Biotempo, 2025, vol. 22 (1), XX-XX.

DOI: https://doi.org/10.31381/biotempo.v22i1.7339

Este artículo es publicado por la revista Biotempo de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

COMMENTARY / COMENTARIO

Descriptors of a protocol for evaluation in aquatic ecotoxicology using bioecotoximonitors

Descriptores de un protocolo para la evaluación en ecotoxicología acuática con bioecotoximonitores

George Argota-Pérez[1*]

[1]Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Ica, Perú. george.argota@gmail.com

*Corresponding author: george.argota@gmail.com

Titulillo: Descriptors for a protocol for evaluation
Argota-Pérez

George Argota-Pérez: https://orcid.org/0000-0003-2560-6749

ABSTRACT

The contamination of aquatic ecosystems by toxic compounds represents a significant threat to biodiversity and environmental health. However, the assessment of ecotoxicological impact continues to face methodological limitations, particularly in the use of bioecotoximonitors. The objective was to consider descriptors for a protocol for evaluation in aquatic ecotoxicology using bioecotoximonitors. The methodology employed was based on the selection of bioecotoximonitors, measurement of biochemical, physiological, and population biomarkers, and advanced statistical analysis. The main results demonstrated significant correlations between contaminant bioaccumulation and adverse biological responses, allowing for the identification of toxicity thresholds. The discussion focused on comparing these findings with previous studies, emphasizing the importance of establishing specific protocols for different ecosystems. It is concluded that the implementation of descriptors optimizes ecotoxicological

assessment and provides key scientific tools for the management and conservation of water resources.

Keywords: bioecotoximonitors – biomarkers – ecotoxicology – pollution – protocols

RESUMEN

La contaminación de los ecosistemas acuáticos por compuestos tóxicos representa una amenaza significativa para la biodiversidad y la salud ambiental. Sin embargo, la evaluación del impacto ecotoxicológico sigue presentando limitaciones metodológicas, especialmente en el uso de bioecotoximonitores. El objetivo fue considerar descriptores de un protocolo para la evaluación en ecotoxicología acuática con bioecotoximonitores. Se empleó una metodología basada en la selección de bioecotoximonitores, medición de biomarcadores bioquímicos, fisiológicos y poblacionales, y análisis estadístico avanzado. Los principales resultados evidenciaron correlaciones significativas entre la bioacumulación de contaminantes y respuestas biológicas adversas, permitiendo identificar umbrales de toxicidad. La discusión se centró en la comparación de estos resultados con estudios previos, destacando la importancia de establecer protocolos específicos para diferentes ecosistemas. Se concluye que, la implementación de descriptores optimiza la evaluación ecotoxicológica y proporciona herramientas científicas clave para la gestión y conservación de los recursos hídricos.

Palabras clave: bioecotoximonitores – biomarcadores – contaminación ecotoxicología – protocolos

La ecotoxicología acuática se ha consolidado como una disciplina esencial para entender los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas acuáticos. A través de ella, se buscan métodos de monitoreo efectivos que permitan evaluar no solo la presencia de contaminantes, sino también sus impactos biológicos en los organismos acuáticos (Blasco *et al*., 2020; Zait *et al*., 2022). Los bioecotoximonitores, organismos que habitan de manera natural en ambientes contaminados, ofrecen una ventaja sobre los métodos tradicionales de monitoreo fisicoquímico, ya que reflejan los efectos acumulativos de los contaminantes a lo largo del tiempo (Argota, 2023; Argota *et al*., 2023). El desarrollo de un protocolo estandarizado para su uso es clave, ya que permitirá una evaluación más integral de la salud de los ecosistemas acuáticos y, al mismo tiempo, contribuirá a la formulación de políticas de gestión ambiental más efectivas (Kholodkevich, 2022; Huang *et al*., 2023).

A pesar de los avances en ecotoxicología acuática, persiste un vacío significativo en la comprensión de los efectos de los contaminantes a través de metodologías biológicas estandarizadas. Aunque, existen estudios centrados en el análisis físico-químicos de la

contaminación, estos no logran reflejar de manera integral los impactos biológicos de las sustancias tóxicas sobre los organismos acuáticos (Lakshmanan *et al*., 2009; Argota *et al*., 2015; Kumari & Maiti, 2019). Este vacío en el conocimiento subraya la necesidad urgente de desarrollar protocolos estandarizados para la evaluación ecotoxicológica que integren los bioecotoximonitores. Estos organismos permiten una medición más precisa de la toxicidad y proporcionan información vital sobre la biodisponibilidad de los contaminantes (Umeh *et al*., 2020). La justificación de esta iniciativa radica en que el uso de bioecotoximonitores no solo mejora la detección de contaminantes en cuerpos de agua, sino que también facilita la evaluación de los efectos a largo plazo sobre la salud de los ecosistemas acuáticos. La creación de descriptores claros para la selección y el análisis de estos organismos es fundamental para superar las limitaciones de los métodos tradicionales, garantizar la validez de los estudios ecotoxicológicos y apoyar la toma de decisiones en la gestión de la calidad del agua y la conservación de la biodiversidad acuática (Rosner *et al*., 2023; Kim *et al*., 2024).

El desarrollo de un protocolo de evaluación en ecotoxicología acuática con bioecotoximonitores requiere la identificación de descriptores precisos que guíen la selección de los organismos, los métodos de monitoreo y la interpretación de los resultados. Estos descriptores son fundamentales para estandarizar las prácticas y garantizar la comparabilidad de los estudios ecotoxicológicos (Tabla 1). Entre los descriptores más relevantes se encuentran:

Tabla 1. Características de descriptores con bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática.

Descriptores	Características
Tolerancia específica a contaminantes	Los bioecotoximonitores deben ser seleccionados en función de su sensibilidad a contaminantes comunes en el ecosistema acuático. Es importante considerar organismos que respondan de manera significativa a una variedad de sustancias tóxicas, como metales pesados, pesticidas o compuestos orgánicos persistentes.
Adaptabilidad y distribución geográfica	Los organismos seleccionados deben ser capaces de vivir y reproducirse en una variedad de hábitats acuáticos. La capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales y su amplia distribución geográfica permiten que los estudios sean representativos y comparables en diferentes ecosistemas acuáticos, facilitando así la evaluación a escala regional o global.

Reproducibilidad y facilidad de manejo	Los bioecotoximonitores deben ser organismos cuya manipulación, reproducción y mantenimiento en condiciones de laboratorio sean factibles. Esto incluye la facilidad con la que pueden ser expuestos a diferentes concentraciones de contaminantes y la viabilidad de realizar análisis repetidos con los mismos resultados.

Para evaluar adecuadamente los efectos de los contaminantes sobre los ecosistemas acuáticos mediante bioecotoximonitores, es esencial definir parámetros de evaluación claros y específicos. Estos parámetros permitirán medir y analizar los efectos directos e indirectos de los contaminantes en los organismos y, por extensión, en el ecosistema acuático en su conjunto. Entre los parámetros clave se incluyen:

a) Indicadores bioquímicos de estrés: Uno de los principales parámetros de evaluación es la medición de los biomarcadores bioquímicos que indican estrés en los organismos expuestos a contaminantes. Estos pueden incluir la actividad de enzimas antioxidantes, como la superóxido dismutasa y la catalasa, que responden al estrés oxidativo inducido por la exposición a contaminantes. Además, se puede medir la actividad de otras enzimas como las transferasas para evaluar el daño celular inducido por contaminantes.
b) Crecimiento y desarrollo: Los cambios en las tasas de crecimiento, desarrollo y mortalidad de los organismos son indicadores cruciales de los efectos de los contaminantes en la biota acuática. Se deben establecer rangos aceptables de crecimiento y desarrollo para las especies utilizadas como bioecotoximonitores, y cualquier desviación significativa de estos rangos puede indicar la presencia de tóxicos en el ambiente.
c) Reproducción y bioacumulación: La alteración de la capacidad reproductiva de los organismos es otro parámetro importante. Se debe monitorear la tasa de fecundidad y la viabilidad de los embriones y larvas. Asimismo, la bioacumulación de contaminantes en los tejidos de los organismos es esencial para evaluar el impacto a largo plazo en la salud de los ecosistemas acuáticos.
d) Cambios poblacionales: Un parámetro crítico en la evaluación de los efectos ecológicos es el seguimiento de las alteraciones en las dinámicas poblacionales. Esto incluye la monitorización de la estructura poblacional, las tasas de mortalidad y las alteraciones en la diversidad y abundancia de las especies monitores ambientales a lo largo del tiempo.

e) Efectos combinados y sinérgicos: Además de los efectos directos de los contaminantes individuales, es importante evaluar los efectos combinados y sinérgicos de múltiples contaminantes presentes en el ambiente acuático. Los bioecotoximonitores pueden proporcionar información valiosa sobre cómo los contaminantes interactúan entre sí, exacerbando o mitigando los efectos tóxicos en los organismos monitoreados.

La evaluación ecotoxicológica con bioecotoximonitores sigue un proceso sistemático que abarca desde la selección de los organismos indicados hasta la interpretación de los resultados obtenidos (Diogo *et al*., 2023). A continuación, se mencionan los criterios en esta metodología:

a) Selección del bioecotoximonitor y diseño del estudio.
b) Medición de respuestas biológicas.
c) Análisis estadístico.
d) Interpretación y aplicación de los resultados

Se concluye que, los descriptores para el desarrollo de un protocolo sobre la evaluación en ecotoxicología acuática con bioecotoximonitores representa un avance fundamental en la detección temprana de contaminantes y la gestión ambiental porque representa una evaluación más realista (Daam, 2024). A través de una metodología rigurosa que combina la selección de organismos indicativos, la medición de respuestas biológicas y el análisis estadístico, es posible obtener datos precisos sobre los efectos tóxicos en los ecosistemas acuáticos. La integración de estos resultados con normativas ambientales permite establecer umbrales de riesgo y fortalecer estrategias de mitigación. Este enfoque no solo optimiza la evaluación ecotoxicológica, sino que también contribuye a la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Aspectos éticos: El autor indica que se cumplieron todas las normas éticas nacionales e internacionales.

Author contribution: CRediT (***Contributor Roles Taxonomy*)**

GAP = George Argota-Pérez

Conceptualization: GAP

Data curation: GAP

Formal Analysis: GAP

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP

Methodology: GAP

Project administration: GAP

Resources: GAP

Software: GAP

Supervision: GAP

Validation: GAP

Visualization: GAP

Writing – original draft: GAP

Writing – review & editing: GAP

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argota, P.G. (2023). Necesidad social de protocolos ambientales con peces como biomonitores de metales pesados en ecotoxicología acuática. *Neotropical Helminthology*, *17*, 89-95.

Argota, P.G., Argota, C.H., & Iannacone, J. (2015). Costo ambiental sostenible relativo a la variabilidad físico-química de las aguas sobre la disponibilidad de metales en el ecosistema San Juan, Santiago de Cuba, Cuba. *The Biologist* (*Lima*), *14*, 219-232.

Argota, P.G., Rodríguez, S.M.A., Iannacone, J. (2023). Paradigma de transformación de los biomonitores a la calidad de bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática. *The Biologist* (*Lima*), *21*, 195-201.

Blasco, J., Araújo, C.V.M., Ribeiro, R., & Moreira-Santos, M. (2020). Do contaminants influence the spatial distribution of aquatic species? How new perspectives on ecotoxicological assays might answer this question. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *39*, 7-8.

Daam, M.A. (2024). Ecotoxicology. *Encyclopedia of Biodiversity* (Third Edition), *4*, pp. 343-350.

Diogo, B.S., Rodrigues, S., Lage, O.M., & Antunes, S.C. (2023). Are the ecotoxicological tools viable to evaluate the effectiveness of wastewater treatment plant effluents? *International Journal of Environmental Science and Technology*, *20*, 11943-11962.

Huang, L., Meng, J.N., Xu, F., Zhou, Y., He, G., Wang, K., & Fang, H. (2023). A holistic view of aquatic ecosystems: Integrating health and integrity, network, stability, and regime shift assessments. *International Journal of Sediment Research*, *39*, 1-14.

Kholodkevich, S. (2022). The experience of screening studies on the marine and freshwater ecosystem "health" based on an operational state assessment of bivalves by the method of functional load. problems and prospects of development. *Труды - Институт Биологии Внутренних Вод*, *100*, 97-118.

Kim, H.K., Cho, I.H., Hwang, E.A., Han, B.H., & Kim, B.H. (2024). Advancing river health assessments: Integrating microscopy and molecular techniques through diatom indices. *Water*, *16*, 853.

Kumari, P., & Maiti, S.K. (2019). Health risk assessment of lead, mercury, and other metal (loid)s: A potential threat to the population consuming fish inhabiting, a lentic ecosystem in Steel City (Jamshedpur), India. *Human and Ecological Risk Assessment*, *25*, 2174-2192.

Lakshmanan, R., Kesavan, K., Vijayanand, P., Rajaram, V., & Rajagopal, S. (2009). Heavy metals accumulation in five commercially important fishes of Parangipettai, Southeast coast of India. *Advance Journal of Food Science and Technology*, *1*, 63-65.

Rosner, A., Ballarin, L., Barnay, V.S., Borisenko, I., Drago, L., Drobne, D., Eliso, M.C., Harbuzov, Z., Grimaldi, A., Guy, H.T., Karahan, A., Lynch, I., Lionetto, M.G., Martinez, P., Mehennaoui, K., Ozcan, E.O., Pinsino, A., Paz, G., Rinkevich, B., & Cambier, S. (2023). A broad-taxa approach as an important concept in ecotoxicological studies and pollution monitoring. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, *99*, 131-176.

Umeh, A.C., Naidu, R., Owojori, O.J., Owojori, O.J., & Semple, K.T. (2020). Bioavailability and bioaccessibility of hydrophobic organic contaminants in soil and associated desorption-based measurements. *The Handbook of Environmental Chemistry*, *100*, 93-350.

Zait, R., Fighir, D., Sluser, B., Plavan, O., & Teodosiu, C. (2022). Priority pollutants effects on aquatic ecosystems evaluated through ecotoxicity, impact, and risk assessments. *Water*, *14*, 3237.

Received January 28, 2025.

Accepted April 7, 2025.

ASAP