad de materia que se encuentra disuelta en solución
Turbidez	UNT	0.08	Hace referencia a la cantidad de materia en suspensión y materia coloidal presente.
Fosfatos	mg PO ₄ /L	0.10	Indica la cantidad de fósforo presente
Nitratos	mg N-NO ₃ /L	0.10	Indica la cantidad de nitrógeno en agua.
pH	unidades	0.12	En una escala de 1 a 14 indica el grado de acidez del agua
Coliformes fecales	NMP/100mL	0.15	El número más probable hace referencia a la cantidad de coliformes presentes, en especial <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) indicador de desechos fecales

Tabla 3

Clasificación de la calidad de agua en función del índice ICA-NSF.

Rango	Calidad de Agua	Color
91-100	Excelente	
71-90	Buena	
51-70	Regular	
26-50	Mala	
0-25	Pésima	

2.7. Índice BMWP/col

El BMWP que en sus siglas significa Biological Monitoring Working Party, es un método para evaluar la calidad de agua siendo uno de los métodos más simples y rápidos, ya que utiliza macroinvertebrados como bioindicadores, el mismo que analiza el nivel de familia, con datos cuantitativos de presencia y ausencia. Su puntaje va de 1 a 10 esto iría de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, mostrando valores como 10 que representa al más sensible y 1 el más tolerante (18). El puntaje que se obtenga se asignara una vez por familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. Seguidamente se suman los puntajes

**Tabla 4**

Parámetros a analizar en el monitoreo de calidad del agua.

PARÁMETROS	MÉTODO	PESO NSF
PH	Potenciométrico-pH	0,12
TURBIDEZ	Turbidímetro	0,08
DBO	5210 B-SM	0,1
TEMPERATURA	Potenciométrico	0,1
NITRATOS	4500-NO3-E-SM	0,1
FOSFATOS	4500-P D SM	0,1
SÓLIDOS	2540 B-D-SM	0,08
COLIFORMES FECALES	9222 B-D-SM	0,15
OXÍGENO DISUELTO	Electroquímico	0.17

por familia encontrados en los puntos de muestreo, para calcular el índice y se evalúa el nivel de calidad de agua (19).

Tabla 5

Calidad biológica del agua – Índice BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	101-120, >150	Aguas muy limpias	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

3. Resultados

3.1. Índice ICA

Como se observa en la tabla 7, los tres puntos de muestreo muestran una clasificación de “Regular”. Cabe recalcar que en el punto 1 y punto 2 se observaron actividades antrópicas principalmente de recreación. Mediante el programa IQA-Data 2015 se determinó la clasificación de cada uno de los puntos de muestreo, dando como resultado un valor promedio de 59.27 una clasificación de “Regular”.

3.2. Índice BMWP/col



Tabla 6

Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae	1

Tabla 7

Resultados de los parámetros fisicoquímico y microbiológico.

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos				
Parámetros	Unidad	PTECO1	PTECO2	PTECO3
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.75	9.75	8.97
pH	unidades de pH	7.4	7.2	7.22
DBO ₅	mg/L	4.8	2.6	26.4
Nitratos	mg/L	0	0	0
Coliformes fecales	NMP/100ml	420	362	386
Temperatura	°C	21.2	21.5	21.8
Turbidez	NTU	1.6	2.1	6.3
Sólidos totales	mg/L	14400 (0.36g)	4400 (0.11g)	40000 (1g)
Fosfatos	mg/L	0.72	0.11	0.08
Resultados ICA (NSF)		58.57	67.47	51.76
		Regular	Regular	Regular

**Tabla 8**

Resultados de la clasificación de macroinvertebrados según el índice BMWP/col en el punto 1 (PTECO1).

N orden	Familia	PTECO1	TOLERANCIA
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	10
Ephemeroptera	Leptohypidae	1	7
Ephemeroptera	Euthyplociidae	1	9
Odonatta	Libellulidae	1	6
Diptera	Tipulae	1	3
Odonatta	Megapodagrionidae	1	6
Coleoptera	Elmidae	1	6
Odonatta	Gomphidae	1	10
Odonatta	Coenagrionidae	1	7
Odonatta	Calopterygidae	1	7
Resultados índices BMWO/COL		Clase II - Aceptable	71

PUNTO 1

El análisis BMWP/col para el punto 1 nos muestra una clasificación de agua “Aceptable”, se analizaron un total de 11 individuos, en donde la mayoría de ellos pertenecen al orden odonatta, de ellos solo 1 individuo de la familia tipulae presenta un puntaje de 3 según el índice BMWP/col estos macroinvertebrados se encuentran solo en lugares con una cantidad considerable de contaminación.

PUNTO 2

Tabla 9

Resultados de la clasificación de macroinvertebrados según el índice BMWP/col en el punto 2 (PTECO2).

N orden	Familia	PTECO2	TOLERANCIA
Hemiptera	Veliidae	1	8
Odonata	Libellulidae	3	6
Hemiptera	Belostomatidae	1	5
Odonata	Gomphidae	1	10
Coleoptera	Elmidae	1	6
Ephemeroptera	Leptohypidae	1	7
Resultados índices BMWP/col		Clase III Dudosa	42

El análisis BMWP/col para el punto 2 nos muestra una clasificación de agua “Dudosa”, se analizaron un total de 8 individuos, en donde la mayoría de ellos pertenecen al



orden hemiptera y odonatta, según el índice BMWP/col estos macroinvertebrados se encuentran solo en lugares con una cantidad moderada de contaminación.

PUNTO 3

Tabla 10

Resultados de la clasificación de macroinvertebrados según el índice BMWP/col en el punto 3 (PTECO3).

N orden	Familia	PTECO3	TOLERANCIA
Hemiptera	Gerridae	2	8
Hemiptera	Mesoveliidae	2	5
Odonatta	Libellulidae	2	6
Diptera	Tipulidae	1	3
Resultados índices BMWO/COL		Clase IV - Crítica	22

El análisis BMWP/col para el punto 3 nos muestra una clasificación de agua “Crítica”, se analizaron un total de 7 individuos, en donde la mayoría de ellos pertenecen al orden hemiptera, de ellos solo 1 individuo de la orden diptera de familia tipulidae presenta un puntaje de 3 según el índice BMWP/col estos macroinvertebrados se encuentran solo en lugares con una cantidad muy alta de contaminación.

TOTAL

El análisis BMWP/col considerando todos los puntos muestra una calidad de agua “Aceptable”, se analizaron un total de 27 individuos con una clasificación de 97.

Cabe recalcar que el número de individuos analizados es muy pequeño por lo que se podría considerar que los resultados pueden no ser representativos para la determinación de la calidad del agua, sin embargo, el índice BMWP/col no toma en cuenta la cantidad de individuos encontrados sino las familias presentes por lo que los datos podrían ser considerados para futuras investigaciones.

4. Discusión

El análisis de la calidad del agua mediante el uso del índice BMWP/col es un método bastante sencillo y rápido de calcular, el único impedimento sería la adaptación del índice a los parámetros del país e implementación a nivel nacional lo que concuerda con lo que menciona (20) el índice biológico BMWP debido a su versatilidad es muy útil para la gestión de la calidad del agua; una vez sea adaptado y modificado para

**Tabla 11**

Resultados generales de la clasificación de macroinvertebrados según el índice BMWP/col en el río Copueno.

N Orden	Familia	PTECO1	PTECO2	PTECO3	Tolerancia
Coleoptera	Ptilodactylidae	2	0	0	10
	Elmidae	1	1	0	6
Ephemeroptera	Euthyplociidae	1	0	0	9
	Leptohypidae	1	1	0	7
Diptera	Tipulidae	1	0	1	3
Odonata	Libelludidae	1	3	2	6
	Megapodagrionidae	1	0	0	6
	Gomphidae	1	1	0	10
	Coenagrionidae	1	0	0	7
	Calopterygidae	1	0	0	7
Hemiptera	Gerridae	0	0	2	8
	Veliidae	0	1	0	8
	Mesoveliidae	0	0	2	5
Hemiptera	Belostomatidae	0	1	0	5
Resultados índices BMWP/COL		Clase II Aceptable			97

determinado cuerpo de agua lótico ya que permite una evaluación rápida y acertada, esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macroinvertebrados acuáticos. Dichos resultados obtenidos en los 3 diferentes puntos nos demostraron una similitud a datos obtenidos según (21) debido a la época lluviosa en el área trabajada el incremento del caudal es un factor muy importante ya que este arrastra sedimentos que se convierten en hábitat de los macroinvertebrados. (22) mencionan que la diversidad y riqueza de las especies acuática disminuye con actividades humanas como la deforestación, si agregamos el uso del agua de la población aledaña vemos que esto también influye en la diversidad y riqueza de las especies acuáticas, en la investigación se observó que la población utiliza esta fuente de agua para realizar actividades de recreación y de uso doméstico esto genera una disminución en la calidad del agua y una alteración del hábitat natural de las especies que viven en esta fuente hídrica (23).

5. Conclusiones

Según los resultados obtenidos a través de los estudios realizados de los diferentes parámetros físicos-químicos y microbiológicos se obtuvo una clasificación “Regular” del



agua y mediante la respectiva identificación taxonómica de los macroinvertebrados aplicando los puntajes presentes en la tabla para el índice BMWP/col de esta microcuenca, se concluye un grado “Aceptable” de la calidad del agua en el río Copueno.

6. Agradecimiento

El presente artículo fue realizado bajo la supervisión de Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano, a quien nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento debido a su enseñanza, tiempo y dedicación que nos ha impartido para así poder concluir con el presente trabajo. También agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo “ESPOCH”, por habernos facilitado los medios suficientes para poder así culminar con todas las actividades prácticas en el transcurso de este estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de interés, el equipo de editores y autores asume el compromiso de no utilizar en investigaciones, contenidos del artículo enviado para evaluación, sin el consentimiento por escrito de los autores del mismo modo se evitará cualquier conflicto de interés entre autores y editores.

References

- [1] Kolkwitz R, Marsson M. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie. 1909;2:126-152.
- [2] Kownacki A, Szarek-Gwiazda E. The impact of pollution on diversity and density of Benthic macroinvertebrates in mountain and upland rivers. *Water*. 2022;14(9):1349.
- [3] Kengne J. Foto, Meyer, Leprêtre, Usseglio-Polatera. Relationships between physico-chemical parameters and taxonomic structure of benthic macroinvertebrate assemblages in streams of West Cameroon. *Water*. 2022;14(9):1490.
- [4] Castro, Almeida, Ferrer, Diaz. Water quality indexes: Evolution and trends at the global level. *Ingeniería solidaria*. 2014;10(17):111-124.
- [5] Burt TP, Howden NJ, Worrall F. On the importance of very long-term water quality records. *WIREs Water*. 2014;1(1):41–48.
- [6] Moya N, Hughes RM, Domínguez E, Gibon FM, Goitia E, Oberdorff T. Macroinvertebrate-based multimetric predictive models for evaluating the human



- impact on biotic condition of Bolivian streams. *Ecological Indicators*. 2011;11(3):840–847.
- [7] Osejos M, Merino, Solis JL. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *RECIMUNDO*. 2020;4(4):454–467.
- [8] Fong M, Nou T. The diversity of benthic macroinvertebrates within the creeks of the Manly Dam catchment. *Freshwater Ecology Report of 2001*. 2001.
- [9] Tomanova G, Goitia E, Helešić J. Helešić. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*. 2006;556(1):251–264.
- [10] Lampert W, Sommer U. *Limnoecology: The ecology of lakes and streams*. Oxford University Press; 2007.
- [11] Arroyo C, Encalada AC. Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. 2009;1(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v1i1.4>.
- [12] Chacon K. Evaluación De La Calidad Del Agua Del Río Copueno, Tramo Paccha-Jardin Del Upano, Mediante Macroinvertebrados Bentónicos. Macas; 2017.
- [13] J.C. Calidad de Agua Guayaquil: Espol; 2019.
- [14] Cahó C, Lopez E. Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *SCIELO*. 2017;12(2):49–35.
- [15] Torres P. Índices De Calidad De Agua En Fuentes Superficiales. *Ingenierías Universidad de Medellín*. 2009;8(15):79-3324.
- [16] Roldan G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2016;40(155):254–274.
- [17] Sánchez. García D. Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del río Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito. Pitalito; 2018.
- [18] Sánchez MJ. El índice biológico BMWP (Biological Monitoring Working Party score), modificado y adaptado al cauce. *Bistua. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 2005;3(2):54–67.
- [19] Galeano-Rendón. Mancera-Rodríguez. Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 2018;66(4):1721–1740.



- [20] Torres CC, Paola P. 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. 2009;8(15):79–94.
- [21] Servicio Nacional de Estudios Territoriales. Índice De Calidad Del Agua General “ICA”. San Salvador.
- [22] Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Manual de Monitoreo del agua para el investigador local. 2008.
- [23] Alvarez SM&RP. Evaluacion de calidad del agua mediante la utilizacion de macro invertebrados acuaticos en la subcuenca del yeguaré Honduras: Universidad Zamorano; 2020.xx