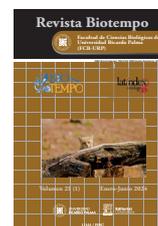


Biotempo (Lima)



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

COMMENTARY/ COMENTARIO

CRITICAL EPISTEMOLOGICAL TELEOLOGY OF  
BIOECOTOXICOMONITORS IN AQUATIC ECOTOXICOLOGY  
TELEOLOGÍA CRÍTICA EPISTEMOLÓGICA DE LOS  
BIOECOTOXIMONITORES EN ECOTOXICOLOGÍA ACUÁTICA

George Argota-Pérez<sup>1,2\*</sup>, María Amparo Rodríguez-Santiago<sup>2,3,4,5</sup> & José-Iannacone<sup>2,5,6,7,8</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente “AMTAWI”. Ica, Perú. [george.argota@gmail](mailto:george.argota@gmail)

<sup>2</sup> Grupo de investigación One Health-Una Salud, Universidad Ricardo Palma, Lima.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Ciencia de Humanidades, Ciencia y Tecnología “CONAHCYT”. Ciudad de México, México. [marodriguezsa@conhacyt.mx](mailto:marodriguezsa@conhacyt.mx)

<sup>4</sup> Laboratorio Ambiental de Parasitología, Centro de Investigación en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen “UNACAR”. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>5</sup> Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA). Escuela Universitaria de Posgrado. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

<sup>6</sup> Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. [jose.iannacone@urp.edu.pe](mailto:jose.iannacone@urp.edu.pe)

<sup>7</sup> Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

<sup>8</sup> Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Estación El Carmen, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

\* Corresponding author: [george.argota@gmail.com](mailto:george.argota@gmail.com)

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

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

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

ABSTRACT

The selective interpretation of pollution data in a river impedes the precise and comprehensive understanding of environmental impact. The aim was to delineate the epistemological critical teleology of bioecotoximonitors in aquatic ecotoxicology. The application of epistemological critical teleology in aquatic ecotoxicology is paramount for a deeper and more effective comprehension of environmental challenges. This perspective transcends mere data accumulation, focusing on introspection regarding the purposes and meanings behind scientific inquiry. Bioecotoximonitors are not merely data collection tools but rather represent an opportunity to comprehend the interaction between living organisms and their surroundings. By establishing correlations between contaminant exposure and biological responses, they enable the projection of potential future scenarios and the design of more effective and sustainable management strategies. This perspective fosters a more contemplative and ethical science, oriented toward environmental sustainability. It is concluded that epistemological critical teleology steers the bioecotoximonitor toward bias minimization and selective explanation, thereby promoting scientific objectivity.

**Keywords:** bioecotoximonitor – biases – critical teleological – scientific objectivity – selective explanation



## RESUMEN

La interpretación selectiva de datos de contaminación en un río dificulta la comprensión precisa y completa del impacto ambiental. El objetivo fue describir la teleología crítica epistemológica de los bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática. La aplicación de la teleología crítica epistemológica en la ecotoxicología acuática es esencial para una comprensión más profunda y efectiva de los desafíos ambientales. Esta perspectiva va más allá de la mera acumulación de datos, enfocándose en la reflexión sobre los propósitos y significados detrás de la investigación científica. Los bioecotoximonitores no son simplemente herramientas de recolección de datos, sino que representan una oportunidad para comprender la interacción entre los seres vivos y su entorno. Al establecer correlaciones entre la exposición a contaminantes y las respuestas biológicas, permiten proyectar posibles escenarios futuros y diseñar estrategias de gestión más efectivas y sostenibles. Esta perspectiva promueve una ciencia más reflexiva y ética, orientada hacia la sostenibilidad ambiental. Se concluye que, la teleología crítica epistemológica guía al bioecotoximonitor hacia una minimización de sesgos y una explicación selectiva, promoviendo objetividad científica.

**Palabras clave:** bioecotoximonitor – explicación selectiva – objetividad científica – sesgos – teleología crítica

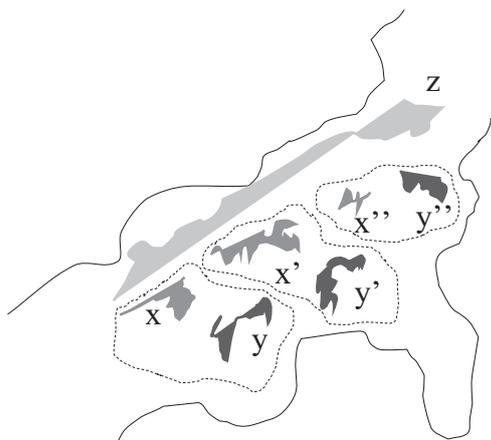
Desde la perspectiva de la teleología crítica epistemológica, el uso del gradiente escalar y los bioecotoximonitores en la evaluación de la contaminación en los ecosistemas acuáticos se justifica por su capacidad para proporcionar una representación detallada y continua de la distribución espacial y temporal de los contaminantes. Estas herramientas permiten una evaluación precisa de la calidad del agua, la identificación de patrones, fuentes y tendencias, respaldando así la toma de decisiones basada en evidencia para la gestión ambiental (Kumari & Maiti, 2019; Debén *et al.*, 2019).

La identificación de los efectos nocivos de las actividades humanas en los ecosistemas acuáticos, resalta la urgencia de intervenir para preservar estos entornos vitales. Desde la perspectiva de la teleología crítica epistemológica, se reconoce que la ciencia no solo busca acumular datos, sino que también persigue comprender los propósitos y significados detrás de la investigación. Por lo tanto, es esencial abordar estas problemáticas desde una reflexión profunda sobre cómo nuestras acciones afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y la calidad de vida humana. Este enfoque crítico exige acciones concretas para mitigar los impactos negativos y promover prácticas sostenibles que preserven la integridad de estos valiosos recursos para las generaciones presentes y futuras (Keyes *et al.*, 2021).

Las actividades humanas ocasionan la perturbación ecológica de los sistemas acuáticos donde el valor de uso de los recursos cada vez es limitante (Keyes *et al.*, 2021). En

consecuencia, la acumulación de elementos nocivos en los ecosistemas acuáticos plantea un desafío importante desde una perspectiva crítica de la ciencia. Esta visión enfatiza la comprensión profunda de los procesos que subyacen a la interacción entre contaminantes y organismos vivos, más allá de simplemente recopilar datos. La bioacumulación, como resultado de la disponibilidad de elementos en el medio ambiente, ilustra cómo los seres vivos pueden ser afectados a lo largo del tiempo. Esto resalta la necesidad crítica de una gestión ambiental efectiva para prevenir los riesgos asociados con la bioacumulación, salvaguardando así la salud de los ecosistemas y las comunidades humanas (Mathiesen *et al.*, 2021; Hu *et al.*, 2021).

Desde una perspectiva crítica de la ciencia, la variabilidad en la calidad del agua en una misma zona de muestreo resalta la complejidad inherente de los ecosistemas acuáticos. Esta variabilidad puede estar influenciada por una serie de factores, incluidos cambios temporales y espaciales en las condiciones ambientales, así como la interacción entre diversos procesos naturales y actividades humanas. La representación de esta variabilidad mediante letras y símbolos (Fig. 1) sugiere una comprensión dinámica y en evolución de la calidad del agua, que va más allá de una simple medición estática en un momento dado. Esta interpretación destaca la importancia de considerar no solo los datos instantáneos, sino también la dinámica temporal y espacial de la calidad del agua para una gestión ambiental efectiva y sostenible.



**Figura 1.** Fluctuación de la calidad del agua ( $x$ ,  $x'$ ,  $x''$ ;  $y$ ,  $y'$ ,  $y''$ ) en una zona de muestreo ( $z$ ) del ecosistema acuático.

Desde la perspectiva de la teoría crítica de la ciencia, la utilización de peces como indicadores tróficos para evaluar la calidad del agua destaca la importancia de comprender las interrelaciones complejas entre los organismos acuáticos y su entorno. Estos organismos actúan como sensores sensibles a los cambios en las condiciones ambientales, revelando la presencia y los efectos de contaminantes en el ecosistema. Su salud y comportamiento no solo reflejan la calidad del agua, sino también la integridad general del ecosistema acuático. La diversidad y distribución de especies de peces son indicadores cruciales de la salud y la resiliencia del ecosistema, proporcionando información valiosa para la gestión sostenible de los recursos acuáticos. El monitoreo continuo de estas poblaciones no solo permite detectar y mitigar los impactos negativos de la contaminación, sino que también contribuye a la preservación de la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema para las generaciones venideras (Bellino *et al.*, 2020; Marin *et al.*, 2023; Nunes *et al.*, 2023).

La aplicación de bioecotoximonitores como herramienta analítica destaca la importancia de comprender la interacción entre organismos y su entorno, reflejando los principios de una ciencia reflexiva. Estos organismos, al actuar como indicadores sensibles, proporcionan una perspectiva única sobre la salud del ecosistema al reflejar los impactos de contaminantes y otros factores estresantes. Su uso permite una evaluación más precisa y detallada de los cambios ambientales, facilitando la toma de decisiones informadas para la gestión y conservación del ecosistema. Este enfoque, al reconocer la complejidad de las interacciones naturales, promueve una comprensión holística de los sistemas ambientales y una aproximación

crítica hacia la generación y aplicación del conocimiento científico (Argota, 2023).

El enfoque del biomonitorio representa una estrategia integral para salvaguardar la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos. Al emplear organismos vivos como bioindicadores y biomonitores, se logra evaluar la calidad del agua y detectar posibles contaminantes. La evolución del término “bioindicador” a “biomonitor” refleja un avance en la comprensión y la metodología de evaluación ambiental. Los biomonitores no solo revelan la presencia de contaminantes, sino que también ofrecen información sobre la magnitud del impacto y su posible efecto en la salud del ecosistema. En consecuencia, el biomonitorio se erige como una herramienta esencial para identificar y abordar los desafíos ambientales en los ecosistemas acuáticos, impulsando una gestión más efectiva y sostenible de estos recursos críticos (Dalzochio *et al.*, 2017; Morales *et al.*, 2019).

Por otra parte, existe la conceptualización de los bioecotoximonitores donde establecen correlaciones entre la exposición a contaminantes y sus respuestas biológicas, con lo cual, ofrecen una comprensión profunda de las interacciones entre los organismos y su entorno. Esta capacidad no solo permite evaluar el estado actual del ecosistema, sino también proyectar posibles escenarios futuros y diseñar estrategias de gestión ambiental más efectivas. Asimismo, al considerar los efectos a corto, mediano y largo plazo, estos dispositivos proporcionan una visión integral de la dinámica ambiental, fomentando una ciencia orientada hacia la sostenibilidad. La aplicación de bioecotoximonitores en la teleología crítica epistemológica implica comprender su importancia en la evaluación del riesgo ambiental en ecosistemas acuáticos. Su relevancia radica en prever y gestionar proactivamente los impactos ambientales. Al considerar la interacción de cada matriz con el bioecotoximonitor, se logra una evaluación precisa de los cambios en el ambiente. La orientación hacia la prevención de daños futuros mejora la toma de decisiones informada (Argota *et al.*, 2023).

La generación de contaminantes es mensurable, pero entender su interacción con el medio y los bioecotoximonitores presenta nuevos desafíos. En ecotoxicología acuática, los modelos estadísticos a menudo simplifican demasiado la realidad, limitando su utilidad en la comprensión completa de la contaminación. Estas simplificaciones pueden ser evidentes en situaciones reales donde las variables son numerosas y cambiantes. Se necesita un enfoque más holístico que considere aspectos cualitativos y contextuales para una evaluación precisa y la implementación de estrategias de gestión sostenible. La

teleología crítica epistemológica resalta la importancia de esta perspectiva amplia y reflexiva (Feyaerts *et al.*, 2021; Scott, 2022).

En el contexto de la teleología crítica epistemológica, es fundamental orientar la explicación hacia la aplicación práctica de las condiciones naturales, tal como lo evidencian investigaciones recientes (Roberts *et al.*, 2020). En el ámbito de la contaminación de los ecosistemas acuáticos, los bioecotoximonitores son fundamentales para entender y enfrentar los desafíos ambientales. Sin embargo, es crucial evitar la complejidad excesiva y garantizar que su análisis se alinee con los objetivos y principios básicos de la investigación científica.

Finalmente, la aplicación de la teleología crítica epistemológica en la ecotoxicología acuática exige una reflexión profunda sobre el papel de los bioecotoximonitores. Estos organismos no son simplemente bioherramientas de recolección de datos, sino bioinstrumentos con un propósito definido: proporcionar una evaluación precisa del estado ambiental. Al considerar esta función específica, es crucial tener en cuenta las limitaciones y desafíos inherentes, asegurando que su uso contribuya efectivamente a una comprensión holística y sostenible de los ecosistemas acuáticos.

Se concluye que, la aplicación de la teleología crítica epistemológica en el uso de los bioecotoximonitores enfatiza la importancia de minimizar sesgos y ofrecer explicaciones selectivas. Al reducir sesgos y favorecer explicaciones selectivas, los bioecotoximonitores se convierten en herramientas fundamentales para la gestión ambiental, promoviendo así una generación de conocimiento más reflexiva y crítica.

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

**GAP** = George Argota-Pérez

**MARS** = María Amparo Rodríguez-Santiago

**JI** = José Iannacone

**Conceptualization:** GAP, MARS, JI

**Data curation:** GAP

**Formal Analysis:** GAP, MARS, JI

**Funding acquisition:** GAP

**Investigation:** GAP

**Methodology:** GAP, MARS, JI

**Project administration:** GAP

**Resources:** GAP

**Software:** GAP

**Supervision:** MARS, JI

**Validation:** GAP, MARS, JI

**Visualization:** GAP, MARS, JI

**Writing – original draft:** GAP, MARS, JI

**Writing – review & editing:** GAP, MARS, JI

## 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., 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.
- Bellino, A., Alfani, A., De Riso, L., Gregorio, R., Pellegrino, T., & Baldantoni, D. (2020). A promising cosmopolitan biomonitor of potentially toxic elements in freshwater ecosystems: concentration gradients in sensitive areas. *Ecological Indicator*, 109, 1-9.
- Dalzocho, T., Simões, R., Airton, L., Santos de Souza, M., Prado, R.G.Z., Petry, I.E., Andriqueti, N.B., Silva, H., Gláucia, J., Günther, G., & Basso da Silva, L. (2017). Water quality parameters, biomarkers and metal bioaccumulation in native fish captured in the ilha river, southern Brazil. *Chemosphere*, 189, 609-618.
- Debén, S., Aboal, J.R., Giráldez, P., Varela, Z., & Fernández, J.A. (2019). Developing a biotechnological tool for monitoring water quality: *in vitro* clone culture of the aquatic moss *Fontinalis antipyretica*. *Water*, 11, 1-10.
- Feyaerts, J., Henriksen, M.G., Vanheule, S., Myin-Germeys, I., & Sass, L.A. (2021). Delusions beyond beliefs: A critical overview of diagnostic, aetiological, and therapeutic schizophrenia research from a clinical-phenomenological perspective. *Lancet Psychiatry*, 8, 237-249.

- Hu, L., Luo, D., Wang, L., Yu, M., Zhao, S., Wang, Y., Mei, S., & Zhang, G. (2021). Levels and profiles of persistent organic pollutants in breast milk in China and their potential health risks to breastfed infants: a review. *Science of the Total Environment*, 753, 1–15.
- Keyes, A.A., McLaughlin, J.P., Barner, A.K., & Dee, L.E. (2021). An ecological network approach to predict ecosystem service vulnerability to species losses. *Nature Communications*, 12, 1-11.
- 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.
- Marin, V., Arranz, I., Grenouillet, G., & Chucherosset, J. (2023). Fish size spectrum as a complementary biomonitoring approach of freshwater ecosystems. *Ecological Indicator*, 146, 1-8.
- Mathiesen, L., Buerki, T.T., Pastuschek, J., Aengenheister, L., & Knudsen, L.E. (2021). Fetal exposure to environmental chemicals; insights from placental perfusion studies. *Placenta*, 106, 58-66.
- Morales, F. N., Rodríguez, M. A., Gelabert, R., & Flores, L. M. (2019). Parasites of fish *Poecilia velifera* and their potential as bioindicators of wetland restoration progress. *Helgoland Marine Research*, 73, 1-8.
- Nunes, L.S., Lund, A.L., & Guiarrizzo, T. (2023). A multi-tissues comparison of biomarkers in *Serrasalmus rhombeus* (Teleostei: Serrasalminidae) and *Prochilodus nigricans* (Teleostei: Prochilodontidae) from two Amazonian rivers with distinct levels of pollution. *Ecological Indicator*, 147, 1-11.
- Roberts, A.J., Wastell, C.A., & Polito, V. (2020). Teleology and the intentions of supernatural agents. *Consciousness and Cognition*, 80, 1-17.
- Scott, M.J. (2022). Reasons things happen for a reason: An integrative theory of teleology. *Perspectives on Psychological Science*, 17, 452-464.

Received February 9, 2024.

Accepted March 22, 2024.