

Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú: una revisión

Use of macroinvertebrates as indicators of water quality in lotic ecosystems in Peru: A review

Edgar Vilca-Carhuapoma^{1*} 

¹ Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú.



Citar como: Vilca-Carhuapoma, E. (2022). «Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú: una revisión». *South Sustainability*, 3(2), e060. DOI: 10.21142/SS-0301-2022-e060

Artículo recibido: 1/1/2022
Arbitrado por pares
Artículo aceptado: 5/7/2022



© El autor, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
evc921290939@gmail.com

RESUMEN

La evaluación de los recursos hídricos con uso de macroinvertebrados acuáticos en los sistemas lóticos es un buen referente de calidad del agua, debido a la sensibilidad de gran parte de estos organismos a cambios en la composición hídrica. La información basada en los macroinvertebrados deriva en diferentes índices, como el Biological Monitoring Working Party (BMWP), el Andean Biotic Index (ABI) y el Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT), los cuales tienen mayores frecuencias de uso. En la presente revisión se recopiló información de artículos científicos de sistemas lóticos en Google Académico, Google Search y Scopus, sobre el uso de macroinvertebrados para el análisis de la calidad de agua en el Perú de los últimos 21 años. El empleo de estos indicadores se muestra como una alternativa importante que permite tomar decisiones de gestión para mitigar y controlar las perturbaciones. Los resultados obtenidos en estas 19 investigaciones, publicadas en español e inglés desde 2004 hasta 2021, muestran a su vez el estado de los recursos hídricos que fueron evaluados.

Palabras clave: *calidad del agua, índice BMWP, ABI, EPT*

ABSTRACT

Due to the sensitivity of many of these organisms to changes in water composition, water resources assessment using the aquatic macroinvertebrates found in lotic systems is a good indicator of water quality. The information regarding macroinvertebrates is taken from different indices, such as the Biological Monitoring Working Party (BMWP) score, Andean Biotic Index (ABI), and the Ephemeroptera, Plecoptera, and Trichoptera (EPT) Index, which are the most frequently used. For this review, using Google Scholar, Google Search and Scopus, information was collected from scientific articles on lotic systems related to the use of macroinvertebrates for the analysis of water quality in Peru over the past 21 years. The use of these indicators is shown to be an important alternative which enables management decisions for the mitigation and controlling of disturbances. At the same time, the results obtained in these 19 investigations, published in Spanish and English from 2004 to 2021, serve to indicate the status of the water resources that were evaluated.

Keywords: *water quality, BMWP score, ABI Index, EPT Index*



Introducción

Los cuerpos de agua en el Perú son ecosistemas con alto grado de contaminación. Las actividades de ganadería, agricultura, producción acuícola, entre otras, producen residuos que contaminan y disminuyen su calidad del agua (Corroto *et al.*, 2016). Los diferentes residuos sólidos o líquidos presentes en los ecosistemas hídricos, a causa de la mala disposición de las poblaciones más cercanas a dicho sistema, generan también impactos negativos, ya que alteran los procesos ecológicos (Gonzales *et al.*, 2014). En este contexto, es importante identificar indicadores que nos permitan hacer un seguimiento de su estado y calidad.

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que se puede observar a simple vista. Se definen como animales invertebrados con cuerpos superiores a 0,5 mm de largo: insectos, arácnidos, moluscos, anélidos, crustáceos, entre otros (Arana Maestre *et al.*, 2018). Las comunidades de estos organismos tienen una amplia distribución en diferentes ecosistemas acuáticos. Estos organismos son indicadores de calidad de los recursos hídricos, debido a que son sensibles a factores que afectan negativamente a este tipo de hábitat. Algunas especies desarrollan gran parte de su vida en el agua, mientras que otras pasan sus fases o etapas tempranas de su ciclo de vida (Vásquez y Medina, 2016). Esto ha permitido la generación y propuesta de diferentes índices de calidad usando invertebrados acuáticos, los cuales evidencian el estado de los ecosistemas hídricos. La presencia de algunas familias y géneros (como los plecópteros) es indicadora de aguas claras y limpias; otras soportan aguas muy contaminadas, como la familia Chironomidae (dípteros), ya que toleran altos niveles de contaminación (Vásquez y Medina, 2016).

La presente revisión resume el uso de macroinvertebrados acuáticos para el análisis de la calidad de agua en el Perú, con el objetivo de conocer el estado actual de su conocimiento y que a futuro se usen para tomar decisiones de gestión (control y mitigación de perturbaciones) en ecosistemas lóticos.

Materiales y métodos

Para la elaboración del presente artículo de revisión se utilizó el motor de búsqueda Google Académico (que encontró la mayoría de los artículos), Google Search y Scopus. Se utilizaron las palabras clave «calidad del agua», «índice BMWP», «ABI», «EPT», en español e inglés de los últimos 21 años (de 2000 a 2021). Los datos de las referencias fueron analizados en el *software* Excel, donde se identificó el título, los autores, el departamento donde se ubica el recurso hídrico, el año de ejecución del artículo y el año de publicación. Con ello se construyó figuras de frecuencia de uso de los índices y los estudios realizados en los departamentos del Perú. En cada artículo científico se identificaron los índices biológicos utilizados y la calidad del agua determinada con los índices basados en macroinvertebrados.

Resultados

Las tablas 1 y 2 contienen un resumen de los artículos científicos que muestran la calidad de agua de sistemas lóticos con uso de macroinvertebrados acuáticos, los índices que se utilizaron en cada caso y los departamentos del Perú donde fueron realizados los estudios. A su vez, las figuras 1 y 2 muestran la frecuencia de los índices biológicos utilizados y los estudios realizados por cada departamento, respectivamente.

Tabla 1. Título y autor de artículos científicos con fecha de ejecución del estudio y publicación, así como otros aspectos de los muestreos realizados en el Perú.

| N.º | Título de investigación | Autor | Mes/año del estudio | Año de publicación del artículo | Departamento | Recurso hídrico | Número de estaciones de muestreo | Altitud (msnm) |
|-----|---|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------|--|----------------------------------|---|
| 1 | Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú | Paredes <i>et al.</i> | Febrero y marzo de 2002 | 2004 | Cajamarca, Amazonas | Río Wuawuas, río Amojú | Río Wuawuas, 7 Río Amojú, 8 | Río Wuawuas, 450 Río Amojú, 520-1190 |
| 2 | Evaluación de un índice biótico en el río Chicama Regiones La Libertad, Cajamarca. Perú | Balmaceda Lozada <i>et al.</i> | Invierno y primavera de 2006 | 2009 | La Libertad, Cajamarca | Río Chicama | 12 | 274-1966 |
| 3 | El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008 | Medina-Tafur <i>et al.</i> | Junio, agosto, octubre de 2008 | 2010 | La Libertad | Microcuencas: Perejil, Caballo Moro, Chuyugual | 18 | 1990-4090 |
| 4 | Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú | Salcedo Gustavson <i>et al.</i> | Abril a julio de 2013 | 2013 | Pasco | Microcuenca San Alberto | 3 | 1905-2376 |

| | | | | | | | | |
|----|--|-----------------------------------|---|------|--------------------------------|---|---|-------------------|
| 5 | El Índice Biótico Andino (ABI): valores revisados de tolerancia a la contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del desempeño del índice | Ríos-Touma <i>et al.</i> | Verano de 2003 y 2004 | 2014 | Quito (Ecuador) Lima (Perú) | Cuenca Guayllabamba, cuenca alta, río Cañete | Ecuador, 45 Perú, 42 | 2000-4500 |
| 6 | Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Áncash, Perú). 2014 | Vásquez y Medina | Agosto y noviembre de 2014 | 2015 | Áncash | Microcuenca del río Tablachaca | 8 | 2051-3972 |
| 7 | Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Amojú, parte alta de Jaén, Cajamarca | Alvarado Huamán | Junio de 2016 | 2016 | Cajamarca | Río Amojú | 5 | 791-1229 |
| 8 | Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú) | Corroto <i>et al.</i> | Enero y febrero de 2014 | 2016 | Amazonas | Cuenca alta del río Imaza | 14 | Sin especificar |
| 9 | La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín | Canchapoma Palomino <i>et al.</i> | Sin especificar | 2016 | Junín | Ríos: Añaspuquio, Yaropuquio, Loma Chacachimpa | 3 | 4125 4141 4127 |
| 10 | Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica | Arana Maestre y Cabrera Carranza | Mayo y noviembre 2010 | 2017 | Ica y Huancavelica | Ríos: Matagente, Pisco, Pampas, Tambomachay, Leche Leche | 15 | 164-4472 |
| 11 | Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú | Alomía <i>et al.</i> | Agosto de 2010 Marzo de 2011 | 2017 | Huánuco | Cuenca alta del río Huallaga | 12 | 1886-3655 |
| 12 | Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba en el tramo presa El Limón, Lambayeque - Perú. | Balmaceda Lozada | Mayo a julio de 2016 | 2019 | Lambayeque | Río Huancabamba | 5 | 893-1117 |
| 13 | Quality of the aquatic environment of high Andean rivers evaluated through environmental indicators: a case of the Cunas River, Peru | Custodio <i>et al.</i> | Febrero a julio de 2016 | 2019 | Junín | Río Cunas | 30 (dividido en 3 sectores) | 3190-4797 |
| 14 | Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarçanga (La Libertad, Perú) | Mora Tisnado <i>et al.</i> | Junio y diciembre de 2017 | 2020 | La Libertad | Cuenca del río Huacamarçanga | 4 | 3656-3780 |
| 15 | Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú | Trama <i>et al.</i> | Mayo a agosto de 2013 Junio a septiembre de 2015 | 2020 | Pasco | Microcuencas: San Alberto, Quillazú, San Luis, Yanachaga, Navarra, San Daniel, Llamaquizú | 7 en cada microcuenca 3 (alta, media y baja) | 1804-2401 |
| 16 | Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú | Sajamí y Huamantínco | Marzo de 2013 a enero de 2014 | 2021 | Junín | Quebrada Pichita: Microhábitats: piedra, grava, musgo y hoja retenida en la corriente del río | 120 | 2295 |



| | | | | | | | | |
|----|--|-----------------------------|---|------|---------------|---|----|-----------|
| 17 | Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional. ¿Cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua | Pumasupa <i>et al.</i> | 2013 a 2015 | 2021 | Moquegua | Ríos de la serranía de la región Moquegua | 32 | 3100-4300 |
| 18 | Diversity of aquatic macroinvertebrates and water quality of the High Andean wetlands of Chalhuanca, Arequipa-Peru | Quispe Mamani <i>et al.</i> | Enero y junio de 2018 | 2021 | Arequipa | Río Chalhuanca | 8 | 4317-4350 |
| 19 | Water quality of the habitat of two endangered High-Andean frogs using aquatic macroinvertebrates as bioindicators | Silva-Poma <i>et al.</i> | Agosto y octubre de 2019 Diciembre y febrero de 2020 | 2021 | Pasco y Junín | Cuerpos de agua (hábitat de Telmatobius) | 12 | 4108-4167 |

Tabla 2. Índices biológicos utilizados en los estudios de calidad del agua de los cuerpos hídricos y sus estaciones.

| N.º | Autor | Índice biológico utilizada | Calidad del agua en cada sistema hídrico | Calidad del agua en cada estación muestreada |
|-----|-----------------------------------|----------------------------|---|--|
| 1 | Paredes <i>et al.</i> | Índice BMWP | BMWP Río Wuawuas: aceptable Río Amojú: crítico a dudoso | Río Wuawuas E1: aceptable E3 y E5: dudoso E7: muy crítico Río Amojú E1, E2 y E4: muy crítico E3 y E5: crítico E6 y E7: dudoso E8: aceptable |
| 2 | Balmaceda Lozada <i>et al.</i> | Índice ABI | Malo a moderado | Invierno E1, E3, E4, E5, E9 y E1: malo E2, E6, E7, E8, E10 y E12: moderado Primavera E1, E2, E5, E7, E8, E9 y E10: malo E3, E4, E6, E11 y E12: moderado |
| 3 | Medina-Tafur <i>et al.</i> | Índice nPeBMWP | El perejil E1 y E4: aceptable E2, E3 y E5: regular E6: malo | El Caballo Moro E7 y E8: malo E9: bueno E10: aceptable El Chuyugual E11, E14, E15, E17 y E18: aceptable E12 y E13: regular E16: bueno |
| 4 | Salcedo Gustavson <i>et al.</i> | Índice ABI | Muy bueno | E1: Cuenca alta: muy bueno E2: Cuenca media: muy bueno E3: Cuenca baja: muy bueno |
| 5 | Ríos-Touma <i>et al.</i> | Índice ABI | Propuesta de puntaje apropiados para familias de macroinvertebrados de arroyos del norte y centro de los Andes y evaluación del ABI en los estudios de arroyos andinos de gran altitud. | |
| 6 | Vásquez y Medina | Índice nPeBMWP | Aceptable a muy crítico | E1: crítico E2 y E4: aceptable E6: muy crítico E3, E5, E7 y E8: dudosa |
| 7 | Alvarado Huamán | Índice BMWP | Mala | E1 y E5: crítica E2: aceptable E3 y E4: dudosa |
| 8 | Corroto <i>et al.</i> | Índice ABI | BMWP/Col: aceptable ABI: muy bueno | BMWP/Col: E1, E2, E5, E9, E10, y E12: aceptable E8: bueno E3, E4, E6, E7, E11, E13 y E14: dudoso ABI: E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E9, E10 y E12: muy bueno E6, E11, E13 y E14: bueno |
| 9 | Canchapoma Palomino <i>et al.</i> | Índice IBH Índice EPT | Añaspuquio: regular Yaropuquio: mala Loma Chacachimpa: buena | IBH: Añaspuquio: regular Yaropuquio: regular Loma Chacachimpa: buena EPT: Añaspuquio: regular Yaropuquio: mala Loma Chacachimpa: regular |
| 10 | Arana Maestre <i>et al.</i> | Índice ABI | Mayo y noviembre: mala a buena Para ambas épocas (seca y lluviosa) | |

| | | | | | | |
|----|-----------------------------|---|--|--|--|---|
| 11 | Alomía <i>et al.</i> | Índice BMWP/col | Marzo (lluvioso) BMWP/Col: dudosa ABI: buena a malo | BMWP/Col E1, E2, E3, E5, E6, E7, E10 y E11: dudoso E12: crítica E4, E8 y E9: aceptable | ABI E1, E5, E6, E8: bueno E2, E3, E7, E10 y E11: moderado E4: muy bueno E12: malo | |
| | | Índice ABI Índice EPT | Agosto (seco) BMWP/Col: aceptable a dudosa ABI: malo a bueno | BMWP/Col E1, E5, E7 y E11: dudoso E2, E3 y E12: crítico E4, E6, E8, E9 y E10: aceptable | ABI E1, E8, E9, E10 y E11: bueno E2, E3 y E12: malo E4 y E6: muy bueno E5 y E7: moderado | |
| 12 | Balmaceda Lozada | Índice ABI | Buena | | E1, E2 y E3: buena E4 y E5: regular | |
| 13 | Custodio <i>et al.</i> | Índice EPT Índice BMWP Índice INSF | EPT: mala a buena BMWP: regular a buena INSF: media a buena | EPT S1: buena S2: regular S3: mala | BMWP S1: buena S2: aceptable S3: regular | INSF S1: buena S2: buena S3: media |
| 14 | Mora Tisnado <i>et al.</i> | Índice BMWP | Junio: buena a crítica Diciembre: aceptable a crítica | Junio E1: buena E2: dudoso E3: crítico E4: aceptable | Diciembre E1 y E4: aceptable E2: dudosa E3: crítico | |
| 15 | Trama <i>et al.</i> | Índice ABI Índice BMWP/col | Muy bueno | ABI: ambas épocas Todas las microcuencas: muy bueno | BMWPcol: ambas épocas Todas las microcuencas: muy bueno | |
| 16 | Sajamí y Huamantínco | Índice BMWP/col Índice ABI | BMWPcol: dudosa a buena ABI: moderada a muy buena | BMWPcol: Piedra: dudosa a buena Grava: dudosa a buena Musgo: aceptable a buena Hoja: aceptable a buena | ABI: Piedra: moderada a muy buena Grava: moderada a muy buena Musgo: buena a muy buena Hoja: muy buena | |
| 17 | Pumasupa <i>et al.</i> | Índice ABI Índice EPT | Moderado a bueno | Sin especificación | | |
| 18 | Quispe Mamani <i>et al.</i> | Índice ABI Índice BMWP/ Bol Índice nPeBMWP | Malo a aceptable | ABI: Río: dudoso | BMWP/Bol Río: crítico a dudoso | nPeBMWP Río: malo a regular |
| 19 | Silva-Poma <i>et al.</i> | Índice ABI | Malo a moderado | E1, E2, E3, E4, E7, E8, E11 y E12: moderado | E5: bueno E6: moderado | E9 y E10: malo a moderado |

*ABI: Andean Biotic Index

*BMWP: Biological Monitoring Working Party (Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico)

*BMWP/Col: Biological Monitoring Working Party adaptado para Colombia

*BMWP/Bol: Biological Monitoring Working Party adaptado para Bolivia

*nPeBMWP: Índice biótico para ríos del norte del Perú

*EPT: Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera

*IBH: Índice biológico de Hilsenhof

*INSF: Index of the National Sanitation Foundation of the United States of America

*E: Estación de muestreo

*S: Sector

Se pudo apreciar que los índices más utilizados para la determinación de la calidad del agua de los recursos hídricos (lóticos) fueron el BMWP (con sus respectivas adaptaciones) y el ABI. En la figura 1 se aprecia que ABI presentó frecuencia de uso de 37 % (7) seguido de BMWP con 26 % (5). Ambos índices alcanzan el 16 % (3) de las 18 referencias citadas. Cabe señalar que en 7 manuscritos fueron utilizados más de un índice y 12 utilizaron simplemente uno de los índices mencionados. En el estudio, para la determinación de la calidad del agua en la cuenca alta del río Huallaga se utilizaron tres índices: ABI, BMWP/Col y EPT (Alomía *et al.*, 2017). En la evaluación de calidad del río Huancabamba en el departamento de Lambayeque (Balmaceda Lozada, 2020) y del río Amojú en Cajamarca solamente se utilizó el índice ABI y BMWP,

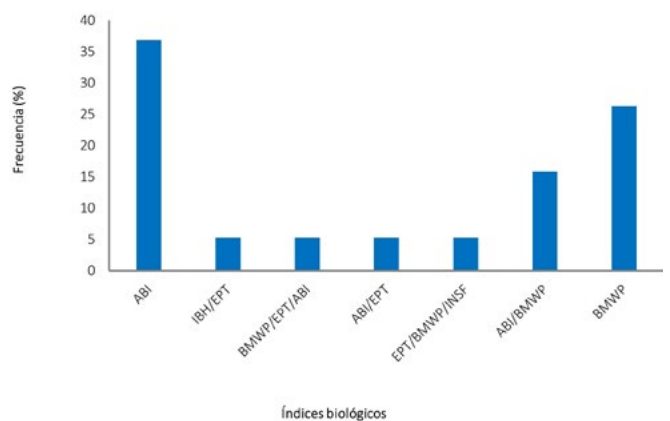


Figura 1. Frecuencia de los índices utilizados en los manuscritos para la presente revisión.



respectivamente (Alvarado Huamán, 2016), tal como se detalla en la tabla 2 para los diferentes estudios.

El mayor número de estudios realizados y publicados en las revistas científicas sobre calidad de agua en sistemas lóticos basados en macroinvertebrados se ve en el departamento de Junín (figura 2).

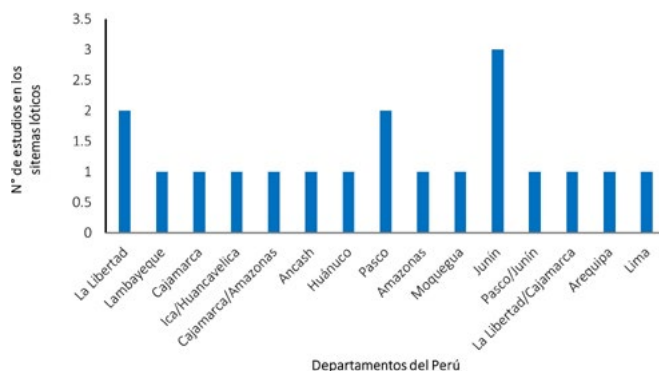


Figura 2. Número de estudios en los sistemas lóticos realizados por departamento en el Perú.

Los ajustes de algunos índices para las realidades de cada zona de estudio —por ejemplo, del índice BMWP con sus adaptaciones BMWP/Col (para Colombia), BMWP/Bol (para Bolivia), nPeBMWP (para ríos del norte del Perú)—son el resultado de calibración y adaptación de los índices a las zonas de muestreo, con énfasis en la caracterización de los componentes biológicos (macroinvertebrados acuáticos). Ello es necesario y de gran importancia para la aplicación en las diferentes zonas geográficas del Perú (Medina-Tafur *et al.*, 2008).

Los índices utilizados con mayor frecuencia se caracterizan por su facilidad de uso. BMWP realiza análisis solamente de la presencia de algunas familias de macroinvertebrados tolerantes o sensibles a la contaminación de tipo orgánica. Ello genera resultados con mayor rapidez y confiabilidad. El índice ABI permite análisis de la calidad ecológica de un recurso hídrico apoyado por el índice original BMWP. Dicho índice es aplicado a ríos altoandinos por encima de los 2000 metros sobre el mar. Considera menor cantidad de familias de macroinvertebrados acuáticos, por la limitación debido a la altitud y restricción de mayor distribución de estos organismos (Acosta *et al.*, 2009). Las investigaciones en las que se emplea ABI y BMWP se fundamentan también en la existencia de gran cantidad de antecedentes (estudios realizados con los índices mencionados), lo que facilita a los investigadores contrastar y argumentar los resultados obtenidos. Ello brinda mayor credibilidad a estos índices en las evaluaciones de calidad del agua en los ríos del Perú. El conocimiento y la experiencia de los autores repercuten en la aplicación y el uso de estos índices en los ambientes donde se realizan los estudios. Por ello la importancia de

los ajustes y adaptaciones, que parten principalmente del índice BMWP para los diferentes ecosistemas hídricos.

Retos para el uso de los índices con macroinvertebrados acuáticos en el Perú

El uso de los índices biológicos para la determinación de la calidad del agua en el Perú tiene gran relevancia. La mayor cantidad de veces se aplican sin tener en cuenta las realidades de cada zona geográfica. Existen índices generados en otros países para condiciones distintas del ambiente como el BMWP. El Perú, con los distintos ecosistemas que presenta, requiere de los ajustes o adaptaciones para su aplicación. Uno de estos casos corresponde al índice nPeBMWP, que fue adaptado a los ríos del norte del Perú (Medina-Tafur *et al.*, 2008); esto permite obtener resultados más confiables a la realidad en la zona geográfica. El gran reto en el uso de estos índices pasa por la adaptación y estandarización según la distribución de los macroinvertebrados acuáticos.

En el Perú existen múltiples investigaciones basadas en la calidad del agua con uso de macroinvertebrados acuáticos. Sin embargo, muchas de ellas no son publicadas en revistas científicas y se quedan a nivel de tesis (Ferrerías-Fernández *et al.*, 2015). Esto limita el alcance del conocimiento en esta línea de investigación. En algunos casos, las tesis elaboradas en estos temas en los repositorios de cada universidad solamente muestran resúmenes, lo que restringe el acceso a la información completa que muestre principalmente metodologías y resultados. Es fundamental la divulgación de las investigaciones a la comunidad científica. De este modo, se generará una mejor socialización sobre esta línea de investigación y conllevará a realizar evaluaciones de mejor calidad con uso de macroinvertebrados (Ferrerías-Fernández *et al.*, 2015).

En nuestro país es de gran importancia conocer la distribución de las comunidades de macroinvertebrados al abordar temas taxonómicos y ecológicos. También se necesita ampliar el enfoque hacia una visión ecosistémica integral, al distinguir las regiones donde fueron realizadas las investigaciones. La información compilada para el presente trabajo facilita entender mejor todo lo anterior, y plasma los efectos actuales y futuros de las diferentes actividades antrópicas en los ecosistemas de acuerdo con lo mencionado por autores previos (Arana Maestre *et al.*, 2021).

Conclusiones

Los índices con mayor uso en las investigaciones fueron BMWP (26 %) y ABI (37 %). El departamento con mayor número de estudios publicados en revistas científicas, en el cual se centra la presente revisión, es Junín. Los desafíos para la utilización de estos índices biológicos residen en la adaptación para cada zona geográfica en estudio. Las investigaciones en la evaluación de la calidad del

agua deben ser publicadas en revistas científicas, lo que permitirá mayor difusión de la información.

Contribución de autoría

Edgar Vilca-Carhuapoma realizó la conceptualización y redacción del presente manuscrito.

Fuente de financiamiento

Autofinanciado.

Conflictos de interés

Ninguno.

Referencias bibliográficas

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M. y Prat, N. (2009).** «Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú». *Limnetica*, 28(1), pp. 35-64. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/32877/1/573865.pdf>
- Alomía, J., Iannaccone, J., Alvaríño, L. y Ventura, K. (2017).** «Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú». *The Biologist*, 15(1), pp. 65-84. Disponible en: <https://doi.org/10.24039/rtb2017151144>
- Alvarado Huamán, R. (2016).** «Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Amojú, parte alta de Jaén, Cajamarca». *Revista Científica Pakamuros*, 4(1), p. 8. Disponible en: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v4i1.45>
- Arana Maestre, J., Carrasco Badajoz, C., Coayla Peñaloza, R., Chalco, C. y Sánchez Peña, M. (2021).** «Aquatic macroinvertebrates of arid and semi-arid ecosystems of Peru». *Frontiers in Environmental Science*, 9(July), pp. 1-14. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.658940/full>
- Arana Maestre, J. y Cabrera Carranza, C. (2018).** «Macroinvertebrados acuáticos y caracterización ecológica de los ambientes dulceacuícolas del área de influencia del gasoducto PERÚ LNG en los departamentos de Ica y Huancavelica». *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40), pp. 86-93. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14394>
- Balmaceda Lozada, J., Taramona Ruiz, L., Puhe, J. y Bustillos Borja, R. (2009).** «Evaluación de un índice biótico en el río Chicama regiones La Libertad, Cajamarca. Perú». *Aporte Santiaguino*, 2(1), pp. 51-57. Disponible en: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/376/348
- Balmaceda Lozada, J. (2020).** «Calidad de agua y diversidad de macroinvertebrados acuáticos del río Huancabamba en el tramo presa El Limón, Lambayeque - Perú». *Revista Ciencia Norandina*, 2(1), pp. 14-27. Disponible en: <https://unach.edu.pe/rcnorandina/index.php/ciencianorandina/article/view/30/37>
- Canchapoma Palomino, K., Casas Soto, K., Palacin Oscanoa, A., Rojas Vilcahuaman, D., Vargas Echevarria, I. (2016).** «La biodiversidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos de Junín». *Ingenium*, 1(2), pp. 35-39. Disponible en: <https://journals.continental.edu.pe/index.php/ingenium/article/view/443/440>
- Corroto, F., Yalta Meza, J., Vásquez Pérez, H. y Gamarra Torres, O. (2016).** «Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú)». *Indes*, 2(2), pp. 98-107. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/71/186>
- Custodio, M., Chanamé, F., Pizarro, S. y Cruz, D. (2018).** «Quality of the aquatic environment and diversity of benthic macroinvertebrates of high Andean wetlands of the Junín region, Peru». *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(3), pp. 195-202. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.08.004>
- Custodio, M., Peñaloza, R. y De la Cruz, H. (2017).** «Benthic macroinvertebrate communities as indicators of the environmental health of the Cunas River in the high Andes, Peru». IntechOpen. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86734>
- Custodio, M. y Chávez, E. (2019).** «Quality of the aquatic environment of high Andean rivers evaluated through environmental indicators: a case of the Cunas River, Peru». *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), pp. 396-409. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052019000300396>
- Ferreras-Fernández, T., García-Peñalvo, J. y Merlo-Vega, A. (2015).** «Repositorios de acceso abierto como canal de publicación de literatura científica gris». Tercera Conferencia Internacional sobre Ecosistemas Tecnológicos para Mejorar la Multiculturalidad. Disponible en: <https://doi.org/10.1145/2808580.2808643>
- Gonzales, G., Zevallos, A., Castañeda, C., Nuñez, D., Gastañaga, C., Cabezas, C., Naeher, L., Levy, K. y Steenland, K. (2014).** «Contaminación ambiental, variabilidad climática y cambio climático: una revisión del impacto en la salud de la población peruana». *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(3), pp. 6-8.



- Medina-Tafur, C., Hora-Revilla, M., Pereda Ruiz, W., Gabriel-Aguilar, R. y Asencio-Guzmán, I. (2008)** «El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008». *Sciéndo*, 13(1-2). Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/280/284>
- Mora Tisnado, G., Medina Tafur, C., Polo-Corro, J. y Hora Revilla, M. (2020)**. «Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarca (La Libertad, Perú)». *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), pp. 85-98. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/2999/3327>
- Paredes, C., Iannacone, J. y Alvaríño, L. (2004)**. «Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú». *Revista Peruana de Entomología*, 44, pp. 107-118.
- Pumasupa, J., Flores, Y., Huisa, S., Condori, D., Centeno, M., Valdez, T. y Yaja, A. (2021)**. «Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional. ¿Cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua». *Ciencia y Desarrollo*, 20(1), pp. 41-56. Disponible en: <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/1107>
- Quispe Mamani, M., Villasante Benavides, J., Feriz García, D., Luque-Fernández, C., Pauca Tanco, A. y Villegas Paredes, L. (2021)**. «Diversity of aquatic macroinvertebrates and water quality of the High Andean wetlands of Chalhuanca, Arequipa-Peru». *Biodiversity Journal*, 12(2), pp. 517-528. Disponible en: <https://doi.org/10.31396/Biodiv.Jour.2021.12.2.517.528>
- Ríos-Touma, B., Acosta, R. y Prat, N. (2014)**. «El Índice Biótico Andino (ABI): valores revisados de tolerancia a la contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del desempeño del índice». *Revista de Biología Tropical*, 62(2), pp. 249-273.
- Sajamí, J. y Huamantínco, A. (2021)**. «Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú». *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(47), pp. 141-153. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/20659/16790>
- Salcedo Gustavson, S., Artica Cosme, L. y Trama, F. (2013)**. «Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú». *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2), pp. 124-139. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287844811_Macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadores_de_la_calidad_de_agua_en_la_microcuenca_San_Alberto_Oxapampa_Peru
- Silva-Poma, M., Castillo, L., Elías, R., Peralta-Argomeda, J. y Huamantínco-Araujo, A. (2021)**. «Water quality of the habitat of two endangered High-Andean frogs using aquatic macroinvertebrates as bioindicators». *International Journal of Conservation Science*, 12(3), pp. 1061-1076.
- Trama, F., Salcedo Gustavson, S., Demarcy, L., Erbure Cardozo, L., Jara Palomino, B., Muñoz Curo, F., Ríos Alvarado, J. y Patrón Viale, F. (2020)**. «Índices de calidad de hábitat y macroinvertebrados en siete cuencas del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú». *Revista Peruana de Biología*, 27(2), pp. 149-168. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v27i2.16730>
- Vásquez, M. y Medina, C. (2016)**. «Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Áncash, Perú) 2014». *Rebiol*, 35(2), pp. 75-89. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/1079>