



Citación: Ormachea-Gamero *et al.* (2022). Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del Río HuilaHuila tributario de la fuente de agua potable Piuray Cusco. 2019. Q'EUÑA 13(2): 29-36

<https://doi.org/10.51343/rq.v13i2.1098>

Recibido: Enero 18, 2022

Aceptado: Octubre 16, 2022

Publicado: Diciembre 30, 2022

Copyright: © 2022 Ormachea-Gamero *et al.*

Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la U N S A A C (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos:

Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

Yanet Mendoza-Muñoz

yanet.mendoza@unsaac.edu.pe

992280@unsaac.edu.pe

orcid.org/0000-0002-3143-6187

yanet.mendoza@unsaac.edu.pe

orcid.org/0000-0003-4508-5303

140231@unsaac.edu.pe

orcid.org/0000-0002-9589-1293

111659@unsaac.edu.pe

orcid.org/0000-0003-0839-9741

Macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila Huila tributario de la fuente de agua potable Piuray Cusco, 2019

Macroinvertebrates as bioindicators of the type of contamination of the Huila Huila river, a tributary of the Piuray Cusco drinking water source, 2019

Carlos Ricardo Ormachea-Gamero¹, Yanet Mendoza-Muñoz², Hermes Ricardo Huamán Huaman³, Nicole Adriana Luque-Callo⁴

¹*Escuela profesional de Biología, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*

²*E.P. de Medicina Humana. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*

Resumen

La protección de las fuentes de agua son de vital importancia en el contexto actual de cambio climático y es uno de los criterios utilizado en el sistema de múltiples barreras para lograr agua segura y saludable, por lo que en el presente estudio se determina los principales grupos taxonómicos de macroinvertebrados como bioindicadores del tipo de contaminación del río Huila Huila, afluente permanente de la fuente de agua potable de la laguna de Piuray en la región Cusco, Perú. Los índices biológicos utilizados fueron el Andean Biotic Index (ABI), el Biological monitoring working party (BMWP/Col) y el Índice Biótico adaptado para el norte del Perú (nPeBMWP). El cuerpo hídrico en estudio se caracterizó por presentar aguas contaminadas con calidad biológica intermedia (III), en la estación de muestreo 02 (EM02) se encontró alta concentración de sulfatos, sólidos suspendidos y disueltos, conductividad y dureza del agua, que son característicos de cuerpos de agua con alto contenido de materia orgánica en descomposición los mismos que están relacionados con especies bioindicadoras de contaminación de las clases Hirudinea, Oligochaeta, Ostracoda, Turbellaria, Insecta y Gastropoda destacando la familia Physidae con el 80% del total colectado.

Palabras claves: macroinvertebrados, bioindicadores, calidad del agua, múltiples barreras, Huila Huila, Cusco, Perú.

Abstract

The protection of water sources is of vital importance in the current context of climate change and is one of the criteria used in the system of multiple barriers to achieve safe and healthy water, which is why this research is part of the Canon Project "Implementation of a multiple barrier system to eliminate pathogenic protozoan cysts from the drinking water of the Piuray source". In Peru, evaluations with biological indices have an efficient cost-benefit but are not regulated. The objective of this study was to determine the main taxonomic groups of macroinvertebrates as bioindicators of the type of contamination of the Huila Huila river, a permanent tributary of the drinking water source of the Piuray Lagoon. The biological indices used were the Andean Biotic Index (ABI), the Biological monitoring working party (BMWP/Col) and the Biotic Index adapted for northern Peru (nPeBMWP) and according to the results, their scores were homologous to each other; thus, the body of water under study was characterized by presenting polluted waters with intermediate biological quality (III), at sampling station 02 (EM02) a high concentration of sulfates, suspended and dissolved solids, conductivity and water hardness were found, which are characteristic of bodies of water with a high content of decomposing organic matter and related to bioindicator families of contamination, such as those determined in this research, such as: morphospecies of the families Physidae and Hyallellidae with 80.61% of the total collected. The Class: Hirudinea, Oligochaeta, Ostracoda and Turbellaria we also determined, Class Insecta: families Corixidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Aeschnidae and Chironomidae. Class Gastropoda: families Physidae, Lymnaeidae, Planorbidae and Sphaeriidae. **Keywords:** Evaluation, macroinvertebrates, river-biological-quality, multiple – barriers, protection- Sources – water – drinking

Keywords: Macroinvertebrates, bioindicators, water quality, multiple barriers, Huila Huila, Cusco, Perú.

Introducción

Huila Huila, es una comunidad que se encuentra alrededor de la laguna de Piuray cuya principal actividad económica es la agricultura donde utilizan fertilizantes químicos (nitratos, potasio y fósforo) desarrollando además, la crianza de ovejas, ganado vacuno y cuyes (CIES 2016), que pueden alterar la calidad del agua, al respecto Menchaca (2011), menciona que la actividad agrícola tiene mayor número de impactos irreversibles porque se utilizan agroquímicos para mejorar la eficiencia de sus cultivos a corto plazo. Así para evaluar el tipo de contaminación del Río Huila Huila, que es uno de los afluentes permanentes de la laguna de Piuray se utilizaron índices bióticos para macroinvertebrados que son indicadores de calidad de las aguas (Prat *et al* 2009), las que se caracterizan por responder en proporción al grado de contaminación, degradación, además de ser abundantes, taxonómicamente bien documentados (Holt 2010), con un “costo mínimo” de muestreo, lo que los convierte en bioindicadores perfectos (Anyanwu 2019), además los cambios significativos en la abundancia de macroinvertebrados se relacionan principalmente con cambios en la calidad del agua y deben usarse como bioindicadores en el monitoreo a largo plazo (Shimba 2016).

Como lo menciona Muñoz (2016) la evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados ha venido incrementándose y es actualmente aceptada como una herramienta biológica moderna siendo los macroinvertebrados considerados como el eslabón trófico entre los productores primarios y los secundarios (Guzmán 2021), además de que las descargas de aguas residuales de las actividades pecuaria y urbana son presiones antrópicas significativas sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos (Custodio *et. al* 2016). Actualmente entre los métodos más importantes se encuentran los índices bióticos para macroinvertebrados entre ellos el *Andean Biotic Index* (ABI) que es una adaptación para los Andes, el *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), el índice BMWP/col. Al respecto Lozano (2005), clasifica la calidad ambiental de la cuenca alta del río Juan Amarillo mediante el índice BMWP/col basado en la identificación de las familias colectadas de macroinvertebrados sectorizando por etapas desde el nacimiento de las quebradas hasta la cota 2800 que se presenta como un ecosistema conservado, con organismos de la familia Leptoceridae (Trichoptera), Elmidae (Coleóptera) y Baetis (Ephemeroptera). En el segundo sector con intervención antrópica reporta la presencia de organismos de las Familias Chironomidae, Tipulidae, Hydrocaridae y Planaridae y en el tercer sector caracterizado por una alta pendiente, con un aumento de oxígeno, se presenta Haplotaxida y Chironomidae.

Muñoz (2016) utilizando el índice BMWP/Col, el índice biótico andino (ABI) y el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) en la evaluación del río Grande menciona que la calidad de estas aguas era “regular” alcanzando una ponderación (2). Tanto el índice nPeNMWP, así como el ABI son indistintamente eficaces para determinar la calidad de

las aguas de ambientes loticos y lenticos (Guzmán, 2021). Bajo ese contexto, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar los macroinvertebrados presentes en el río Huila Huila como bioindicadores del tipo de contaminación determinando su calidad biológica adaptando el índice nPeBMWP que es un método aplicable para Perú, utilizado como indicador de la calidad del agua por la simplicidad del nivel taxonómico requerido (familia) y por el ahorro técnico en términos de tiempo (identificación de insectos) y costos (Medina, 2008).

Material y Métodos

Área de estudio

El río Huila Huila, tiene una longitud de 1.3 km de longitud desde su nacimiento hasta la desembocadura en el canal principal con una profundidad promedio de 35 cm, es el colector principal de las escorrentías provenientes de todos los afloramientos naturales y artificiales del agua generada de capas freáticas más profundas.

Tabla 1. Puntos de GPS referenciados para el área de estudio

ID	e	n	Altitud (msnm)	Descripción
1	819867	8515104	3738	Desembocadura del río huila huila
2	819752	8515114	3743	em01
5	819403	8515066	3745	Puente
6	819081	8514980	3753	EM 02
7	818775	8514947	3751	Naciente principal

Donde:

ID= Código de identificación de la estación de muestreo
EM = Estación de muestreo



Figura 1. Estaciones de muestreo del río Huila Huila, Chinchoro - Cusco. (Georreferenciación propia con ayuda de [ArcGIS Online](https://www.arcgis.com)).

El río Huila Huila es tributario permanente del cuerpo lentico de Piuray, está ubicado en Chinchero, Urubamba, Cusco en la coordenada UTM 18L: 819538 8514820 con una altitud de 3,720 m.s.n.m. en el nacimiento, ubicado en el sector de Alpachaca. La laguna de Piuray fue concesionada a la EPS SEDACUSCO S.A. desde el año 1970, como una de las principales fuentes de captación de agua potable para la ciudad del Cusco. En el 2020, contribuyó con el 40.8% de la captación total y se responsabilizan del seguimiento fisicoquímico y biológico (SEDACUSCO, 2020). Codificado como Intercuenca Ccorimarca N (4994969), según la jerarquía *Pfastteter* coordenadas UTM WGS 84 Norte 8518786 - 8507405 y UTM WGS 84 Este 826810 – 8185061.

Metodología

Estaciones de muestreo: El procedimiento de muestreo de invertebrados estuvo acorde a las indicaciones de la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA (ANA, MINAGRI (2016) y Protocolos de muestreo de comunidades biológicas (Pardo et al. 2010). La elección de las estaciones de muestreos se relacionó con la ubicación de los focos de contaminación, nivel de perturbación observada *in situ* y características propias del Río Huila Huila.

Diseño de muestreo: El método que se empleó para la obtención de la estimación de las poblaciones de invertebrados bentónicos fue el de capturas por unidad de esfuerzo - área muestreada (CPUE) (Caughley *et.al*, 1994) y (Pardo *et. al* 2010).

Selección del tramo: El tramo de estudio fue de 100 m y la toma de muestra se realizó según Pardo *et. al* (2010), se tomó 08 muestras por cada punto de monitoreo seleccionado, equivalente a 1m², los puntos muestrales considerados para esta investigación fueron 02 a lo largo del río Huila Huila con aproximadamente 1.3 km de longitud, quiere decir que por cada evaluación realizada se tuvo un área muestral de 2 m².

El periodo de muestreo: la investigación fue realizada entre noviembre 2018 a febrero de 2019 (época de lluvias, época de avenida) en las dos estaciones de muestreo del río Huila Huila.

Determinación de especies: La identificación de las especies colectadas se realizó con la guía de Roldán (1996) y consulta a especialistas. Los Índices Bióticos para macroinvertebrados que se utilizaron fueron los siguientes: El ABI (Prat *et. al* 2009), el “BMWP/Col, (Prat *et. al* 2009) y la adaptación para Perú nPeBMWP (Medina, 2008).

Resultados y Discusión

Tabla 2. Composición Taxonómica de la biodiversidad de macroinvertebrados del río Huila Huila

ITE M	PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	CONTENIDO	%
1	Annelida	Hirudinea	Hirudinea	Hirudinea	Morfosp	17	0.79
2	Annelida	Oligochaeta	Oligochaeta	Oligochaeta	Morfosp	18	0.84
3	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Morfosp	722	33.74
4	Arthropoda	Ostracoda	Ostracoda	Ostracoda	Morfosp	18	0.84
5	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Morfosp	10	0.47
6	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	<i>Lancetes sp</i>	3	0.37
7	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	<i>Rhanthus</i>	5	
8	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Tropisternum lateralis</i>	96	4.91
9	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Enochrus sp</i>	8	
10	Arthropoda	Insecta	Coleóptera	Hidrophilidae	<i>Berosini</i>	1	
11	Arthropoda	Insecta	Odonata	Aeshnidae	<i>Rionaeschna sp</i>	7	0.33
12	Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfosp.	58	2.71
13	Mollusca	Gasterópoda	Basommathopora	Physidae	Morfosp	1003	46.87
14	Mollusca	Gasterópoda	Basommathopora	Limnaeidae	Morfosp	13	0.61

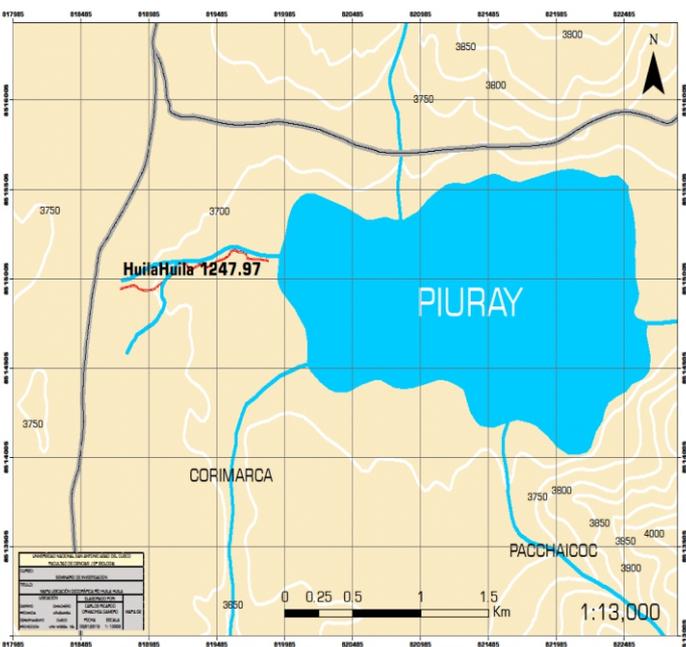


Figura 2. Mapa de ubicación geográfica del río Huila Huila (Georreferenciación propia con ayuda de [ArcGIS Online](https://www.arcgis.com/)).

Clima: Según el SENAMHI, el clima de la Microcuenca Ccorimarca - Piuray es semiseco frío, con Invierno Seco, característico de los valles interandinos.

Zona de vida: Según Holdridge es Páramo muy húmedo – Subandino Subtropical (pmh - SAS), que va desde los 3900m de altitud hasta los 4500 m de altitud, con una temperatura anual máxima de 6.9°C y una temperatura anual mínima de 4.6°C y bosque húmedo – Montano Subtropical (bh – MS), que va desde los 3000 m de altitud hasta los 4000 m de altitud, con una temperatura anual máxima de 9°C y una temperatura anual mínima de 6°C.

Accesibilidad al área de estudio: El acceso es por vía asfaltada, a 20 Km en la ruta Cusco - Urubamba y un particular acceso hasta la orilla del cuerpo de agua en mención, por vía afirmada carrozable desde el centro poblado de Alpachaca.

Tabla 3. Distribución de familias por Estación de muestro y por campaña

ITEM	FAMILIA	PM01 03Feb19	PM02 03Feb19	PM01 13Ene19	PM02 13Ene19	
1	Hirudinea Morfosp(*)	X	X		X	
2	Oligochaeta Morfosp(*)	X			X	
3	Hyallelidae	X	X	X	X	
4	Ostracoda Morfosp(*)	X	X			
5	Corixidae	X	X		X	
6	Dytiscidae(*)	X			X	
7	Hidrophilidae (*)	X	X	X	X	
8	Aeshnidae	X			X	
9	Chironomidae(*)	X	X	X	X	
10	Physidae (*)	X	X	X	X	
11	Limnaeidae(*)	X		X	X	
12	Planorbidae (*)	X	X	X	X	
13	Sphaeriidae(*)				X	
14	Planaridae	X	X	X		
		14	13	9	7	12

Donde (*): Catalogados como bioindicadores de aguas o medio contaminados y de baja calidad biológica

Calidad de agua del río Huila Huila utilizando índices de bioindicación ABI BMWP/COL y NPEBMWP.

Los valores obtenidos en los diferentes índices utilizados en nuestra evaluación se detallan a continuación por punto muestral y campaña.

Tabla 4. EM01 (UTM 18S E819752 N8515114) - primera campaña (13 de enero 2019).

ITEM	FAMILIA	Nº Especies colectadas	%	PUNTAJE ABI	PUNTAJE BMWP/Col	PUNTAJE nPoBMWP
1	Hyallelidae(*)	61	17.53	6	7	6
2	Physidae	216	62.07	3	3	3
3	Limnaeidae	5	1.44	3	4	3
4	Planorbidae	48	13.79	3	5	3
5	Hidrophilidae	4	1.15	3	3	3
6	Planaridae(*)	5	1.44	5	7	5
7	Chironomidae	9	2.59	2	2	2
		348	100	25	31	25
PUNTAJES				MALO	CRITICO	MALO

Donde (*): Son familias con bioindicación medio superior

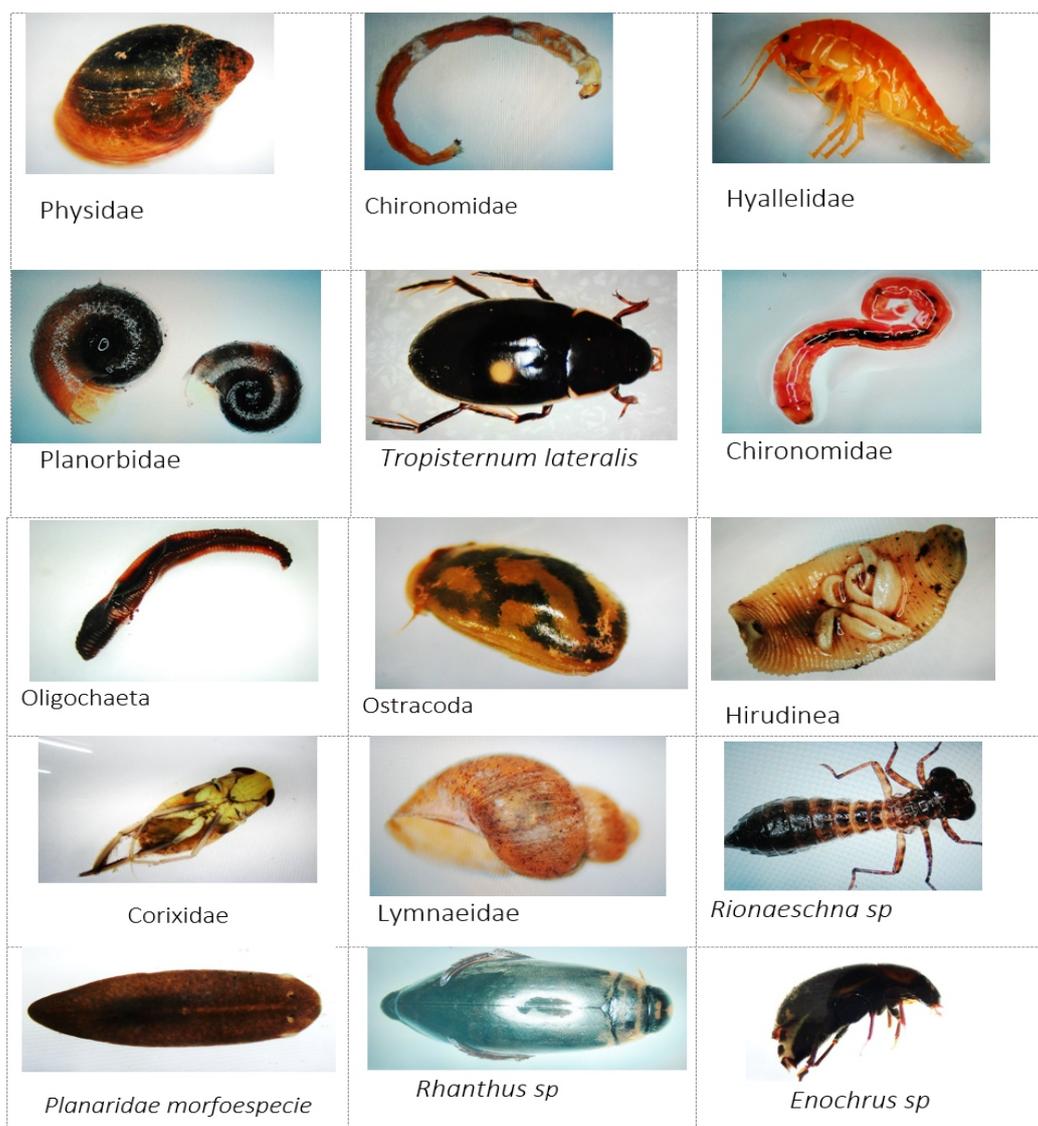


Figura 3. Fotos de macroinvertebrados bioindicadores de aguas de baja calidad biológica .

Tabla 5. Em02 (UTM 18S E819081 N8514980) - primera campaña (13 de enero 2019).

ITEM	FAMILIA	Nº Especies colectadas	%	PUNTAJE ABI	PUNTAJE BMWP/Col	PUNTAJE nPoBMWP
1	Dytiscidae	5	2.37	3	7	3
2	Hidrophilidae	90	42.64	3	3	3
3	Physidae	26	12.32	3	3	3
4	Limnaeidae	2	0.95	3	4	3
5	Planorbidae	5	2.37	3	5	3
6	Hyalaeidae(*)	63	29.86	6	7	6
7	Aeshnidae(*)	6	2.84	6	6	6
8	Corixidae(*)	4	1.90	5	7	5
9	Sphaeriidae	5	2.37	3	4	3
10	Hirudinea Morfosp	2	0.95	3	3	3
11	Oligochaeta Morfosp	1	0.47	1	1	1
12	Chironomidae (ROJO)	2	0.95	2	2	2
		211	100	41	52	41
PUNTAJES				Moderado	Dudoso	Regular

Donde (*): Tienen bioindicación medio superior

Tabla 6. EM01 (UTM 18S E819752 N8515114) - segunda campaña (03 de febrero 2019).

ITEM	FAMILIA	Nº Especies colectadas	%	PUNTAJE ABI	PUNTAJE BMWP/Col	PUNTAJE nPoBMWP
1	Hyalaeidae(*)	213	23.38	6	7	6
2	Physidae	554	60.81	3	3	3
3	Limnaeidae	6	0.66	3	4	3
4	Planorbidae	80	8.78	3	5	3
5	Ostracoda Morfosp	8	0.88	3		3
6	Corixidae(*)	1	0.11	5	7	5
7	Dytiscidae	3	0.33	3	7	3
8	Hidrophilidae	6	0.66	3	3	3
9	Aeshnidae(*)	1	0.11	6	6	6
10	Chironomidae	20	2.20	2	2	2
11	Oligochaeta Morfosp	17	1.87	1	1	1
12	Planariidae (*)	1	0.11	5	7	5
13	Hirudinea Morfosp	1	0.11	3	3	3
		911	100	46	55	46
				Bueno	Dudoso	Regular

Donde (*): son familias con bioindicación medio superior

Tabla 7. EM02 (UTM 18S E819081 N8514980) - segunda campaña (03 de febrero 2019).

ITEM	FAMILIA	Nº Especies colectadas	%	PUNTAJE ABI	PUNTAJE BMWP/Col	PUNTAJE nPoBMWP
1	Hyalaeidae(*)	385	56.95	6	7	6
2	Physidae	207	30.62	3	3	3
3	Planorbidae	12	1.78	3	5	3
4	Ostracoda Morfosp	10	1.48	3		3
5	Hirudinea Morfosp	14	2.07	3	3	3
6	Planariidae	5	0.74	5	7	5
7	Corixidae	11	1.63	5	7	5
8	Chironomidae (ROJO)	27	3.99	2	2	2
9	Hidrophilidae	5	0.74	3	3	3
		676	100	33	37	33
				Moderado	Dudoso	Regular

Donde (*): es una familia con bioindicación medio superior.

Tabla 8. Categorización de la calidad de agua del río Huila Huila según diferentes índices bióticos (modelos de bioindicación)

Índice	Primer Evaluación 13-Ene-2019		Segunda Evaluación 03-Feb-2019		RESULTADO FINAL
	PM02	PM01	PM02	PM01	
ABI	41 Moderado	25 Malo	33 Moderado	46 Bueno	36.25 Moderado
BMWP/Col	52 Dudoso	31 Critico	37 Dudoso	55 Dudoso	43.75 Dudoso
nPeBMWP	41 Regular	25 Malo	33 Regular	46 Regular	36.45 Regular

De acuerdo a la tabla 8 los protocolos ABI, BMWP/Col y nPeBMWP, son similares ya que alcanzaron clasificaciones homologas. Por otro lado, la mayor riqueza de macroinvertebrados se encontró en las estaciones de muestreo EM01 y EM02 - segunda campaña (03 de febrero 2019), al comparar la categorización con los protocolos BMWP/Col y nPeBMWP, se evaluaron como aguas de dudosa y regular contaminación.



Figura 4. río Huila Huila. Estación de muestreo EM01 y EM02

Agradecimientos

La presente investigación se enmarca dentro del Proyecto Canon "Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoos patógenos del agua potable de la fuente Piuray". A la Universidad Nacional San Antonio Abad (UNSAAC) por el financiamiento a través del convenio CONCYTEC-UNSAAC, según contrato de subvención N° 019-2018-UNSAAC, del Esquema Financiero: E041-2017-UNSAAC-02, denominado "PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN" de la convocatoria 2017-2.

De igual manera expresamos nuestro reconocimiento al Dr. José A. Ochoa Cámara, Dr. Erick Yabar Landa y el equipo del Laboratorio de Entomología de la Escuela Profesional de Biología-UNSAAC, por la colaboración en las determinaciones realizadas.

Referencias bibliográficas

- Alba-Tercedor J. (1994). *El entomólogo y los problemas de degradación de los sistemas acuáticos*. En: *Environmental Management and Arthropod Conservation* (Eds. R. Jiménez-Peydró & M.A. Marcos-García): 131-138. Asociación Española de Entomología. 179 Valencia.
- Anyanwu, E., Okorie, M. y Odo, S. (2019). *Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Ossah receptor de efluentes, Umuahia, sureste de Nigeria*. *Zanco Journal of Pure and Applied Sciences*, 31 (5), págs. 9-17. <https://doi.org/10.21271/zjpas.31.5.2>
- Armitage, P.B., Moss, D. Wright, J.F. & Furse, M.T. (1983). *The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water*. *Water Res.*, 17(3): 333-347.
- Autoridad Nacional de Agua (ANA) y Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. N° 2016-03541. Recuperado el 2016 de: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recurso_hidricos_superficiales.pdf.
- Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, Strinbling JB. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. EPA 841 B 99 002. *Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.*
- Barbour MT, Strinbling JB, Verdonshot PFM. 2006. *The Multihabitat Approach of USEPA's Rapid Bioassessment Protocols: benthic Macroinvertebrates*. *Limnética* 25(3): 839-850
- Caughley G, Sinclair ARE. 1994. *Wildlife ecology and management*. *Blackwell Sciences Publishers*. Boston. 334 pp
- CIES Consorcio de Investigación Económica y Social. Instituto de Investigaciones Económicas Universidad Nacional Mayor de San Marcos (2016). Carbajal Navarro Max Arturo y Lucich Larraur Iván Mirko (SUNASS). *Valor de la conservación de la fuente de agua y de los atributos del servicio de abastecimiento de agua de SEDACUSCO: una aproximación empleando experimentos de elección*. Informe final Proyecto Mediano CIES A1-PMN-T1-2014. Perú.
- Corrot F, Yalta J., Vasquez V., Gamarra O. (2016). *Evaluación de la calidad ecológica del agua en la cuenca alta del río Imaza (Perú)*. Doi:10.25127/indes.201402.002
- Custodio Villanueva, María, & Chanamé Zapata, Fernán Cosme. (2016). Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 7 (1), 33-44. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.01.04>
- DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *Diario Oficial El Peruano*. (2017). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12870/DS-004-2017-MINAM.pdf> <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- DECRETO SUPREMO N° 031-2010-SA. *Reglamento de calidad del agua para consumo humano*. MINSA/DIGESA. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>
- De Pauw, N., Vanhooren, G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia* 100, 153-168 (1983). <https://doi.org/10.1007/BF00027428>
- Encalada, A. (2010). *Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador*. *Polémika*, 2(5). Recuperado a partir de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370>
- EPS SEDACUSCO S.A. (2020). *Memoria Anual 2020*. Recuperado el 12 de diciembre del 2020, de <https://www.sedacusco.com/transparencia/memoria/2020.pdf>.
- Gonçalves S., Rozário H., Suriani A. y Ana L. (2019). *Evaluación del impacto de una descarga de efluentes sobre macroinvertebrados bentónicos en un río subtropical utilizando índices*. Universidad Estatal del Medio Oeste. v. 41 (2019): Publicación continúa *Acta Scientiarum. Biological Sciences*. <https://doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v41i1.45536>
- Guzmán José S.C. (2021). *Efecto de la degradación ambiental, por acción antrópica, sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos (MIB) del Río Yura (Arequipa)* Tesis Para optar el Grado Académico de Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambientales. Universidad nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela de Posgrado. Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales y Formales. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/12945/UPgurojsc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Holt, E. A. & Miller, S. W. (2010) *Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts*. *Nature Education Knowledge* 3 (10) : 8, de: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/bioindicators-using-organisms-to-measure-environmental-impacts-16821310/13>.
- Lozano, Liz (2005). La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogota. *Umbral*

- Científico*, (7),5-11.[fecha de Consulta 24 de Mayo de 2021]. ISSN: 1 6 9 2 - 3 3 7 5 . D i s p o n i b l e e n : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400702>
- Madera L., Angulo L., Diaz L. y Rojano R. (2016). *Evaluación de la calidad del agua en algunos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación*. *Inf. tecnol.* vol.27, n.4, p p . 1 0 3 - 1 1 0 . I S S N 0 7 1 8 - 0 7 6 4 . <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642016000400011>
- Medina, C., Hora, M., Pereda, W., Aguilar, R., Asencio, I. (2008) El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008, en *Sciendo* Vol.13, Num2 (2010), Universidad Nacional de Trujillo
- Medina-Tafur, César, Hora-Revilla, Manuel, Asencio-Guzmán, Ivonne, Pereda Ruíz, Walter, Gabriel-Aguilar, Ronal. (2008). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú, de: [file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/280-Texto%20del%20art%20C3%ADculo-667-1-10-20130816%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Documents/Downloads/280-Texto%20del%20art%20C3%ADculo-667-1-10-20130816%20(1).pdf)
- Menchaca Dávila, María del Socorro, & Alvarado Michi, Elba Lupita. (2011). Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiaco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(spe1), 85-96. Recuperado en 24 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000700007&lng=es&tlng=es
- Mendoza, Y. (2017). Proyecto de Investigación tipo Aplicada Intermedio titulado “Implementación de un sistema de múltiples barreras para eliminar quistes de protozoarios patógenos del agua potable de la fuente Piuray” (en actual ejecución). Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, FONDECYT-DE. R-0267-2018 del 22/02/2018.
- Shimba, N.J. y FE Jonah. (2016). *Macroinvertebrates as bioindicators of water quality in the Mkondoa River, Tanzania, in an agricultural area*. *African Journal of Aquatic Science*. ISSN: 1608-5914 (Print) 1727-9364 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/taas20>. <https://doi.org/10.2989/16085914.2016.1230536>
- Muñoz C., (2016) *Caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celendín, Cajamarca*, Universidad Nacional De Cajamarca 109 pp Tesis de pregrado. De <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1755>
- Ojija F., Laizer H. (2016). *Macro Invertebrates As Bio Indicators Of Water Quality In Nzovwe Stream, In Mbeya, Tanzania*. *International Journal Of Scientific & Technology Research* Volume 5, ISSUE 06, june 2016 ISSN 2277- 8616 211 IJSTR©2016 www.ijstr.org
- Pardo, I., García, L., Delgado, C., Costas, N. & Abraín, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Cantábrico y Miño-Sil. 68pp. NIPO 783-10-001-8
- Prat N., Rios-Touma B., Acosta R., Rieradevall M. (2009) *Prat et al. Los Macroinvertebrados como indicadores de calidad de aguas*. *Capítulo 20* (pp.631-654). Edition: 1st: Publisher: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2022) *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.pe.undp.org/content/peru/es/home/sustainable-development-goals/goal-6-clean-water-and-sanitation.html>
- Quispe R., (2015) *Diversidad de la ictiofauna y macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad hídrica en dos tributarios del río bajo Madre de Dios*, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 139pp
- Roldán Pérez Gabriel (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia : propuesta para el uso del método BMWP* Col. Medellín, Colombia : Editorial Universidad de Antioquia, 2003.
- Roldán Pérez Gabriel. 1996. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN. Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis" -FEN COLOMBIA Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas" -COLCIENCIAS Universidad de Antioquia. Bogota. Colombia. ISBN 958-9129-04-8 <https://docer.com.ar/doc/11ns1n>
- Tapia, L., Sánchez, T., Baylón, M., Jara, E., Arteaga, C., Maceda, D. y Alan Salvatierra, A. (2017). *Invertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en lagunas altoandinas del Perú*. *Ecología Aplicada*, 17(2), 2018 ISSN 1726-2216 DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>
- Villena, J. (2018) *Calidad del agua y desarrollo sostenible*. Lima. Perú. Recuperado el 03 de agosto 2020. De: https://rpmesp.ins.gob.pe/public/journals/1/imagenes/Simposio/2018-2/Calidad_agua_desarrollo_sostenible.pdf