

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN LA QUEBRADA LA CUCALINA DE PAMPLONITA-COLOMBIA



ANALYSIS OF WATER QUALITY USING BENTONIC MACROINVERTEBRATES AND PHYSICOCHEMICAL VARIABLES IN THE LA CUCALINA STREAM OF PAMPLONITA-COLOMBIA

 Fabian J. Mora M.

Universidad de Pamplona, Colombia
fabianmora2016@gmail.com

 Lizeth E. Bolívar B.

Universidad de Pamplona, Colombia
lizeth.bolivar@unipamplona.edu.co

 Rafael M. Cobos H.

Universidad de Pamplona, Colombia
cobosmauricio90@gmail.com

Revista Científica Semilla del Este

vol. 4, núm. 2, p. 87 - 101, 2024

Universidad de Panamá, Panamá

ISSN-E: 2710-7469

Periodicidad: Semestral

semillasdeleste@up.pa.ac

Recepción: 08 Marzo 2024

Aprobación: 04 Abril 2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n2.5043>

URL: <https://portal.amelica.org/ameli/journal/343/3435098007/>

Resumen: Los macroinvertebrados bentónicos son organismos perceptibles a la vista, sedentarios en todo cuerpo de agua, con tolerancia y sensibilidad a perturbaciones externas como la minería. Es por ello que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la minería carbonífera legal sobre la calidad del agua de la quebrada La Cucalina, mediante la asociación de los macroinvertebrados bentónicos con parámetros fisicoquímicos en el municipio de Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. Estableciendo en temporada seca tres estaciones el 7 y 14 de febrero, así como el 21 de marzo de 2023, denominadas aguas arriba (AG-AR), lixiviado (LIX) y aguas abajo (AG-AB). Durante este periodo, se recolectaron macroinvertebrados utilizando red surber y se registraron datos fisicoquímicos *in situ* mediante un multiparámetro. Las variables analizadas *ex situ* fueron posteriormente evaluadas en el laboratorio de la Universidad de Pamplona. Como resultado, se obtuvo un total de 706 especímenes distribuidos en cuatro órdenes, ocho familias y nueve géneros, determinando para AG-AR calidad aceptable de contaminación según el método BMWP/Col encontrando el total de ocho familias y relacionándose con la alcalinidad. LIX registró, por su parte, aguas con criterio dudoso de contaminación y la presencia de cinco familias, relacionándose con turbidez, conductividad eléctrica y color. Por último, AG-AB presentó contaminación crítica relacionándose con la demanda química de oxígeno, sulfatos, sólidos totales y dureza. En conclusión, el caudal influye en la distribución y transporte de sustancias químicas de actividades mineras, provocando por dilución contaminante cambios de composición y estructura en la comunidad de macroinvertebrados.

Palabras clave: Actividad minera, bioindicador, contaminación, diversidad, lixiviado.

Abstract: Benthic macroinvertebrates are organisms visible to the eye, sedentary in any body of water, with tolerance and sensitivity to external disturbances such as mining. That is why the objective of the research was to evaluate the effect of legal coal mining on the water quality of the La Cucalina stream, through the association of benthic macroinvertebrates with physicochemical parameters in the municipality of Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. Establishing three seasons in the dry season on February 7 and 14, as well as March 21, 2023, called Upstream (AG-AR), Leachate (LIX) and Downstream (AG-AB). During this period, macroinvertebrates were collected using net surber and physicochemical data were recorded in situ using a multiparameter. The variables analyzed ex situ were subsequently evaluated in the laboratory of the University of Pamplona. As a result, a total of 706 specimens distributed in four orders, eight families and nine genera were obtained, determining acceptable contamination quality for AG-AR according to the BMWP/Col method, finding a total of eight families and relating it to alkalinity. LIX, for its part, recorded waters with doubtful contamination criteria and the presence of five families, relating to turbidity, electrical conductivity and color. Finally, AG-AB presented critical contamination related to the chemical demand of oxygen, sulfates, total solids and hardness. In conclusion, the flow influences the distribution and transport of chemical substances from mining activities, causing changes in composition and structure in the macroinvertebrate community through contaminant dilution.

Keywords: Mining activity, bioindicator, pollution, diversity, leachate.

INTRODUCCIÓN

La distribución hídrica sobre el planeta comprende gran extensión, en la cual su aproximado es de 1.386 millones de Km³ en aguas, atribuyéndose a menor proporción las aguas dulces superficiales. Colombia, por su parte, es considerado uno de los países sobresalientes en riqueza hídrica (Ramírez, 2021), en donde los últimos años es catalogado como país atractivo en inversiones mineras, posicionándose en el puesto 29 a nivel mundial y segundo en América Latina (Yunis, 2022).

No obstante, con el paso del tiempo, Colombia se enfrenta a desafíos significativos en términos de contaminación medioambiental, particularmente en cuerpos de agua que sirven como destino final para desechos mineros. Este problema, resalta indirectamente el considerable ingreso económico derivado de la exploración y explotación de yacimientos minerales, atribuido al potencial geológico del país (Pérez et al., 2019). Es así, en donde se intensifican actualmente investigaciones en Colombia relacionadas con la entomofauna acuática asociado a perturbaciones mineras, por ejemplo el “Efecto de la minería en macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga plaza seca, Attrato, Chocó” (Aguilar et al., 2022). En este contexto, las familias de macroinvertebrados en los ecosistemas acuáticos de agua dulces desempeñan un papel fundamental, permitiendo el seguimiento temporal de perturbaciones antrópicas, debido a su naturaleza sedentaria (Terneus et al., 2018). Específicamente, se destaca la importancia de las familias Perlidae del orden Plecoptera, Oligoneuridae y Leptophlebiidae del orden Tricoptera, así como Calopterygidae del orden Odonata, las cuales son sensibles a la contaminación orgánica y tienden a habitar en aguas alcalinamente moderadas, limpias y bien oxigenadas (Silva, 2023). En contraste, según lo señalado por Vázquez-Ramos et al. (2014), las familias Calamoceratidae e Hydropsychidae del orden Tricoptera destacan por su habilidad para adaptarse a cambios en el entorno, incluyendo factores de pH, turbidez y demanda química de oxígeno, además de su amplia distribución en Colombia. Al igual que ocurre con Baetidae del orden Ephemeroptera (Salinas et al., 2019).

Por lo tanto, los parámetros fisicoquímicos son esenciales en las evaluaciones acuáticas con macroinvertebrados, ya que ofrecen información directa y valiosa sobre las condiciones ambientales del ecosistema acuático, permitiendo a su vez detectar desviaciones o variaciones que podrían incidir en la distribución y diversidad de las comunidades de macroinvertebrados.

Hasta la fecha, el departamento de Norte de Santander no cuenta con registros de entomofauna acuática en respuesta a contaminaciones mineras. Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la minería de carbón sobre la calidad del agua de la quebrada La Cucalina mediante la asociación de macroinvertebrados con parámetros fisicoquímicos, en el municipio de Pamplonita, Norte de Santander, Colombia. Permitiendo la presente investigación contribuir al enriquecimiento y al mantenimiento de la salud del ambiente acuático en el departamento de Norte de Santander y en el país en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en tres estaciones de la quebrada La Cucalina, ubicada en la vereda San Antonio del municipio de Pamplonita, Colombia (Figura 1): a 150 m aguas arriba del lixiviado minero; AG-AR con coordenadas 07°27'43.8"N 072°37'25.3"W, a 10 m abajo del lixiviado minero; LIX con coordenadas 07°27'45.5"N 072°37'29.6"W y a 150 metros aguas abajo del lixiviado minero; AG-AB con coordenadas 07°27'46.5"N 072°37'35.3"W.

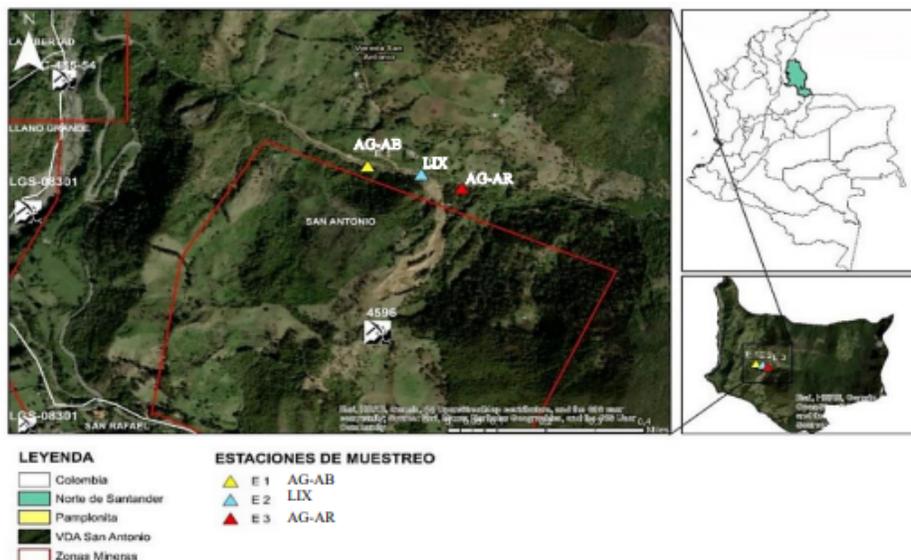


Figura 1

Estaciones de muestreo en la quebrada La Cucalina de la vereda San Antonio en el municipio de Pamplonita del departamento Norte de Santander, Colombia

La investigación se estableció en temporada seca, los días 7 y 14 de febrero, así como el 21 de marzo del 2023. Con un esfuerzo de campo triplicado por estación, obteniendo 27 réplicas en total y 675 minutos durante día de muestreo. Se colectaron macroinvertebrados bentónicos, utilizando como instrumento principal la red surber durante 15 minutos en contra del flujo de cuerpo de agua y realizando una turbidez sobre sustratos de vegetación y rocas. Luego, con el uso de un colador, fueron descartados los residuos orgánicos e inorgánicos, conservando el sedimento en bolsas Ziploc y añadiendo 1/3 partes de solución Pampel (Macias, 2021) en las que finalmente fueron transportadas al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Pamplona.

La identificación, se llevó a cabo en un estereoscopio Stemi DV4 de luz blanca, utilizando oculares de 25x y 10x. Se emplearon guías taxonómicas internacionales, como la guía de macroinvertebrados de la provincia de Orellana (Pérez et al., 2016), y guías nacionales e ilustrativas del departamento de Antioquia (Pérez, 1988), identificando los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera y Odonata hasta taxón de género y se almacenaron en frascos plásticos conteniendo alcohol al 75%, en el Laboratorio de la Universidad de Pamplona.

Por otra parte, el caudal se midió utilizando el método del flotador en las tres estaciones, donde se tomó el área y se registró el tiempo que una pelota flotante tardaba en recorrer una distancia de 10 metros, utilizando unidades de segundos (s). Se realizaron mediciones *in situ*, de parámetros fisicoquímicos como temperatura (°C), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), salinidad (PPM) y total de sólidos disueltos (PPM) utilizando un multiparámetro 5 en 1 modelo 9909-SP. Además, se tomaron muestras duplicadas en contracorriente, de manera compuestas por bentos, necton y fase intermedia, para medir parámetros fisicoquímicos *ex situ* del cuerpo de agua. Estas muestras, se recolectaron sobre envases plásticos de un litro previamente esterilizados para el análisis de dureza, alcalinidad, cloruros, fósforo, nitritos, nitrógeno amoniacal, sulfato, hierro, sólidos totales y suspendidos totales.

De manera similar, para medir la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO), se recolectaron muestras en envases de vidrio. A la muestra destinada para la DQO, se añadió 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 97 % de concentración. Posteriormente, los envases fueron transportados al laboratorio de control y calidad de la Universidad de Pamplona, donde se llevaron a cabo los análisis correspondientes.

Análisis de datos

Se registró el número de especies por estación y la sumatoria total de individuos, con el fin de evaluar la representatividad del muestreo por medio de curvas de completitud basadas en rarefacción empleando el estimador propuesto por Chao y Jost en programa online iNext (Hsieh et al., 2016). También, se usaron los números de Hill para análisis de diversidad alfa en el que la diversidad de orden cero (0D) representó riqueza de géneros con la unidad de especies efectivas. La diversidad de orden uno (1D) tomando en cuenta las especies más comunes o, en otras palabras, los géneros abundantes de la investigación y la diversidad de orden dos (2D) representando el inverso Simpson, como los géneros abundantes de cada estación.

Por otra parte, se diseñó la gráfica Rango-abundancia con base en el logaritmo 10, en el que se visualiza la distribución de los géneros en cuanto a riqueza y abundancia de las estaciones. También, se implementó el índice biótico de calidad de agua BMWP/Col a cada estación, asignando puntajes de contaminación (Roldán, 2016) previamente establecidos, de uno o cercano a este valor para familias tolerantes y de 10 o cercano para las familias sensibles identificadas.

Finalmente, en el programa estadístico multivariable Past V 4.08 se realizó análisis de correlación canónica (ACC) y análisis clúster de similaridad Bray-Curtis, en el que el primer análisis tomó las variables fisicoquímicas correlacionándose con los macroinvertebrados, y el segundo análisis correspondiente al porcentaje de similitud entre los géneros compartidos con un Bootstrap de 10.000 registrando el total porcentual de los géneros compartido entre las estaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio reveló una menor diversidad de morfotipos de macroinvertebrados bentónicos, en comparación con otros realizados en el departamento de Norte de Santander. Esto contrasta con investigaciones anteriores en la región, como el estudio llevado a cabo por Rojas (2018) en el municipio de Bochalema. Sin embargo, tales cauces naturales no fueron analizados por influencia proveniente de actividades mineras.

Durante la colecta, se obtuvo un total de 706 individuos de los cuatro órdenes estudiados: Ephemeroptera, Tricoptera, Plecoptera y Odonata, distribuidos en ocho familias y nueve géneros. En el orden Ephemeroptera, se registraron 243 individuos en la estación AG-AR, 12 individuos en la estación LIX y 15 individuos en la estación AG-AB, sumando un total de 270 individuos representados en tres familias y tres géneros. Plecoptera presentó 243 individuos en la estación AG-AR, 9 individuos en la estación LIX y 3 individuos en la estación AG-AB, alcanzando un total de 255 individuos representados en un género con su respectiva familia. Por otro lado, Tricoptera mostró 128 individuos en la estación AG-AR, 33 en la estación LIX y 4 individuos en la estación AG-AB, totalizando 165 individuos representados en tres familias y tres géneros. En contraste, el orden Odonata no presentó individuos en las estaciones AG-AB y LIX; sin embargo, se registró un total de 16 individuos en la estación AG-AR, distribuidos en dos familias y dos géneros.

En cuanto a la abundancia de los órdenes, Ephemeroptera destacó con el 38%, seguido por Plecoptera con el 36.12%, Tricoptera con el 23.38%, y finalmente Odonata con el 2.27%. En lo que respecta a las familias, Baetidae fue la más abundante, representando el 36.83% del total, seguida de Perlidae con el 36.12%, Hydropsychidae con el 19.97%, Calamoceratidae con el 3.40%, Libellulidae con el 1.42%, Calopterygidae y Leptophlebiidae con el 0.85% cada una, y finalmente, Oligoneuriidae con el 0.56%

Índice de similaridad Bray curtis

El análisis de similaridad de Bray Curtis (Figura 2) reveló un coeficiente de correlación cofenética de 0.9932/1, indicando un alto grado de ajuste en las relaciones de similitud de datos. Se observaron dos grupos claramente diferenciados: el primero, con un 53 % de similitud en el total de géneros encontrados, con un Bootstrap de 100; y el segundo grupo, con un 62% de similitud en los géneros compartidos entre las estaciones LIX y AG- AB, con un Bootstrap de 94.

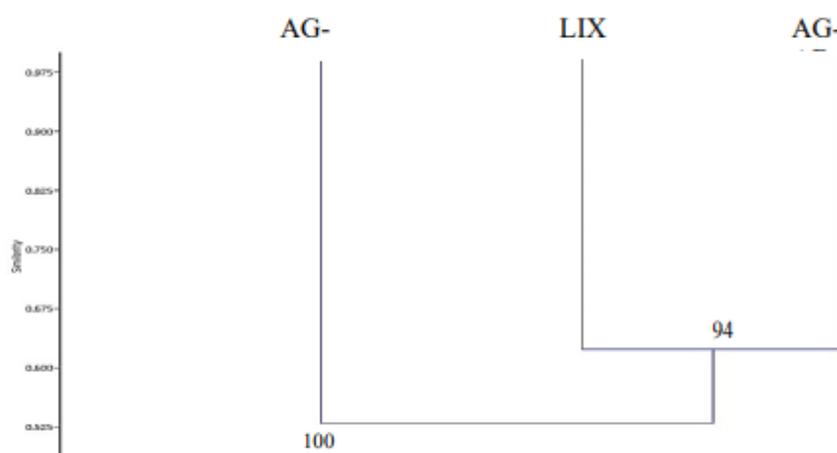


Figura 2

Dendrograma de clasificación para los macroinvertebrados basado en el Índice de similaridad Bray Curtis en las estaciones de muestreo en la quebrada La Cucalina

* Aguas arriba del lixiviado minero; AG-AR, lixiviado minero; LIX, aguas abajo del lixiviado minero; AG-AB.

Perfiles de diversidad y grafica rango-abundancia

El impacto de la minería en la quebrada La Cucalina se evidenció mediante un análisis basado en los perfiles de diversidad (Figura 3), los cuales revelaron notables diferencias de riqueza ($^{\circ}D$), abundancia (1D) y dominancia (2D) de géneros en las estaciones. De manera destacable, la figura rango abundancia (Figura 4) exhibió una marcada disminución progresiva en la presencia de géneros en las estaciones LIX y AG-AB, las cuales estuvieron afectadas por actividades mineras. Estos resultados corroboran descubrimientos previos, como los de Aguilar y sus colaboradores, quienes evaluaron el efecto de la minería sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la ciénaga Plaza Seca, Atrato, Chocó (2022).

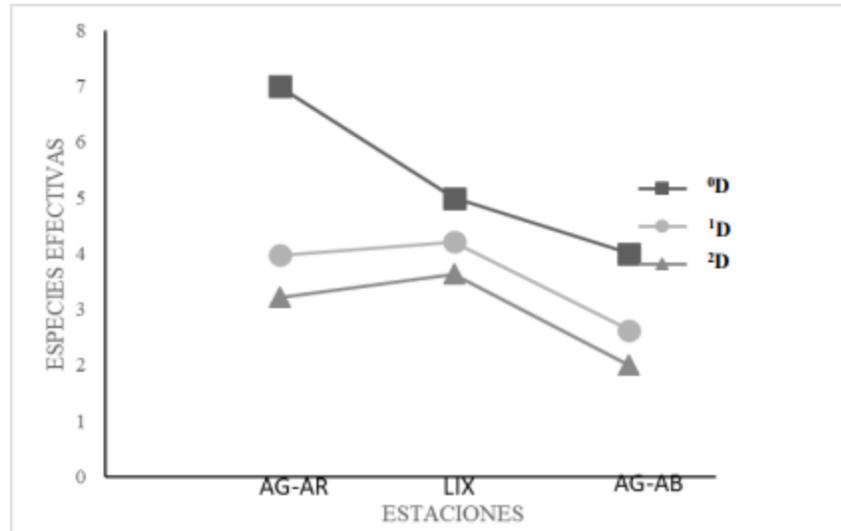


Figura 3

Perfiles de diversidad alfa de Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera y Odonata en estaciones de muestreo de la quebrada La Cucalina

* Aguas arriba del lixiviado minero; AG-AR, lixiviado minero; LIX, Aguas abajo del lixiviado minero; AG-AB. Diversidad de orden cero ($^{\circ}D$); diversidad de orden uno (1D), diversidad de orden dos (2D).

Los perfiles de diversidad de orden cero ($^{\circ}D$), correspondiente a riqueza, mostraron que en la estación AG-AR se registraron 7 especies efectivas, seguida por LIX con 5 especies efectivas, y finalmente AG-AB con 4 especies efectivas. En cuanto a la diversidad de orden uno (1D), relacionada con la abundancia, se observó que la estación LIX presentó el mayor número de especies abundantes, con 4.21 especies efectivas, seguida por AG-AR con 3.97 especies efectivas, y finalmente AG-AB con 2.63 especies efectivas. Por último, en relación con la diversidad de orden dos (2D), que indica la dominancia, se evidenció que la estación LIX exhibió la mayor dominancia con 3.62 especies efectivas, seguida por la estación AG-AR con 3.21 especies efectivas dominantes, y finalmente AG-AB con 2 especies efectivas.

Además, la gráfica de Rango-abundancia (Figura 4) reveló una amplia distribución de los géneros en cada una de las estaciones, junto con sus niveles de dominancia. En particular, se observó que Anacroneuria, perteneciente a la familia Perlidae, fue el género más abundante en AG-AR, junto con Baetodes de la familia Baetidae. Por otro lado, en la estación LIX, directamente afectada por actividades mineras, Smicridea de la familia Hydropsychidae fue el género predominante, lo que sugiere una notable tolerancia por parte de esta familia a las condiciones ambientales adversas.

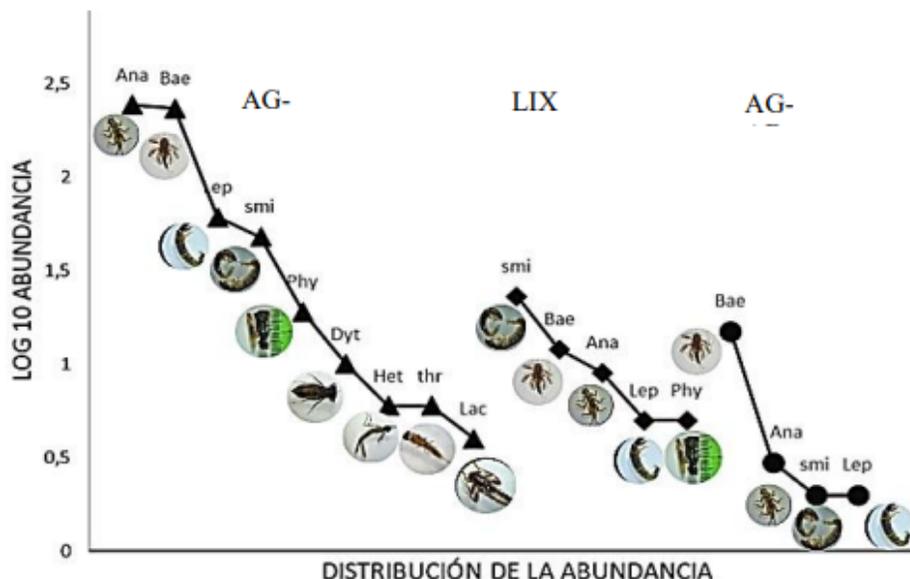


Figura 4

Curva de distribución rango-abundancia en las diferentes estaciones de la quebrada La Cucalina

* Aguas arriba del lixiviado minero = AG-AR, lixiviado minero = LIX, aguas abajo del lixiviado minero = AG-AB.

Plecoptera: Perlidae: Anacroneria (Ana), Ephemeroptera: Baetidae: Baetodes (Bae), Ephemeroptera: Leptophebiidae: Thraulodes (Tha), Ephemeroptera, Oligoneuriidae: Lachlania (Lac) Tricoptera, Hidropsychidae: Leptonema (Lep) Tricoptera: Hidropsychidae: Smicridea (Smi), Tricoptera: Calamoceratidae: Phylloicus (Phy), Odonata: Libellulidae: Dythemis (Dyt), Odonata: Calopterygidae: Heterina (Het).

Índice Biological Monitoring Working Party Colombia (BMWP/Col)

Con respecto al índice BMWP/Col, en la estación AG-AR se identificó ocho familias con puntaje total de 64, determinando aguas ligeramente contaminadas con calidad aceptable. Para la estación LIX se identificó cinco familias con puntaje total de 32, determinando aguas moderadamente contaminadas, con calidad dudosa. Finalmente, para la estación AG-AB se identificó cuatro familias con puntaje total de 27, determinando que son aguas muy contaminadas con calidad crítica de contaminación.

Tabla 1

Puntajes del BMWP/Col para cada estación de muestreo en la quebrada La Cucalina

ESTACIÓN	PUNTAJE	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
AG-AR	64	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
LIX	32	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
AG-AB	27	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja

* Aguas arriba del lixiviado minero = AG-AR, lixiviado minero = LIX, Aguas abajo del lixiviado minero = AG-AB.

Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

El análisis de correspondencia canónica (Figura 5) explicó un 81.32 % la relación de las variables fisicoquímicas con la incidencia de géneros encontrados en el estudio. En la estación de referencia AG-AR, se observó un caudal bajo de 0.67 l/s, asociado con géneros como *Anacroneuria*, *Lachania*, *Thraulodes*, *Hetarina*, *Leptonema* y *Baetodes*, con una tendencia neutral hacia las variables fisicoquímicas, aunque mostrando leve conexión con la alcalinidad. No obstante, se reafirma la investigación de Alberruche et al. (2014), en la que destacó baja concentración de sulfatos en el curso de agua no afectado por la actividad minera.

Por otro lado, la estación LIX arrojó un caudal de 2.32 l/s, mostrando afinidad con el género *Smicridea* y grados de alteraciones importantes en parámetros de turbidez y acidificación. Producto de actividades antrópicas, que promueven la erosión de rocas, aumentando el color y la conductividad eléctrica del cuerpo de agua.

Finalmente, en la estación AG-AB, de acuerdo con el estudio de Fernández y Kulich (2017), se evidencia que a medida que la quebrada avanza por su curso, la calidad del agua disminuye debido a la carga contaminante que recibe, lo que se refleja en un aumento de variables como la demanda química de oxígeno (DQO), los sulfatos (Alberruche et al., 2014), los sólidos totales y la dureza. En esta estación, con un caudal de 1.63 l/s, se observó una afinidad poco significativa con el género *Phylloicus*.

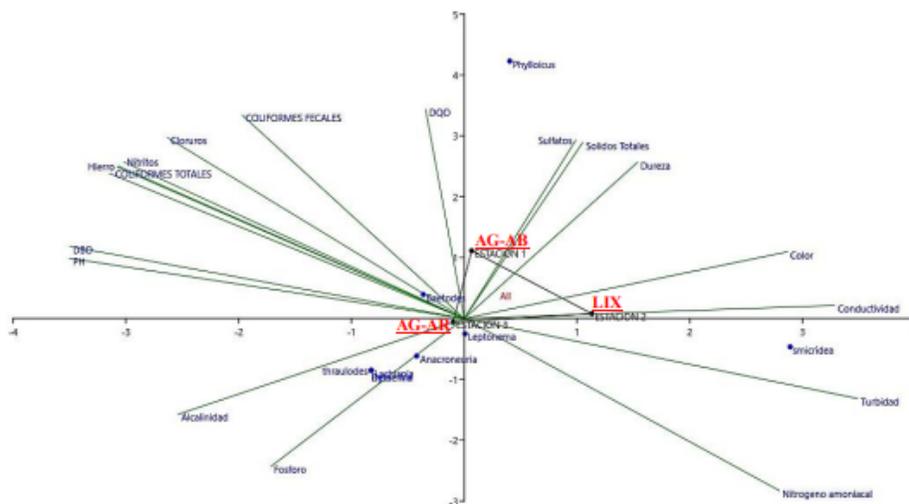


Figura 5

Análisis de correspondencia canónica (ACC) en las estaciones de muestreo, de la quebrada La Cucalina de Pamplonita, Norte de Santander, Colombia

Lo mencionado anteriormente, respalda el requerimiento de la comunidad de macroinvertebrados, en el momento de evaluar los niveles contaminantes de los sistemas loticos y lenticos. Considerándose, la entomofauna acuática en asociación a parámetros fisicoquímicos, estrategias claves para la ejecución de un análisis detallado de salubridad en los ecosistemas acuáticos.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio destacan la influencia del caudal en la distribución y transporte de sustancias químicas y materiales contaminantes derivados de actividades mineras, afectando directamente en la composición y estructura de la comunidad de macroinvertebrados, determinando la entomofauna acuática en asociación con parámetros fisicoquímicos, estrategia clave para llevar a cabo análisis detallados de la salubridad en los ecosistemas acuáticos intervenidos.

La identificación de variables fisicoquímicas como turbidez, conductividad eléctrica y color, se relaciona estrechamente con el origen de la contaminación, explicando el aumento y acumulación aguas abajo (AG-AB) de la demanda química de oxígeno, sulfato, sólidos totales y dureza. Sin embargo, los resultados de esta investigación confirman que las operaciones mineras asociadas directamente con la quebrada La Cucalina, cumplen con protocolos de gestión adecuados en cuanto a la calidad de sus lixiviados, de acuerdo con la legislación colombiana, específicamente el artículo 11 de la resolución 0883 del 2018, que establece los valores fisicoquímicos máximos y mínimos permitidos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Pamplona, especialmente al Laboratorio de Entomología, por brindar acceso a espacios e instrumentos físicos. Además, extendemos nuestro agradecimiento y reconocimiento al Grupo de Investigación en Ecología y Biogeografía (GIEB) de la Universidad de Pamplona, así como al docente Dilan Vergara Comas y Liliana Rojas Contreras, por compartir conocimientos claves para la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Baldosea, W., López-Ramírez, I. C., y Murillo, L. R. (2022). Efecto de la minería en macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga plaza seca, Atrato, Chocó. *Revista Politécnica*, 18(35), 9–23. <https://www.redalyc.org/journal/6078/607870799001/607870799001.pdf>
- Alberruche del Campo, E., Rodríguez Gómez, V., Vadillo Fernández, L., Herrero Barrero, T., y Lacal Guzmán, M. (2014). Impacto ambiental de la minería del carbón en ecosistemas acuáticos. CSIC - Instituto Geológico y Minero de España (IGME). <https://digital.csic.es/handle/10261/273530>
- Fernández, L. S. Q., y Kulich, E. I. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. 3. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha04317.pdf>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., y Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Macías Díaz, D. D. (2021). Relación entre los usos de suelo y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el Estero El Barro de La microcuenca Baja del Río Quevedo [tesis de pregrado] *Universidad Técnica Estatal de Quevedo* <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6602>
- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., y Acosta, K. (2016). Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana. Ecuador. (1ra ed.). Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Benticos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- Pérez, C. R., Yepes, C. A. Z., Escobar, J., y Molina, M. (2019). La jurisprudencia constitucional colombiana sobre ordenamiento territorial, participación ciudadana y su impacto en la actividad minera. *Revista de derecho*, 51, 90–110. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-86972019000100090&script=sci_arttext
- Ramírez, C. A. S. (2021). Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico. Ediciones de la U. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Ram%C3%ADrez,+C.+A.+S.+\(2021\).+Calidad+del+agua:+evaluaci%C3%B3n+y+diag%C3%B3stico.+Ediciones+de+la+U&ots=ceVSNp3N7n&sig=sec2JmUE6fd4v63hnKUGgYAOfo](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2fAYEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=Ram%C3%ADrez,+C.+A.+S.+(2021).+Calidad+del+agua:+evaluaci%C3%B3n+y+diag%C3%B3stico.+Ediciones+de+la+U&ots=ceVSNp3N7n&sig=sec2JmUE6fd4v63hnKUGgYAOfo)
- Rojas Fuentes, J. E. (2018). Diversidad de insectos acuáticos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera Y Odonata) asociados a parámetros físicoquímicos como evaluación de la calidad del agua del municipio De Bochalema, Norte De Santander, Colombia [tesis de pregrado] *Universidad de Pamplona*. <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/699>
- Roldán-Pérez, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo para la Protección del Medio Ambiente" José Celestino Mutis" <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082016000200007&script=sci_arttext
- Salinas, L., Villegas-A, P., & Román-Valencia, C. (2019). Composición y taxonomía de la familia Baetidae (Insecta: Ephemeroptera) para la cuenca del río La vieja, Alto Cauca, Colombia. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 31(1), 15– 25. <https://doi.org/10.33975/riuv.vol31n1.274>

- Silva, M. (2023). Informe muestreo de macroinvertebrados bentónicos humedales río queule Noviembre 2023, Chile. https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/05/Informe-MIB-Queule-Primavera-2023_VF.pdf
- Terneus-Jácome, E., & Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 27(1), 36–50. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962018000100036
- Vázquez-Ramos, J. M., Guevara-Cardona, G., & Reinoso-Flórez, G. (2014). Factores ambientales asociados con la preferencia de hábitat de larvas de tricópteros en cuencas con bosque seco tropical (Tolima, Colombia). Revista de Biología Tropical, 62, 21. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15776>
- Yunis, J., y Aliakbari, E. (2021). Fraser Institute Annual Survey of Mining Companies 2020. Fraser Institute. <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/annual-survey-of-mining-companies-2021.pdf>



Disponible en:

<https://portal.amelica.org/ameli/ameli/journal/343/3435098007/3435098007.pdf>

Cómo citar el artículo

Número completo

Más información del artículo

Página de la revista en redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe,
España y Portugal
Modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la
naturaleza académica y abierta de la comunicación científica

Fabian J. Mora M., Lizeth E. Bolívar B., Rafael M. Cobos H.

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y VARIABLES
FISICOQUÍMICAS EN LA QUEBRADA LA CUCALINA DE
PAMPLONITA-COLOMBIA**

ANALYSIS OF WATER QUALITY USING BENTONIC
MACROINVERTEBRATES AND PHYSICOCHEMICAL VARIABLES
IN THE LA CUCALINA STREAM OF PAMPLONITA-COLOMBIA

Revista Científica Semilla del Este
vol. 4, núm. 2, p. 87 - 101, 2024
Universidad de Panamá, Panamá
semillasdeleste@up.pa.ac

ISSN-E: 2710-7469

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n2.5043>