ALFA
Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias

ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias
Enero-abril 2025 / Volumen 9, Número 25
ISSN: 2664-0902 / ISSN-L: 2664-0902
https://revistaalfa.org
pp. 255 - 268

CC BY NC SA

Macroinvertebrados bentónicos y la calidad de agua de afluente del río Aguaytía en la selva baja de Perú

Benthic macroinvertebrates and water quality of a tributary of the Aguaytía river in the lowland rainforest of Peru

Macroinvertebrados bentônicos e a qualidade da água de um afluente do rio Aguaytía na selva de várzea do Peru

ARTÍCULO ORIGINAL

Greysy Minchola Soto[1]
greiskath@hotmail.com

Manuel Ñique Álvarez[2]
mnique@undc.edu.pe

José Gil Bacilio[3]
jose.gil@unas.edu.pe

[1]**Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú**
[2]**Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cañete. Lima, Perú**
[3]**Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú**

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i25.345

Artículo recibido: 20 de noviembre 2024 / Arbitrado: 30 de diciembre 2024 / Publicado: 27 de enero 2025

RESUMEN

Introducción: El agua dulce es un recurso renovable, pero su calidad, con las actividades antropogénicas ha sido afectada; en ese sentido, para determinar la calidad del agua de la quebrada Río Negro afluente al río Aguaytía (Ucayali, Perú). **Objetivo:** Evaluar cómo las variaciones estacionales (épocas de estiaje y lluvia) influyen en la calidad del agua y la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Aguaytía. **Materiales y método:** El enfoque del estudio es cuantitativo, tipo descriptivo y experimental. Se calcularon los índices ASPT y Shannon-Weiner (H´). Los muestreos se realizaron en septiembre 2020 (época de estiaje) y enero 2021 (época de lluvia), considerando métodos estandarizados para colectar las muestras e identificar los macroinvertebrados bentónicos, los que se colectaron en 8 puntos de muestreo, en épocas de estiaje y de lluvia. **Resultados:** En concordancia al Índice ASPT y H' los valores de la calidad de agua están en el rango de buena, aceptable y dudosa; y estadísticamente no difieren en la estacionalidad y lugar de muestreo; además los valores de ASPT correlacionan moderadamente con los valores de H´. **Conclusiones:** Se demuestra la existencia de una relación positiva moderada entre la calidad de agua y niveles de biodiversidad de los macro invertebrados bentónicos.

Palabras clave: Agua; Biodiversidad, Calidad; Índice; Macroinvertebrados

ABSTRACT

Introduction: Sweet water is a renewable resource, but its quality has been affected by anthropogenic activities; In this sense, to determine the quality of the water of the Río Negro tributary of the Aguaytía river (Ucayali, Peru). **Objective**: Evaluate how seasonal variations (dry seasons and rain) influence water quality and biodiversity of benthic macroinvertebrates in the Aguaytía River. **Materials and method:** The approach of the study is quantitative, descriptive and experimental. The ASPT and Shannon-Weiner (H´) indices were calculated. The museums will be carried out in September 2020 (dry season) and 2021 (rainy season), considering standardized methods to collect samples and identify benthic macroinvertebrates, which were collected in 8 sampling points, in dry and rainy seasons. **Results:** In agreement with the ASPT Index and H' the values of water quality are within the range of good, acceptable and dubious; and statistically no difference in season and museum location; Furthermore, ASPT values moderately correlate with H´ values. **Conclusions:** The existence of a moderate positive relationship between water quality and biodiversity levels of benthic macro invertebrates is demonstrated.

Key words: Water; Biodiversity, Quality; Index; Macroinvertebrates

RESUMO

Introdução: A água doce é um recurso renovável, mas de qualidade, pois atividades antropogênicas foram afetadas; nesse sentido, para determinar a qualidade da água da quebrada Rio Negro, afluente do rio Aguaytía (Ucayali, Peru). Objetivo: Avaliar como as variações estacionais (épocas de estiagem e aluvião) influenciam a qualidade da água e a biodiversidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Aguaytía. Material e método: A abordagem do estudo é quantitativa, do tipo descritivo e experimental. Se calcular os índices ASPT e Shannon-Weiner (H´). Os monumentos foram realizados em setembro de 2020 (época de estiagem) e janeiro de 2021 (época de lluvia), considerando métodos padronizados para coletar as muestras e identificar os macroinvertebrados bentônicos, aqueles que foram coletados em 8 pontos de monumento, em épocas de estiagem e de lluvia. Resultados: Em concordância com o Índice ASPT e H' os valores da qualidade da água estão na faixa de bom, aceitável e dudosa; e estadísticamente não difere na estacionalidade e local de museu; além dos valores de ASPT correlacionaram-se moderadamente com os valores de H´. Conclusões: Demonstra-se a existência de uma relação moderadamente positiva entre a qualidade da água e os níveis de biodiversidade dos macroinvertebrados bentônicos.

Palavras-chave: Água; Biodiversidade, Qualidade; Índice; Macroinvertebrados

INTRODUCCIÓN

El recurso agua dulce es un recurso renovable pero finito y al llevar a cabo evaluaciones de posibles causas de deterioro de la calidad de los cuerpos de agua naturales (1) se indica que la principal amenaza para la calidad del agua es la descarga de aguas residuales urbanas, seguida por los vertederos de desechos sólidos y los pasivos ambientales de minas, lo que afecta a la salud humana y de los ecosistemas.

En ese sentido, para determinar la calidad de los cuerpos de agua, tradicionalmente se hace mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, que son caros y dan una información puntual y restringidos temporalmente. Alternativamente, en los últimos años se ha incluido a los macroinvertebrados de aguas dulces como parte del monitoreo ambiental; además, de aperturar nuevas ideas y maneras de estudiar el monitoreo ambiental ha conllevado a obtener conocimiento acerca cómo y con qué tipo de contaminante afectan las aguas dulces mediante el implemento de presencia/ausencia, comportamiento y bioquímica de estos animales(2), pero en Perú no está incorporado en el concepto general de la evaluación de la calidad del agua en la normatividad oficial (3).

Estos macroinvertebrados bentónicos que son de un tamaño relativamente grande (visibles al ojo humano), no muy inferiores a 0.5 mm pero habitualmente mayores de 3 mm, son los más utilizados como indicadores de calidad de agua debido a su elevada diversidad y que estén representados por diferentes taxones, requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas, físico-químicas y biológicas del medio acuático (4); por lo que resultan ser una herramienta biológica para determinar un daño ambiental específico, debido a que, mediante estos macroinvertebrados bentónicos se puede evaluar y monitorear la calidad del agua por las respuestas a una variedad de factores ambientales que alteran el ecosistema acuático.

Asimismo, estos macroinvertebrados tienen amplia distribución, son fáciles de colectar e identificar y además en su mayoría son sedentarios, por lo tanto, reflejan las condiciones de su hábitat, representan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo, proporcionan información sobre efectos acumulativos y poseen ciclos de vida largos (semanas y/o meses) lo que contribuye a informar el estado de los ríos que han experimentado una intensa presión debido a la explotación y los cambios en el uso de la tierra en las últimas décadas, lo que ha tenido un impacto en la calidad del agua en las cuencas hidrográficas (5, 6).

Considerando estas características de sensibilidad de los macroinvertebrados bentónicos a la contaminación acuática, se comprobó la calidad de agua de la quebrada Rio Negro afluente

al rio Aguaytía, mediante la determinación de un índice de Shannon-Wiener (H´) e índice ASPT.

La importancia de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua es ampliamente reconocida, ya que su presencia y abundancia pueden reflejar cambios en las condiciones ambientales acuáticas. Sin embargo, en la región de la selva baja de Perú, específicamente en el río Aguaytía, existe una necesidad de investigar cómo las variaciones estacionales afectan la calidad del agua y la biodiversidad de estos organismos. Esto es particularmente relevante debido a los cambios climáticos y actividades humanas que podrían estar impactando negativamente en el ecosistema. Por lo tanto, surge la interrogante: ¿Cómo afectan las variaciones estacionales en las condiciones ambientales la calidad del agua y la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Aguaytía?

En consecuencia, el objetivo de este estudio es evaluar cómo las variaciones estacionales (épocas de estiaje y lluvia) influyen en la calidad del agua y la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el río Aguaytía, utilizando índices como BMWP/Col y ASPT para determinar la calidad del agua y el índice de Shannon-Wiener para evaluar la biodiversidad. Este objetivo busca dar respuesta a la interrogante planteada, a su vez, proporcionar información para la gestión ambiental sostenible del río Aguaytía.

MATERIALES Y MÉTODO

La investigación se realizó en la quebrada denominada “Río Negro” (7) que cruza de sur a norte el centro poblado Villa Aguaytía, distrito Padre Abad, provincia Padre Abad, departamento de Ucayali (8) y es un afluente del río Aguaytía (Ucayali, Perú).

El enfoque para realizar el estudio fue cuantitativo, ya que se recolectaron datos numéricos sobre la abundancia de macroinvertebrados, utilizando índices cuantitativos como BMWP/Col y ASPT para evaluar la calidad del agua. Además, se analiza estadísticamente la relación entre estos índices y la diversidad de macroinvertebrados.

En cuanto al tipo de estudio es descriptivo, ya que se describe la composición de macroinvertebrados y la calidad del agua en diferentes puntos de muestreo y épocas del año. Sin embargo, también contiene un componente exploratorio, pues trata de explicar cómo las variaciones estacionales afectan la calidad del agua y la biodiversidad.

El diseño seleccionado es transversal, ya que se realizan muestreos en diferentes momentos (estiaje y lluvia) en varios puntos del río. Aunque no se sigue a los mismos individuos a lo largo del tiempo, se compara la situación en dos momentos específicos, lo que permite evaluar cambios en la calidad del agua y la biodiversidad entre estas épocas.

Los muestreos se realizaron en 8 puntos de muestreos, según se muestra en la Tabla 1, en época de estiaje en septiembre 2019 (Muestreo 1= M1) y en época de lluvia en enero 2020 (Muestreo 2= M2) y las condiciones climáticas se indican en la Tabla 2.

Tabla 1. Ubicación de puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Coordenadas UTM (WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
P1	443039	9000395
P2	443125	9000417
P3	443209	9000384
P4	443363	9000332
P5	443653	9000431
P6	443758	9000536
P7	444076	9000864
P8	444142	9001285

La colecta de macroinvertebrados bentónicos se realizó según lo establecido en Samanez (9), para lo cual, en cada lugar muestreado se delimitó un espacio de 20 metros de largo y se dividió en tres partes, haciendo para cada estación una unidad de esfuerzo (10) de 1.5 horas, y luego se hizo la identificación taxonómica a nivel de familias (5).

Tabla 2. Condiciones ambientales en la fecha del muestreo.

Muestreo	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		Total
M 1	34	21.5	83.8	0
M 2	30	24	86.1	19

*Tomado de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (11).

Para determinar el índice de calidad del agua, inicialmente se desarrolló el cálculo del índice BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party) (5,12), que consiste en asignar puntajes de tolerancia a las familias presentes un determinado lugar de muestreo y sensibles o tolerantes a la contaminación del agua, y además independiente al número de individuos colectados (13).

Posteriormente, se sumaron las puntuaciones asignadas a las familias presentes, y se obtiene el valor del Índice BMWP/Col, lo que corresponde a la calidad de agua del lugar muestreado (14,15)

Volumen 9, Nro. 25, enero-abril 2025
ISSN: 2664-0902 / ISSN: 2664-0902, www.revistaalfa.org

tal como se muestra en la Tabla 3. Con los valores de BMWP/Col. se calculó el índice ASPT (Average Score per Taxon) que expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado (16) y los valores de ASPT Tabla 3, están en el rango 0 - 10 y además se caracteriza al agua según su clase y calidad (17) y además se da un significado.

Para hallar la diversidad, se calculó el índice de Shannon-Wiener (H´) (18,19) mediante el uso del software Past 4.03 (20). Asimismo, se analizó estadísticamente la relación entre los valores de ASPT y el Índice de Shannon-Weiner mediante la correlación de Pearson y los estadísticos de Shapiro-Wilk, Kruskal Wallis y prueba t para la igualdad de medias.

Tabla 3. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo a los índices BMWP/Col. y ASPT.

Clase	Calidad	BMWP	ASPT	Significado
I	Buena	≥150	>9 -10	Aguas muy limpias
		123-149	>8 - 9	Aguas no contaminadas
II	Aceptable	71-122	>6.5 - 8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación
III	Dudosa	46-70	>4.5- 6.5	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	21-45	>3 – 4.5	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	<20	1 - 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica

Fuente: Álvarez (5).

RESULTADOS Y DISCUSION

La distribución y abundancia de cualquier organismo son modeladas por factores bióticos y abióticos, inertes o físicos (21,22), principio que se aplica a los macroinvertebrados bentónicos, que son organismos bioindicadores sensibles a las perturbaciones ambientales, afectándose su distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras; por ello, estos son usados como estimadoras de las condiciones ambientales, entre ellas la calidad de agua que en algunos casos resultan difíciles, inconvenientes o costosas de medir directamente. Así, los bioindicadores en un estricto sentido, proporcionan información cualitativa de la salud del ambiente a través de su presencia/ausencia o mediante cambios en su abundancia (23).

En las Tablas 4 y 5, se indica la presencia de 12 familias, las que se repiten de las dos épocas de muestreo, lo que indica que dichos organismos tienen un nivel de tolerancia a la perturbación del ambiente acuático (24).

Tabla 4. Taxonomía y abundancia del muestreo 1.

Familia	Abundancia							
	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**	**E8**
Leptophlebiidae	15	10	15	23	19	4		
Perlidae	20							
Hidropsychidae	3		2	6	9			
Odontoceriidae	12							
Coenagríonidae	17		6	7	6	2	2	1
Gomphidae	9	2	1					
Elmidae	2	3						
Psephenidae	4		1	6	2			
Naucoridae	3	6						
Hyalellidae	4							
Glossiphoniidae	1	6	4			7	10	6
Planariidae	1	2	3	2	1			
Abundancia por familia	**12**	**6**	**7**	**5**	**5**	**3**	**2**	**2**
Total	**42**							

Asimismo, la abundancia de familias Tablas 4 y 5, cambia según la estacionalidad, así Leptophlebiidae que tiene la mayor abundancia (86 individuos) y es indicador de agua limpias o ligeramente contaminada, en época de en época de estiaje explicado por las condiciones favorables del habitad, que cambia para la época de lluvia, periodo en que la familia Coenagríonidae tiene la mayor abundancia (44 individuos), la variación del número de individuos podrían estar afectada por los factores físicos y químicos del cuerpo de agua y además por los ciclos biológicos de los macroinvertebrados.

Una observación especial merece la familia Elmidae, que en ambos muestreos tiene abundancia baja (5 y 9 individuos), son comunes en aguas loticas con alto contenido de oxígeno, pero también se les puede encontrar en cuerpos de agua moderadamente contaminados (25).

Volumen 9, Nro. 25, enero-abril 2025
ISSN: 2664-0902 / ISSN: 2664-0902, www.revistaalfa.org

Tabla 5. Taxonomía y abundancia del muestreo 2 (época de lluvia).

Familia	Abundancia							
	E1	**E2**	**E3**	**E4**	**E5**	**E6**	**E7**	**E8**
Leptophlebiidae	12	6	4					
Perlidae	17	11	10	6				
Hidropsychidae	6		6	7	13	12		
Odontoceriidae	2							
Coenagríonidae	9	1	1	6	12	10	4	2
Gomphidae	6							
Elmidae	9							
Psephenidae	10	2		1				
Naucoridae	2	1			1			
Hyalellidae	4							
Glossiphoniidae	4					11	11	8
Planariidae	2	1	3	5	3			
Abundancia por familia	**12**	**6**	**5**	**5**	**4**	**3**	**2**	**2**
Total	**39**							

Con los datos de ambas épocas muestreos (estiaje y lluvia) se determinaron, para cada época, la diversidad con el criterio de la heterogeneidad, mediante el índice Shannon-Weiner (H´) el que es muy sensible al cambio de la abundancia de las especies (26, 27).

Para el primer muestreo Tabla 6, H´oscila entre 0.4101 bits/ind. a 2.122 bits/indiv., lo que significa un nivel de diversidad media y baja respectivamente. El nivel de diversidad media coincide con la calidad de agua aceptable y dudosa según el índice ASPT, mientras que los valores bajo de diversidad, coinciden con la calidad de agua solamente dudosa.

Tabla 6. Índices BMWP//Col, ASPT y Biodiversidad (H´) de Muestreo 1 (estiaje).

Estación de muestreo	BMWP/Col	Número de familias	ASPT				Diversidad H´ Bits/indiv.	
			Clase	Calidad	Valor	Significado	Valor	Nivel
E1	86	12	II	Aceptable	7.16	Ligeramente contaminada: se evidencian efectos de la contaminación	2.122	Diversidad media
E2	38	6	III	Dudosa	6.33	Aguas moderadamente contaminadas	1.623	D. media
E3	43	7	III	Dudosa	6.14	Aguas moderadamente contaminadas	1.541	D. media
E4	40	5	II	Aceptable	8	Ligeramente contaminada: se evidencian efectos de la contaminación	1.315	D. media
E5	40	5	II	Aceptable	8	Ligeramente contaminada: se evidencian efectos de la contaminación	1.236	D. media
E6	17	3	III	Dudosa	5.6	Aguas moderadamente contaminadas	0.984	D. baja
E7	10	2	III	Dudosa	5	Aguas moderadamente contaminadas	0.451	D. baja
E8	10	2	III	Dudosa	5	Aguas moderadamente contaminadas	0.4101	D. baja

Volumen 9, Nro. 25, enero-abril 2025
ISSN: 2664-0902 / ISSN: 2664-0902, www.revistaalfa.org

ALFA
Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias

Para el segundo muestreo los valores de la diversidad oscilan entre 2.283 bits/indiv. y 0.5004 bits/indiv Tabla 7, lo que significa diversidad del nivel mediana y baja respectivamente. Estos niveles de diversidad media coinciden con la calidad de agua buena, aceptable y dudosa según el índice ASPT, mientras que los niveles bajo de diversidad coinciden con agua de calidad dudosa.

Tabla 7. Índices BMWP//Col, ASPT y Biodiversidad (H´) del muestreo 2 (lluvia)

Estación de muestreo	BMWP/Col	Número de familias	ASPT				Diversidad H´ Bits/indiv.	
			Clase	Calidad	Valor	Significado	Valor	Nivel
E1	86	12	II	Aceptable	7.2	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	2.283	Media
E2	50	6	I	Buena	8.3	Aguas no contaminadas	1.34	Media
E3	40	5	I	Buena	8.0	Aguas no contaminadas	1.402	Media
E4	41	5	I	Buena	8.2	Aguas no contaminadas	1.492	Media
E5	28	4	II	Aceptable	7.0	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	1.076	Media
E6	17	3	III	Dudosa	5.7	Aguas moderadamente contaminadas	1.096	Media
E7	10	2	III	Dudosa	5.0	Aguas moderadamente contaminadas	0.58	Baja
E8	10	2	III	Dudosa	5.0	Aguas moderadamente contaminadas	0.5004	Baja

La media de los valores del índice de Shannon-Wiener (H´) para el muestreo 1 (estiaje) fue de 1.210262, mientras que para el muestreo 2 (lluvia) fue ligeramente mayor, con un valor de 1.221175. La desviación estándar para el muestreo 1 fue de 0.5843887, y para el muestreo 2 fue de 0.5625201. La media de error estándar fue de 0.2066126 para el muestreo 1 y de 0.1988809 para el muestreo 2.

Para evaluar si existen diferencias significativas en las medias de H´ entre las dos épocas de muestreo, se realizó una prueba t-student. El resultado de esta prueba arrojó un valor de t igual a -0.038, con un grado de libertad de 14 y una significancia bilateral de 0.970. Este resultado indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en los valores de H´ entre el estiaje y la lluvia, ya que el valor de significancia es mayor que 5%. Los resultados se visualizan gráficamente en la Figura 1, que muestra un diagrama de cajas simple de los valores del índice de Shannon-Wiener H´ según época de muestreo.

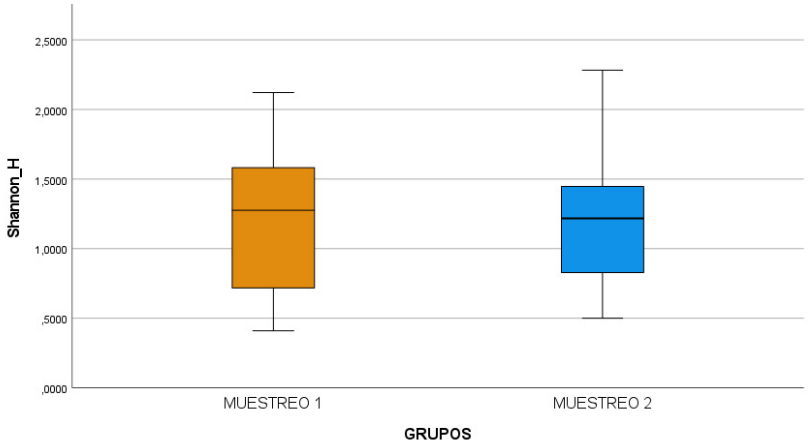

***Figura* 1**. Diagrama de cajas simple de los valores del índice de Shannon-Weiner H´ según época de muestreo.

La prueba de Shapiro-Wilk se utilizó para determinar si los datos de los índices ASPT y H´ siguen una distribución normal. Para el índice ASPT, el estadístico de Shapiro-Wilk fue de 0.875, con un grado de libertad de 16 y una significancia de 0.033, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal. Por otro lado, para el índice H´, el estadístico fue de 0.947, también con un grado de libertad de 16, pero con una significancia de 0.443, lo que sugiere que los datos sí siguen una distribución normal.

Además, se determinó el índice ASPT, generado a partir del BMWP/Col, debido a que ASPT resulta ser un mejor índice de medición, ya que calcula el promedio de la puntuación de tolerancia (18) y es más sensible que el BMWP,

considerando que es la división del valor de este último por la cantidad de taxa utilizados en el cálculo (28, 29).

Al realizar el análisis de los valores medios del índice ASPT por época de muestreo, se encontró que el ASPT es mayor en la época de lluvia, con un valor de 6.800, mientras que en la época de estiaje alcanza un valor de 6.4038. Aunque el valor medio de ASPT fue mayor en la lluvia, una prueba estadística Kruskal-Wallis no encontró diferencias significativas entre las medias de ASPT para las dos épocas. La prueba arrojó un estadístico de prueba de 0.552, con un grado de libertad de 1 y una significancia asintótica bilateral de 0.458. Las estadísticas de prueba se ajustaron para empates, y no se realizaron comparaciones múltiples porque la prueba global no mostró diferencias significativas entre las muestras.

Esta falta de diferencias significativas se fundamenta en una evaluación previa con la prueba de Shapiro-Wilk, que mostró que el índice ASPT presenta un valor de significancia de 0.033, lo cual es menor que 5%, indicando que los datos no siguen una distribución normal. El total de observaciones para ambos muestreos fue de 16.

Discusión

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se destaca la importancia de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el río Aguaytía, Perú. Estos organismos, debido a su amplia distribución, facilidad de colecta e identificación, y naturaleza sedentaria, reflejan efectivamente las condiciones de su hábitat y los efectos de las variaciones ambientales tanto a corto como a largo plazo. Además, su ciclo de vida, que puede durar semanas o meses, permite evaluar los impactos acumulativos de las actividades humanas en el ecosistema acuático.

También, se observó que la composición de macroinvertebrados y los índices de calidad del agua (BMWP/Col y ASPT) variaron entre las épocas de estiaje y lluvia. Durante el estiaje, se encontraron aguas ligeramente contaminadas en algunas estaciones, mientras que, en la época de lluvia, la calidad del agua mejoró en varias áreas, lo que podría deberse a la dilución de contaminantes debido al aumento del caudal del río. Estos hallazgos se alinean con lo que presenta el autor Álvarez (5), quien destaca la importancia de los macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua en ecosistemas similares.

La relación entre los índices ASPT y la diversidad de macroinvertebrados (H´) también fue significativa, lo que sugiere que la calidad del agua influye en la biodiversidad acuática. Esto se contrasta con lo que presenta el autor Roldan (6), quien encontró que los cambios en la calidad del agua pueden afectar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados de manera diferente en otros contextos.

Finalmente, los resultados sugieren que, las actividades humanas y los cambios en el uso del suelo en la cuenca hidrográfica podrían estar impactando la calidad del agua del río Aguaytía.

CONCLUSIONES

Este estudio proporciona evidencia de la calidad de agua de la quebrada "Río Negro" afluente del río Aguaytía, según los macroinvertebrados bentónicos, está en el rango de agua aceptable y dudosa en época de estiaje y en época de lluvia. Durante el estiaje, la calidad del agua se clasifica principalmente como calidades aceptable y dudosa, mientras que, en época de lluvia, se observan calidades del agua buena, aceptable y dudosa. Además, se encontró una relación positiva moderada entre la calidad del agua y los niveles de biodiversidad de los macroinvertebrados bentónicos.

Además, este estudio demuestra que las variaciones estacionales influyen en la calidad del agua y la biodiversidad de macroinvertebrados en el rio Aguaytía. Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la gestión ambiental sostenible de la cuenca hidrográfica, sugiriendo la necesidad de monitorear periódicamente la calidad del agua y la biodiversidad acuática para impulsar estrategias efectivas de conservación mitigación de impactos ambientales.

Finalmente, para la región amazónica este estudio contribuye al conocimiento sobre la importancia de los macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos de esta zona, y a su vez destaca su utilidad para evaluar el impacto de las actividades humanas y los cambios climáticos en la salud del ecosistema acuático.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Autoridad Nacional del Agua. Monitoreo de los Recursos Hídricos en el Perú. ANA; s.f. https://www.ana.gob.pe/gestion-agua/calidad/pagina/2

2. Gamboa M, Reyes R, Arrivillaga J. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. Boletín de Malariología y Salud Ambiental. 2008; 48(2): 109-120. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&tlng=es

3. Lazo C, Piscoya J, Roa P. Análisis crítico del uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente. 2022; (9: 140-153. https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202201.007

4. Confederación Hidrológica del Ebro. Gestión de cuencas: Macroinvertebrados. 2024. https://www.chebro.es/web/guest/macroinvertebrados

5. Álvarez L. Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. 2005. http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357

6. Roldán G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. 2016; Revista Academia Colombiana. 40(155): 254-274. http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335

7. Autoridad Nacional del Agua. Observatorio Nacional de Recursos Hídricos.ANA: s.f. https://snirh.ana.gob.pe/VisorPorCuenca/?IdVar=251

8. Autoridad Nacional del Agua. Mapa de ubicación de poblaciones vulnerables de la quebrada Rio Negro, centro poblado Villa Aguaytía, departamento de Ucayali. ANA: 2016. https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/5673

9. Samanez I, Rimarachín V, Palma C, Arana J, Ortega H, Correa V, Hidalgo M. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. 2014. Ministerio del Ambiente. https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/MtodoscolectaidentificacinyanlisisdecomunidadeshidrobiolgicasMUSM-MINAMdic2014.pdf

10. Resh V, Jackson J. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. En Rosenberg D.M, Resh V.H, editor. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates: Chapman and Hall, New York, New York; 1993. 195-233. https://www.researchgate.net/publication/247332759_Rapid_Assessment_Approaches_to_Biomonitoring_Using_Benthic_Macroinvertebrates

11. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional. s.f. https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones

12. Roldán G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia; 2003.

13. Ayala S, Reinoso W, Calderón D, Jaramillo A, Mesa D. Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónico. Avances Investigación En Ingeniería. 2019; 16 (1): 49-65. https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.5191

14. Arrunátegui K. Utilización de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua y algunos parámetros fisicoquímicos del río Casca, La libertad, marzo- agosto; 2015. https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8761/Arrun%C3%A1tegui%20Rojas%2C%20Katherine%20Kelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y

15. Bullón V. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo; 2016. https://repositorío.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3462

16. Arango M, Álvarez L, Arango G, Torres O, Monsalve A. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. Revista EIA. 2013. 5(9): 121-141. https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/203

17. Tolosa D, Castillo-Aguilar M, Beltrán F. Macroinvertebrados bentónicos en tres afluentes de Caño Grande en la zona de influencia de la reserva natural nacional Nukak, Guaviare, Colombia: Aporte a la calidad de agua y características fisicoquímicas. En Serna E, editor. Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era.: Instituto Antioqueño de Investigación; 2022; 71-83. https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/879378.pdf

18. Custodio M, Chanamé F. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales. Junín, Perú. Revista Scientia Agropecuaria. 2013; 7 (1): 33-44. 2016. http://doi.org.10.17268/sci.agropecu.2016.01.04

19. Magurran E. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. 2004. https://bit.ly/4ijShsg

20. Hammer Ø, Harper D, Ryan P. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica. 2001; 4(1); 1-9. https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

21. Frías M. La ecología dinámica. UNAM. 2012. https://www.academia.edu/29593620/Unidad_1_La_Ecolog%C3%ADa_Din%C3%A1mica_Autor

22. Khan Academy. ¿Qué es la ecología?. https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/intro-to-ecology/a/what-is-ecology#:~:text=La%20distribuci%C3%B3n%20y%20abundancia%20de,%2C%20comunidad%2C%20ecosistema%20y%20bi%C3%B3sfera

23. De la Lanza G, Hernández S. Organismos acuáticos como indicadores de cambios

ambientales: características, elección, interpretación, monitoreo. Ventajas y desventajas. En González C, Vallarino A, Pérez J, Low A, editores. Bioindicadores guardianes de nuestro futuro ambiental: El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC): 2014. 42-65. https://www.academia.edu/15806347/Bioindicadores_guardianes_de_nuestro_futuro_ambiental

24. Alvan-Aguilar M, Ochoa M, Tuesta S, Ismiño-Orbe R, Chu-Koo F. Comunidades de macroinvertebrados bentónicos de quebradas del área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta, Loreto- Perú. Ecología Aplicada. 2024; 23(1): 47-57. https://doi.org/10.21704/rea.v23i1.2164

25. González-Córdoba M, Zúñiga M, Giraldo L, Ramírez Y, Chará J. Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. Revista de Biología Tropical. 2020; 68(2): 601- 622. http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.36702

26. Nagendra H. Opposite trends in response for the Shannon and Simpson indices of landscape diversity. Applied Geography. 2002; 22(2): 175-186. https://doi.org/10.1016/S0143-6228(02)00002-4

27. Kiernan D. Introduction, Simpson's Index and Shannon-Weiner Index. Statistics Library. 2024. https://stats.libretexts.org/Bookshelves/Applied_Statistics/Natural_Resources_Biometrics_%28Kiernan%29/10%3A_Quantitative_Measures_of_Diversity_Site_Similarity_and_Habitat_Suitability/10.01%3A_Introduction__Simpsons_Index_and_Shannon-Weiner_Index

28. Armitage P, Moss D, Wright J, Furse M. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. Water Research. 1983; 17(3): 333-347. https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4

29. Walley W, Hawkes H. A computer-based development of the Biological Monitoring Working Party score system incorporating abundance rating, site type and indicator value. Water research. 1997; 31(2): 201-210. https://doi.org/10.1016/S0043-1354(96)00249-7

30. Hernández R, Fernández C, Baptista M. Metodología de la investigación. McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V; 2014. 600. https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf

ACERCA DE LOS AUTORES

Greysy Minchola Soto. Ingeniera Ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

Manuel Ñique Álvarez. Biólogo, Universidad Nacional de Cañete, Perú.

José Gil Bacilio. Biólogo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.