



Artículo original / Original article

Evaluación de la calidad del agua de la quebrada Chonta mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, Tambopata, Amazonía peruana

Evaluation of the water quality of the Chonta stream through the use of benthic macroinvertebrates, Tambopata, Peruvian Amazon

Yony Fernández-Herrera ¹; Adenka Muñoz-Ushñahua ²; Jorge Garate-Quispe ³

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú

²Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Puerto Maldonado, Perú

³Universitat de Barcelona, Barcelona, España

Recibido: 15/04/2022

Aceptado: 30/06/2022

Publicado: 25/07/2022

*Autor de correspondencia: yfernandez@unamad.edu.pe

Resumen: Las fuentes de agua dulce son recursos hídricos que vienen siendo amenazados a nivel mundial, siendo el cambio de uso del suelo una de las principales fuentes que afectan su conservación. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua, mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos, en la quebrada Chonta, Tambopata, Madre de Dios, Perú. Se muestrearon tres sitios de la quebrada con diferente grado de perturbación, en cada sitio se cuantificaron los parámetros fisicoquímicos del agua y se colectaron los macroinvertebrados. La calidad del agua se determinó con el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP). El sitio con mayor perturbación antrópica tuvo el valor más bajo del índice BMWP y se encontró los valores más bajos de oxígeno disuelto, conductividad, riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados. Según el índice BMWP los tres sitios evaluados en la quebrada Chonta son considerados como aguas con baja calidad y contaminados.

Palabras clave: bentos; índice BMWP; oxígeno disuelto; parámetros fisicoquímicos; perturbación antrópica

Abstract: Freshwater sources are water resources that are being threatened worldwide, with land use change being one of the main sources affecting their conservation. The objective of the study was to evaluate water quality, using benthic macroinvertebrates, in the Chonta stream, Tambopata, Madre de Dios, Peru. Three sites of the creek with different degrees of disturbance were sampled. At each site, physicochemical parameters of the water were quantified, and macroinvertebrates were collected. Water quality was determined using the Biological Monitoring Working Party index (BMWP). The site with the highest anthropogenic disturbance had the lowest BMWP index value and the lowest values of dissolved oxygen, conductivity, richness, abundance and diversity of macroinvertebrates were found. According to the BMWP index, the three sites evaluated in the Chonta Creek are considered to be of low quality and polluted waters.

Keywords: benthos; BMWP index; physicochemical parameters; anthropogenic disturbance; dissolved oxygen

1. Introducción

El aprovechamiento sostenible de fuentes de agua dulce es muy importante para la vida de cualquier comunidad o sociedad, el cual debe responder ante la demanda del recurso hídrico para las generaciones futuras (Nuñez y Fragoso-Castilla, 2020). La conservación de una buena calidad del agua de una fuente a nivel de consumo poblacional y ambiental es indispensable, para el desarrollo de la vida (Arimoro & Keke, 2017; Fernández-Díaz, Benetti, & Garrido, 2008). Las fuentes de agua dulce son recursos hídricos que están siendo amenazados a nivel mundial, en muchos casos por el cambio de uso del suelo que ponen en peligro la conservación de la biodiversidad no solo acuática sino también terrestre (Nieto et al., 2017; Palomino, 2018).

Los monitoreos biológicos se basan en el muestreo de una comunidad biológica de un área, que posteriormente son analizados para brindar información sobre el estado en que se encuentra una fuente de agua y su calidad ecológica (Morse et al., 2007). Los organismos biológicos son agentes importantes de estudio sobre la calidad del agua por su sensibilidad ambiental (Arango et al., 2008; Vilca-carhuapoma, 2021).

Uno de los organismos más estudiados que viven en los cuerpos de agua son los macroinvertebrados bentónicos, se debe reconocer la biodiversidad de macroinvertebrados como una herramienta de planificación y monitoreo ambiental de los recursos hídricos (Arimoro, Abubakar, Obi-iyeké, & Keke, 2021). El estado de la calidad del agua puede ser monitoreado en base a la recolección de macroinvertebrados del agua y su composición, dado que son organismos acuáticos muy estresantes ante los cambios de las condiciones acuáticas (Nieto et al., 2017).

En el presente estudio se evaluó la calidad del agua de la quebrada Chonta, ubicado cerca de la ciudad amazónica de Puerto Maldonado (Madre de Dios), mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos.

2. Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el mes de octubre del 2019 en temporada de estiaje en la quebrada Chonta que se encuentra en el distrito Tambopata, provincia Tambopata y región de Madre de Dios. La quebrada Chonta se encuentra dentro de la microcuenca Chonta, la cual tiene un volumen de aproximado de 12,089 m³ (INADE, 2007). La quebrada Chonta es una de las fuentes de agua más conocida en la región de Madre de Dios, su agua es utilizada para actividades de recreación, crianza de ganado y agricultura (Baez et al., 2017).

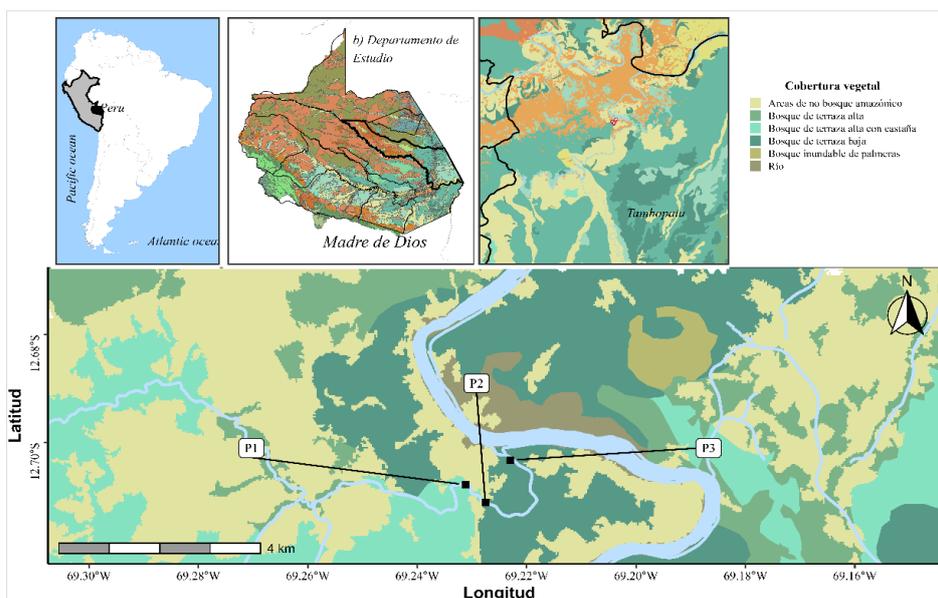


Figura 1. Mapa de ubicación de las concesiones de castaña en los tres tipos de cobertura vegetal

Se tomó muestras y se realizó evaluaciones *in situ* en tres puntos de muestreo con una altitud entre 218 a 249 msnm en la quebrada Chonta (Figura 1). Cada punto de muestreo fue seleccionado en base a criterios de conveniencia como la accesibilidad y con una distancia mínima de 1 km entre punto.

La quebrada Chonta tiene un clima húmedo y cálido con 2500 mm promedio de precipitación anual, la temperatura varía de 23 °C a 30 °C y una máxima temperatura de 35 °C (Baez et al., 2017). El área de estudio se encuentra en un clima muy lluvioso con abundante precipitación durante el año, con temperatura cálida y muy húmedo según la clasificación climática de Thornthwaite. En los tres puntos de muestreo el tipo de suelo fue Gleysol dístico-Lixisol háplico-Fluvisol dístico y la altitud varía entre 218-249 msnm.

2.2. Parámetros fisicoquímicos del agua

La temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales se midieron *in situ* en cada punto de muestreo con un multiparámetro Hanna HI98130. El oxígeno disuelto del agua fue medido en campo bajo el método de Winkler con un Kit LaMotte. Se tomaron muestras de agua para análisis en laboratorio siguiendo las indicaciones de la ANA (2016) para cuerpos de agua lóticos (Custodio y Chanamé, 2016). La dureza y alcalinidad del agua se determinó en laboratorio utilizando los métodos descritos en métodos estandarizados (APHA, 2005).

2.3. Recolección de macroinvertebrados bentónicos

En cada punto de muestreo se recolectaron macroinvertebrados siguiendo la metodología de Alba, Pardo, Prat, & Pujante (2005) con el arrastre uso malla suber y conservando los especímenes en formol al 10% en frascos.

La identificación de macroinvertebrados bentónicos se realizó en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Con la identificación taxonómica, se determinó el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Roldán (2003), realizando la suma de las puntuaciones establecidas por su sensibilidad ambiental para cada familia de macroinvertebrado bentónico e identificando en la escala la calidad del agua. Los valores del índice se categorizan de la siguiente manera (Ochieng et al., 2020): (1) Aguas de muy mala calidad y extremadamente contaminados BMWP < 15; (2) Aguas de mala calidad y muy contaminados BMWP entre 16-35; (3) Aguas de mala calidad y BMWP entre 36-60; (4) aguas con regular calidad y moderada contaminación BMWP entre 61-100; (5) aguas de buena calidad no contaminados BMWP entre 101-120; y (6) aguas de excelente calidad BMWP > 120.

2.4. Análisis de datos

Se utilizó la hoja de cálculo de Excel, para ordenar, clasificar, filtrar y categorizar los datos antes de realizar el análisis estadístico. Se utilizó la estadística descriptiva, tales como las medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, intervalo de confianza) de cada parámetro fisicoquímico.

3. Resultados y discusión

3.1. Análisis fisicoquímico del agua

El uso de la quebrada Chonta es diferente en cada punto, el primer punto de muestreo se encuentra en un centro recreacional, el segundo punto se encuentra cerca de un puente donde las personas pescan y se bañan, y el tercer punto se encuentra cerca de la desembocadura de la quebrada al río Tambopata, donde las personas pescan. Los parámetros fisicoquímicos del agua registrados en la quebrada Chonta en temporada de estiaje se muestran en la Tabla 1. El pH en los puntos de muestreo es comparable (7.10 ± 0.10 pH) en la quebrada Chonta en temporada de estiaje (Figura 2).

Asimismo, el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales del agua son comparables con una ligera tendencia de incremento del sitio 1 al sitio 3. Las diferencias en los parámetros fisicoquímicos entre los sitios evaluados, temperatura, pH, conductividad

eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales y alcalinidad, podría ser a consecuencia de las diferentes actividades antrópicas que se realiza en cada punto de muestreo y que estarían afectando en las características fisicoquímicas del agua (Tabla 1). A excepción de la dureza del agua que fue el único parámetro fisicoquímico que no presentó diferencias entre los tres puntos de muestreo. Por otro lado, considerando los estándares de calidad ambiental para aguas por la legislación peruana, se encontró que los valores de pH, conductividad y oxígeno disuelto se encuentran dentro de los límites establecidos por esta normatividad.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Chonta en temporada de estiaje

Parámetro	Puntos de muestreo			Media	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental
	P-1	P-2	P-3		
Temperatura (°C)	28,80	28,20	27,00	28,00±0,92	-
pH	7,20	7,10	7,00	7,10±0,10	6,5 - 9,0
Conductividad eléctrica (µs/cm)	28,00	36,00	37,00	33,67±4,93	<1000
Oxígeno disuelto (mg/L)	5,40	7,40	7,60	6,80±1,22	≥5
Sólidos disueltos totales (mg/L)	14,00	18,00	18,00	16,67±2,31	-
Alcalinidad (mg/L)	34,00	28,00	30,00	30,67±3,06	-
Dureza total (mg/L)	10,00	10,00	10,00	10,00±0,00	-

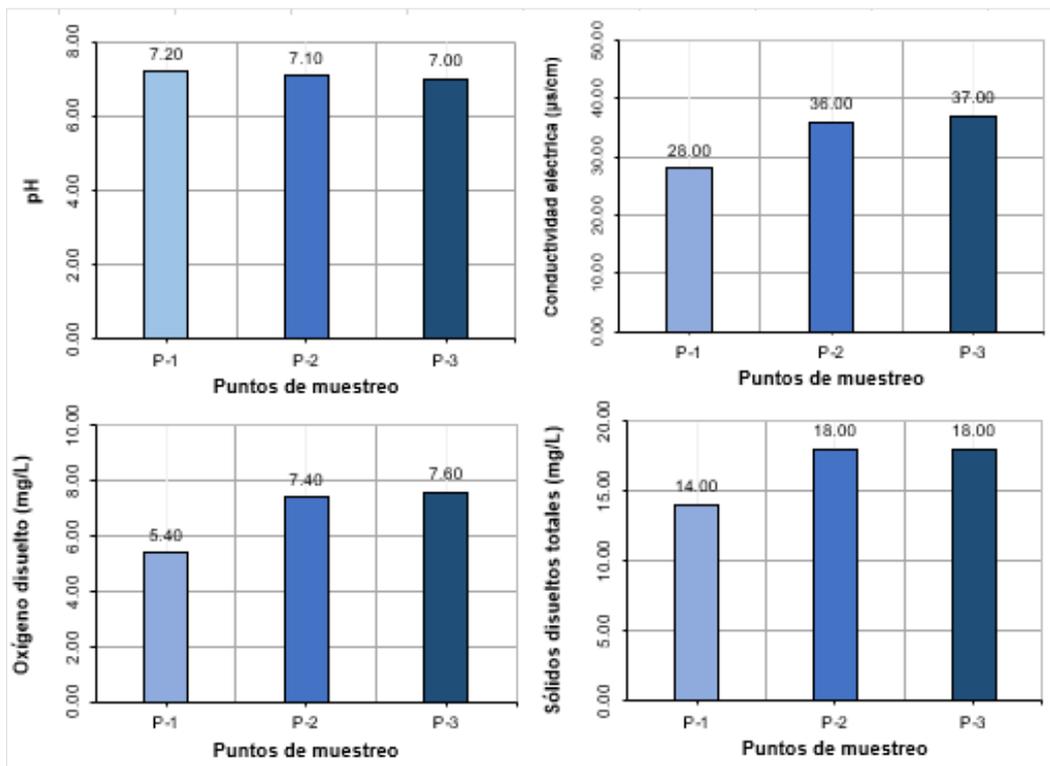


Figura 2. Parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Chonta, 2019

3.2. Análisis de la diversidad de los macroinvertebrados bentónicos y la calidad del agua

Considerando los tres puntos de muestreo, la composición taxonómica de macroinvertebrados está compuesta en 4 clases, 8 órdenes y 14 familias. La clase Insecta tuvo el mayor número de órdenes, familias y especies de macroinvertebrados (Tabla 2). Chironomidae fue la familia con el mayor número de especies (8), seguida por Gomphidae (2) y las demás familias registradas fueron monoespecíficas. *Hexagenia* sp1, *Phyllocycla* sp1, *Goeldichironomus* sp1, *Parachironomus* sp1 y *Stenochironomus* sp1 estuvieron presentes en los tres sitios evaluados (Tabla 2).

Tabla 2. Taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos de la quebrada Chonta, 2019

Phyllum	Clase	Orden	Familia	Especie	Puntos de muestreo		
					P1	P2	P3
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	<i>Haplotaxidae nd.1</i>	4	1	0
	Clitellata	Hirudinida	Glossiphoniidae	<i>Helobdella sp.1</i>	0	0	2
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemeridae	<i>Hexagenia sp.1</i>	1	1	1
			Leptophlebiidae	<i>Ulmeritoides sp.1</i>	1	0	0
			Polymitarcyidae	<i>Campsurus sp.1</i>	1	0	0
		Odonata	Gomphidae	<i>Phyllocycla sp.1</i>	1	2	5
				<i>Phyllogomphoides sp.1</i>	0	1	0
			Libellulidae	<i>Libellulidae nd.1</i>	0	0	1
		Trichoptera	Polycentropodidae	<i>Cernotina sp.1</i>	0	0	1
		Coleoptera	Dytiscidae	<i>Hydroporinae nd.1</i>	0	0	1
			Elmidae	<i>Hexacylloepus sp.1</i>	0	3	0
		Diptera	Chironomidae	<i>Ablabesmyia sp.1</i>	0	1	6
				<i>Procladius sp.1</i>	0	3	0
				<i>Pentaneura sp.1</i>	0	0	1
				<i>Goeldichironomus sp.1</i>	3	14	2
				<i>Harnischia sp.1</i>	0	2	3
				<i>Parachironomus sp.1</i>	3	8	4
				<i>Stenochironomus sp.1</i>	1	1	2
				<i>Tanytarsus sp.1</i>	0	0	1
Tipulidae	<i>Hexatoma sp.1</i>	0	1	0			
Malacostraca	Decapoda	Trichodactylidae	<i>Trichodactylidae nd.1</i>	0	1	0	
		Palaemonidae	<i>Palaemonidae nd.1</i>	0	2	2	

De los tres sitios analizados, en el punto 1 la riqueza abundancia y diversidad de macroinvertebrados fue la más baja, 43% menos de riqueza de especies y 63% menos en abundancia de macroinvertebrados (Tabla 3).

Tabla 3. Abundancia, riqueza y diversidad de macroinvertebrados bentónicos de la quebrada Chonta, 2019

Indicadores	Puntos de muestreo			Media
	P-1	P-2	P-3	
Riqueza de especies (S)	8	14	14	12 ± 3
Abundancia (N)	15	41	32	29 ± 13
Índice de Shannon (H')	1,90	3,10	3,60	2,87 ± 0,87
Equidad de Pielou (J)	8,60	8,50	7,60	8,23 ± 0,55

De acuerdo con las puntuaciones obtenidas con el índice BMWP (Tabla 4), los tres sitios muestreados son considerados aguas con baja calidad y contaminados (BMWP entre 36-60) (Ochieng et al., 2020), y por lo tanto esta quebrada sería muy sensible a la contaminación (Roldán, 2003). Aunque, el sitio 1 (BMWP = 36) se encuentra muy cercano a ser considerado aguas de mala calidad y muy contaminado (BMWP entre 16-35).

Tabla 4. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) de la quebrada Chonta, 2019

Índice BMWP	Puntos de muestreo			Media
	P-1	P-2	P-3	
Puntuación	36,00	47,00	56,00	46,33±10,02
Calidad	Baja (contaminada)	Baja (contaminada)	Baja (contaminada)	Baja (contaminada)

La baja abundancia, diversidad de macroinvertebrados y bajos valores del índice BMWP en el sitio 1 estaría relacionado con la mayor presión antrópica (centro recreacional) que se ejerce en este sitio que en los sitios 2 y 3. Esto debido a que la urbanización suele tener un impacto negativo

significativo en la diversidad de macroinvertebrados (Ochieng et al., 2020) y la calidad de agua dulce (Hanh et al., 2023). Similar efecto se puede observar en las características fisicoquímicas del agua, ya que los valores más bajos de oxígeno disuelto se encontraron en el sitio 1 en comparación de los otros dos sitios (Tabla 1). Esto debido a que una disminución en la concentración de oxígeno disuelto es a menudo como resultado del aumento de la contaminación orgánica (da Silva Pinto y Senteio Smith, 2023). Asimismo, encontramos una buena correlación de índice BMWP con los parámetros fisicoquímicos del agua (Figura 3).

El índice BMWP se correlacionó de forma directa y significativa con los sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica, mientras que se correlacionó de forma inversa con la alcalinidad, pH y temperatura del agua (Figura 3). Este patrón de correlación coincide con lo reportados por estudios recientes (Hanh et al., 2023; Ortega et al., 2021), y valida el índice BMWP con un buen indicador de calidad de agua para la Amazonia.

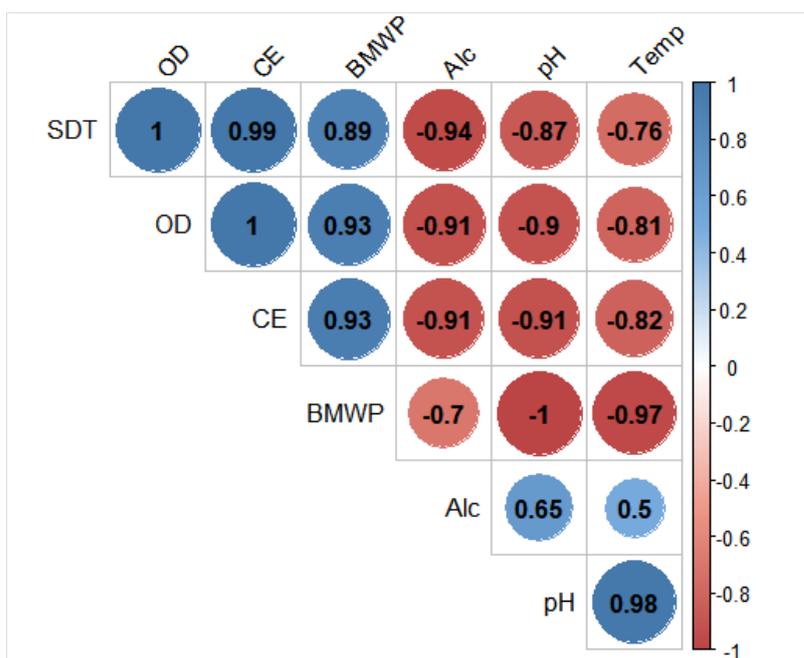


Figura 3. Correlación de Pearson del índice BMWP y los parámetros fisicoquímicos del agua de la quebrada Chonta. Temperatura (°C). CE = Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$); OD = Oxígeno disuelto (mg/L); SDT = Sólidos disueltos totales (mg/L); Alc = Alcalinidad (mg/L).

4. Conclusiones

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) de Roldán (2003), es una alternativa aceptada como índice biótico de la salud y calidad del agua en los ríos del Perú, es un buen indicador para explicar la calidad de agua debido a su simplicidad del nivel taxonómico (familia) y su bajo costo en extensiones grande de evaluación. Lo cual quedó demostrado con la buena correlación con los parámetros fisicoquímicos del agua. Los macroinvertebrados de la microcuenca y quebrada Chonta tiene una composición taxonómica de macroinvertebrados de 4 clases, 8 órdenes, 14 familias y 22 especies registradas entre los tres puntos de muestreo. Los puntos de muestreo en la microcuenca y quebrada chonta, basada en la aplicación del índice (BMWP) los tres sitios evaluados en la quebrada Chonta son considerados como aguas con baja calidad y contaminados.

Financiamiento

Por la Universidad Amazónica de Madre de Dios con Resolución N° 151-2019-UNAMAD-VRI.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

F-H, Y.: Conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, redacción (revisión y edición).

M-U, A.: Análisis formal, escritura (preparación del borrador final), metodología, investigación, curación de datos y redacción (revisión y edición).

G-Q, J.: Conceptualización, escritura (preparación del borrador final), visualización, escritura revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Alba, J., Pardo, I., Prat, N., y Pujante, A. (2005). Metodología para el establecimiento el Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. En *Magrama*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, Pub. L. No. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, 92 (2016).
- APHA. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. (M. A. H. Franson, L. S. Clesceri, A. E. Greenberg, R. R. Trussell, A. W. W. Association, y W. P. C. Federation (eds.); 21st ed.). American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation.
- Arango, M., Álvarez, L., Arango, G., Torres, O., y Monsalve, A. de J. (2008). Calidad del agua de las quebradas La Cristalina Y La Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista EIA*, 9, 121-141.
- Arimoro, F., Abubakar, M., Obi-iyeye, G., y Keke, U. (2021). Environmental and Sustainability Indicators Achieving sustainable river water quality for rural dwellers by prioritizing the conservation of macroinvertebrates biodiversity in two Afrotropical streams. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10(December 2020), 100103. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100103>
- Arimoro, F. O., y Keke, U. N. (2017). The intensity of human-induced impacts on the distribution and diversity of macroinvertebrates and water quality of Gbako River, North Central, Nigeria. *Energy, Ecology and Environment*, 2, 143-154. <https://doi.org/10.1007/s40974-016-0025-8>
- Baez, S., Dueñas, H., Mamani, J., y Garate, J. (2017). *Flora y vegetación de la Microcuenca Chonta , distrito Tambopata y Laberinto , Departamento de Madre de Dios - Perú . 1*, 1-5.
- Custodio, M., y Chanamé, F. (2016). Analysis of benthic macroinvertebrates biodiversity of Cunas river by means of environmental indicators, Junin-Peru. *Scientia agropecuaria*, 7(1), 33-44. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- da Silva Pinto, T. J., y Senteio Smith, W. (2023). Impacts of sedimentation and dam failure on the macroinvertebrate community in a tropical stream. *Limnetica*, 42(1), 1. <https://doi.org/10.23818/limn.42.03>
- Fernández-Díaz, M., Benetti, C. J., y Garrido, J. (2008). Influence of iron and nitrate concentration in water on aquatic Coleoptera community structure: Application to the Avia river (Ourense, NW. Spain). *Limnetica*, 27(2), 285-298. <https://doi.org/10.23818/limn.27.23>
- Hanh, H., Venohr, M., Gericke, A., Sundermann, A., Welti, E. A. R., y Haase, P. (2023). Landscape and Urban Planning Dynamics in impervious urban and non-urban areas and their effects on run-off , nutrient emissions , and macroinvertebrate communities.

- Landscape and Urban Planning*, 231(December 2022), 104639.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104639>
- INADE. (2007). *Estudio de Mesozonificación Ecológica- Económica del Corredor Interoceánico Sur Tramo Iñapari - Inambari*. Instituto Nacional de Desarrollo. Proyecto Especial Madre de Dios.
- Morse, J., Bae, J., Munjjargal, G., Sangpradub, N., Tanida, K., Vshivkova, T., BeixinWang, Yang, L., y Yule, C. (2007). Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia. *Front. Ecol. Environ.*, 5(1), 33-42. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[33:FBWMIE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[33:FBWMIE]2.0.CO;2)
- Nieto, C., Ovando, X., Loyola, R., Izquierdo, A., Romero, F., Molineri, C., Rodríguez, J., Rueda, P., Fernández, H., Manzo, V., y Miranda, M. (2017). The role of macroinvertebrates for conservation of freshwater systems. *Ecology and evolution*, 7(14), 5502-5513.
<https://doi.org/10.1002/ece3.3101>
- Núñez, J. C., y Fragoso-Castilla, P. J. (2020). Use of aquatic macroinvertebrates as an evaluation system for stabilizing El Salguero lagoon (Colombia). *Informacion Tecnologica*, 31(3), 277-284. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300277>
- Ochieng, H., Odong, R., y Okot-Okumu, J. (2020). Comparison of temperate and tropical versions of Biological Monitoring Working Party (BMWP) index for assessing water quality of River Aturukuku in Eastern Uganda. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01183.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01183>
- Ortega, G. M., Gallardo, C. E., López-López, E., Sedeño-Díaz, J. E., Hernández, M. L., Arroyo-Damián, M., y Moncayo-Estrada, R. (2021). Water Quality Analysis in a Subtropical River with an Adapted Biomonitoring Working Party (BMWP) Index. *Diversity*, 13(11), 1-16.
<https://doi.org/10.3390/d13110606>
- Palomino, P. D. (2018). Evaluación de la calidad del agua en el río Mashcón, Cajamarca, 2016. *Anales Científicos*, 79(2), 298. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1242>
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Universidad de Antioquia.
- Vilca-carhuapoma, E. (2021). Use of macroinvertebrates as indicators of water quality in lotic ecosystems in Peru. 3, 1-8. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e060>