

DEPÓSITO LEGAL ZU2020000153

ISSN 0041-8811

E-ISSN 2665-0428

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias
Exactas,
Naturales
y de la Salud

77
ANIVERSARIO

Año 15 N° 43
Mayo - Agosto 2024
Tercera Época
Maracaibo-Venezuela

Evaluación de la calidad del agua: Caso río Copueno en Ecuador

Katherine Elizabeth Chacón-Vélez *
Camilo Pavel Haro-Barroso**
Lourdes Cumandá Carrera-Beltrán***

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad biológica del río Copueno ubicado en Ecuador, empleando como método científico macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. Los especímenes recolectados se analizaron en el Laboratorio del Gobierno Provincial de Morona Santiago, donde se aplicaron dos Índices biológicos: *Biological Monitoring Working Party* (BMWP/Col) y Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras (EPT), con la finalidad de determinar la calidad del agua, asignándose valores a los diferentes organismos de acuerdo a su nivel de tolerancia a la contaminación, que oscilaron entre uno 01 (los más tolerantes) y diez 10 (los más sensibles). Entre los resultados obtenidos tenemos que, de un total de 3122 especímenes recolectados, (1391 en verano y 1731 en invierno), la calidad del agua en temporada seca según el BMWP/Col es buena, y aceptable en la temporada húmeda, mientras que, de acuerdo al EPT, la calidad es REGULAR durante las dos estaciones. En conclusión, se establece que la calidad del agua decrece a medida que se acerca al casco urbano, por ello la importancia de la conservación de los cuerpos hídricos es primordial en la zona de estudio.

PALABRAS CLAVE: Evaluación de la calidad del agua, río Copueno, macroinvertebrados bentónicos, medio ambiente.

Este artículo científico surge de una investigación previa, desarrollada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Ecuador), intitulada: *Evaluación de la Calidad del Agua del Río Copueno, Tramo Paccha- Jardín del Upano, Mediante Macroinvertebrados Bentónicos*.

* Docente en la Unidad Educativa Particular Emanuel – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9218-1433>. E-mail: katherineelizabethchacon@gmail.com

**Profesor Ocasional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0510-8438>. E-mail: camilo.haro@esPOCH.edu.ec

*** Profesor Ocasional en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo – Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0266-4893>. E-mail: lourdes.carrera@esPOCH.edu.ec

Recibido: 01/02/2024

Aceptado: 09/04/2024

Water Quality Evaluation: Copueno River Case in Ecuador

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the biological quality of the Copueno River located in Ecuador, using benthic macroinvertebrates as bioindicators as a scientific method. The specimens collected were analyzed in the Laboratory of the Provincial Government of Morona Santiago, where two biological indices were applied: Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) and Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT), in order to determine the water quality, assigning values to the different organisms according to their level of tolerance to pollution, ranging from one 01 (the most tolerant) to ten 10 (the most sensitive). Among the results obtained, from a total of 3122 specimens collected (1391 in summer and 1731 in winter), the water quality in the dry season according to the BMWP/Col is good, and acceptable in the wet season, while according to the EPT, the quality is fair during both seasons. In conclusion, it is established that water quality decreases as it approaches the urban center; therefore, the importance of conserving water bodies is paramount in the study area.

KEYWORDS: Water quality assessment, Copueno river, benthic macroinvertebrates, environment.

Introducción

En las últimas décadas la preocupación por la degradación de los recursos hídricos ha ido en aumento, motivo por el cual hay un creciente interés por conocer y proteger dichos ecosistemas especialmente su “Calidad” y “Cantidad”. Es importante recalcar que, de toda el agua existente en el planeta, solo el 1% es de utilidad para los seres vivos, por lo que su conservación es prioritaria (Álvarez y Pérez, 2007).

Los hábitats acuáticos albergan gran diversidad de fauna y flora, incluso más que los terrestres; por lo que son ecosistemas vulnerables a la contaminación. Desde la antigüedad, los ecosistemas acuáticos son percibidos por las sociedades humanas como una fuente de recursos y como puntos de descargas de efluentes derivados de las actividades antropogénicas, como a su vez de desechos sólidos, lo cual altera la calidad de los mismos.

En la actualidad una de las metodologías más utilizadas para la determinación de la calidad del agua, es el empleo de indicadores biológicos principalmente macroinvertebrados.

La alteración en la fisiología y morfología de los organismos invertebrados presentes en los cursos hídricos indicarán el grado de afectación de los mismos, por lo que el análisis de estos organismos lo convierte en una metodología óptima para determinar la calidad de agua.

El incremento de la población produce un deterioro en la calidad de agua, donde los cursos hídricos superficiales se convierten en los más afectados debido a la cercanía a centros poblados, ocasionando la reducción o pérdida de las comunidades bióticas en los ecosistemas acuáticos. La degradación de los cuerpos de agua puede deberse a la derivación y canalización de los ríos, la deforestación, las descargas de aguas residuales, la expansión de la frontera agropecuaria, el uso indiscriminado de insumos químicos y las actividades mineras (Alonso y Camargo, 2005).

Según Alonso y Camargo (2005), las primeras técnicas para evaluar la calidad de un recurso hídrico consistían en la caracterización físico-química de muestras de agua, pero éstas solo proporcionan información puntual e inmediata, por lo que para validar los datos se deben realizar monitoreos continuos; convirtiéndolo en una desventaja. Para subsanar dicha deficiencia, se incorporan metodologías rápidas que consisten en evaluar las comunidades biológicas (insectos) a través de una biovaloración, puesto que los macroinvertebrados evidencian cualquier perturbación del sistema acuático en tiempo real.

Los índices frecuentemente empleados para analizar la calidad de sistemas lóticos y lénticos son *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) y el índice *Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera* (EPT), debido a que presentan un bajo nivel taxonómico (Familia), que permiten evaluar la calidad del agua. Al ser metodologías de rápida aplicación, requieren una baja inversión de tiempo y dinero (Endara, 2012). En el Ecuador, los trabajos realizados con bioindicadores son reducidos, por lo que la información disponible es escasa, contrario a lo que sucede en países de la Unión Europea y Estados Unidos, que disponen de bancos de datos con la información específica de cada organismo que se encuentra en el medio (Roldán, 1999).

En síntesis, el incremento de vertidos con elevada carga contaminante generados por los asentamientos humanos aledaños y sus múltiples actividades, afectan a ecosistemas sensibles, por ello se requiere la implementación de nuevas metodologías que permitan detectar puntos de contaminación. Considerando que al agua dulce se la emplea para diversos fines (consumo

humano y animal, irrigación, recreación, fuente de diversidad, etc.), es indispensable su conservación, puesto que su deterioro implicaría una serie de conflictos sociales, políticos y ambientales.

Por las razones aludidas, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad biológica del río Copueno ubicado en Ecuador, empleando como método científico macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores. Los especímenes recolectados se analizaron en el Laboratorio del Gobierno Provincial de Morona Santiago, donde se aplicaron dos Índices biológicos: *Biological Monitoring Working Party* (BMWP/Col) y Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras (EPT), con la finalidad de determinar la calidad del agua, asignándose valores a los diferentes organismos de acuerdo a su nivel de tolerancia a la contaminación, que oscilaron entre uno 01 (los más tolerantes) y diez 10 (los más sensibles).

1.Aspectos teóricos de la investigación: Aclaratorias conceptuales

El agua es un elemento de vital importancia para los seres vivos; está presente en océanos, mares, lagos, ríos, quebradas y otros, por lo que es catalogado como el recurso más abundante del planeta. Es un elemento formado por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y es el único recurso que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso.

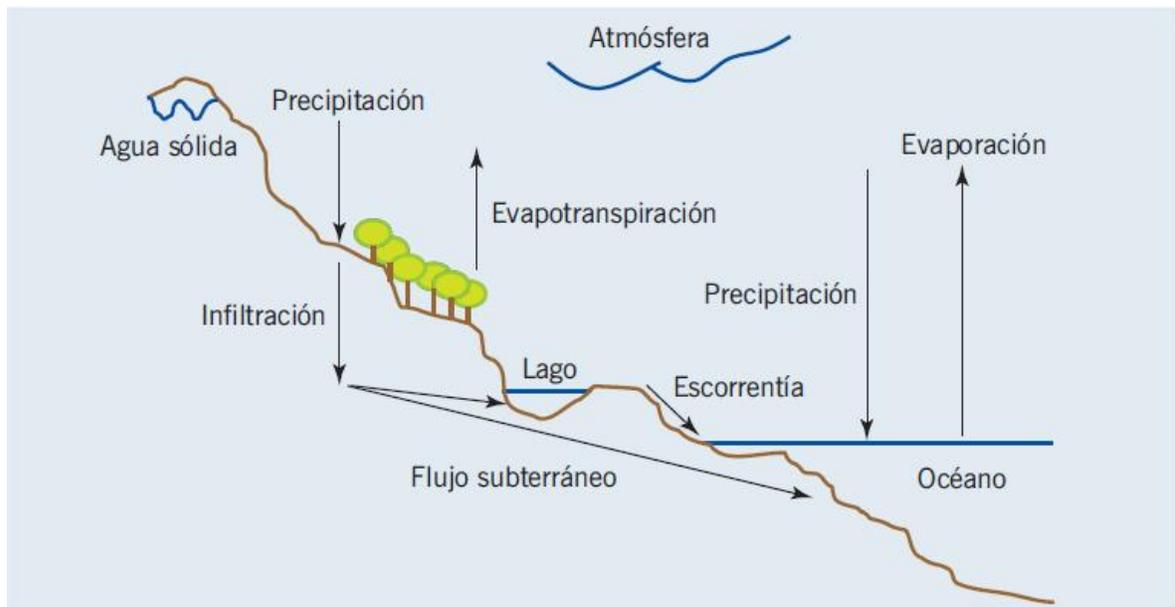
Del mismo modo, el agua que existe en la Tierra es constante y cumple la ley de conservación que señala: “La materia no se destruye, solo se transforma”, lamentablemente esta transformación está asociada con la perturbación de la calidad del recurso; es por ello que, en la actualidad, el agua “limpia” es un recurso menos disponible pues su demanda ha incrementado a velocidades sorprendentes.

El ciclo hidrológico da inicio cuando el agua de mares y océanos se evapora y llega a la atmósfera, una vez allí se condensa y regresa a la tierra bajo forma de lluvia, granizo o nieve. En las zonas altas, el agua cae al suelo de forma variable, debido a los diferentes tipos de precipitaciones que se manifiesta en dichos lugares; contribuyendo así a la formación y alimentación de los cursos hídricos.

El agua que precipita retorna a la atmósfera por procesos de evaporación y evapotranspiración, razón por la cual es importante la presencia de vegetación. El agua que no es captada por las plantas y llega al suelo se infiltra hasta la capa freática pasando a ser agua

subterránea. El agua que no llega a infiltrarse fluye hasta el curso de agua superficial más cercano, a esto se le conoce como escorrentía. Finalmente, el agua de los ríos se dirige a los océanos y mares y el ciclo se repite (Aguirre, 2011).

Figura No. 01. El ciclo hidrológico



Fuente: Pozo y Elozegi, (2009, p. 40).

1.1. El problema de la calidad del agua

Según Álvarez *et al.*, (2007, p.5), “la calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua”; mientras que para Álvarez y Pérez (2007), “el término “calidad”, referido a las aguas continentales, no es un concepto absoluto ni de fácil definición. Por el contrario, es un concepto relativo que depende del destino final del recurso.

El deterioro de la calidad del agua se genera cuando los caudales de descarga provenientes de las diferentes actividades antrópicas superan la capacidad de recuperación de un recurso hídrico determinado (Arce y Leiva, 2009), produciendo desequilibrios en los ecosistemas acuáticos. En razón a lo mencionado, surge la necesidad de elaborar diagnósticos del estado de los cuerpos de agua, con la finalidad de proponer medidas para su preservación.

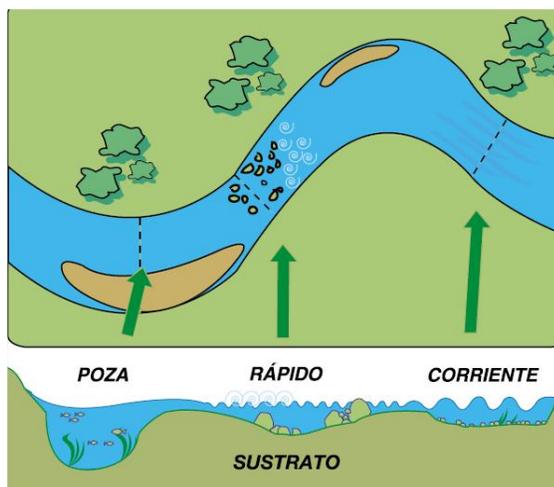
Las estrategias empleadas para diagnosticar la calidad de un curso de agua varían desde los métodos tradicionales hasta la aplicación de monitoreos biológicos. Los primeros consisten en determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de un ecosistema acuático, mientras que los segundos, identifican los organismos que se encuentren bien sea en las orillas de los cauces o dentro del mismo, permitiendo diagnosticar el estado de un recurso hídrico. Ambas estrategias, requieren la comparación de sus resultados con tablas valorativas, las cuales permiten conocer el estado del medio acuático.

En referencia a la técnica de monitoreo biológico, la detección de bioindicadores de contaminación se ha convertido en una valiosa alternativa para evaluar la calidad del agua en los sistemas acuáticos, pues permiten evidenciar el cambio de condiciones sobre estos recursos; dicha evaluación biológica fue empleada en la elaboración del presente trabajo.

1.2. Ríos

De acuerdo con Encalada (2010), los ríos constituyen ecosistemas dinámicos con conexiones longitudinales (transporte y depósito de sedimentos), laterales (vegetación ribereña, erosión) y verticales (aguas subterráneas) que ocurren simultáneamente. La variable que define principalmente la morfología, estructura y diversidad biológica de los mantos acuáticos es el caudal, cuya fluctuación incide de manera importante sobre la diversidad y abundancia de las formas de vida en un río.

Figura No. 02. Elementos constitutivos de un río



Fuente: (Carrera y Fierro, 2001).

Un recurso hídrico saludable es el hábitat de una amplia gama de especies de fauna y flora y, además, proporciona una belleza paisajística; posee vegetación abundante en sus orillas, lo que contribuye a la protección de las riberas de los procesos erosivos, conjuntamente de garantizar el abastecimiento de agua para el consumo. En cambio, un río degradado pierde la capacidad de albergar a especies vegetales y animales, además de ser proclive a procesos erosivos, e incluso genera un incremento del riesgo de desbordamientos, la calidad del agua de estos disminuye, originando escasez de líquido vital.

2. Metodología de la Investigación

Tal como se anunció desde el resumen, el presente estudio se desarrolló en un tramo del río Copueno, comprendido entre el Sector Paccha y el barrio Jardín del Upano, tomando como referencia la propiedad del Señor Rosendo Abelino Abril Róales y el puente de la Avenida Francisco Flor Santillán, ubicado en el ingreso de la ciudad de Macas, en el Ecuador.

Más específicamente, la investigación se desarrolló en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquias Macas y General Proaño. Ambas parroquias son las más pequeñas del cantón y por la conurbación que presentan, comparten muchas características, entre ellas condiciones climáticas y recursos hídricos como el río Copueno, sobre el cual se ejecutó el presente estudio. El río en mención aporta sus aguas hacia la subcuenca del río Upano, el cual forma parte de la cuenca del Río Santiago.

El cantón Morona, donde se desarrolló el presente estudio, limita al Norte con los cantones Pablo Sexto y Huamboya, al Sur con los cantones Sucúa y Logroño, al Oeste con la provincia de Chimborazo y al Este con el cantón Taisha. El estudio de la calidad del agua con macroinvertebrados bentónicos se desarrolló a lo largo del río Copueno, en el tramo comprendido entre el sector de Paccha y el barrio Jardín del Upano, con una longitud cercana a los 2km.

En la determinación de las estaciones de monitoreo, se empleó la cartografía del sitio, utilizando para ello el programa ArcView 10.1, que a partir de los datos tomados con un GPS (GARMIN 2 Seg), se georreferenciaron utilizando el sistema UTM WGS 84. Las cartas se obtuvieron del portal del IGM y otras fueron facilitadas por los técnicos del GAD del cantón

Morona. De acuerdo al tramo considerado del río Copueno, se establecieron 5 estaciones de muestreo, donde la primera estación se ubicó en la zona alta del río. Al tratarse de un punto con poca accesibilidad, el curso hídrico no presenta mayor intervención antrópica, pudiendo ser considerado como un punto de referencia (blanco) en el estudio en cuestión.

Las estaciones restantes fueron establecidas a lo largo del río, considerando para ello los siguientes aspectos:

- Accesibilidad al sitio.
- Criterio del analista.
- Sugerencia de profesionales.
- Ubicación de los focos de contaminación, y
- Entrevistas con los moradores del sector, sobre la ubicación de los puntos de monitoreo.

Por su parte, para la recolección de las muestras (recolección de bioindicadores) se emplearon las redes de Pantalla y Surber, pues son las que mejor se acoplan a las condiciones que presenta el río que se evalúa (poca profundidad y turbulencia). La red de Pantalla es muy útil para aguas estancadas con fondos lodosos o arenosos, mientras que la red Surber responde mejor en aguas corrientes (Carrera *et al*, 2001). Finalmente, se eligieron dos tipos de redes debido a que el muestreo se realizó en un multihábitat (piedras, arena, lodo, hojas, troncos, raíces, etc.), donde cada red permite mejores recolecciones en base a las características del sitio de muestreo (poza, corriente o rápido).

3. Análisis y discusión de los resultados

La determinación del caudal se realizó durante el proceso de muestreo de los macroinvertebrados, considerando la estacionalidad de la zona (lluviosa y soleada), con la finalidad de evaluar la variabilidad de la calidad biológica del agua, obteniéndose los resultados descritos en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de caudales en todos los puntos de monitoreo, durante las épocas secas y lluviosas.

Punto de Monitoreo		CONDICIÓN CLIMÁTICA		PROMEDIOS		
Soleado	Lluvia	Lluvia	Soleado	Época Soleada	Época Lluviosa	
	17/Dic/16	27/Ene/17		25/Mar/17	14/Jul/17	
COPT	99,4	363,2	406,0	117,7	108,6	384,6
COPI	69,7	359,0	429,9	87,8	78,8	394,45
COP2	154,0	542,6	488,1	181,2	167,6	515,35
COP3	309,7	656,8	570,5	305,0	307,4	613,65
COP4	460,8	1093,6	632,0	372,4	416,6	862,80

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados empíricos obtenidos.

En relación a la tabla 1, el primer y cuarto muestreo fueron ejecutados en época soleada, mientras que el segundo y tercero en época invernal. Esta distribución se da en base a la estacionalidad de la zona durante el lapso del estudio, siendo la época lluviosa la que registra los mayores caudales.

Adicionalmente, se observa que a partir del punto COP2, tanto en la estación lluviosa como en la seca, se incrementa notoriamente el caudal del tramo en estudio, debido principalmente al drenaje proveniente de fincas y propiedades aledañas al curso del río, además de un importante aporte del Río Alonso que desemboca en el Copueno.

En el punto COP4, se genera un nuevo incremento de los caudales, producto de las aportaciones provenientes de cunetas de la Avenida Francisco Flor Santillán, la misma que conecta el barrio Jardín del Upano con la carretera Macas-Proaño, registrándose niveles máximos y deterioro de la calidad del agua. En el trayecto comprendido por los dos primeros puntos de monitoreo (COPT-COPI) no se presenta mayor variabilidad, pues el cauce está formado por bancos que permiten la canalización del recurso de una forma uniforme; de igual manera, al no existir gran cantidad de asentamientos humanos, la alteración de la calidad es mínima.

Finalmente, para la determinación del caudal en la época lluviosa, la profundidad promedio y el área transversal del río se ven afectadas, principalmente por el incremento del agua y la consecuente erosión de los bancos del tramo en estudio, lo que ocasiona un aumento de la sección transversal del río; en cambio, durante la temporada seca, el curso se reduce y los depósitos de materiales genera bancos de sedimentos que se convierten en el hábitat idóneo de los macroinvertebrados.

3.1. Resultados de los bioindicadores acuáticos

Durante el presente estudio, se ejecutaron 4 muestreos (2 en cada estación), en cada uno de los puntos de monitoreo (COPT, COPI, COP2, COP3, COP4), dispuestos a lo largo del tramo en estudio. Dentro de las clases encontradas tenemos la Arácnida, que representa un 0,13% del total de especímenes encontrados, además de Bivalvia (0,51%), Gastrópoda (13,55%), Hirudinea (3,04%), Malacostraca (0,29%), Oligochaeta (2,31%), Turbellaria (15,76%) e Insecta (64,41%), siendo esta última la de mayor abundancia por el número de órdenes y familias que posee.

Por su parte, dentro de las órdenes encontradas figuran: Trombidiforme, Veneroidea, Archaeogastropoda, Bassomatophora, Mesogastropoda, Rhynchobdellida, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Lepidoptera, Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Amphipoda, Decapoda, Oligochaeta, Seriata. Las ordenes que alcanzaron mayor abundancia durante este estudio corresponden a la Ephemeroptera, Trichoptera, y Seriata; donde la primera presentó mayor número de individuos, con un total de 753 especímenes recolectados, lo cual representa el 24,12% de la abundancia total encontrada; la segunda con un total de 546 individuos, que representa el 17,49%, y finalmente la orden Seriata, con un total de 492 organismos, que corresponde al 15,76%.

Todo lo contrario, ocurre con las órdenes Archaeogastropoda y Bassomatophora, que representan tan solo el 0,03% del total, pues solo un organismo de cada orden pudo ser identificado; esta información se puede evidenciar con mayor detalle en el gráfico 1.

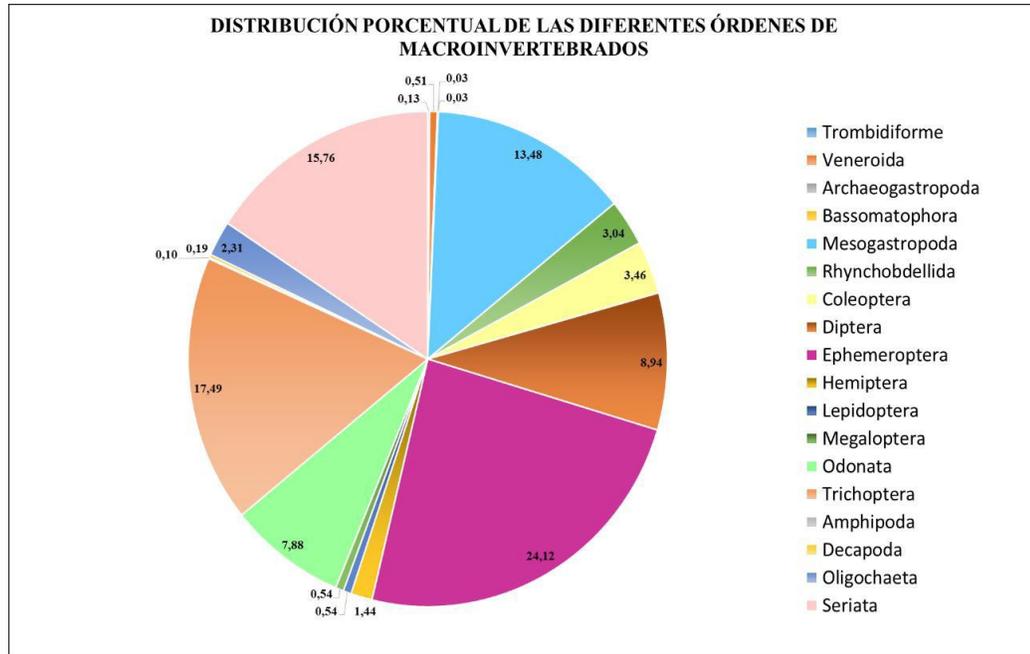


Gráfico 1. Distribución porcentual de las órdenes de macroinvertebrados recolectadas durante el presente estudio.
 Elaborado por los autores.

Es importante recalcar que, durante el estudio, no se encontraron organismos pertenecientes a la orden Plecóptera, por lo que, para el empleo del índice EPT (índice con indicadores de buena calidad), se consideraron únicamente las ordenes Ephemeroptera y Trichoptera, las cuales representan una abundancia de 1299 individuos (41,61%), mucho mayor a la de los Dípteros, (indicadores de mala calidad del agua), con un total de 279 individuos, lo cual representa el 8,94% del total de especímenes.

3.2. Análisis de las órdenes taxonómicas de macroinvertebrados colectados en diferentes épocas (lluviosa-seca)

Como se señaló anteriormente, los muestreos se realizaron en épocas lluviosas, donde se observó que las condiciones del río sufren variaciones, especialmente en lo referente a los caudales y al transporte de sedimentos, producto del lavado y escorrentías de la superficie entorno al río. Dichas modificaciones inciden en la carga de compuestos orgánicos e inorgánicos, presentes en el curso, provocando cambios en la calidad biológica del tramo de estudio, tal como se detalla en los siguientes párrafos:

- Durante la época lluviosa se recolectaron un total de 1731 macroinvertebrados, donde la estación de mayor abundancia representa el punto COPI, con un total de 473 individuos. Por otro lado, en los puntos COP2, COP3, COP4 y COPT, se identificaron 403, 347, 241 y 267 especímenes respectivamente.

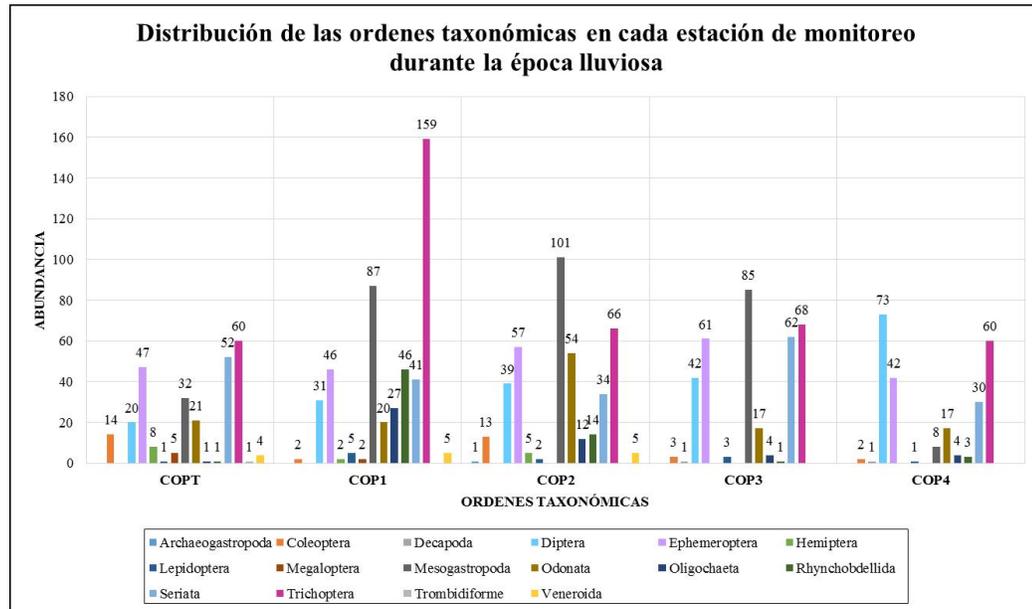


Gráfico 3. Órdenes de macroinvertebrados recolectados en cada punto de monitoreo durante la época de invierno.

Fuente: Elaborado por los autores.

Tal como se puede evidenciar en la gráfica 3, la orden de mayor abundancia encontrada durante la época lluviosa corresponde a Trichoptera, con un total de 413 individuos, cuyo máximo valor se evidenció en la estación de monitoreo COP1 con 159 individuos. Mientras tanto, en los puntos COPT, COP2, COP3 y COP4 se identificaron 60, 66, 68 y 60 organismos respectivamente, siendo predominante en el punto COPT, lo que indican que la calidad del agua en COPT y COP1 es aceptable gracias a la baja alteración del río y a la escasa presencia de asentamientos humanos.

Por otro lado, los organismos que presentaron mayor abundancia en los puntos COP2 y COP3, fueron del orden de las Mesogastropodas, con un total de 101 y 85 individuos respectivamente, mostrando un nivel de tolerancia igual a 3, lo que significa que la calidad del agua disminuye, debido al arrastre de contaminantes desde la zona alta del río, sumado al

aporte de las aguas del Río Alonso que bordea fincas ganaderas y que desembocan en el Copueno, escorrentías generadas en el entorno y al incremento de los asentamiento humanos apostados alrededor de las zonas de amortiguamiento, lo que genera una mayor presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos, dificultando el proceso de autodepuración del río debido al consumo del oxígeno disuelto del mismo (Barba, 2002).

Finalmente, en el punto COP4, la mayor cantidad de especímenes fueron de la orden Díptera, con un total de 73 individuos, lo que evidencia un notable deterioro de la calidad del agua, debido a la cercanía a vías de comunicación y asentamientos humanos (Ver gráfica 3).

A diferencia de la época lluviosa, en donde el río pasa por procesos de “limpieza”, durante la época estiva se genera la estabilización de las comunidades biológicas, además de la adaptación de las mismas a las condiciones imperantes del recurso; por lo tanto, durante esta temporada se estimó con mayor precisión la calidad biológica del tramo en estudio, obteniendo los siguientes datos:

En el tramo en estudio se recolectó un total de 1391 bioindicadores, donde el punto de monitoreo con mayor abundancia corresponde a COP4, con un total de 378 individuos; mientras que en los puntos COP2, COP3, COPT y COP1, se identificaron 323, 270, 240 y 180 organismos respectivamente, distribuidos tal como se observa en el gráfico 4.

Como se muestra en la gráfica citada, la orden de mayor abundancia encontrada durante la época seca corresponde a Ephemeroptera (*F. Leptoxyphidae*), con un total de 500 individuos, cuyo máximo valor se evidenció en la estación de monitoreo COP4 con 236 organismos; mientras que, en los puntos COP3, COP2, COPT y COP1 se identificaron 141, 66, 34 y 23 organismos de la misma orden respectivamente. Se observa también que la predominancia de los *Leptoxyphidae* en las estaciones COP2 y COP3 además de COP4, permitiría tener un primer criterio de calidad, donde el agua sería aparentemente buena, debido a la estabilización de los caudales de la estación húmeda, a la disminución de nutrientes y sedimentos producto de las crecidas del río, y a la generación de hábitats propicios para la anidación de los diferentes especímenes.

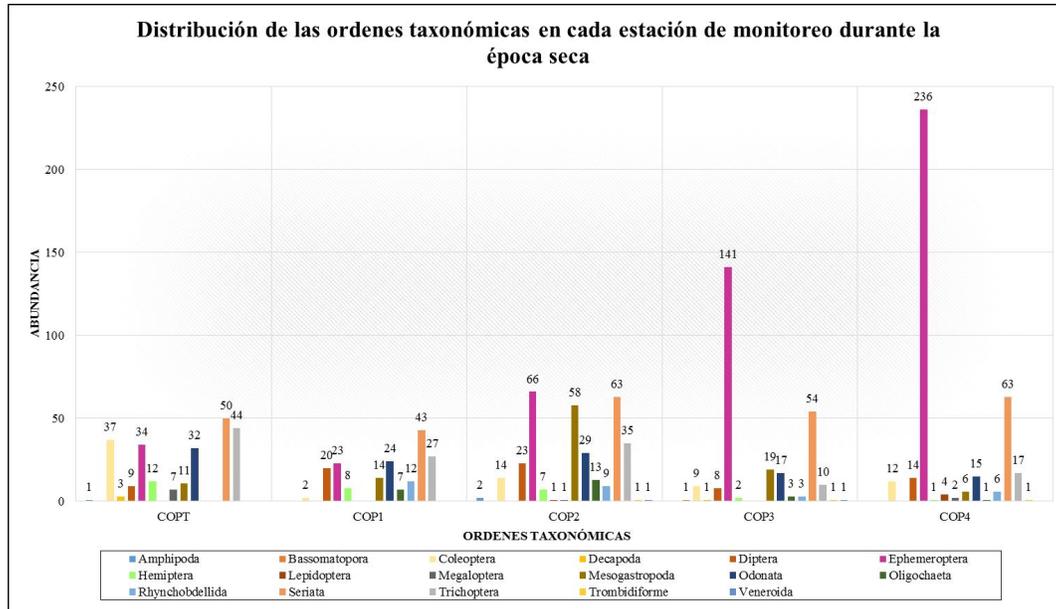


Gráfico 4. Distribución de las órdenes taxonómicas en cada estación de monitoreo durante la época seca

Fuente: Elaborado por los autores

Por otro lado, los organismos que presentaron mayor abundancia en los puntos COPT y COPI, fueron de la orden de la Seriata (*F. Dugesiidae*), con un total de 50 y 43 individuos respectivamente, evidenciando una alteración de la calidad del agua; donde el nivel de tolerancia de dichos especímenes es de 5, debido al incremento de actividades antrópicas en los márgenes del río (distracción, lavado de utensilios, aseo personal, etc.).

A diferencia de la época lluviosa, en el estiaje se genera una disminución de los caudales, lo que provoca una mayor concentración de ciertos contaminantes, disminuyendo así la presencia de indicadores de buena calidad del agua; sin embargo, existen ciertos macroinvertebrados sensibles a la contaminación que desarrollan mecanismos de protección como la construcción de capuchones, lo que les permite desarrollarse en medios alterados (González, Ramírez, Meza, & Dias, 2012; Medina, Andrade, & Augusto, 2009).

En resumen, durante la estación lluviosa, los puntos COPT y COPI, presentan comunidades biológicas de buena calidad (O. Trichoptera), a diferencia de la época seca donde se observan una mayor presencia de organismos pertenecientes a la orden Seriata. Las

estaciones COP2 y COP3, por su parte, durante la época lluviosa albergan Mesogastrópodos, mientras que, en temporadas estivas, en ambos puntos predomina la orden Ephemeroptera.

Finalmente, en el punto COP4, las condiciones de calidad de agua presentan variaciones muy marcadas, donde en la temporada lluviosa, existe una dominancia de la orden Díptera, como se mencionó anteriormente, mientras que, en la estiva, abundan organismos indicadores de buena calidad del agua como los Ephemeropteros, dicha variación se debe principalmente a los procesos de transición entre el período húmedo y seco, y al desarrollo de mecanismos de protección frente a la contaminación (González *et al.*, 2012; Medina *et al.*, 2009).

Conclusiones

Durante el presente estudio se realizó la evaluación de la calidad del agua del río Copueno mediante el empleo de dos índices biológicos, el BMWP/Col y el EPT. El primero, al ser un índice que considera todas las familias taxonómicas, es más flexible al momento de dar un resultado de calidad del agua, a diferencia del EPT, que es un índice más estricto, pues solo considera organismos indicadores del buen estado de un recurso hídrico, por lo que se observó criterios diversos para cada uno de estos.

- Se realizó la caracterización de las diferentes especies de macroinvertebrados a lo largo de cinco puntos de monitoreo ubicados en el tramo Paccha-Jardín del Upano del Río Copueno, lográndose identificar un total 3122 individuos, repartidos en 8 clases, 18 órdenes y 56 familias; donde la familia con mayor número de individuos corresponde a *Leptohyphidae* de la orden Ephemeroptera (Clase Insecta), con un total de 731 individuos, seguida por las familias *Dugesiidae* e *Hydropsychidae* pertenecientes a las órdenes *Seriata* y *Trichoptera*, cuya abundancia asciende a 492 y 391 organismos respectivamente.

- Se comprobó mediante el cálculo de promedios totales de los índices biológicos empleados, que la calidad del agua del Río Copueno (Tramo Paccha-Jardín del Upano) es BUENA según el índice BMWP/Col y REGULAR según el índice EPT; mientras que, según promedios parciales de los mismos índices, obtenidos tanto en época seca como lluviosa, la calidad del agua según el BMWP/Col, es ACEPTABLE en la primera temporada (Seca) y

BUENA en la segunda época (Lluviosa). Por otro lado, el índice EPT indica una calidad REGULAR en ambas estaciones climáticas.

▪ Se reconoció que el río Copueno está influenciado por los cambios estacionales de la zona, lo cual favorece la presencia, diversidad y abundancia de comunidades biológicas acuáticas; en este contexto, durante la temporada lluviosa, se identificaron 1731 organismos, de los cuales, el 23,86% perteneció a la orden Trichoptera, mientras que, el 18,08% y el 14,62% correspondieron a las ordenes Mesogastrópoda y Ephemeroptera respectivamente, convirtiéndose en la estación climática con mayor abundancia de macroinvertebrados. En tanto, durante la época seca, se identificaron 1391 bioindicadores, de los cuales el 35,95% del total de individuos correspondieron a la orden Ephemeroptera, seguida por las órdenes Seriata y Trichoptera con un 19,63% y 9,56% respectivamente.

Con los datos obtenidos, se evidenció que la calidad del agua decrece a medida que se acerca al casco urbano, lo cual se puede atribuir a las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan alrededor o dentro del mismo recurso hídrico; por lo que es importante el empoderamiento y cuidado del río Copueno por parte de la población y los organismos seccionales, siendo indispensable la ejecución de campañas de educación ambiental, la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, sistemas colectores para aguas servidas, al igual que la recuperación y mantenimiento de las zonas de amortiguamiento.

Referencias

- Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores biológicos*. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.
- Alonso, A., & Camargo, J. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14 (03), 87-99. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432/415>.
- Álvarez, S., & Pérez, L. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*. Tegucigalpa. : Zamorano.
- Arce, M., & Leiva, M. (12 de marzo de 2009). *Determinación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo*. Obtenido de

<https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis%20Maria%20Fernanda%20Arce%20Moncada.pdf>

Barba, L. E. (2002). Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Cali: Universidad de Valle.

Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *2001Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia. <https://drive.google.com/file/d/1FWdXNqUUjEaVwLa32C11OYeR3FNbhA51/view>.

Encalada, A. (2010). Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador. *Polemika*, 02 (05), 40-47. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/347>.

Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*, V.3-N.2, 33-41. <https://oaji.net/articles/2015/1783-1426290825.pdf>.

González, S., Ramírez, Y., Meza, A., & Díaz, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del Municipio de Manizales. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natura*, 16 (02): 135-148. <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>.

Medina, K., Andrade, M., & Augusto, M. (2009). *Determinación de la calidad del agua del río Malacatos mediante fauna bentónica como bioindicadora y alternativas de mitigación de la contaminación*. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5046>: Universidad Nacional de Loja.

Pozo, J., & Elosegí, A. (2009). *El marco físico: la cuenca*. Bilbao: Fundación BBVA.

Roldán, G. (1999). Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Académica Colombiana de las Ciencias*, 23 (88), 375-387. <https://es.scribd.com/document/66696971/Los-Macroinvertebrados-y-Su-Valor-Como-Indicadores-de-La-Calidad-Del-Agua>.