



Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

COMMENTARY / COMENTARIO

MATTER OR ILLUSION OF THE BIOECOTOXIMONITOR IN AQUATIC ECOTOXICOLOGY?

¿MATERIA O ILUSIÓN DEL BIOECOTOXIMONITOR EN ECOTOXICOLOGÍA ACUÁTICA?

George Argota-Pérez^{1,2*}, José-Iannacone^{2,3,4,5} & María Amparo Rodríguez-Santiago^{2,3,6,7}

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

² Grupo de investigación One Health-Una Salud, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.

³ Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA). Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

⁴ Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. jose.iannacone@urp.edu.pe

⁵ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

⁶ Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías “CONAHCYT”. Ciudad de México, México. marodriguezsa@conhacyt.mx

⁷ Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación, El Carmen, UNAM. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

* Corresponding author: george.argota@gmail.com

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

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

María Amparo Rodríguez-Santiago: <https://orcid.org/0000-0003-0616-237X>

ABSTRACT

Bioassessment in aquatic ecotoxicology faces challenges in achieving precision and depth in environmental analysis, particularly in the identification of contaminants and the assessment of aquatic ecosystem health. In response to this issue, the concept of the “bioecotoximonitor,” has emerged as a potential solution for improving environmental evaluation. The objective was to analyze whether bioecotoximonitors represent a solid methodological advancement or if they constitute an illusion that oversimplifies ecological complexity. The methodological perspective of the study focuses on a critical and comparative analysis of the theoretical and practical dimensions of the concept. Considerations include the lack of empirical validation of the bioecotoximonitor and the need to address how multiple environmental factors may influence the accuracy of its application. The study suggests that, while the bioecotoximonitor offers conceptual progress, there are significant gaps in its practical applicability, which could lead to misinterpretations of environmental health. It is concluded that a multidimensional practical methodological development is necessary to ensure that the bioecotoximonitor becomes an effective tool in aquatic ecotoxicology.

Keywords: aquatic ecotoxicology – bioecotoximonitor – bioevaluation – illusion – matter



RESUMEN

La bioevaluación en ecotoxicología acuática enfrenta desafíos en la precisión y profundidad del análisis ambiental, especialmente en la identificación de contaminantes y la evaluación de la salud de los ecosistemas acuáticos. Ante esta problemática, surge el concepto de “bioecotoximonitor”, como una solución potencial para mejorar la evaluación ambiental. El objetivo fue analizar si los bioecotoximonitores representan un avance metodológico sólido o si constituyen una ilusión que simplifica la complejidad ecológica. La perspectiva metodológica del estudio se centra en un análisis crítico y comparativo de las dimensiones teóricas y prácticas del concepto. Las consideraciones incluyen la falta de validación empírica del bioecotoximonitor y la necesidad de abordar cómo múltiples factores ambientales pueden influir en la precisión de su aplicación. El estudio sugiere que, aunque el bioecotoximonitor presenta un avance conceptual, existen vacíos significativos en su aplicabilidad práctica, lo que podría resultar en una interpretación errónea de la salud ambiental. Se concluye que, es necesario un desarrollo metodológico práctico multidimensional para asegurar que el bioecotoximonitor se convierta en una herramienta efectiva en la ecotoxicología acuática.

Palabras clave: bioecotoximonitor – bioevaluación – ecotoxicología acuática – ilusión – materia

La bioevaluación es una perspectiva para el análisis ambiental en ecotoxicología acuática (Argota *et al.*, 2023a; Orton *et al.*, 2023). El uso de organismos vivos que habitan en ambientes naturales como los peces, contribuyen a la comprensión sobre la calidad e integridad ecológica de los ecosistemas (Marin *et al.*, 2023; Nunes *et al.*, 2023).

El concepto de “bioecotoximonitor”, introducido por Argota (2023), representa un avance conceptual en la evaluación analítica al integrar las ventajas de los biomonitores con la información cualitativa y cuantitativa proporcionada por un bioindicador asociado. A pesar, que no existen estudios científicos que demuestren en la práctica social su aplicación, pero si se comunican dimensiones teóricas sobre su uso. Entre ellos pueden mencionarse, 1^o) paradigma de transformación de los biomonitores a la calidad de bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática (Argota *et al.*, 2023b), 2^{do}) metafísica en la teorización lógica del concepto bioecotoximonitor: reflexiones (Argota *et al.*, 2023c), 3^o) teleología de los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática (Argota *et al.*, 2023d), 4^{to}) teleología crítica epistemológica de los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática (Argota *et al.*, 2023e), y 5^o) semántica en la interpretación fáctica sobre el concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor (Argota, 2024).

Ante el concepto emergente de bioecotoximonitor, se plantea la cuestión de si realmente ofrece una solución efectiva para la evaluación ambiental o en cambio, constituye una ilusión metodológica. Este planteamiento indica un dilema crucial ¿estamos obteniendo una

visión auténtica y completa del estado ambiental desde la perspectiva del bioecotoximonitor, o estamos siendo “engañados” por una ilusión que simplifica excesivamente la complejidad ecológica? Parece razonable que considerar un bioecotoximonitor, es una medida que produce el avance para entender la perturbación antropogénica de los ecosistemas acuáticos, y al ser una representación más integral de las interacciones ecológicas, entonces podría señalarse que la metodología tradicional de los bioindicadores está basada en una ilusión de control que no refleja adecuadamente la realidad ambiental (Banaee *et al.*, 2023, Slaby *et al.*, 2024).

Debido, a la falta de aplicación del concepto bioecotoximonitor para detectar contaminantes específicos o en la respuesta de propio organismo individual, sin considerar cómo múltiples factores ambientales influyen en la interacción de los contaminantes y afectan la precisión informativa que ofrece el bioecotoximonitor, entonces puede valorarse que todavía existen grandes vacíos en el conocimiento sobre la construcción conceptual. Esta falta de visión holística podría conducir a una interpretación errónea de la salud ambiental, sugiriendo que los bioecotoximonitores podrían proporcionar una ilusión de precisión en lugar de una evaluación realista del estado de los ecosistemas acuáticos (Lomartire *et al.*, 2021; Schuijt *et al.*, 2021; Coffin *et al.*, 2022).

Por tanto, este estudio busca el debate sobre si los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática representan una materia sólida y efectiva o una ilusión metodológica. Un primer cuestionamiento estaría en reconocer, las bases prácticas del uso de bioecotoximonitores. Por otra parte,

las bases teóricas están asegurando una protección más efectiva sobre el monitoreo y la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos. La reevaluación de los bioecotoximonitorios como herramientas posibilita desarrollar enfoques más robustos y multidimensionales para la gestión y protección ambiental, contribuyendo a una comprensión más completa de la dinámica ecológica y la calidad del agua (Ogidi *et al.*, 2024).

Un análisis más profundo del bioecotoximonitor estaría en apreciar, si es materia o ilusión. Desde dos perspectivas, se analizan ambos términos:

- No es una materia: El término “materia” se refiere a la sustancia física que constituye el universo, formada por átomos y moléculas. Un bioecotoximonitor, en cambio, es un concepto que se refiere a un organismo utilizado en estudios de ecotoxicología para monitorear el estado de un ecosistema. Aunque los organismos son entidades físicas, el término en sí no se refiere a una sustancia específica, sino a una función o rol dentro de un sistema de monitoreo ambiental.
- No es una ilusión: Una ilusión es una percepción errónea o un engaño de los sentidos que hace que algo parezca diferente de lo que realmente es. Un bioecotoximonitor no es una percepción errónea, sino una herramienta científica real y tangible utilizada para obtener datos sobre la calidad ambiental. Los organismos utilizados como bioecotoximonitorios responden de manera observable y medible a los contaminantes en su entorno, proporcionando información valiosa y objetiva sobre la salud de los ecosistemas.

Por lo tanto, el bioecotoximonitor es un concepto operativo dentro de la ecotoxicología acuática que se utiliza de manera práctica para evaluar la presencia y el impacto de contaminantes en los ecosistemas. De otra manera, el bioecotoximonitor si se considera como materia o ilusión tendría las consideraciones siguientes:

- Es materia: Si consideras el bioecotoximonitor como “materia”, se ve como algo real y concreto, no solo como un concepto teórico. En este sentido, el bioecotoximonitor sería una herramienta práctica y efectiva en la ecotoxicología acuática, que ofrece resultados fiables y medibles. Esto significa que el bioecotoximonitor se utiliza como un medio tangible para evaluar y entender la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos. Funciona combinando lo mejor de dos enfoques: los biomonitores, que son organismos que muestran la presencia de contaminantes, y los

bioindicadores, que proporcionan información tanto cualitativa como cuantitativa sobre el estado del ambiente. Como “materia”, el bioecotoximonitor no es solo una idea, sino una tecnología o método aplicable que tiene un impacto directo y medible en cómo se analiza y se gestiona el medio ambiente.

- Es ilusión: Habría que clasificar mediante tres “ilusiones” el uso del bioecotoximonitor: ilusión de control, ilusión de simplificación e ilusión de suficiencia. En el primer caso, se implementa para adoptar un enfoque de visión completo sobre el estado ambiental del ecosistema, donde se reconoce como parte fundamental del monitoreo. En el segundo caso, se realiza un análisis multidimensional, a partir de pruebas estadísticas y modelos de reconocimientos ecológicos que integren datos para conocer diversos procesos, además de asegurar que los métodos y protocolos de monitoreo se ajusten de forma continua a medida que se obtiene una nueva información y se desarrollan nuevas tecnologías para el análisis ambiental. En el tercer caso, se fomenta la investigación y el desarrollo sistemático sobre el propio bioecotoximonitor para mejorar, adaptar y garantizar que se mantenga efectivo y relevante la aplicación del bioecotoximonitor ante nuevas amenazas y/o cambios en el medio. Asimismo, promover la educación y conciencia, pues educa a los responsables de la gestión ambiental sobre posibles limitaciones de los bioecotoximonitorios, y por tanto, reconocer el carácter proactivo y preventivo, en lugar de depender únicamente de los resultados del monitoreo.

Al adoptar estas estrategias, se puede mejorar la eficacia del uso de bioecotoximonitorios y reducir la posibilidad de malinterpretar o sobreestimar su capacidad para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos.

Se concluye que, el debate sobre si el bioecotoximonitor en ecotoxicología acuática es una “materia” sólida y efectiva o una “ilusión” metodológica parece ser pertinente. Aunque conceptualmente ofrece un avance significativo al integrar la información de biomonitores y bioindicadores, su falta de validación empírica y la complejidad de los factores ambientales involucrados plantean interrogantes sobre su capacidad para proporcionar una evaluación realista del estado de los ecosistemas acuáticos. Si se considera como “materia”, el bioecotoximonitor representa una herramienta tangible con aplicaciones prácticas en la gestión ambiental. Sin embargo, como “ilusión”, podría simplificar en exceso la dinámica ecológica, orientando a interpretaciones erróneas de la salud ambiental. Para mejorar su eficacia, es crucial que se realicen investigaciones

adicionales y que se adopten enfoques más holísticos que reconozcan y mitiguen las limitaciones inherentes a su uso, promoviendo una educación y concienciación continua en la gestión ambiental (Rusli *et al.*, 2023). Al hacerlo, se puede garantizar que el bioecotoximonitor evolucione de una propuesta teórica a una herramienta efectiva y fiable en la ecotoxicología acuática.

Aspectos éticos: Se garantizó la integridad y transparencia del estudio desde un adecuado parafraseo de la información. Toda interpretación teórica, se corresponde con la práctica de verificación de hallazgos lo que facilita el compromiso hacia un pensamiento crítico.

Author contribution: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

GAP = George Argota-Pérez

JI = José Iannacone

MARS = María Amparo Rodríguez-Santiago

Conceptualization: GAP, JI, MARS

Data curation: GAP

Formal Analysis: GAP, JI, MARS

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP

Methodology: GAP, JI, MARS

Project administration: GAP

Resources: GAP

Software: GAP

Supervision: JI, MARS

Validation: GAP, JI, MARS

Visualization: GAP, JI, MARS

Writing – original draft: GAP, JI, MARS

Writing – review & editing: GAP, JI, MARS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Argota, P.G. (2023). Necesidad social de protocolos ambientales con peces como biomonitores de metales pesados en ecotoxicología acuática. *Neotropical Helminthology*, 17, 85-89.

Argota, P.G. (2024). Semántica en la interpretación fáctica sobre el concepto de verdad aproximada

del bioecotoximonitor. *Neotropical Helminthology*, 18, 19-24.

Argota, P.G., Rodríguez, S.M.A., & Iannacone, J. (2023a). Causalidad de los bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática. *Argota, G. (Ed.)*.

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

Argota, P.G., Iannacone, J., & Rodríguez, S.M.A. (2023c). Metafísica en la teorización lógica del concepto bioecotoximonitor: reflexiones. *Neotropical Helminthology*, 17, 259-264.

Argota, P.G., Rodríguez, S.M.A., & Iannacone, J. (2023d). Teleología de los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática. *Neotropical Helminthology*, 17, 271-275.

Argota, P.G., Rodríguez, S.M.A., & Iannacone, J. (2023e). Teleología crítica epistemológica de los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática. *Biotempo*, 21, 105-109.

Banaee, M., Zeidi, A., Sinha, R., & Faggio, C. (2023). Individual and combined toxic effects of nano-ZnO and polyethylene microplastics on mosquito fish (*Gambusia holbrooki*). *Water*, 15, 1-11.

Coffin, J.L., Kelly, J.L., Jeyasingh, P.D., & Tobler, M. (2022). Impacts of heavy metal pollution on the ionomes and transcriptomes of Western mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Molecular Ecology*, 31, 1527-1542.

Lomartire, S., Marques, J.C., & Gonçalves, A.M.M. (2021). Biomarkers based tools to assess environmental and chemical stressors in aquatic systems. *Ecological Indicators*, 122, 107207.

Marin, V., Arranz, I., Grenouillet, G., & Chucherousset, J. (2023). Fish size spectrum as a complementary biomonitoring approach of freshwater ecosystems. *Ecological Indicator*, 146, 1-8.

Nunes, L.S., Lund, A.L., & Guiarrizzo, T. (2023). A multi-tissues comparison of biomarkers in *Serrasalmus rhombeus* (Teleostei: Serrasalminae) and *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) from two Amazonian rivers with

- distinct levels of pollution. *Ecological Indicator*, 147, 1-11.
- Ogidi, O.I., Onwuagba, C.G., & Richard, N.N. (2024). Biomonitoring Tools, Techniques and Approaches for Environmental Assessments. pp. 243-273. In: Izah, S.C., Ogwu, M.C., & Hamidifar, H. (eds). *Biomonitoring of Pollutants in the Global South*. Springer.
- Orton, F., Rhodes, B.R., Whatley, C., & Tyler, C.R. (2023). A review of non-destructive biomonitoring techniques to assess the impacts of pollution on reproductive health in frogs and toads. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 262, 115163.
- Rusli, N., Mohd, H.M.R., Nizarudin, N.D., Shah, S.S.S., & Hamed, S.A. (2023). Roles of education in creating awareness of sustainability campus management for green campus concept. *International Journal of Advanced Research in Education and Society*, 5, 267-274.
- Schuijt, L.M., Feng, J.P., van den Berg, S.J.P., Dingemans, M.M.L., & Van den Brink, P.J. (2021). (Eco) toxicological tests for assessing impacts of chemical stress to aquatic ecosystems: Facts, challenges, and future. *Science of The Total Environment*, 795, 148776.
- Slaby, S., Geffard, A., Fisson, C., Bonneville, N.M., Allonier, F.A.S., Amara, R., Bado, N.A., Bonnard, I., Bonnard, M., Burlion, G.M., & et al., (2024). Advancing environmental monitoring across the water continuum combining biomarker analysis in multiple sentinel species: A case study in the Seine-Normandie Basin (France). *Journal of Environmental Management*, 358, 120784.

Received February 27, 2024.

Accepted August 28, 2024.