

Research Article

# Benthic Macroinvertebrates as Bioindicators of water quality in the Copueno River, Morona-Ecuador

## Macroinvertebrados Bentónicos como Bioindicadores de la Calidad del Agua del Río Copueno, Morona-Ecuador

Justo Narváez\*, Patricio Méndez, Josselyn Gonzalez, Gabriela Jindiachi, Nayely Jara

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, Macas, Ecuador

### ORCID

Justo Narváez: <https://orcid.org/0000-0001-7583-9423>

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

Corresponding Author: Justo Narváez

Published: 18 April 2024

Production and Hosting by  
Knowledge E

© Justo Narváez 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

The water quality of the Copueno River located in the city of Macas, Province of Morona Santiago was determined through the use of physicochemical, biological, and microbiological parameters using benthic macroinvertebrates as bioindicators using the BMWP/COL Biological Index. A total of 59 individuals distributed in 17 families corresponding to 12 orders of species were recorded. Complementarily, the IQA DATA software was used at 3 different points to determine the water quality index in August 2021. As a result, at point 1 a value of 49.93 was obtained, while points 2 and 3 maintained values of 30.94 and 36.64 respectively; demonstrating that the quality at point 1 is doubtful, while for point 2 it is acceptable. Subsequently, the Shannon-Weaver biodiversity index was applied and significant differentials were found between the average diversity of macroinvertebrates with results of 1.68 for point 1 and 2.17 for point 2.

**Keywords:** *water quality, Benthic Macroinvertebrates, Water Quality Index, BMWP/COL Biological Index, Copueno River, Shannon - Weaver Biodiversity Index.*

### Resumen

Se determinó la calidad del agua del Río Copueno ubicado en la ciudad de Macas, Provincia de Morona Santiago mediante la utilización de parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores empleando el Índice Biológico BMWP/COL. En total se registró un total 59 individuos distribuidos en 17 familias correspondiente a 12 órdenes de especie. Complementariamente, se utilizó el software IQA DATA en 3 diferentes puntos para determinar el índice de la calidad del agua en el mes de agosto del 2021. Como resultado en el punto 1 se obtuvo un valor de 49,93, mientras que los punto 2 y 3 mantuvieron valores de 30,94 y 36,64 respectivamente; demostrando que la calidad en el punto 1 es dudosa, mientras que para el punto 2 es aceptable. Posteriormente se aplicó el índice de biodiversidad de Shannon – Weaver y se encontró diferenciales significativas entre la diversidad media de macroinvertebrados con resultados de 1,68 para el punto 1 y 2,17 para el punto 2.

**Palabras Clave:** *Calidad del Agua, Macroinvertebrados Bentónicos, Índice de La Calidad del Agua, Índice Biológico BMWP/COL, Río Copueno, Índice de Biodiversidad de Shannon – Weaver.*

 OPEN ACCESS



## 1. Introducción

La calidad del agua es un término ampliamente usado, donde su cuantificación científica resulta importante, debido a su estrategia básica en el desarrollo de las bases científicas para el manejo de los recursos hídricos (1). Lozada et al. (2) define al índice de calidad del agua como la expresión simple de la combinación de un número de variables fisicoquímicas y microbiológicas, donde el índice puede ser presentado por un rango, símbolo, o color; en base al índice Biological Monitoring Working Party de Colombia (BMWP/Col), el cual permitirá dar a conocer un inventario de los macroinvertebrados y la ponderación de las especies bioindicadores de la calidad del agua (3), dado que para el mismo, solo se requiere llegar hasta un nivel de familias para lograr determinar el grado de alteración de un cuerpo hídrico (4) por lo tanto, estos índices proporcionan una excelente alternativa en el diagnóstico de la calidad del agua (5).

Según la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación) en el 2019 (6), existen 2.200 millones de personas que cuentan con acceso a aguas potabilizadas y otros 4.200 millones que carecen de sistemas de saneamientos seguros. Para Ecuador de cada 100 personas, 73 reciben agua de la fuente con calidad (libre de la bacteria *Escherichia Coli*) y de ellas, 9 personas realizan prácticas que contaminan el agua (7). En las investigaciones realizadas por Méndez, Arcos y Cazorla (2020) y Ureta, Méndez y Cazar (2019) (8,9), mencionan que la calidad de agua de los ríos aledaños a la ciudad de Macas son regulares, ya que contienen altos niveles de coliformes fecales en los cuerpos hídricos

Ante la situación peligrosa es indispensable mencionar que existen amenazas que presenta la calidad del agua de los ríos (10); son generadas por actividades tanto por la huella antropológica como los fenómenos naturales que provocan su deterioro (11), lo que ocasiona que las comunidades queden expuestas al riesgo de contraer enfermedades del mismo (12). El Río Copueno actualmente presenta vertimientos domésticos e industriales lo que ha ocasionado un grado de contaminación en ciertas zonas (13). Es por ello que se pretende proveer a los moradores del sector la información obtenida acerca del estado de la calidad del agua. Para que así las autoridades generen planes integrales y gestión adecuada en beneficio de este recurso.

El Río Copueno se encuentra ubicado en la zona rural del cantón Morona, en las parroquias General Proaño y Macas (14). El monitoreo está comprendido a lo largo del mismo en los sectores: Paccha, Barrio Jardín del Upano y, en el puente de ingreso de la avenida Francisco Flor Santillán. El objetivo de este estudio es determinar la calidad de agua del Río Copueno mediante el monitoreo y análisis con métodos físicos-químicos y biológicos, utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores.



## 2. Materiales y Métodos

El enfoque empleado en esta investigación fue mixto tanto cualitativo para analizar la presencia o ausencia de comunidades de macroinvertebrados, y cuantitativo por que se recolectaron y analizaron los datos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos mediante la distribución de familias de acuerdo con las características y accesibilidad definidas para cada sitio de muestreo del río Copueno.

La metodología que sustenta la presente investigación está fundamentada tanto de forma cualitativa como cuantitativa, esta primera se basa en un índice fácil de emplear y aplicar, se orienta en la identificación de datos de presencia y ausencia de comunidades de macroinvertebrados bentónicos, y la última se enfoca en recolectar y analizar a base de mediciones de concentración los diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos, además de la cuantificación de los macroinvertebrados de acuerdo con sus características definidas para cada sitio de muestreo del río Copueno.

### 2.1. Descripción del área de estudio

El presente estudio fue desarrollado en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, Parroquias Macas y General Proaño, el cual según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) del 2010 está constituido por una población de 2.590 y 19.176 habitantes, respectivamente (15) y una extensión de 121.55 km<sup>2</sup>. A su vez, el cantón se caracteriza por conllevar un clima donde las precipitaciones medias anuales correspondientes a 2500 mm al año con temperaturas entre 16 y 22°C, con una humedad relativa que varía entre los 70 y 90% (16).

### 2.2. Determinación de los puntos de muestreo

Las muestras fueron tomadas de un tramo del Río Copueno, situadas en los sectores Paccha, Barrio Jardín del Upano y en el puente de ingreso de la avenida Francisco Flor Santillán durante el mes de junio del año 2021. Para la colecta de las muestras se tomaron en cuenta aspectos tales como la accesibilidad al sitio, criterios de análisis espacial y la ubicación de los focos de contaminación.

De este modo, los puntos de monitoreo se tomaron con la ayuda de un GPS, aplicando coordenadas geográficas WGS-84 como se muestra en la Tabla 1.

El tramo está constituido por tres estaciones según lo muestra la figura 1, se considera que tanto el primer punto como el segundo presentan evidencias de cobertura vegetal de ribera y a la misma vez existen perturbaciones antropogénicas al recurso hídrico,



**Tabla 1**

*Localización de las estaciones de muestreo de la subcuenca del Río Copueno.*

Estación	Sitio de Referencia	Coordenadas Este (X)	Proyección Norte (Y)	WGS84 UTM – 17S Altitud (m)
1	Sector Paccha	820216,65	9749358,04	1071
2	Barrio Jardín del Upano	820442,62	9748374,44	1058
3	Puente de ingreso de la avenida Francisco Flor Santillán	821168,65	9745240,59	963

debido a las descargas de aguas residuales domiciliarias de los centros poblados, ambas estaciones se encuentran a una distancia de 800 metros, sin embargo, en cuanto a su localización, la primera se encuentra en la parte media y la segunda en la parte alta de la microcuenca.

Finalmente, el punto tres con una distancia aproximada de 3 Km con respecto a la estación dos, ubicado en la zona baja, conserva gran parte de la vegetación siendo la misma un sitio idóneo para verificar el estado actual del río, debido a que atraviesa mayoritariamente la ciudad donde se desarrollan actividades por las familias, ya sean para fines recreativos o para uso doméstico, lo que conlleva a que existan vertidos domésticos y aportes de desechos sólidos hacia el afluente que descarga sus aguas hacia el Río Upano.



**Figura 1**

*Mapa de ubicación de los puntos de muestreo – Subcuenca Río Copueno.*



### 2.3. Colecta e identificación de macroinvertebrados bentónicos

El objetivo principal del muestreo consiste en recolectar la mayor diversidad de posibles macroinvertebrados. para la recolección de muestras de macroinvertebrados se utilizó la red tipo "D" malla con un poro de 500 micras (17), el cuál ha sido un instrumento común en las investigaciones de insectos acuáticos en distintos lugares a nivel mundial (18). Para la recolección de macroinvertebrados se realizó un barrido en el tramo seleccionado dentro del río como en sus orillas (19). el mismo que es considerado poco profundo. Utilizando el pie para remover el sustrato, de manera que los sedimentos se suspendan en la columna de agua, colocando la red contra corriente y con movimiento en zigzag para que todo el material removido pueda ingresar a la red (4). Posteriormente se procede a guardar la muestra recolectada, aforada correctamente y preservada con alcohol al 70%, para ser examinado en el laboratorio.

### 2.4. Identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos

Para la identificación de las diferentes especies de macroinvertebrados bentónicos se realizó en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Morona Santiago. Donde fueron separados los organismos y posteriormente identificados a nivel de familias y orden, observadas en aumento mediante un estereoscopio y de las claves taxonómicas (20) principalmente la clave (21), y para algunos grupos de Macroinvertebrados se utilizaron las claves de Roldán (2016), Rincón et al. y González et al. (4,19,22).

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) se considera un método sencillo y rápido de evaluar la calidad de agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, analizando el nivel de familia, con datos cuantitativos de presencia y ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica como se indica (17). Roldán (4), considera a las especies con puntajes BMWP/Col de 8 -10 como de Clase I = Indicadores de Buena calidad principalmente con la característica de que gran parte de los organismos se encuentran presentes en aguas poco contaminadas a muy limpias; las especies con puntajes BMWP/Col de 4 -7 como de Clase II = Indicadores de Mediana Calidad, estos organismos están presentes en aguas contaminadas a poco contaminadas y las especies con puntajes BMWP/Col de 1 – 3 como Indicadores de Mala Calidad, estas especies se presentan en aguas altamente contaminadas, aguas muy contaminadas y aguas contaminadas.



## 2.5. Calidad biológica del agua- índice BMWP/Col

La calidad biológica del agua mediante el Índice BMWP/Col es presentada bajo los rangos expuestos en la tabla 2, donde la suma total de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio proporciona el valor de la calidad del agua (4).

**Tabla 2**

*Calidad biológica del agua- índice BMWP/Col.*

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	BUENA	>150	Aguas muy limpias a limpias	<b>AZUL</b>
II	ACEPTABLE	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	<b>VERDE</b>
III	DUDOSA	36-60	Aguas moderadamente contaminada	<b>AMARILLO</b>
IV	CRITICA	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>NARANJA</b>
V	MUY CRITICA	<15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>ROJO</b>

**Fuente:** Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt (S.F).

## 2.6. Índices de diversidad

Se describe el método de estimación para cuantificar la biodiversidad existente expresada mediante la riqueza y el índice de Shannon – Wiener (23) de modo que se procedió a evaluar la variedad del número de clases o especies (24); a partir del muestreo de comunidades bentónicas encontradas en la zona de estudio. Finalmente, la presencia de estos individuos ha sido identificada en los tres puntos de colecta durante los meses de julio (2021).

## 2.7. Índice de Shannon-Wiener

Se utiliza para describir a los ecosistemas y se lo representa por  $H'$ . EL índice busca medir diversidad de las especies, el cual considera la uniformidad de estas (25). Mide la información por individuo en muestras obtenidas al azar las cuales provienen de una comunidad en donde se conoce el número total de especies  $S$ , siendo este representativo en la muestra (26).



Moreno (27) menciona que los individuos seleccionados al azar de todas las especies que están representados en la muestra. El índice adquiere valores entre cero y cinco, donde cero será cuando existe una sola especie, y cinco cuando el logaritmo de S, se representan por el mismo número de individuos, indicando alta diversidad.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (1)$$

**Donde:**

H' = índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa

ln = Logaritmo natural

Para determinar si existe una diversidad alta, media o baja en base a los valores de Shannon mencionada por Guinard et al. (28), se utilizará la tabla 3.

**Tabla 3**

*Rangos de índice de Shannon – Wiener.*

H'	Condición
>2,7	Diversidad alta
1,5 – 2,7	Diversidad media
<1,5	Diversidad baja

La Tabla 4, muestra un esquema de la clasificación de aguas contaminadas según Wilhn y Dorris (29) de acuerdo a los valores del Indica de Shannon-Wiener.

**Tabla 4**

*Esquema de Wilhm y Dorris en base valores del Indica de Shannon-Wiener.*

H'	CONDICIÓN
>3	Agua limpia
1-3	Contaminación moderada
< 1	Contaminación severa

**Fuente:** Wilhm y Dorris TC (1968).

## 2.8. Cálculo del índice de calidad del agua

La valoración de la calidad del agua evalúa la naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural (30). En cuanto al cálculo del ICA, este se indicó mediante la multiplicación pondera de la calidad del agua evaluada (31), correspondiente a los valores establecidos en la tabla 5.



$$ICA = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i * W_i \quad (2)$$

**Donde:**

$Q_i$  = Calidad del iesimo parametro (Valores de 0 a 100)

$W_i$  Peso correspondiente al Calidad del iesimo parámetro (Valores de 0 y 1)

**Tabla 5**

*Calidad del agua asociada al valor del ICA.*

Calidad del Agua	Valor del ICA
Excelente	91-100
Buena	71-90
Media	51-70
Mala	26-50
Muy mala	0-25

## 2.9. Determinación de parámetros in situ y ex situ

En cada estación de muestreo se utilizó un Sistema Multiparamétrico Portátil marca PHYWE Systeme (Cobra4 Mobile-Link), donde sus tres sondas especializadas y calibradas nos permiten registrar los datos correspondientes a las medidas in situ tales como: pH, Temperatura y Conductividad eléctrica. Es importante mencionar que estas sondas deben de estar incorporadas al instrumento antes de proceder a calcular los valores. Por otro lado, para el caso del Oxígeno Disuelto se utilizó el mismo instrumento, el cual debía encontrarse debidamente calibrado y con su unidad requerida a medir y sobre todo que su sonda se encuentre sumergida por lo menos 3 cm, de manera que el equipo permanezca en posición perpendicular, sin tocar el fondo.

Para el caso de los parámetros analizados en laboratorio (ex situ), se ejecutó una metodología en base a los "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". Llegados a este punto, comenzaremos a considerar lo expuesto por la National Sanitation Foundation (NSF International, 2015) quien se fundamenta en un procedimiento que tiene en cuenta el promedio aritmético ponderado de nueve variables. La tabla 6 muestra los parámetros fisicoquímicos y biológicos estudiados en base a los Standard Methods en el que también se muestran los pesos asignados según la NSF.



**Tabla 6**

*Parámetros fisicoquímicos y biológicos en base a los Standard Method.*

PARÁMETROS	Método	Peso NSF
Coliformes fecales (CF)	Standard Methods 922	0,15
Potencial de Hidrógeno (pH)	Standard Methods 4500	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	Standard Methods 5210	0,10
Nitratos ( $NO_3^{-1}$ )	Standard Methods 4500	0,10
Fosfatos ( $PO_4^{-3}$ )	Standard Methods 4500	0,10
Cambio de la Temperatura	Standard Methods 2550	0,10
Turbidez	Standard Methods 2130	0,08
Sólidos totales disueltos (STD)	Standard Methods 2540	0,08
Oxígeno disuelto (OD)	Standard Methods 4500	0,17

## 2.10. Software IQA DATA

Para evaluar la calidad del agua del Río Copueno se utilizó el programa IQA-Data, el cual analiza los parámetros físicos químicos y clasifica los recursos hídricos en base al rango de clasificación del índice de calidad de agua propuesto por Brown, et al y adoptado por la Fundación Nacional De Saneamiento (NSF) (32).

## 3. Resultados

### 3.1. Determinación del índice de la calidad del agua

En la tabla 7 se puede observar los resultados de cada punto del muestreo, donde se determinó el ICA-NFS de los tres puntos es “Mala”, obteniendo para el P1-Sector Paccha un valor de 46,93, para el P2-Barrio Jardín del Upano 30,94 y en el P3-Puente de ingreso de la avenida Francisco Flor Santillán 32,04. Cabe destacar que en el P1 y el P2 se pudo apreciar descargas de aguas residuales y en el P3 un exceso de turbidez en el agua. El promedio de los datos obtenidos da como resultado un valor de 36,64 clasificándolo como “Malo”. Para obtener los valores del ICA-NSF se utilizó el IQA-Data 2015.

Mediante el análisis del índice BMWP/Col, según la puntuación en la primera estación de monitoreo fue de 49, que señala la tabla 8, catalogándola en la clase III, siendo la calidad de agua Dudosa, y se determina que la aptitud del agua es moderadamente contaminada. En la estación 2 el puntaje obtenido fue de 64, ubicándose en la clase

**Tabla 7**

Resultados de los parámetros físicoquímico y microbiológico en las tres estaciones de monitoreo.

PARÁMETROS	UNIDAD	Punto 1. Sector Paccha		Punto 2. Barrio Jardín del Upano	Punto 3. Av. Francisco Flor Santillán
		M1 - Jun (2021)	M2 - Jun (2021)	M2 - Jun (2021)	M3 - Jun (2021)
Oxígeno Disuelto	mg/L	9,5	8,78	8,78	9,48
pH		6,9	6,77	6,77	9,92
DBO	mg/L	16	15	15	14
Nitratos	mg/L	1,1	1,3	1,3	10,3
Coliformes fecales	NMP/100ml	Ausencia	24640	24640	Ausencia
Temperatura	°C	21	21,8	21,8	19,2
Turbidez	NTU	1,47	2,1	2,1	1007
Sólidos totales	mg/L	1080	1760	1760	27960
Fosfatos	mg/L	3,82	2,1	2,1	4,55
<b>RESULTADOS ICA NSF</b>		46,93	30,94	32,04	
<b>RESULTADOS ICA NSF</b>		Malo	Malo	Malo	

II, teniendo como resultado la calidad de agua Aceptable, y definiéndola dentro de las aguas ligeramente contaminadas.

**Tabla 8**

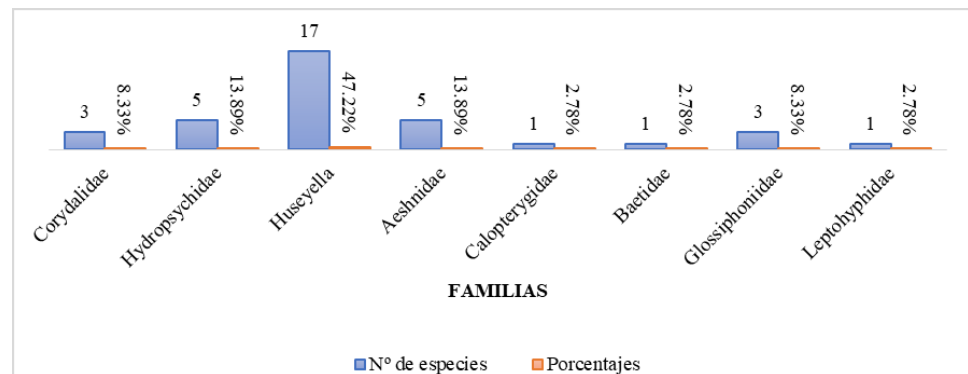
Valoración del índice BMWP/Col en las dos estaciones.

No	Estación 1			Estación 2		
	Orden	Familia	Puntuación BMWP/Col	Orden	Familia	Puntuación BMWP/Col
1	Odonata	Aeshnidae	6	Odonata	Aeshnidae	6
2		Calopterygidae	5		Calopterygidae	8
3	Tricorythodes	Leptohyphidae	7		Libellulidae	6
4	Trichoptera	Hydropsychidae	7	Trichoptera	Hydropsychidae	7
5	Megaloptera	Corydalidae	6		Philopotamidae	9
6	Veliidae	Huseyella	8	Ptilodactylidae	Anchytarsus	10
7	Ephemeroptera	Baetidae	7	Coleoptera	Elmidae	6
8	Rynchobdellidae	Glossiphoniidae	3		Ptilodactylidae	5
9				Haplotaenidae	Tubificidae	1
10				Neuroptera	Corylidae	6
	<b>TOTAL</b>		<b>49</b>			<b>64</b>

La composición taxonómica de la estación 1, fue de 8 familias, repartidas en 7 órdenes, según lo indica la (figura 2) donde la orden predominante fue *Odonata* con 2 familias y el organismo perteneciente a la familia *Huseyella* presenta una puntuación de 8, orden *Veliidae*. Mientras que en la estación 2, se hallaron 10 familias, repartidas

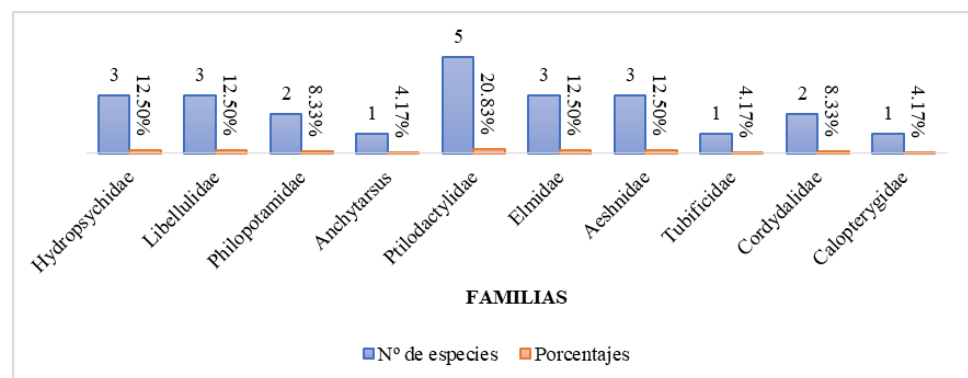


en 6 órdenes (figura 3) en la cual la orden *Odonata* fue la más representativa con 3 familias. Se recolectó una especie de la familia *Anchitarsus* perteneciente a la orden *Tilodactylidae* con una puntuación máxima de 10, siendo esta la destaco del muestreo. Cabe recalcar que se realizaron únicamente 2 colectas en los dos primeros puntos de muestreo dado que en el tercero no se pudo realizar debido a la creciente de río y las condiciones climáticas.



**Figura 2**

Familias de macroinvertebrados bentónicos colectados en el Primer Punto del rio Copueno.



**Figura 3**

Familias de macroinvertebrados bentónicos colectados en el Segundo Punto del rio Copueno.

Se recolecto la mayor cantidad de individuos en el punto 1 (Paccha) con 36 de individuos de los cuales la mayoría pertenece a la familia Huseyella y en el punto 2 (Barrio Jardín del Upano) con 23 individuos que pertenecen mayormente a la familia Ptilodactylidae, en el punto 3.

### 3.2. Índice de Shannon-Wiener

Se determinó que el punto 1 y punto 2 contienen una diversidad moderada obteniendo valores de 1,68 y 2,17 respectivamente. como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Índice de Diversidad de Shannon.*

Estaciones	Índice de Shannon H'	Condición
Punto 1	1,68	Diversidad moderada
Punto 2	2,17	Diversidad moderada

Los datos resultantes del índice de Shannon-Wiener se analizaron mediante el esquema de Wilhm & Dorris, donde menciona como evaluar la calidad del agua, por ende, se comparó los resultados del índice de diversidad y el estado del agua, donde se puede decir que el río Copueno presenta una contaminación moderada.

## 4. Discusión

De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tomados en las tres estaciones durante el mes de junio de año 2021, el punto 2 refleja un alto índice en la variable de coliformes fecales, algo semejante ocurre en comparación a los resultados obtenidos por el estudio realizado por Méndez et al. (8) para determinar el índice de calidad del agua (NSF) ubicado en el cantón Morona, indica que en determinados puntos de muestreos existen escenarios de contaminación por este factor, a causa de que en el transcurso del afluente se presentan fincas con ganado y descargas residuales, lo cual asume una alta concentración de bacterias coliformes, correspondientes a un valor de 2531 UFC/100ml en el mes de octubre. En cuanto a los puntos 1 y 3 se dieron resultados de ausencia, esto probablemente se a causas climáticas, según Bautista et al. (33) durante las épocas de lluvias el número de coliformes fecales disminuye significativamente debido al lavado de la atmósfera, las fuentes de contaminantes microbianos que se encuentran en aguas dulces (como ríos, arroyos y estuarios son las descargas de aguas residuales no tratadas o efluentes de aguas residuales tratadas, escorrentía de las tierras adyacentes, en particular las tierras utilizadas para la cría de ganado y efluentes industriales (34,35). Lo que coincide con nuestro estudio ya que en la rivera del río se pudo observar todos estos aspectos ambientales. La presencia de estos organismos puede provocar enfermedades que ponen en riesgo la salud de los habitantes de la zona, por lo tanto, es indispensable implementar políticas públicas dirigidas a su regulación.

Respecto a la identificación de familias de macroinvertebrados bentónicos presentes en las estaciones 1 y 2, se hallaron individuos del orden *Trichoptera* que constituye un importante componente de las comunidades bénticas y base de la cadena trófica de los ecosistemas acuáticos (36). La especie del orden *Megaloptera* de la familia *Corylidae*



es la especie más abundante en nuestro estudio esta especie habita en cursos fluviales de corriente alta y los tramos superiores de los ríos donde la calidad del agua por lo general es mejor que los tramos inferiores ya que tienen alta oxigenación (37). Magallón et al. (38) presenta resultados similares en la determinación de la calidad de agua en los ríos, Pindo Mirador, Alpayacu, Pindo Grande, ubicados en la provincia de Pastaza, obteniendo como resultado una calidad de agua “Dudosa”, y “Aceptable”, dentro de su estudio señala que la presencia de las especies *Ephemeroptera* y *Trichoptera* se relaciona con la existencia de aguas transparentes, oligotróficas (4), lo que además puede ser favorecido por características físicas propias del lugar, como la presencia de un fondo rocoso, baja profundidad del lecho y rápidas corrientes que contribuyen a una elevada oxigenación (39), donde además (40) argumentan que los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos, bajo este argumento se apoya lo encontrado en estudio, donde los macroinvertebrados hallados en la estación 2 presenta que la diversidad fue mayor con respecto a la estación 1 pero, en abundancia fue menor.

## 5. Conclusiones

Se determinó la calidad de agua del Río Copueno mediante el monitoreo y análisis con métodos físicos-químicos y biológicos; referente a los parámetros físicos-químicos se estableció la calidad de agua del Río Copueno mediante la valorización del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF, el resultado promedio de las tres estaciones presentan un agua de calidad MALA durante el mes de junio del año 2021, debido a que en el P2 exhibe una alta concentración de coliformes fecales con un valor de 24640 NMP/100 mL, la misma generada por las descargas residuales, por otro lado, las estaciones P1 y P3 corroboran la variable de fosfatos correspondientes a 3,82 y 4,55 ppm, respectivamente. Sin embargo, únicamente para el punto 3 de manera significativa afecta la turbiedad con 1007 NTU, en su totalidad son provocadas por las escorrentías y arrastre de contaminantes producto de las intensas lluvias de esa época.

Se evaluó la calidad del agua mediante el índice BMWP/Col. y en las dos estaciones se obtuvo que la calidad del agua en la estación 1 es Dudosa, debido a que se hallaron especies con puntuaciones de BMWP/Col de 3 a 8, resaltando la especie la familia Glossiphoniidae perteneciente al orden Rynchoabdellidae, que es una de las más tolerantes a la contaminación con una abundancia de 8,33%, y en la estación 2 es Aceptable, debido a que se hallaron en su mayoría especies con más altos puntajes



de entre 5 a 10, con excepción de la especie de la orden Haplotaxida de la familia Tubicidae con un porcentaje de 4,1%.

Se estableció el índice de Shannon en los dos puntos de muestreo, mantiene una relación entre sus valores, determinando que existe una diversidad moderada de especies. Se asume que mientras más diversidad exista y un buen balance entre las comunidades la calidad de agua será mejor, es por ello que se determinó que en el Río Copueno existe una contaminación moderada.

## Conflictos de intereses

No existe conflicto de intereses ni problemas al publicar los datos obtenidos en el presente estudio.

## References

- [1] Parparov A, Hambricht KD, Hakanson L, Ostapenia A. Water Quality Quantification: Basics and Implementation. *Hydrobiologia*. 1 de mayo de 2006;560(1):227-237.
- [2] Lozada PT, Vélez CHC, Patiño P. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*. 2009;8(Extra 15):3.
- [3] Naranjo JC, Castillo PL del. Biological Monitoring Working Party, Un Índice Biótico Con Potencialidades Para Evaluar La Calidad De Las Aguas En Ríos Cubanos. *Ciencia en su PC*. 2013;(2):15-25.
- [4] Roldán 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*. 3 de julio de 2016;40(155):254-274.
- [5] Acevedo JL, Ávila H, Sánchez A, Rosas AY, García S, Sampedro-Rosas L, et al. Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*. 2014;1(2):8.
- [6] WWAP. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: no dejar a nadie atrás. UNESCO Publishing; 2019. 215 p.
- [7] INEC. Medición de los indicadores de Agua, Saneamiento e Higiene (ASH), en Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 2019.
- [8] Mendez P, Arcos J, Cazorla X. Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. *Revista Científica El Dominio de las*



- Ciencias. 2020;6(2):734-746.
- [9] Ureta S, Méndez PM, Cazar E. Influencia de la zona urbana de Macas en el Índice Calidad de Agua del río Jurumbaino. *Ciencia Digital*. 15 de julio de 2019;3(3.1):102-114.
- [10] Orantes EAM, Cañas JIV, Roffe3 TG, Gonzalez E academico PDCAZ. El agua como recurso esencial para la vida y el cual hay que garantizar su sostenibilidad ante la adversidad del cambio climático. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. 2015;1(2):140-155.
- [11] Hahn CM, Toro DR, Grajales A, Duque GM, Serna L. 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 Museo de Historia Natural*. 1 de diciembre de 2009;13(2):89-105.
- [12] Tobón SR, Cadavid RMA, Builes LAG. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 16 de febrero de 2017;35(2):236-247.
- [13] Méndez PV, Arcos JP, Cazorla XR. Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. *Dominio de las Ciencias*. 2020;6(2):734.
- [14] Muñoz S, Naranjo C, Garcés G, Lazo DDG, Musle Y, Rodríguez L. Evaluación De La Calidad Del Agua Utilizando Los Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2003;9(2):147-153.
- [15] INEC. Censo de Población y Vivienda 2010 [Internet]. 2010. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- [16] INAMHI. Ecuador - Guía Oficial de Trámites y Servicios [Internet]. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología; 2010. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am 2010.pdf>
- [17] Roldán 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*. 2003;40(155):254.
- [18] Pérez A, Salazar N, Aguirre F, Font M, Zamora E, Córdova A, et al. Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana. 2016. 1-116 p.
- [19] González H, Crespo E, Acosta R, Hampel H. Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del Cantón Cuenca [Internet]. Cuenca: ETAPA EP; 2018. 156 p. Disponible en: [https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fgeo.etapa.net.ec%2Fmonitoreoecohidrologico%2Ffiles%2Fdocs%2FGUIA%2520MACROINVERTEBRADOS.pdf%3Ffbclid%](https://l.facebook.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fgeo.etapa.net.ec%2Fmonitoreoecohidrologico%2Ffiles%2Fdocs%2FGUIA%2520MACROINVERTEBRADOS.pdf%3Ffbclid%3D)



3DIwAR0JP01-QuHynFKjy8aUeWieS34g-26fUcon\_GLhMoLZXSeWyYj6UtxujHI&h=AT3xBaltyn7xudcyxoTTNadsqIxj14OJqC0T4YCL7QvwWzTagpS9Nag5iPbR3oY3dtGhxTGbvDb-fRcKkuydabW&\_\_tn\_\_=-UK\*F

- [20] Salcedo SS, Cosme L, Trama FA. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad* [Internet]. 15 de diciembre de 2013 [citado 3 de diciembre de 2022];3(2). Disponible en: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/197>
- [21] Pérez A, Salazar S, Aguirre F, Font M, Zamora E, Córdova A, et al. Guía de Macroinvertebrados Bentónicos de la provincia de Orellana, Ecuador [Internet]. Quito, Ecuador: Asociació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres; 2016. Disponible en: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- [22] Rincón J, Merchán D, Rojas D, Sparer A, Zarate E. Macroinvertebrados de los Ríos del Parque Nacional Cajas. 2017.
- [23] Carlos Gerardo VM, Marco Antonio GL, Arcadio Valdés G, Rahim Forougbakhch P, Marco Antonio AV, Alejandra Rocha E. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*. diciembre de 2018;66(4):1674-1682.
- [24] Pla L, Matteucci S. Intervalos de confianza bootstrap del índice de biodiversidad de Shannon. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* [Internet]. 2001 [citado 3 de diciembre de 2022];18(3). Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26398>
- [25] Zhang A, Gu Y, Yuan X, Brustolin MC, Yang X, Zhang R, et al. Benthic Habitat Quality Assessment in Estuarine Intertidal Flats Based on Long-Term Data with Focus on Responses to Eco-Restoration Activity. *Water*. 2022;14(23):3846.
- [26] Flores S. Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*. 2019;17(17):215-238.
- [27] Moreno C. Métodos para medir la biodiversidad. *M&T-Manuales y Tesis SEA*. 2001;1.
- [28] Guinard JDC, Ríos T, Vega JAB. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Gestión y Ambiente*. 2013;16(2):61-70.
- [29] Wilhm JL, Dorris TC. Biological parameters for water quality criteria. *BioScience*. junio de 1968;18(6):477-481.





- [30] Torres P, Cruz CH, Patiño PJ. 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.
- [31] Fernández LSQ, Kulich EI, Gutiérrez CM. Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 4 de octubre de 2017;38(3):41-51.
- [32] Castro M, Almeida J, Ferrer J, Díaz D. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*. 2014;10(17):111-124.
- [33] Bautista AL, Tovar JL, Mancilla ÓR, Magdaleno H, Ramírez C, Arteaga R, et al. Calidad microbiológica del agua obtenida por condensación de la atmósfera en Tlaxcala, Hidalgo y Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. mayo de 2013;29(2):167-175.
- [34] Blanch AR, Belanche L, Bonjoch X, Ebdon J, Gantzer C, Lucena F, et al. Tracking the origin of faecal pollution in surface water: An ongoing project within the European Union research programme. *Journal of Water and Health*. 1 de diciembre de 2004;2(4):249-260.
- [35] Lee CY, Panicker G, Bej AK. Detection of pathogenic bacteria in shellfish using multiplex PCR followed by Covalink<sup>TM</sup> NH microwell plate sandwich hybridization. *Journal of Microbiological Methods*. 1 de mayo de 2003;53(2):199-209.
- [36] Ortega H, Chocano L, Palma C, Samanez I. Biota acuática en la Amazonía Peruana: diversidad y usos como indicadores ambientales en el Bajo Urubamba (Cusco - Ucayali). *Revista Peruana de Biología*. abril de 2010;17(1):29-36.
- [37] Pineda JJ, Muñoz J, Morales YE, Hernández-Gómez JC, Sigarreta JM. Biomathematical model for water quality assessment: Macroinvertebrate population dynamics and dissolved oxygen. *Water*. enero de 2022;14(18):2902.
- [38] Magallón G, Escalera Gallardo C, López E, Sedeño JE, López M, Arroyo M, et al. Water quality analysis in a subtropical river with an adapted biomonitoring working party (BMWP) Index. *Diversity*. noviembre de 2021;13(11):606.
- [39] Tarkowska M. Environmental drivers of macroinvertebrate assemblages within Peat Pool habitat-implication for bioassessment. *Water*. enero de 2021;13(17):2369.
- [40] Morelli E, Verdi A. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 1 de diciembre de 2014;85(4):1160-1170.