

# Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en la Microcuenca Casacay, cantón Pasaje

Aquatic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in the Casacay Microbasin, Pasaje canton



Edú Alexander Espinoza Alvarado<sup>1</sup>

Jorleny Brigitte Escalante Mendoza<sup>1</sup>

Alex Dumany Luna-Florin<sup>1</sup>

Teddy Hendricks Ochoa Pérez<sup>1</sup>

✉ <https://orcid.org/0000-0002-3945-0258>

✉ <https://orcid.org/0000-0001-8942-8430>

✉ <https://orcid.org/0000-0003-4975-405X>

✉ <https://orcid.org/0009-0002-3601-5223>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Machala; Machala - Ecuador; CP 070211

✉ [eospinoza17@utmachala.edu.ec](mailto:eospinoza17@utmachala.edu.ec)

DOI: <https://doi.org/10.26423/gqt3xm85>

Páginas: 38- 47

## Resumen

Los ecosistemas acuáticos de la microcuenca Casacay enfrentan amenazas por contaminantes que afectan su calidad. Este estudio evaluó la calidad del agua en cinco puntos de la parte media y baja del río Casacay utilizando macroinvertebrados como bioindicadores. Se recolectaron 273 individuos pertenecientes a 21 familias y 7 órdenes, destacando *Baetidae*, *Blephariceridae* y *Leptophlebiidae*. Se aplicaron los índices BMWP/COL, EPT, ASPT e IBF para evaluar la integridad biológica. Los resultados mostraron variaciones espaciales en la calidad del agua, destacando valores aceptables en las zonas montañosas y deterioro en zonas agrícolas y recreativas. El análisis descriptivo reveló que el índice BMWP/COL tuvo una media de 69 y una desviación estándar de 26.44, indicando variabilidad en la calidad del agua. El índice EPT presentó una media de 57 con desviación estándar de 19.14, sugiriendo sensibilidad a la contaminación en zonas impactadas.

**Palabras clave:** Cuenca alta, cuenca baja, diversidad trófica, índices bióticos, monitoreo biológico.

## Abstract

The aquatic ecosystems of the Casacay micro-basin face threats from pollutants that affect their quality. This study evaluated water quality at five points in the middle and lower reaches of the Casacay River using macroinvertebrates as bioindicators. A total of 273 individuals belonging to 21 families and 7 orders were collected, with *Baetidae*, *Blephariceridae*, and *Leptophlebiidae* being the most prominent. The BMWP/COL, EPT, ASPT, and IBF indices were applied to assess biological integrity. The results showed spatial variations in water quality, with acceptable values in mountainous areas and deterioration in agricultural and recreational areas. The descriptive analysis revealed that the BMWP/COL index had a mean of 69 and a standard deviation of 26.44, indicating variability in water quality. The EPT index had a mean of 57 with a standard deviation of 19.14, suggesting sensitivity to pollution in impacted areas.

**Keywords:** Upper basin, lower basin, trophic diversity, biotic indices, biological monitoring.

## 1. Introducción

Los ecosistemas acuáticos ofrecen servicios fundamentales como la purificación del agua, la supervisión de las inundaciones y el soporte del hábitat para la biodiversidad y las comunidades humanas [1], [2], [3]. La presencia de contaminantes químicos y microbiológicos en el agua pueden provocar consecuencias crónicas y agudas en la salud del ecosistema [4].

El incremento de la producción de nuevos contaminantes exige la necesidad de emplear otras técnicas adicionales para el estudio de parámetros fisicoquímicos, como la utilización de indicadores biológicos, entre ellos se destaca el seguimiento con macroinvertebrados acuáticos que revelan transformaciones presentes en los cuerpos hídricos [5], [6], [7].

Durante un largo periodo de tiempo, los macroinvertebrados bentónicos han constituido una herramienta clave en el monitoreo ecológico de arroyos y ríos, debido a características biológicas relevantes como sus ciclos de vida relativamente breves, movilidad reducida, alta frecuencia en diversos ecosistemas y sensibilidad a los cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua [8]. Familias del orden *Ephemeroptera*, como *Baetidae* y *Leptophlebiidae*, son ampliamente reconocidas por su alta susceptibilidad a la contaminación y frecuentemente utilizadas en índices biológicos como EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*) y BMWP (*Biological Monitoring Working Party*) para determinar la integridad ecológica de sistemas lóticos. Estas propiedades les permiten responder rápidamente a alteraciones ambientales locales, lo que,

sumado a su facilidad de recolección e identificación taxonómica, los convierte en organismos ideales para evaluar la calidad del agua superficial. [7], [8], [9], [10].

La forma más sencilla de valorar la calidad biológica es a través de un valor que analice un atributo esencial de la comunidad que reaccione de manera evidente a la alteración que nos interesa describir, como por ejemplo la abundancia específica [11]. De manera similar, los macroinvertebrados acuáticos reflejan el estado ecológico de los ríos, debido a que algunas especies son dependientes de aguas de alta calidad para su desarrollo y supervivencia, mientras que otras pueden prosperar y abundar en condiciones de alta contaminación [12].

La estimación de las propiedades fisicoquímicas del agua y los contaminantes del entorno no muestra la condición precisa del agua, para obtener una visión integral, resulta indispensable supervisar la composición biológica del cuerpo de agua, como las acciones humanas pueden impactar el entorno acuático de diversas formas, estos contaminantes pueden modificar el sistema hidrológico alterar las propiedades químicas y físicas del agua [13]. El propósito de este estudio fue evaluar la calidad del agua en cinco puntos dentro de la parte media y baja de la microcuenca Casacay a partir del análisis de macroinvertebrados acuáticos, reflejando la condición ecológica de este cuerpo de agua aplicando bioindicadores de calidad como, BMWP/Col, EPT, IBF y ASPT [14].

## 2. Materiales y Métodos

### Área de estudio



**Figura 1:** Localización de la microcuenca como objeto de estudio y puntos de muestreo.

La subcuenca del río Casacay, se encuentra ubicada en la provincia de El Oro, cantón Pasaje, en la parte baja de la cuenca del río Jubones, dentro de los límites de la Demarcación Hidrográfica de Jubones (DHJ) (Figura 1). De acuerdo con la información proporcionada por Jumbo, (2015) [15], la extensión de este territorio alcanza los 121,78

km<sup>2</sup>, lo que equivale a 12 178 hectáreas. Se caracteriza por tener un clima mesotérmico o semihúmedo, su temperatura oscila entre los 18°C y 28°C, tiene una altura de 111 a 150 metros sobre el nivel del mar [16]. La microcuenca del Casacay representa un espacio natural de importancia social, adicionalmente provee servicios ecosistémicos como

protección de las fuentes de agua, turismo y recreación [17]. Específicamente en las estaciones de muestreo que se extienden desde la estación 1, situada en las coordenadas 3°31'47.5"S y 79°27'57.7"W, a una altitud de 208 m.s.n.m., hasta la estación 5, en las coordenadas 3°48'1.3"S y 79°29'46.4"W, con una altitud de 93 m.s.n.m. Esta área abarca una sección representativa del río, desde la cuenca media hasta el inicio de su desembocadura en el principal afluente, permitiendo evaluar las variaciones en la calidad de agua y la macrofauna acuática [18].

#### Método de muestreo para macroinvertebrados acuáticos

Los muestreos se efectuaron en la temporada de lluvias entre los meses de abril y mayo, se determinaron cinco puntos de muestreo en la parte media y baja del río Casacay con una separación de 900m en cada punto, se realizaron 6 repeticiones por cada estación en la orilla del río, la captura de los macroinvertebrados se realizó según Roldán, (1996) [19]. Para la recolección de las muestras se utilizó una red Surber con la finalidad de capturar los macroinvertebrados con apertura de malla de 500μm con un marco de 33 x 33cm<sup>2</sup> [20].

En cada punto de muestreo se realizó una colecta a contra corriente [14], con las manos se empleó una técnica de remoción del fondo quedando así atrapados los individuos en la red, esta operación se realizó tres veces en cada repetición, luego cuidadosamente se tomó el material recogido en la red y se depositó en bandejas para la separación de los individuos [21]. Los especímenes recolectados se colocaron en frascos plásticos con su respectiva rotulación, y preservados con alcohol al 70% para evitar que las muestras presenten endurecimiento [19].

#### Clasificación de Macroinvertebrados

La identificación de los macroinvertebrados recolectados se realizó con la ayuda de un estéreo Microscopio de marca Q170-T Trinocular (*Better Scientific*), lo que permitió observar con detalle las características morfológicas de los individuos para una correcta clasificación, para la determinación taxonómica se emplearon claves especializadas: [19], [22], [23], [24], [25], [26] que facilitaron la clasificación a nivel de familia y género. Estas claves, reconocidas por su rigurosidad y adaptabilidad a la fauna acuática regional, aseguraron una identificación precisa y confiable de los ejemplares analizados.

#### Aplicación de Índices para valorar la calidad del agua

Se estableció el BMWP (*Biological Monitoring Working Party*), propuesto por Hellawell en 1970 y adaptado por Roldán Pérez e identificado como BMWP/Col, la puntuación crítica por taxón ASPT (*Average Score Per Taxon*), [27], [28] y finalmente el índice *Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera* (EPT), que evalúa órdenes de macroinvertebrados que aplican como indicadores de calidad por sensibilidad a los contaminantes [29].

#### Índice BMWP/COL

El *Biological Monitoring Working Party* se ha establecido como un método muy práctico y rápido para valorar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. [30].

$$BMWP = \sum_{i=1}^n S_i \quad (1)$$

Donde:

$S_i$  = Puntaje asignado a la familia de macroinvertebrados. n = Número total de familias presentes.

#### Índice ASPT

El *Average Score Per Taxon* se evaluó dividiendo el puntaje total del BMWP/COL con el número de taxones presentes, este índice reduce la influencia de la riqueza taxonómica y da como resultado una medida normalizada de la calidad del agua [31].

$$ASPT = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad (2)$$

Donde:

$S_i$  = Puntaje asignado a la familia i. n = Número total de familias presentes.

#### Índice EPT

El análisis se realizó mediante el uso de tres órdenes agrupados los cuales son más sensibles a los contaminantes [29].

$$EPT = NTFP \quad (3)$$

Donde:

NTFP = Número total de familias presentes.

#### Índice IBF

Los datos recopilados a partir de la identificación taxonómica de los macroinvertebrados, hasta el nivel de familia, y el conteo de los individuos por familia, fueron organizados y se asignó un puntaje según su nivel de tolerancia [31].

$$IBF = \frac{SxR}{N} \quad (4)$$

Donde:

S = Sensibilidad media de las especies. R = Riqueza taxonómica. N = Número total de individuos.

#### Análisis estadístico

Para identificar diferencias potenciales entre las zonas de muestreo y los índices de calidad, se llevó a cabo un análisis descriptivo que evalúa la composición de macroinvertebrados y la calidad del agua en distintos puntos de muestreo, utilizando primero un componente exploratorio que explicó la variación mediante la desviación estándar [32].

### 3. Resultados y Discusión

La distribución de los macroinvertebrados se presentó en 5 zonas de muestreo realizadas dentro de la Cuenca Media y Cuenca Baja del Río Casacay donde se obtuvo un total de 273 individuos de macroinvertebrados, que corresponden a 21 familias y 7 órdenes (Tabla 1). La familia que tuvo más presencia fue la *Baetidae* con 96 individuos, seguido de *Blephariceridae* con 64 individuos y la tercera *Leptophlebiidae* con 32 individuos. Las ninfas de *Baetidae* son frecuentes en la mayor parte de los arroyos y ríos que no están contaminados [24], la familia *Blephariceridae* son indicadores de aguas claras y limpias [33], por último las ninfas de la familia *Leptophlebiidae* frecuentemente se

encuentran en quebradas y ríos de Centroamérica, siendo los cuerpos de agua más limpios aquellos que presentan una

mayor diversidad de estas especies [24].

**Tabla 1:** Lista de macroinvertebrados acuáticos en los cinco puntos de muestreo, Zona Montañosa (ZM), Zona de Captación (ZC), Zona de Recreación (ZR), Zona Turística (ZT) y Zona Agrícola (ZA).

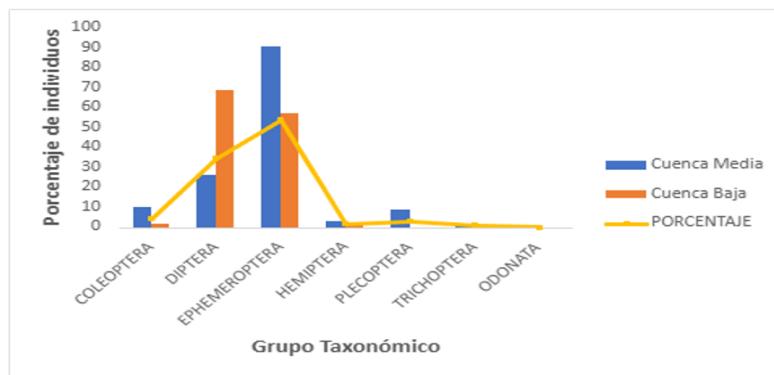
NOMBRE CIENTÍFICO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	Zona de muestreo								
				Cuenca Media				Cuenca Baja				
				ZM	ZC	ZR	ZT	ZM	ZC	ZR	ZT	ZA
<i>Thraulodes</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	11	8	8	0	0	0	0	0	1
<i>Thermonectus</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Dystiscidae</i>	4	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Maruina</i> sp.	Insecta	Diptera	<i>Psychodidae</i>	2	1	0	0	0	0	0	0	9
Sp1	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Baetodes</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	7	9	0	0	0	0	0	0	8
<i>Leptophyses</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Tricorythidae</i>	2	5	1	0	0	0	0	0	7
<i>Smicridea</i> sp.	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stridulivelia cinctipes</i>	Insecta	Hemiptera	<i>Veliidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Limonicola</i> sp.	Insecta	Diptera	<i>Blephariceridae</i>	1	8	6	0	0	0	0	0	37
<i>Lachlania</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Oligoneuriidae</i>	1	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Atrichopogon</i> sp.	Insecta	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aracroneuria</i> sp.	Insecta	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	1	8	0	0	0	0	0	0	0
<i>Thraulodes</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Leptophlebiidae</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Clognia albipunctatus</i>	Insecta	Diptera	<i>Psychodidae</i>	1	3	2	0	0	0	0	0	0
<i>Cyloopeus</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dactylobaetis</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	1	17	1	0	0	0	0	0	27
<i>Baeti</i> sp.	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	0	8	0	0	0	0	0	0	2
<i>Atanatolica nordestina</i>	Insecta	Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Helichus fastigiatus</i>	Insecta	Coleoptera	<i>Byroidea</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macrothemis</i> sp.	Insecta	Odonata	<i>Libellulidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Donacia</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Chrysomelidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Mesoveloidae</i>	Insecta	Hemiptera	<i>Mesovelidiidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Macrelmis</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Heterelmis</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cryptocricos</i>	Insecta	Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus</i> sp.	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Ambrusys</i>	Insecta	Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cyloopeus</i> sp.	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hesperocorixa laevigata</i>	Insecta	Hemiptera	<i>Corixidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Anchyrtarsus</i>	Insecta	Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1

En una investigación que se realizó en la cuenca del río seco en Nicaragua se reveló que los macroinvertebrados acuáticos son generalmente utilizados como indicadores de calidad del agua y documentan claramente las familias dominantes (incluyendo *Baetidae* y *Blephariceridae*) para evaluar la salud del hábitat [34]. La composición y organización de las comunidades de macroinvertebrados se ve alterada por los contaminantes, debido a la actividad humana, se ha producido un incremento significativo en la cantidad y velocidad de los sedimentos finos que se descargan en los entornos de agua dulce. Este aumento se atribuye a diversas actividades antropogénicas, como la horticultura, la silvicultura, la minería, la construcción de carreteras y la expansión de la urbanización, lo que a su vez impacta la calidad del agua [33], [30], [31].

El predominio de las familias *Baetidae* y *Blephariceridae*, son típicamente asociadas a aguas de calidad relativamente buena, sugiere que estas zonas de muestreo aún podrían mantener condiciones favorables para ciertos

grupos de macroinvertebrados, aunque la abundancia de *Leptophlebiidae* por su mayor tamaño [35], podría indicar una tolerancia a condiciones de mayor turbidez, posibles resultados de actividades humanas cercanas a las zonas de muestreo, además tiene características de ambientes acuáticos léticos y lóticos, suelen habitar bajo troncos, entre piedras y en zonas ribereñas con vegetación, siendo bioindicadores de cuerpos de agua con calidad de moderada a buena [36].

Estas familias se destacan debido a que coinciden con estudios recientes que refuerzan su importancia como bioindicadores en zonas lóticas relativamente prístinas. Por ejemplo, análisis realizados en cuencas montañosas del noreste Argentina han encontrado que *Baetidae* y *Ephemerellidae* perdieron entre 1/3 y 1/2 de su abundancia al exponerse a descargas de aguas contaminadas sugiriendo que estas familias son sensibles a alteraciones ambientales [37].



**Figura 2:** Distribución de macroinvertebrados en cuenca media y alta del río Casacay.

La distribución porcentual de macroinvertebrados acuáticos por grupo taxonómico con la cuenca media y la cuenca baja, revelando una fuerte dominancia de *Ephemeroptera* en la parte media de la cuenca, mientras que en la cuenca baja destaca una gran proporción de *Diptera* (Figura 2). Rodríguez, (2020) [38] señaló que este patrón sugiere diferencias ecológicas importantes entre los tramos del río, posiblemente asociadas a la calidad del agua y las condiciones del entorno. Aunque algunos grupos como *Hemiptera* muestran proporciones similares, órdenes como *Plecoptera* y *Trichoptera* son marginales o están ausentes, probablemente debido a su sensibilidad a alteraciones fisicoquímicas del sustrato [39]. Estudios recientes en regiones montañosas han documentado que la composición de grupos EPT (*Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*) responde fuertemente al deterioro del sustrato y a la pérdida de oxígeno disuelto, lo que explica su disminución en zonas impactadas, mientras que los dípteros proliferan en ambientes más eutróficos o perturbados [40].

En algunos ríos andinos de Ecuador, la dominancia de *Ephemeroptera* se asocia con zonas de alta oxigenación y

baja carga orgánica, mientras que *Diptera*, particularmente *Chironomidae*, proliferan en tramos más sombreados y eutrofizados [41]. Por su parte, Maués-Silva et al., (2024) [42] destacan que *Trichoptera* y *Plecoptera* sufren cuando hay alteraciones hidromorfológicas y pérdida de vegetación ribereña, lo que coincide con su escasa presencia en la gráfica.

El orden *Ephemeroptera* se conoce y destaca su capacidad para ser indicadores altamente efectivos de la calidad de aguas cristalinas y sin presencia de contaminantes, aunque existen individuos que soportan ciertos porcentajes de polución orgánica. Normalmente esta agrupación se presenta más en aguas frías que en aguas cálidas y la gran variedad de especies se presenta en aguas con circulación, así lo indican estudios como los de [43]. Se sostiene también que los efemerópteros se utilizan eficazmente para monitorear la calidad de las aguas superficiales [44].

En conjunto, la gráfica refuerza la hipótesis de diferencias ecológicas notables entre ambas zonas, probablemente debidas a gradientes de perturbación antrópica, alteraciones en la dinámica del flujo y en la calidad del agua, respaldando la interpretación basada en los estudios citados.

**Tabla 2:** Índices aplicados para determinar la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de bioindicadores, *Biological Monitoring Working Party /Col* (BWMP/Col), *Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera* (EPT), *Average Score Per Taxon* (ASPT), Índice Biológico de Familias (IBF) ubicados dentro del Río Casacay en los puntos Zona Montañosa (ZM), Zona de Captación (ZC), Zona de Recreación (ZR), Zona Turística (ZT) y Zona Agrícola (ZA).

Índice	Zonas de muestreo	Cuenca	Estimación	Calidad
BMW/COL	ZM	Cuenca Media	94	Aceptable
	ZC	Cuenca Media	99	Aceptable
	ZR	Cuenca Media	39	Dudosa
	ZT	Cuenca Baja	62	Aceptable
	ZA	Cuenca Baja	51	Dudosa
EPT	ZM	Cuenca Media	69	Buena
	ZC	Cuenca Media	76	Muy buena
	ZR	Cuenca Media	62	Buena
	ZT	Cuenca Baja	27	Mala
	ZA	Cuenca Baja	51	Buena
ASPT	ZM	Cuenca Media	7.2	Excelente
	ZC	Cuenca Media	7.1	Excelente
	ZR	Cuenca Media	7.8	Excelente
	ZT	Cuenca Baja	6.9	Excelente
	ZA	Cuenca Baja	7.3	Excelente
ASPT	ZM	Cuenca Media	3.88	Muy buena
	ZC	Cuenca Media	1.82	Excelente
	ZR	Cuenca Media	7.8	Muy nociva
	ZT	Cuenca Baja	1.96	Excelente
	ZA	Cuenca Baja	2.69	Excelente

En la Cuenca Media, el índice BMWP/Col presentó valores de 94 en la Zona Montañosa, pero en la Zona de Recreación indica una calidad dudosa. El índice EPT mostró valores de 69 en Zona Montañosa (buena) y 76 en la Zona de Captación el valor estimado fue (muy buena), sugiriendo una rica biodiversidad de órdenes sensibles. El ASPT se mantuvo en niveles excelentes. El IBF reflejó muy buena calidad en Zona Montañosa y excelente en la Zona de Captación, pero la Zona de Recreación se determinó un impacto negativo en la biodiversidad. En la Cuenca Baja, los valores de BMWP/Col fueron similares. El índice EPT fue (muy buena) en la Zona Captación y el ASPT (excelente), lo que resalta una calidad favorable del agua. El IBF en la Zona Captación (excelente) y Zona Agrícola (ZA) tuvo una puntuación de (excelente).

La comparación de los 4 índices aplicados entre la Cuenca Media y la Cuenca Baja revela matices importantes en la calidad del agua mediante el uso de bioindicadores, en primer lugar, los valores BMWP/COL oscilan entre 94 y 99 (aceptable) en las estaciones Zona Montañosa y Zona de Captación, pero descienden hasta 39 (dudosa) en Zona de Recreación y 51 en Zona Agrícola, este descenso en la calidad podría estar relacionado con fuentes de contaminación locales, como actividades agrícolas o vertidos domésticos, que afectan la biodiversidad acuática, lo cual también ha sido reportado en estudios similares [45], [46]. Esta variabilidad en el BMWP/COL refleja su fuerte dependencia del esfuerzo de muestreo realizado y del número de familias, tal como observaron Armitage et al., (1983) al notar que el BMWP/COL incrementa sustancialmente con la

réplica de muestras, a diferencia del ASPT que permanece estable incluso al aumentar el número de réplicas [47].

En cambio el índice EPT, que cuantifica la riqueza de *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*, muestra valores elevados (69-76) en las estaciones con mejor calidad, pero desciende a 27 en la Cuenca Baja, subrayando la sensibilidad de estos órdenes a la degradación ambiental [47]. El ASPT, en cambio, mantiene niveles excelentes (7,1-7,8) en casi todas las estaciones, lo que coincide con la observación de Lenat y Resh (2001) de que el promedio de puntuación por taxón

es menos afectado por diferencias en esfuerzo de muestreo y ofrece una métrica más robusta frente a las variaciones de condición natural [48].

Por último, el IBF confirma los resultados del ASPT, con valores de “muy buena” a “excelente” en todas las estaciones, excepto en la Zona de Recreación de la cuenca media. Este hallazgo refuerza la necesidad de combinar índices basados en tolerancias con aquellos órdenes sensibles (EPT), así como promedios normalizados (ASPT), para lograr una evaluación más y objetiva de la calidad biológica del agua [49].

**Tabla 3:** Estadísticas descriptivas de los Índices de calidad de agua *Biological Monitoring Working Party/Col* (BWMP/Col), *Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera* (EPT), *Average Score Per Taxon* (ASPT), Índice Biológico de Familias (IBF).

Índice	Media	D Estándar	Min	25 %	50 %	75 %	Max
BWMP/Col	69	26.448.062	39	51	62	94	99
EPT	57	19.144.190	27	51	62	69	76
ASPT	7.26	0.336155	6.9	7.1	7.2	7.3	7.8
IBF	3.63	2.469.818	1.82	1.96	2.69	3.88	7.8

El BWMP/Col presenta un promedio de 69.00 y una desviación estándar de 26.44, lo que indica una variabilidad elevada entre los puntos de muestreo y sugiere la existencia de hábitats heterogéneos a lo largo de los lugares analizados. Este índice es muy receptivo a variaciones en la calidad del agua y en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados. Coincide, así, con lo que reportan Morelli *et al.*, (2014) [50], quienes observaron que en los ríos con elevados contenidos de materia orgánica los índices de diversidad tienden a ser bajos, interpretándose como una merma de las especies más sensibles y una expansión de los organismos tolerantes a las alteraciones. En este caso, la elevada desviación estándar resalta las variaciones espaciales de la calidad del agua.

Con una media de 57.00 y una desviación estándar de 19.14, el índice EPT evidencia una variación notable en la representación de los grupos más sensibles: *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*. Ese patrón apunta a una calidad del agua que puede responder de forma más acentuada a variaciones estacionales o modificaciones en el régimen de caudales, según Sotomayor *et al.*, (2025) [51] observaciones previas en la Cuenca Andina corroboran este resultado, dado que los organismos de ciclo de vida breve y alta vulnerabilidad se ven alterados de manera intensa por los cambios estacionales en los caudales. En estudios realizados en Colombia, se ha verificado que los grupos de EPT al presentar tales oscilaciones, pone de manifiesto la dinámica de la calidad del agua, que parece más sensible y variable a lo largo del tiempo [52], [53], [54].

En el caso del ASPT, la media se sitúa en 7.26 y la desviación estándar en 0.33, lo que revela una dispersión baja. Esto sugiere que las especies que componen la comunidad se comportan de manera relativamente tolerante ante las variaciones que pueden presentarse en las condiciones del agua [55]. Resultados que coinciden con trabajos previos de Roldán, (2024) [52] y de Figueroa *et al.*, (2003) [5], los cuales han documentado que en sistemas acuáticos donde las condiciones ambientales se mantienen más estables, las comunidades tienden a albergar más especies resistentes y menos sensibles a los cambios.

El índice IBF, que presenta una media de 3.63 y una

desviación estándar de 2.46, pone de manifiesto una ligera variabilidad en la composición funcional de la comunidad de macroinvertebrados, sugiriendo así una mezcla funcional que se puede catalogar como moderada. No obstante, la elevada desviación estándar evidencia que esta variabilidad no se distribuye de forma homogénea en todas las estaciones de muestreo, hallazgo que coincide con lo planteado por Mauad *et al.*, (2020) [56], según los cuales los índices de biomasa funcional, el IBF entre ellos, muestran menor sensibilidad a las fluctuaciones estacionales en el caudal y la temperatura que otros índices, como el EPT [57]. La escasez de una respuesta más marcada en el IBF indica que este índice reacciona de forma atenuada ante cambios rápidos en las condiciones del agua, lo que a su vez lo posiciona como un indicador fiable de la estabilidad del ecosistema a escala temporal prolongada.

## 4. Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados, se puede deducir que los macroinvertebrados acuáticos son un bioindicador sensible y práctico para determinar la calidad del agua en la microcuenca Casacay, pues permiten distinguir el impacto antrópico y las áreas mejoradas en cuanto su integridad ecológica. En esta área se evidencia además que los niveles de degradación biológica derivada de actividades recreativas y agrícolas también se pueden reconocer por medio de la aplicación conjunta de BWMP/COL, ASPT, EPT e IBF. El monitoreo ecosistémico revela claramente la necesidad de diseñar estrategias estandarizadas llevando a cabo muestreos periódicos combinando estos parámetros con mediciones fisicoquímicas para fortalecer la resiliencia ante alteraciones y optimizar extrapolaciones en diversas escalas temporales. La modelación hidromorfológica junto con otros factores deberían ser consideradas para hacer más comprensibles las dinámicas que son responsables por toda esa variabilidad biológica observada.

### Financiamiento:

Los autores expresan que no ha sido necesario financiamiento externo para realizar esta obra de investigación.

### Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

#### Contribución de autor/es:

Edú Espinoza, 35%: Escritura, gestión, recursos e investigación  
 Jorley Escalante, 35%: Escritura, gestión, recursos e investigación  
 Alex Luna, 20%: visualización, administración del proyecto, análisis de datos, metodología.  
 Teddy Ochoa, 10%: Escritura, gestión curación de datos

## 5. Referencias

- benthic \_ macroinvertebrates \_ and \_ physicochemical \_ parameters \_ for \_ evaluating \_ water \_ quality \_ of \_ the \_ stream\_Cekerek\_Tokat\_Turkey.
1. UM. PALMER Y A. RUHI. Linkages between flow regime, biota, and ecosystem processes: Implications for river restoration. *Science* [online]. 2019, vol. 365, n.º 6459, eaaw2087. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.aaw2087>.
  2. S.-R. PARK, Y. PARK, J.-W. LEE, H. KIM, K.-A. YOU, Y. S.-W. LEE. How Land Use and Hydrological Characteristics Impact Stream Conditions in Impaired Ecosystems. *Science* [online]. 2025, vol. 14, n.º 4, pág. 829. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/land14040829>.
  3. C. J. VEERKAMP, A. M. SCHIPPER, K. HEDLUND, T. LAZAROVA, A. NORDIN, Y H. I. HANSON. A review of studies assessing ecosystem services provided by urban green and blue infrastructure. *Ecosyst. Serv* [online]. 2021, vol. 52, pág. 101367. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101367>.
  4. M. Á. PICO Y W. S. ARÍZAGA. Evaluación de la calidad de agua del río Casacay de la provincia de El Oro. *Ecosyst. Serv* [online]. 2023, vol. 5. Disponible en: <https://doi.org/10.54140/raop.v5i2.63>.
  5. R. FIGUEROA, C. VALDOVINOS, E. ARAYA, Y O. PARRA. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat* [online]. 2003, vol. 76, n.º 2. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>.
  6. J. ALBA TERCEDOR. MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS Y CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS RIOS1. *Research Gate* [online]. 1996. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237225203\\_Macroinvertebrados\\_acuaticos\\_y\\_calidad\\_de\\_las\\_aguas\\_de\\_los\\_rios](https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios).
  7. M. DURAN Y M. SUICMEZ. Utilization of both benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters for evaluating water quality of the stream Cekerek (Tokat, Turkey). *Research Gate* [online]. 2007. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/5928770\\_Utilization\\_of\\_both\\_benthic\\_macroinvertebrates\\_and\\_physicochemical\\_parameters\\_for\\_evaluating\\_water\\_quality\\_of\\_the\\_stream\\_Cekerek\\_\(Tokat,\\_Turkey\)](https://www.researchgate.net/publication/5928770_Utilization_of_both_benthic_macroinvertebrates_and_physicochemical_parameters_for_evaluating_water_quality_of_the_stream_Cekerek_(Tokat,_Turkey)).
  8. N. D. MUNDAHL. Characterizing Stream Condition with Benthic Macroinvertebrates in Southeastern Minnesota, USA: Agriculture, Channelization, and Karst Geology Impact Lotic Habitats and Communities). *Insects* [online]. 2025, vol. 16, n.º 1, pág. 59. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects16010059>.
  9. R. JERVES-COBO ET AL. A Methodology to Model Environmental Preferences of EPT Taxa in the Machangara River Basin (Ecuador). *Water* [online]. 2017, vol. 9, n.º 3, pág. 195. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w9030195>.
  10. F. C. AKAMAGWUNA Y O. N. ODUME. Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) functional feeding group responses to fine grain sediment stress in a river in the Eastern Cape, South Africa. *Environ. Monit. Assess* [online]. 2020, vol. 192, n.º 4. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8187-4>.
  11. N. PRAT; B. RIOS; R. ACOSTA, Y M. RIERADEVALL. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. [Online]. 2009, pág. 25.
  12. J. DEL C. GUINARD, T. RÍOS, Y J. A. B. VEGA. Using benthic macroinvertebrates as bioindicators to evaluate the impact of anthropogenic stressors on water quality and sediment properties of a West African lagoon. [Online]. 2013, vol. 16, n.º 2, págs. 61-70.
  13. JT. A. ADESAKIN . AL. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Heliyon* [online]. 2023, vol. 9, n.º 9, e19508. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19508>.
  14. S. LÓPEZ MENDOZA, D. F. HUERTAS PINEDA, Á. M. JARAMILLO LONDOÑO, D. S. CALDERÓN RIVERA, Y J. L. DÍAZ ARÉVALO. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ing. Desarro* [online]. 2022, vol. 37, n.º 2, págs. 269-288. Disponible en: <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>.
  15. F. A. JUMBO CASTILLO. Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE* [online]. 2015, vol. 6, n.º 4, págs. 81-97. Disponible en: <https://doi.org/10.14482/ute.6.4.81>

- //doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.80.
16. GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE CASACAY. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial parroquial Casacay (2023 - 2027). *Casacay: LR Consultora* [online]. 2023. Disponible en: %7Bchrome - extension : / / efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj / https://casacay.gob.ec/wp-content/uploads/2025/05/Plan-de-Desarrollo-y-Ordenamiento-Territorial-de-la-parroquia-Casacay-1.pdf%7D.
17. C. GARZÓN SANTOMARO ET. AL. PROPUESTA DE ÁREAS NATURALES DE CONSERVACIÓN DE LA PROVINCIA DE EL ORO. *Casacay: LR Consultora* [online]. [s.f.].
18. R. LI ET. AL. Bioassessment of Macroinvertebrate Communities Influenced by Gradients of Human Activities. *Insects* [online]. 2024, vol. 15, n.º 2, pág. 131. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/insects15020131>.
19. G. ROLDÁN. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá, Colombia. *Universidad de Antioquia* [online]. 1996. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>.
20. V. H. RESH ET. AL. The Role of Disturbance in Stream Ecology. *J. North Am. Benthol. Soc* [online]. 1988, vol. 7, n.º 4, págs. 433-455. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1467300>.
21. M. A. OSEJOS MERINO; M. C. MERINO CONFORME; M. V. MERINO CONFORME; Y J. L. SOLIS BARZOLA. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *RECIMUNDO* [online]. 2020, vol. 4, n.º 4, págs. 454-467. Disponible en: [https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.454-467](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467).
22. A. PÉREZ ET. AL. GUIA DE MACRO INVERTEBRADOS BENTONICOS DE LA PROVINCIA DE ORELLANA. *Orellana: Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres* [online]. 2016, vol. 1, n.º 1.
23. A. PALMA. GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE CHILE. [Online]. [s.f.], vol. 58, págs. 122, 2013.
24. R. W. FLOWERS Y C. DE LA ROSA. Ephemeroptera. *Ephemeroptera* [online]. 2010, vol. 1, n.º 1, págs. 63-93. Disponible en: <https://www.scielo.sa/pdf/rbt/v58s4/a04v58s4.pdf>.
25. P. A. GUARDERAS; R. E. ESPINOSA; E. A. GUEVARA; Y T. SANTANDER. Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo. [Online]. 2017, vol. 1, n.º 1, págs. 63-93. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25555.81447>.
26. M. M. HERRERA. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. [Online]. 2005. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2267>.
27. D. R. ACOSTA, E. M. A. RICARDO, Á. D. P. LOSADA, Y M. C. VELÁSQUEZ. VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO LA PLATA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES. [Online]. 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/25004476.617>.
28. S. E. MUSTOW. Biological monitoring of rivers in Thailand: use and adaptation of the BMWP score. [Online]. 2002. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1021055926316>.
29. C. CARRERA Y K. FIERRO. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia* [online]. 2001. Disponible en: <https://ecociencia.org/manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua/>.
30. G. ROLDÁN. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. *Colombia: Editorial Universidad de Antioquia* [online]. 2003. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
31. J. L. CARTER, V. H. RESH, Y M. J. HANNAFORD. Macroinvertebrates as Biotic Indicators of Environmental Quality. *Methods in Stream Ecology*, Elsevier [online]. 2017, págs. 293-318. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813047-6.00016-4>.
32. G. MINCHOLA SOTO, M. ÑIQUE ÁLVAREZ, Y J. GIL BACILIO. MMacroinvertebrados bentónicos y la calidad de agua de afluente del río Aguaytía en la selva baja de Perú. *Rev. Alfa* [online]. 2025, vol. 9, n.º 25, págs. 255-268.

- Disponible en: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.345>.
33. Y. MENESSES CAMPO, M. I. CASTRO REBOLLEDO, Y A. M. JARAMILLO LONDONO. Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biológica Colomb* [online]. 2019, vol. 24, n.º 2, págs. 299-310. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>.
  34. B. H. MENDOZA □ RAMÍREZ, L. PÁIZ □ MEDINA, T. SALVATIERRA □ SUÁREZ, N. HERNÁNDEZ, Y J. A. HUETE □ PÉREZ. A survey of aquatic macroinvertebrates in a river from the dry corridor of Nicaragua using biological indices and DNA barcoding. *Ecol. Evol* [online]. 2022, vol. 12, n.º 11, e9487. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ece3.9487>.
  35. D. C. FLORES ROJAS. Desarrollo de una herramienta de vigilancia ambiental basada en macroinvertebrados bentónicos (Mib) en la cuenca del río Jequetepeque, Cajamarca, Perú. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos* [online]. 2018. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200005&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162017000200005&script=sci_arttext&tlng=es).
  36. R. AUQUILLA. Influencia del uso del suelo en la calidad del agua en la subcuenca del Río Jabonal, Costa Rica. [Online]. 2006. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6408>.
  37. N. BENHADJI, S. B. KURNIAWAN, Y M. F. IMRON. Review of mayflies (Insecta Ephemeroptera) as a bioindicator of heavy metals and microplastics in freshwater. *Sci. Total Environ* [online]. 2025, vol. 958, pág. 178057. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.178057>.
  38. LIC. M. RODRIGUEZ. Los rasgos biológicos y ecológicos de macroinvertebrados de arroyos pampeanos frente a diferentes características del hábitat y al uso territorial de la cuenca. [Online]. 2020. Disponible en: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120771>.
  39. D. MONTOYA PAUCA. IDENTIFICACIÓN DE APROXIMACIONES TEÓRICAS PARA EL USO DE MACRO INVERTEBRADOS EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA Y TRICHOPTERA, EN LA DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA EN RÍOS. [Online]. 2023. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/a0332e42-57d6-47e0-95ed-aab96cc825c7>.
  40. B. TUBIĆ ET AL. Aquatic Insects (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) Metric as an Important Tool in Water Quality Assessment in Hilly and Mountain Streams. *Water* [online]. 2024, vol. 16, n.º 6, pág. 849. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w16060849>.
  41. B. RÍOS-TOUMA, A. C. ENCALADA, Y N. PRAT. Life history and secondary production of Anomalocosmoecus illiesi Marlier, 1962 (Trichoptera, Limnephilidae) in a small stream in the northern Ecuadorian Paramo. *ZooKeys* [online]. 2022, vol. 1111, n.º 6, págs. 381-388. Disponible en: <https://doi.org/10.3897/zookeys.1111.85576>.
  42. R. MAUÉS-SILVA, J. M. B. OLIVEIRA-JUNIOR, G. M. D. CRUZ, Y L. S. BRASIL. Evaluation of the environmental quality monitoring protocol for Amazonian streams: a systematic review. *Ambiente E Agua - Interdiscip. J. Appl. Sci* [online]. 2024, vol. 19, págs. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambia.2967>.
  43. J. M. SERMENO CHICAS ET AL. Determinacion de la calidad ambiental de las aguas ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuaticos: indice biológico a nivel de familias de invertebrados acuaticos en El Salvador (IBF-SV-2010). *San Salvador: Ciudad Universitaria* [online]. 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/261948658\\_Determinacion\\_de\\_la\\_calidad\\_ambiental\\_de\\_las\\_aguas\\_de\\_los\\_rios\\_de\\_El\\_Salvador\\_utilizando\\_invertebrados\\_acuaticos\\_indice\\_biologico\\_a\\_nivel\\_de\\_familias\\_de\\_invertebrados\\_acuaticos\\_en\\_El\\_Salvador\\_IBF-SV-2](https://www.researchgate.net/publication/261948658_Determinacion_de_la_calidad_ambiental_de_las_aguas_de_los_rios_de_El_Salvador_utilizando_invertebrados_acuaticos_indice_biologico_a_nivel_de_familias_de_invertebrados_acuaticos_en_El_Salvador_IBF-SV-2).
  44. H. HAMDANI. USE OF EPHEMEROPTERA AS A BIOINDICATOR FOR ASSESSING SURFACE WATER QUALITY IN INDONESIA. *Water Conserv. Manag* [online]. 2024, vol. 8, n.º 3, págs. 326-330. Disponible en: <http://doi.org/10.26480/wcm.03.2024.326.330>.
  45. J. C. GIACOMETTI V Y F. BERSOSA V. Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. [Online]. 2006.
  46. S. M. GONZALES, Y. P. RAMÍREZ, A. M. MEZA, Y L. DIAS. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del Municipio de Manizales. *Municipio de Manizales* [online]. 2012.

47. P. ARMITAGE, D. MOSS, J. WRIGHT, Y M. FURSE. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res* [online]. 1983, vol. 17, n.º 3, págs. 333-347. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4).
48. D. R. LENAT Y V. H. RESH. Taxonomy and stream ecology—The benefits of genus- and species-level identifications. *J. North Am. Benthol. Soc* [online]. 2001, vol. 20, n.º 2, págs. 287-298. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/1468323>.
49. S. PANDEY Y S. S. DHURIA. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. [Online]. 2023. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/377273201\\_Biological\\_Indicators\\_of\\_Freshwater\\_Pollution\\_and\\_Environmental\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/377273201_Biological_Indicators_of_Freshwater_Pollution_and_Environmental_Management).
50. E. MORELLI Y A. VERDI. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay. *Rev. Mex. Biodivers* [online]. 2015, vol. 85, n.º 4. Disponible en: <https://doi.org/10.7550/rmb.45419>.
51. G. SOTOMAYOR, H. HAMPEL, R. F. VÁZQUEZ, C. VAN DER HEYDEN, M. A. E. FORIO, Y P. L. M. GOETHALS. Evaluating Mathematical Concordance Between Taxonomic and Functional Diversity Metrics in Benthic Macroinvertebrate Communities. *Biology* [online]. 2025, vol. 14, n.º 6, pág. 692. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biology14060692>.
52. G. ROLDÁN PÉREZ. LOS MACROINVERTEBRADOS Y SU VALOR COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA. *Rev Acad Colomb Cienc Exactas Física Nat* [online]. 2024, vol. 23, n.º 8, págs. 375-387. Disponible en: [https://doi.org/10.18257/raccefyn.23\(88\).1999.2870](https://doi.org/10.18257/raccefyn.23(88).1999.2870).
53. G. PASCUAL, J. IANNACONE, Y L. ALVARIÑO. Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú. *Rev. Investig. Vet. Perú* [online]. 2020, vol. 30, n.º 4, págs. 1421-1442. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17164>.
54. P. PASTORINO ET AL. Functional Feeding Groups of Aquatic Insects Influence Trace Element Accumulation: Findings for Filterers, Scrapers and Predators from the Po Basin. *Biology* [online]. 2020, vol. 9, n.º 9, pág. 288. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biology9090288>.
55. D. HALABOWSKI ET AL. Ecological Assessment of Rivers Under Anthropogenic Pressure: Testing Biological Indices Across Abiotic Types of Rivers. *Water* [online]. 2025, vol. 17, n.º 12, pág. 1817. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w17121817>.
56. M. MAUAD, J. MASSAFERRO, L. KAMBURSKA, Y A. BOGGEROL. axonomic and Functional Responses of Macroinvertebrates to Hydrological Changes and Invasive Plants in an NW Patagonia Riparian Corridor (Argentina). *Water* [online]. 2025, vol. 17, n.º 13, pág. 1840. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w17131840>.
57. D. SIMEONE Y M. E. B. FERNANDESL. Linking Riparian Forest to the Functional Diversity of Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera in First-Order Tropical Streams. *Diversity* [online]. 2025, vol. 17, n.º 7, pág. 438. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/d17070438>.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezclen, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.