

ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

SEMANTICS IN THE FACTUAL INTERPRETATION OF THE APPROXIMATE TRUTH CONCEPT OF THE BIOECOTOXIMONITOR

SEMÁNTICA EN LA INTERPRETACIÓN FÁCTICA SOBRE EL CONCEPTO DE VERDAD APROXIMADA DEL BIOECOTOXIMONITOR

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

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

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

⁴ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima, Perú.

⁵ Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. jose.iannacone@urp.edu.pe

⁶ Consejo Nacional de Ciencia de Humanidades, Ciencia y Tecnología “CONAHCYT”. Ciudad de México, México. marrodriguezsa@conhacyt.mx

⁷ Laboratorio Ambiental de Parasitología, Centro de Investigación en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen “UNACAR”. 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

The study aimed to analyze the semantics in the factual interpretation of the concept of approximate truth of the bioecotoximonitor. The transformation of the biomonitor to the quality of the bioecotoximonitor was considered for analysis, along with the monist, pluralist, and instrumentalist distinction during bioassessment with the bioecotoximonitor. Five criteria were indicated: environmental conditions, data interpretation, interpretation consistency, environmental variability impact, and applicability in bioassessment. The factual interpretation of the bioecotoximonitor, through five criteria, evaluates the understanding of truth in environmental systems. It emphasizes the importance of considering environmental conditions and flexible data interpretation. The structured criteria address from collection to practical application in environmental management, ensuring the relevance and applicability of the information collected in specific environmental contexts. It is concluded that semantic criteria structure the factual interpretation of approximate

Este artículo es publicado por la revista *Neotropical Helminthology* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú auspiciado por la Asociación Peruana de Helminthología e Invertebrados Afines (APHIA). 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.



DOI: <https://dx.doi.org/10.62429/rnh20241811770>

truth where considering environmental conditions ensures result relevance and interpretation from multiple perspectives is crucial for precise understanding.

Keywords: approximate truth – bioecotoximonitor – environmental conditions – environmental management – factual interpretation

RESUMEN

El objetivo del estudio fue analizar la semántica en la interpretación fáctica sobre el concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor. Se consideró para su análisis, la transformación del biomonitor a la calidad de bioecotoximonitor, y la distinción monista, pluralista e instrumentalista de conexión durante la bioevaluación con el bioecotoximonitor. Se indicaron cinco criterios: condiciones ambientales, interpretación de datos, consistencia de la interpretación, impacto de la variabilidad ambiental y la aplicabilidad en la bioevaluación. La interpretación fáctica del bioecotoximonitor, mediante cinco criterios, evalúa la comprensión de la verdad en sistemas ambientales. Destaca la importancia de considerar las condiciones ambientales y la interpretación flexible de los datos. Los criterios estructurados abordan desde la recolección hasta la aplicación práctica en gestión ambiental, asegurando la relevancia y aplicabilidad de la información recopilada en contextos específicos del entorno. Se concluye que, los criterios semánticos estructuran la interpretación fáctica de la verdad aproximada donde considerar, las condiciones ambientales garantizan la relevancia de los resultados, y la interpretación desde múltiples perspectivas es crucial para una comprensión precisa.

Palabras clave: bioecotoximonitor – condiciones ambientales – gestión ambiental – interpretación fáctica – verdad aproximada

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos mediante el uso de bioindicadores y biomonitores es un área de investigación clave en el campo de la gestión ambiental. Estas herramientas demuestran ser fundamentales para comprender la dinámica de los ecosistemas acuáticos e identificar posibles impactos negativos causados por actividades humanas (Vadas *et al.*, 2022; Argota, 2023; Argota *et al.*, 2023a; Jannicke *et al.*, 2023).

La transformación del biomonitor a la calidad de bioecotoximonitor y la distinción entre diferentes enfoques de bioevaluación reflejan la evolución en este campo (Petrocelli *et al.*, 2021; Tesfaye *et al.*, 2022). A lo largo del tiempo, se avanza hacia enfoques más integrales y sofisticados para evaluar la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos, donde se reconocen la complejidad y la interconexión de los sistemas naturales (Argota *et al.*, 2023b).

Los estudios de Odum (1972), Dalzochio *et al.* (2017), Morales *et al.* (2019), y Orton *et al.* (2023), consideran

algunas de las bases para la utilización de bioindicadores y biomonitores en la evaluación ambiental. Estas investigaciones proporcionan evidencia sólida de la eficacia de estos organismos como señalizadores de la salud ambiental, respaldando su utilidad en la bioevaluación de ecosistemas acuáticos.

La propuesta del término “bioecotoximonitor” representa un avance significativo en la conceptualización de la evaluación ambiental. Este término refleja una comprensión más integrada de la salud de los ecosistemas, que va más allá de la mera detección de cambios biológicos para incluir aspectos ecotoxicológicos. El bioecotoximonitor representa un enfoque más completo y preciso para evaluar la integridad de los ecosistemas acuáticos, lo que refleja la evolución del conocimiento científico en este campo (Argota *et al.*, 2023b).

Por tanto, la comunicación efectiva de los resultados desde la bioevaluación es fundamental para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental. Los estudios en este campo resaltan la importancia de una comunicación clara y transparente sobre los hallazgos de la bioevaluación, asegurando que los responsables de la toma de decisiones

tengan acceso a la información necesaria para abordar los problemas ambientales de manera efectiva (Jacks *et al.*, 2021; Bevan, 2022; Williams & Brown, 2023).

A pesar de los avances en la bioevaluación, por ejemplo, con peces (Marin *et al.*, 2023; Nunes *et al.*, 2023), siguen existiendo desafíos importantes que deben abordarse. La falta de protocolos específicos para la inclusión de ciertos organismos, incluyendo a los peces, en la evaluación ambiental sugiere áreas de mejora en la metodología de monitoreo (Argota *et al.*, 2023a).

La búsqueda de una comprensión más precisa de los ecosistemas acuáticos implica la conceptualización del bioecotoximonitor y la adaptación constante de la metodología de evaluación (Parrish *et al.*, 2020; Wulan & Pujiastuti, 2023); además, la complejidad inherente a la bioevaluación puede dificultar la comunicación efectiva de los hallazgos, lo que destaca la necesidad de enfoques multidisciplinarios y una comprensión dinámica de la verdad en el ámbito científico (Kiatkoski *et al.*, 2022; Leemans & Fortuin, 2023).

En este contexto, todo diseño preciso y adaptable que integre los principios del bioecotoximonitor, mejoraría la comprensión de integración sobre su verdad. Por consiguiente, el bioecotoximonitor como un concepto al igual que cualquier otro desde su carácter dinámico y aproximado, se va perfeccionando a medida que se avanza en la exploración y comprensión del estado ambiental de los ecosistemas acuáticos (Regoli *et al.*, 2019; Forio & Goethals, 2020).

El objetivo del estudio fue analizar la semántica en la interpretación fáctica sobre el concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante cuatro meses. Se consideró para su análisis, lo reportado por Argota *et al.* (2023b), la transformación del biomonitor a la calidad de bioecotoximonitor (Figura 1).

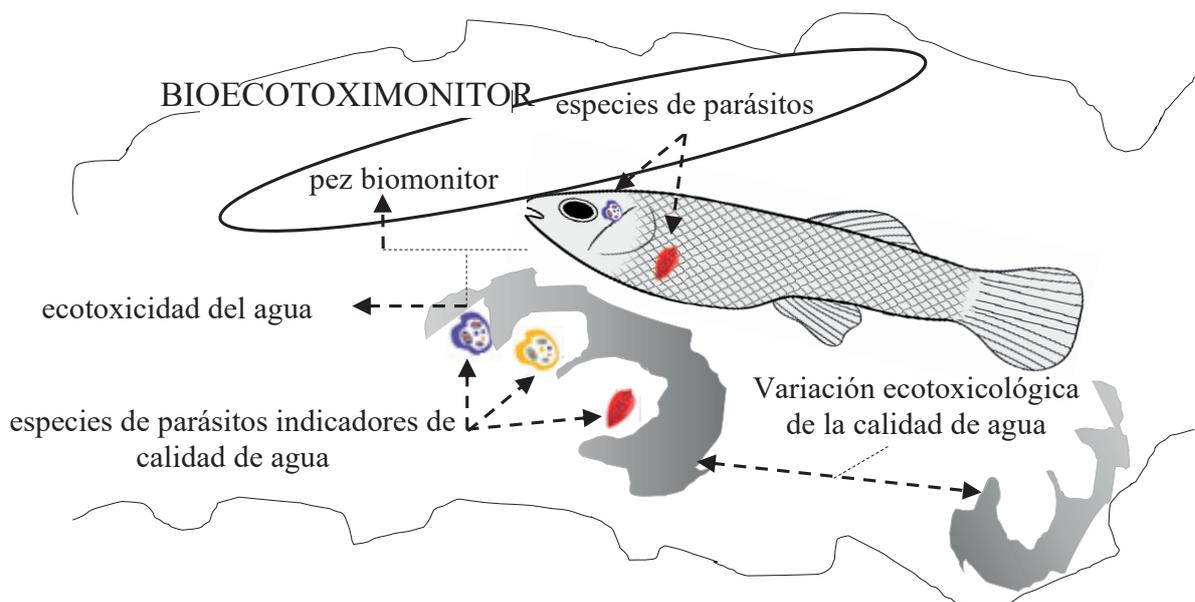


Figura 1. Transformación del biomonitor a la calidad de bioecotoximonitor. Tomado de Argota *et al.* (2023b).

De conjunto, se consideró la distinción monista, pluralista e instrumentalista de conexión durante la bioevaluación con el bioecotoximonitor (Figura 2), donde la acumulación de datos, a partir del bioecotoximonitor ante diversas condiciones ambientales o una de las partes de la variación con lo cual, se puede indicar la perspectiva monista o pluralista. Además, si se analiza

metodológicamente la variabilidad de las condiciones ambientales ante la afectación y veracidad de los datos, entonces repercutiría sobre interpretación de los resultados para la bioevaluación como instrumentalización (Argota *et al.*, 2023c).

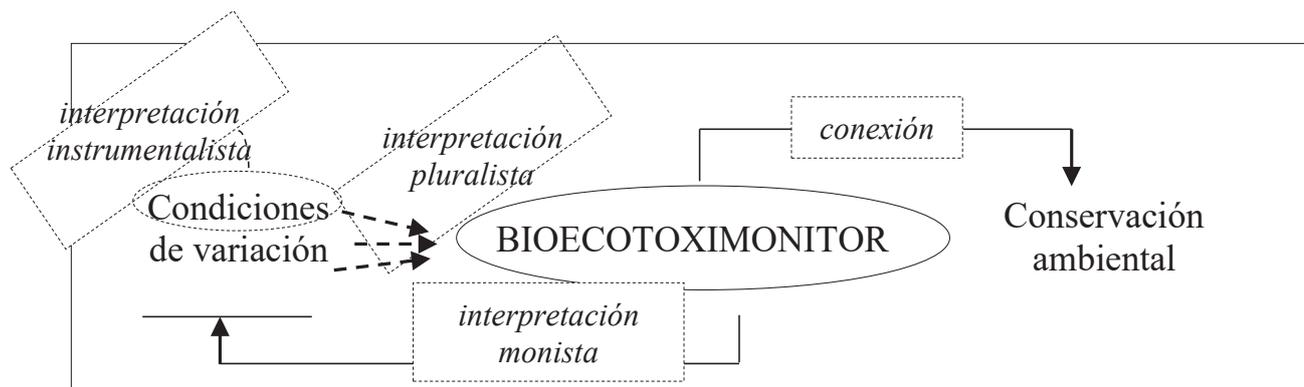


Figura 2. Distinción monista, pluralista e instrumentalista de conexión durante la bioevaluación con el bioecotoximonitor. Tomado de Argota *et al.* (2023c).

La Tabla 1 indica cinco criterios destinados al análisis de la semántica en la interpretación fáctica del concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor. Estos criterios proporcionan una estructura clara para evaluar varios aspectos clave, desde las condiciones ambientales hasta la aplicabilidad de las interpretaciones

en la toma de decisiones ambientales. Esta herramienta metodológica busca ofrecer una guía sistemática para profundizar en el análisis de la interpretación de los datos del bioecotoximonitor en relación con el concepto de verdad aproximada en el contexto de la bioevaluación ambiental.

Tabla 1. Criterios para la semántica interpretativa fáctica para el concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor.

Criterios	Descripciones
Condiciones ambientales	
Interpretación de datos	
Consistencia de la interpretación	
Impacto de la variabilidad ambiental	
Aplicabilidad en la bioevaluación	

Aspectos éticos: Se realizó una interpretación exhaustiva de la literatura científica hacia una base sólida para entender el valor teórico y conceptual detrás del concepto de verdad aproximada en el contexto del bioecotoximonitor. Al reconocer este valor, se abre la posibilidad de redefinir los criterios de verdad para adaptarlos al nuevo paradigma representado por el bioecotoximonitor. Este enfoque permite una comprensión más precisa y contextualizada de la verdad en el ámbito de la evaluación ambiental.

A través de cinco criterios específicos, se pretende analizar cómo se interpreta y aplica la información recopilada mediante esta tecnología, teniendo en cuenta la complejidad inherente de los sistemas ambientales y la necesidad de una comprensión precisa de la verdad en este ámbito. Los criterios proporcionan un enfoque estructurado para evaluar diferentes aspectos clave del proceso de interpretación de datos del bioecotoximonitor.

Por ejemplo, el criterio “Condiciones ambientales” destaca la importancia de considerar el contexto en el que se recopilaron los datos, reconociendo que las variables ambientales pueden influir significativamente en la interpretación de los resultados. Este enfoque ayuda a asegurar que la información recopilada sea relevante y aplicable a situaciones específicas del entorno.

RESULTADOS

La Tabla 2 aborda la interpretación fáctica del concepto de verdad aproximada en el contexto del bioecotoximo-

Tabla 2. Descripción para la semántica interpretativa fáctica para el concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor.

Criterios	Descripción
Condiciones ambientales	Enumerar las variables ambientales relevantes (pH, temperatura, contaminantes, <i>etc.</i>) bajo las cuales se recopilaban datos del bioecotoximonitor
Interpretación de datos	Describir cómo se interpretaron los datos del bioecotoximonitor en relación con el concepto de verdad aproximada, señalando alguna perspectiva favorecida
Consistencia de la interpretación	Evaluar la coherencia en la interpretación de los datos del bioecotoximonitor en diferentes contextos ambientales y si esta interpretación se mantuvo constante o varió
Impacto de la variabilidad ambiental	Analizar cómo la variabilidad en las condiciones ambientales afectó la veracidad de los datos del bioecotoximonitor y cómo se abordó esta variabilidad en la interpretación de los resultados
Aplicabilidad en la bioevaluación	Discutir cómo se aplicaron las interpretaciones de los datos del bioecotoximonitor en el contexto de la bioevaluación ambiental y si estas interpretaciones condujeron a decisiones o acciones específicas en la gestión ambiental

El criterio “Interpretación de datos” se centra en cómo se analizan los datos del bioecotoximonitor en relación con el concepto de verdad aproximada. Se valora la capacidad de los investigadores para aplicar diferentes perspectivas (monistas, pluralistas o instrumentalistas) en la interpretación de los resultados, reconociendo la complejidad inherente de los sistemas naturales y la necesidad de un enfoque flexible para comprender la verdad en este contexto. La consistencia en la interpretación de datos, el impacto de la variabilidad ambiental y la aplicabilidad en la toma de decisiones son aspectos adicionales que se consideran en la tabla. Estos criterios permiten una evaluación holística del proceso de interpretación de datos del bioecotoximonitor, desde la recopilación inicial hasta la aplicación práctica de los resultados en la gestión ambiental.

DISCUSIÓN

La Tabla 2 ofrece un análisis exhaustivo de cada criterio desde una perspectiva interna como externa. Por ejemplo, el criterio de las “Condiciones ambientales” destaca la relevancia de comprender en detalle el entorno en el que se recopilaban los datos del bioecotoximonitor. Esta comprensión garantiza la pertinencia y aplicabilidad de los resultados, especialmente en contextos específicos. Asimismo, este criterio asegura la precisión contextual de los hallazgos, lo cual son útiles para los gestores ambientales en la toma de decisiones informadas sobre

la conservación y gestión de los ecosistemas acuáticos. Igualmente, se permite una evaluación completa de estos aspectos, lo que contribuye a la validez y relevancia de los resultados del bioecotoximonitor en el ámbito ambiental (Zait *et al.*, 2022; Menghini *et al.*, 2023).

El criterio sobre la “Interpretación de datos” resalta la importancia de emplear una variedad de perspectivas en la interpretación de los datos obtenidos del bioecotoximonitor. Esta práctica busca enriquecer la comprensión de la verdad aproximada en el ámbito ambiental, proporcionando una visión más completa y matizada de los fenómenos estudiados. Al considerar diferentes enfoques interpretativos, se fomenta la robustez y la fiabilidad de los resultados, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones informadas en la gestión ambiental. Este enfoque no solo permite identificar los riesgos ambientales, sino también diseñar estrategias de gestión más efectivas. Por tanto, la aplicación de múltiples perspectivas en la interpretación de datos del bioecotoximonitor es esencial para garantizar la calidad y la utilidad de los hallazgos en la investigación científica y la toma de decisiones en materia ambiental (Beale *et al.*, 2022; Pham & Sokolova, 2023).

El criterio de “Consistencia en la interpretación” destaca la importancia de mantener una interpretación coherente de los datos obtenidos del bioecotoximonitor. Esta coherencia garantiza la confiabilidad de los resultados y contribuye a la consistencia en la investigación científica. Es fundamental que los investigadores sean consistentes

en la interpretación de los datos a lo largo del estudio para evitar sesgos y asegurar la validez de los hallazgos. Además, la consistencia en la interpretación proporciona una base sólida para la toma de decisiones ambientales, ya que los gestores confiarán en resultados que sean consistentemente interpretados de manera fiable. Por tanto, mantener la coherencia en la interpretación de datos es crucial para garantizar la calidad y la utilidad de los resultados del bioecotoximonitor en la investigación científica y la gestión ambiental (Heise *et al.*, 2020; Smallman *et al.*, 2022).

El criterio del “Impacto de la variabilidad ambiental” en la interpretación de datos del bioecotoximonitor es esencial para garantizar resultados fiables y libres de sesgos. Considerar la variabilidad ambiental ayuda a evitar interpretaciones erróneas al comprender cómo diferentes condiciones pueden influir en los resultados obtenidos. Esta comprensión es crucial para la gestión efectiva de los ecosistemas acuáticos, ya que permite a los gestores adaptar estrategias según las condiciones ambientales cambiantes. Por lo tanto, al tener en cuenta la variabilidad ambiental, se promueve una interpretación más precisa y útil de los datos del bioecotoximonitor, lo que contribuye a decisiones más informadas en la gestión ambiental (Bhattacharyya *et al.*, 2023; Moe *et al.*, 2023).

El criterio de “Aplicabilidad en la toma de decisiones” resalta la importancia fundamental de que los datos generados por el bioecotoximonitor sean pertinentes y útiles para los gestores ambientales en sus procesos de toma de decisiones. Esta relevancia implica que los resultados obtenidos sean directamente aplicables en la formulación de políticas y estrategias de gestión ambiental. La utilidad de estos datos radica en su capacidad para abordar los desafíos específicos que enfrentan los ecosistemas acuáticos y para informar decisiones efectivas que promuevan su protección y conservación a largo plazo. Por tanto, garantizar la aplicabilidad de los datos del bioecotoximonitor en la toma de decisiones es esencial para una gestión ambiental efectiva y sostenible (Falco *et al.*, 2022; Peñas *et al.*, 2023).

La principal limitación del estudio fue la validación externa deseable para confirmar la eficacia y aplicabilidad de estos criterios en diversas situaciones ambientales. Sin embargo, el enfoque estructurado desarrollado proporciona una base sólida en la evaluación de la interpretación de datos del bioecotoximonitor. La consideración detallada de aspectos clave como las condiciones ambientales, la interpretación de datos y la aplicabilidad en la toma de decisiones resalta la importancia de un enfoque holístico en la gestión ambiental. Aunque se reconoce la necesidad

de estudios adicionales para validar y mejorar estos criterios, los hallazgos actuales sugieren que pueden servir como una herramienta valiosa para mejorar la comprensión y la gestión de los ecosistemas acuáticos.

Se concluye que, los criterios establecidos para la interpretación fáctica del concepto de verdad aproximada del bioecotoximonitor proporcionan una estructura sólida y holística para evaluar la información recopilada en el ámbito ambiental. La consideración meticulosa de las condiciones ambientales en las que se recolectan los datos emerge como un elemento crucial para garantizar la pertinencia y la aplicabilidad de los resultados obtenidos. Asimismo, la capacidad de los investigadores para abordar la interpretación de datos desde múltiples perspectivas, en consonancia con la complejidad inherente de los sistemas naturales, se erige como un factor determinante para una comprensión más amplia de la verdad aproximada en este campo. Estos hallazgos sugieren un enfoque prometedor para mejorar la interpretación y aplicación de los datos del bioecotoximonitor, aunque se requieren validaciones empíricas adicionales para asegurar su robustez y aplicabilidad en diversos contextos ambientales.

Author contribution: CRediT (Contributor Roles Taxonomy)

GAP = George Argota-Pérez

JA = José-Iannacone

MARS = María Amparo Rodríguez-Santiago

Conceptualization: GAP, JA, MARS

Data curation: GAP, MARS

Formal Analysis: GAP, JA, MARS

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP

Methodology: GAP, JA, MARS

Project administration: GAP

Resources: GAP

Software: GAP

Supervision: GAP, MARS

Validation: GAP, MARS, JA

Visualization: GAP, JA, MARS

Writing – original draft: GAP

Writing – review & editing: GAP, MARS, JA

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. (2023a). Causalidad de los bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática. *En: Causalidad y lógica de los bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática*. Argota, G. (Ed.). pp. 6.
- 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.
- Beale, D.J., Jones, O.A.H., Bose, U., Broadbent, J.A., Walsh, T.K., van de Kamp, J., & Bissett, A. (2022). Omics-based ecosurveillance for the assessment of ecosystem function, health, and resilience. *Emerging Topics in Life Sciences*, 6, 185-199.
- Bevan, L.D. (2022). The ambiguities of uncertainty: A review of uncertainty frameworks relevant to the assessment of environmental change. *Futures*, 137, 102919.
- Bhattacharyya, S., Mulec, J., & Oarga, M.A. (2023). Time-series analysis of oxygen as an important environmental parameter for monitoring diversity hotspot ecosystems: An example of a river sinking into the karst underground. *Diversity*, 15, 156.
- Dalzochio, T., Simões, R., Airton, L., Santos de Souza, M., Prado, R.G.Z., Petry, I.E., Andriguetti, 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.
- Falco, F., Bottari, T., Ragonese, S., & Killen, S.S. (2022). Towards the integration of ecophysiology with fisheries stock assessment for conservation policy and evaluating the status of the Mediterranean Sea. *Conservation Physiology*, 10, 1-14.
- Forio, M.A.E., & Goethals, P.L.M. (2020). An integrated approach of multi-community monitoring and assessment of aquatic ecosystems to support sustainable development. *Sustainability*, 12, 5603.
- Heise, S., Babut, M., Casado, C., Feiler, U., Ferrari, B.J.D., & Marziali, L. (2020). Ecotoxicological testing of sediments and dredged material: an overlooked opportunity? *Journal of Soils and Sediments*, 20, 4218-4228.
- Jacks, F., Milošević, D., Watson, V., Beazley, K.F., & Medeiros, A.S. (2021). Bioassessment of the ecological integrity of freshwater ecosystems using aquatic macroinvertebrates: the case of Sable Island National Park Reserve, Canada. *Environmental Monitoring Assessment*, 193, 1-16.
- Jannicke, M.S., Mentzel, S., Welch, S.A., & Lyche, S.A. (2023). From national monitoring to transnational indicators: reporting and processing of aquatic biology data under the European Environment Agency's State of the Environment data flow. *Frontiers in Environmental Science*, 22, 1057742.
- Kiatkoski, K.M., Douglas, M.M., Pannell, D., Setterfield, S.A., Hill, R., Laborde, S., Perrott, L., Álvarez, R.J.G., Beesley, L., Canham, C., & Brecknell, A. (2022). When to use transdisciplinary approaches for environmental research. *Frontiers Environmental Science*, 10, 840569.
- Leemans, R., & Fortuin, K. (2023). Emergence of transdisciplinarity in global environmental change research: Moving from system understanding to systemic sustainability solutions. In R. J. Lawrence (Ed.), *Handbook of Transdisciplinarity: Global Perspectives*, Editorial Elgaronline, pp. 159-176.
- 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.
- Menghini, M., Pedrazzani, R., Feretti, D., Mazzoleni, G., Steimberg, N., Urani, C., Zerbini I., & Bertanza, G. (2023). Beyond the black box of life cycle assessment in wastewater treatment plants: Which help from bioassays? *Water*, 15, 960.

- Moe, S.J., Mentzel, S., Welch, S.A., & Solheim, A.L. (2023) From national monitoring to transnational indicators: reporting and processing of aquatic biology data under the European Environment Agency's State of the Environment data flow. *Frontiers Environmental Science*, 11, 1057742.
- 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., & Guiarizzo, 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.
- Odum, E.P. (1972). *Ecología*. Editorial Interamericana. 639 pp.
- 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.
- Parrish, J.C., Gardner, G.E., Smith, W.C., & Mulvey, B.K. (2020). Using Exemplars to Improve Nature of Science Understanding. In: McComas, W.F. (eds) Nature of Science in Science Instruction. Science: Philosophy, History and Education. Springer, Cham, 319-376.
- Peñas, F.J., Álvarez, C.M., Sáinz, B.M., Mata, C.M.P., Pérez, H.A., Ventura, M., Polo, G.M.J., Alonso, C., Granados, I., & Morellón, M. (2023). An evaluation of freshwater monitoring programs inILTER nodes and mountain national parks: identifying key variables to monitor global change effects. *Biodiversity and Conservation*, 32, 65-94.
- Petrocelli, A., Adelheid, W.M., Sciuto, K., Sfriso, A., Rubino, F., Ricci, P., & Cecere, E. (2021). Long-term data prove useful to keep track of non-indigenous seaweed fate. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1075458.
- Pham, D.N. & Sokolova, I.M. (2023), Dissecting integrated indices of multiple biomarker responses: Think before use. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 19, 302-311.
- Regoli, F., d'Errico, G., Nardi, A., Mezzelani, M., Fattorini, D., Benedetti, M., Di Carlo, M., Pellegrini, D., & Gorbi, S. (2019). Application of a weight of evidence approach for monitoring complex environmental scenarios: The case-study of off-shore platforms. *Frontiers in Marine Science*, 6, 377.
- Smallman, T.L., Milodowski, D.T., & Williams, M. (2022). From ecosystem observation to environmental decision-making: Model-data fusion as an operational tool. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 818661.
- Tesfaye, G.C., Souza, A.T., Bartoň, D., Blabolil, P., Čech, M., Draštik, V., Frouzova, J., Holubova, M., Kočvara, L., Kolařík, T., Martinez, C., Moraes, K.R., Muška, M., Prchalová, M., Říha, M., Sajdlová, Z., Soukalová, K., Šmejkal, M., Tušer, M., Vašek, M., Vejřík, L., Vejříková, I., Peterka, J., Jůza, T., & Kubečka, J. (2022). Long-term monitoring of fish in a freshwater reservoir: Different ways of weighting complex spatial samples. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1000087.
- Vadas, R.L., Hughes, R.M., Jae, B.Y., Jeong, B.M., Bello, G.O.C., Callisto, M., Reis de Carvalho, D., Chen, K., Ferreira, M.T., Fierro, P., Harding, J.S., Infante, D.M., Kleynhans, C.J., Macedo, D.R., Martins, I., Mercado Silva, N.M., Moya, N., Nichols, S., Pompeu, P.S., Ruaro, R., & Yoder, C.O. (2022). Assemblage-based biomonitoring of freshwater ecosystem health via multimetric indices: A critical review and suggestions for improving their applicability. *Water Biology and Security*, 1, 100054.
- Williams, B.K., & Brown, E.D. (2023). Four conservation challenges and a synthesis. *Ecology and Evolution*, 13, 10052.
- Wulan, S.R., & Pujiastuti, P. (2023). Social studies learning modules to improve concept understanding and attitude of the environmental care. *Journal of Education and Learning*, 17, 127-135.
- 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 February 28, 2024.

Accepted May 10, 2024.