



The Biologist (Lima)



REVIEW ARTICLE / ARTÍCULO DE REVISIÓN

PARADIGM TRANSFORMATION FROM BIOMONITORS TO BIOECOTOXIMONITORS IN AQUATIC ECOTOXICOLOGY

PARADIGMA DE TRANSFORMACIÓN DE LOS BIOMONITORES A LA CALIDAD DE BIOECOTOXIMONITORES EN ECOTOXICOLOGÍA ACUÁTICA

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

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 Consejo Nacional de Ciencia de Humanidades, Ciencia y Tecnología "CONAHCYT". Ciudad de México, México. marrodriguezsa@conahcyt.mx

⁴ Laboratorio Ambiental de Parasitología, Centro de Investigación en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma del Carmen "UNACAR". Ciudad del Carmen, Campeche, México.

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

⁶ Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). L Lima, Perú. joseiannacone@gmail.com

⁷ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima, Perú.

* Corresponding Author: 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 objective was to describe a paradigm of transformation of biomonitors to the quality of bioecotoximonitors in aquatic ecotoxicology. The limitations of physico-chemical and microbiological parameters in environmental decision making to recognize the quality of aquatic ecosystems are discussed. The restriction of physical-chemical and microbiological parameters allowed the use of biological indicators to be considered as a bioassessment method. However, their presence or absence also means a disadvantage in the correlation with undesired exposures or intra-seasonal comparison. Therefore, biomonitors emerge that offer various interpretative possibilities. However, implicit in the concept of biomonitors is the assessment of quality at any time and period. A consequence of poor water quality is the presence of certain parasites as indicator organisms that can infect the biomonitors themselves, which would represent a higher analytical probability.

Este artículo es publicado por la revista *The Biologist (Lima)* de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad Nacional Federico Villarreal, 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.



DOI: <https://doi.org/10.24039/rtb20232121626>

This possibility indicates a new perspective in the selection of an organism as an evaluator and is called: bioecotoximonitor. It is concluded, if a biomonitor has any associated species in its organism as a result of its status as an indicator of water quality, then it is a bioecotoximonitor. There are no precedents in this terminology, which would be a new paradigm in the monitoring, analysis, evaluation and recognition of water quality.

Keywords: bioindicador – biomonitor – ecosistema – ecotoxicológica predicción – water quality

RESUMEN

El objetivo fue describir un paradigma de transformación de los biomonitores a la calidad de bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática. Se analiza las limitaciones de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en la toma de decisiones ambientales para reconocer la calidad de los ecosistemas acuáticos. La restricción de los parámetros físico-químicos y microbiológicos permitió que se considere el uso de indicadores biológicos como método de bioevaluación. Sin embargo, su presencia o ausencia igualmente significa una desventaja en la correlación con exposiciones no deseadas o la comparación intraestacionaria. Por tanto, surgen los biomonitores que ofrecen diversas posibilidades interpretativas. No obstante, lo implícito del concepto de los biomonitores es la evaluación de la calidad en cualquier momento y período. Una consecuencia de la mala calidad de agua es la presencia de ciertos parásitos como organismos indicadores y que pueden infectar a los propios biomonitores lo que representaría una mayor probabilidad analítica. Esta posibilidad indica una nueva perspectiva en la selección de un organismo como evaluador y que se denomina: bioecotoximonitor. Se concluye, si un biomonitor tiene asociado cualquier especie en su organismo producto de su condición como indicador de la calidad de agua, entonces es un bioecotoximonitor. No existen antecedentes en esta terminología, lo cual sería un nuevo paradigma en el monitoreo, análisis, evaluación y el reconocimiento sobre la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Palabras clave: bioindicador – biomonitor – calidad de agua – ecosistema – predicción ecotoxicológica

INTRODUCCIÓN

Los servicios ecosistémicos proveen recursos esenciales para el bienestar humano (Díaz *et al.*, 2018); sin embargo, la actividad humana amenaza la disponibilidad de los recursos en varios sistemas ecológicos (Zari, 2018; Keyes *et al.*, 2021). La contaminación es una de las actividades antropogénicas que genera mayor preocupación sobre la biodiversidad y sistemas ecológicos (Gruber, 2018; Laffoley & Baxter, 2019; Serra *et al.*, 2019), e incluso induce los denominados ecosistemas novedosos ante los cambios y/o transformaciones que ocurren (Evers *et al.*, 2018). Por ejemplo, se ha cuantificado elementos químicos no deseados en la sangre, en los tejidos de no nacidos, bebés (Soleman *et al.*, 2020; Mathiesen *et al.*, 2021), y la leche materna (van den Berg *et al.*, 2017; Hu *et al.*, 2021).

A nivel de ecosistemas acuáticos, la contaminación perturba la calidad de agua y su evaluación desde un gradiente escalar permite la valoración temporal y espacial óptima (Debén *et al.*, 2019). De manera histórica, en 1970 se redujeron a nueve los parámetros físico-químicos (pH,

sólidos totales disueltos, nitritos, turbiedad, temperatura, fosfatos, coliformes totales, oxígeno disuelto y la demanda bioquímica de oxígeno) para el monitoreo de la calidad de agua (Brown *et al.*, 1970). Sin embargo, la fluctuación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos ($\Delta t=1$, $\Delta t=2$) pueden ser normales (Fig. 1), que orientaría a errores de interpretaciones, y del reconocimiento de las implicaciones en el medio acuático (Lakshmanan *et al.*, 2009; Argota *et al.*, 2015; Kumari & Maiti, 2019).

Ante la variación de los parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua, surge un patrón de evaluación mediante el uso de indicadores biológicos (bioevaluación) para el monitoreo de vigilancia sobre los ecosistemas acuáticos (Aguirre *et al.*, 2012; Argota & Iannacone, 2017). Actualmente, la bioevaluación, y en lo particular con peces constituye un método muy aceptado para la caracterización de efectos e impactos ambientales generados por contaminantes (Juma *et al.*, 2018, Amaral *et al.*, 2021; Marin *et al.*, 2023; Nunes *et al.*, 2023).



Figura 1. Variación normal de parámetros físico-químicos y microbiológicos de calidad de agua (x, y, z) en un ecosistema acuático.

Este cambio en el costo de evaluación hacia la biota como matriz de seguimiento sobre la calidad de los ecosistemas acuáticos determina una perspectiva informacional cuantitativa (Bellino *et al.*, 2020). De este modo, se posibilita un enfoque integrador multidisciplinar para la descripción sobre la biodisponibilidad de contaminantes y su ecotoxicidad (Van der Oost *et al.*, 1996; Kannel *et al.*, 2007; Bebianno *et al.*, 2015).

El objetivo del estudio fue describir un paradigma de transformación de los biomonitores a la calidad de bioecotoximonitores en ecotoxicología acuática.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información científica correspondió a las bases de datos de Google Scholar, ScienceDirect y Scopus donde la ecuación de búsqueda fue: bioindicator, biomonitor, parasites, water quality. Se consideró los signos booleanos

AND y OR. Asimismo, el filtró de búsqueda incluyó el signo entre comillas y la modificación de orden de las palabras. La selección del tipo de artículo fue de investigación y revisión. El periodo de análisis refirió desde 2013 a 2023. Cuando se leyó, alguna información relevante conceptual fuera del período, entonces se incluyó en la epistemología del trabajo.

Aspectos éticos: No existió en el estudio, la manipulación de la información para pretender cumplir con la propuesta del objetivo. El parafraseo fue el adecuado ante la gestión de la literatura científica consultada.

RESULTADOS

Los biomonitores describen algunas informaciones cuantitativas como ventajas para el análisis en ecotoxicología acuática (Tabla 1):

Tabla 1. Criterios y ventajas de los biomonitores.

Criterios	Ventajas
Disponibilidad	La medición de contaminantes en un organismo vivo no se hace referencia a contenidos totales
Comparación	Intraespecífica e interespecíficas de la biodisponibilidad en el mismo sitio de análisis (Rainbow, 1995)
Bioacumulación	Permite la temporalidad de contaminantes lo cual, representa una visión histórica del proceso de contaminación (Truchet <i>et al.</i> , 2022)
Biomagnificación	Ofrece determinaciones analíticas más simples
Programa de monitoreo ambiental	Presencia permanente sin necesidad de utilizar tecnologías analíticas costosas para la recolección de la información
Vigilancia histórica	Comprueban el adecuado uso de las técnicas de manejo y la conservación
Bioecotoximonitores	Conceptualización superior la evaluación analítica asociada con un organismo cohabitante (Argota, 2023)

El séptimo criterio de la Tabla 1, refiere que un bioecotoximonitor permite un nuevo paradigma en la epistemología analítica sobre los ecosistemas acuáticos porque, si el objetivo es evaluar la calidad del sistema ecológico, entonces no pudiera considerarse como única fiabilidad la información cuantitativa y/o cualitativa del concepto biomonitor (Markert, 1994). La demostración

de esta conceptualización se basa en la susceptibilidad como organismo de ser perjudicado por otros organismos patógenos, y su vez, denota que existe mala calidad de agua. La asociación (cohabitante) con el biomonitor, informa de conjunto su condición de indicador de la contaminación del ecosistema acuático. Desde una lógica deductiva e inductiva se considera lo siguiente:

Argumentación deductiva

- Regla: todos los peces que toleran la contaminación son biomonitores
- Caso: la contaminación del agua influye en la ocurrencia de enfermedades parasitarias en los peces
- Resultado: todo pez biomonitor se infecta de parásitos por contaminación del agua

Argumentación inductiva

- caso: todo pez biomonitor puede ser infectado por algunos parásitos ante la contaminación del agua
- Resultado: algunos parásitos son indicadores de la contaminación del agua
- Regla: algunos parásitos indicadores de la contaminación del agua infectan a todo pez biomonitor

DISCUSIÓN

Con el uso de individuos para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos se reconoció el término “bioindicador” como aquel organismo (o una parte de un organismo, y de comunidad de organismo) que informa la calidad del medio ambiente lo cual, ayudaría a detectar y evaluar los impactos antropogénicos, además de permitir la evaluación de medidas para la restauración o mitigación del medio natural (Markert, 1994; Morales *et al.*, 2019).

Los bioindicadores son organismos que por su grado de sensibilidad o tolerancia muestran una respuesta característica o específica ante determinado contaminante y de fácil monitoreo (Washington, 1984; de la Lanza-Espino, 2000; Carignan & Villard, 2002). Los bioindicadores se utilizan para la evaluación ambiental y lo que se ha denominado como “salud de un ecosistema”, y en la calibración sobre la medición de programas de restauración (Morales *et al.*, 2019).

Ante la conceptualización de un organismo bioindicador se interpreta su valor para cuantificar, las condiciones del hábitat o nicho ecológico, nivel de exposición y magnitud del contaminante y la respuesta del organismo como reactivo biológico. Odum (1972), define un organismo indicador por su presencia e indica determinadas condiciones en el medio que habita, mientras que su ausencia resulta la consecuencia de la alteración debido a dichas condiciones. Si, un bioindicador denota su presencia o ausencia dado los cambios que ocurren

en los sistemas acuáticos, entonces algunas preguntas epistemológicas podrían ser:

- 1) ¿cómo puede validarse el conocimiento científico entre las correlaciones de la exposición y alguna medida biológica en ausencia del bioindicador?
- 2) ¿qué generación de datos se registrarían para las comparaciones intraestacionales en ausencia del bioindicador?
- 3) ¿la presencia del bioindicador se relaciona con una exposición del contaminante subletal?
- 4) ¿con la presencia del bioindicador existe biodisponibilidad y bioacumulación del contaminante a corto plazo?
- 5) ¿será consecuencia si existe la presencia de un organismo bioindicador en condiciones adversas del medio?

Quizás, este antónimo (presencia/ausencia) orientó el término de “biomonitor”, pues lo necesario para la evaluación sobre exposiciones de contaminante requiere su presencia permanente y lo distintivo puede ser la variación de respuestas. Las mediciones se consideran a nivel molecular, bioquímico, fisiológico, histológico, morfológico y conductual (Depledge, 1984; Dalzochio *et al.*, 2016).

El resultado de la lógica deductiva y la regla de la lógica inductiva (algunos parásitos indicadores de la contaminación del agua infectan a todo pez biomonitor),

permite la conceptualización desde la transformación del biomonitor a la calidad del bioecotoximonitor en ecotoxicología acuática (Fig. 2):

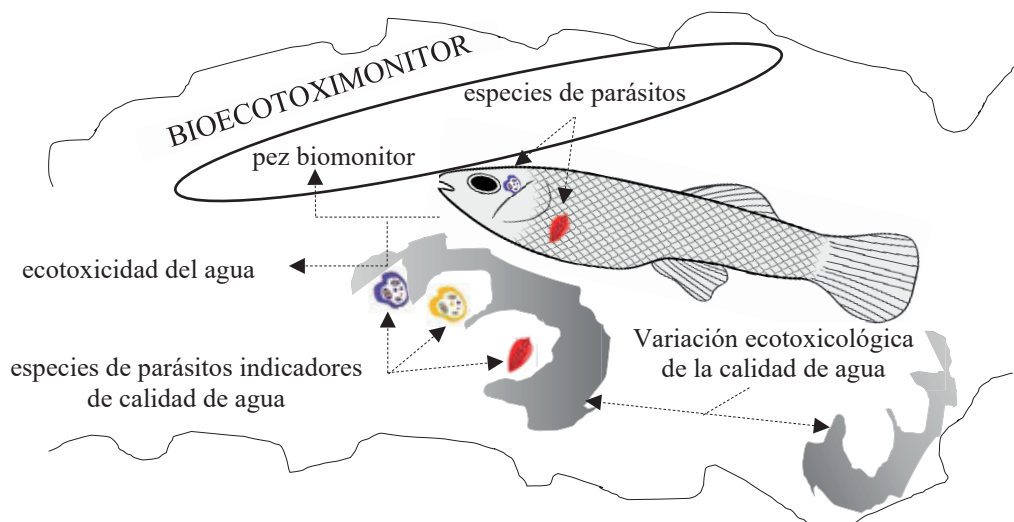


Figura 2. Transformación del biomonitor a la calidad de bioecotoximonitor.

Se concluye, que de manera constante existen nuevos métodos para la evaluación de la calidad en los ecosistemas acuáticos. El acto y la potencia sobre la predicción de riesgo ambiental ante la exposición de contaminantes, no debe simplificarse a un índice, parámetro o condición de criterio(s), pues se debe entender la necesidad hacia un pensamiento integral, a partir de ventajas reconocidas. En tal perspectiva, si bien se considera que los biomonitores ofrecen una amplia posibilidad para la toma de decisiones cuando los ecosistemas acuáticos están perturbados, pero eso no significa que se comprenda únicamente su expresión de respuesta como organismo facilitador de informaciones cualitativas y cuantitativas. Por el contrario, si existe un biomonitor que tiene asociada cualquier especie (por ejemplo, parásitos) en su organismo producto de su condición como indicador de la calidad de agua, entonces puede definirse como un organismo bioecotoximonitor. No existen antecedentes en esta terminología, lo cual sería un nuevo paradigma en el monitoreo, análisis, evaluación y el reconocimiento sobre la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos.

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, MARS

Formal Analysis: GAP, MARS, JI

Funding acquisition: GAP

Investigation: GAP, MARS

Methodology: GAP, MARS, JI

Project administration: GAP

Resources: GAP

Software: GAP

Supervision: GAP, MARS

Validation: GAP, MARS, JI

Visualization: GAP, MARS, JI

Writing – original draft: GAP, MARS

Writing – review & editing: GAP, MARS, JI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P.J., Rodríguez, B.J., & Ospina, T.R. (2012). Deriva de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios con diferente grado de perturbación, Río Gaira, Santa Marta-Colombia. *Intropica*, 7, 9–19.
- Amaral, A.F.E., Herrero, L.C., Miranda, M., Alves, B.R.Jr., Costa, O.F.L., Araripe, S.M.C., Lippi, O.E., Hamad, M.A.H., & López, A.M.

- (2021). Fish tissues for biomonitoring toxic and essential trace elements in the Lower Amazon. *Environmental Pollution*, 283, 1–14.
- 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., & Iannacone, O.J. (2017). Predicción cuantitativa mediante biomarcadores de uso permanente como nuevo criterio para biomonitores en ecotoxicología acuática. *The Biologist (Lima)*, 17, 141–153.
- 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.
- Bebianno, M.J., Pereira, C.G., Rey, F., Cravo, A., Duarte, D., D'Errico, G., & Regoli, F. (2015). Integrated approach to assess ecosystem health in harbor areas. *Science of the Total Environment*, 514, 92–107.
- 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.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A., Tozer, R.G. (1970). A water quality index—do we dare? *Water and Sewage Works*, 117, 339–343.
- Carignan, V., & Villard, M.A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental monitoring and assessment*, 78, 45–61.
- Dalzochio, 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.
- de la Lanza-Espino, G. (2000). *Criterios generales para la elección de bioindicadores*, pp. 17-41. In: de la Lanza Espino, G., Hernández, P.S., & Carvajal, P. J.L. (compiladores) Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). SEMARNAP, CONAGUA. Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México, Plaza y Valdés editores.
- 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.
- Depledge, M.H. (1984). Disruption of circulatory and respiratory activity in shore crabs (*Carcinus maenas* L.) exposed to heavy metal pollution. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 78, 445–459.
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín, L.B., Watson, R.T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K.M.A., Baste, I.A., Brauman, K.A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P.W., van Oudenhoven, A.P.E., van der Plaats, F., Schr ter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy, T.Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C.A., Hewitt, C.L., Keune, H., Lindley, S., & Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359, 270–272.
- Evers, C.R., Wardropper, C.B., Branoff, B., Granek, E.F., Hirsch, S.L., Link, T.E., Olivero, L.S., & Wilson, C. (2018). The ecosystem services and biodiversity of novel ecosystems: A literature review. *Global Ecology and Conservation*, 13, 1–11.
- Gruber, K. (2018). Cleaning up pollutants to protect future health. *Nature*, 555, 20–22.
- 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.
- Juma, R.R., Salum, N.S., Tairova, Z., Strand, J., Bakari, S.S., & Sheikh, M.A. (2018). Potential of *Periophthalmus sobrinus* and *Siganus sutor* as bioindicator fish species for PAH pollution in tropical waters. *Regional Studies in Marine Science*, 18, 170–176.
- Kannel, P.R., Lee, S., Kanel, S.R., & Khan, S.P. (2007). Chemometric application in classification and assessment of monitoring locations of an urban river system. *Analytica Chimica Acta*, 582, 390–399.

- 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.
- Laffoley, D. & Baxter, J.M., eds. (2019). *Ocean deoxygenation: Everyone's problem: Causes, impacts, consequences and solutions: Summary for Policy Makers*. International Union for Conservation of Nature (IUCN), Gland, 28 p.
- 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.
- 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.
- Markert, B. (1994). Biomonitoring-Quo vadis. *UWSF-Z Umweltchem Okotox*, 6, 145–149.
- 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.
- Odum, E.P. (1972). *Ecología. Interamericana*. Interamericana. 639 p.
- Rainbow, P.S. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 183–192.
- Serra, S.R.Q., Calapez, A.R., Simões, N.E., Marques, J.A.A.S., Laranjo, M., & Feio, M.J. (2019). Effects of variations in water quantity and quality in structure and functions of invertebrates' community of a Mediterranean urban stream. *Urban Ecosystems*, 22, 1173–1186.
- Soleman, S.R., Fujitani, T., Fujii, Y., & Harada, K.H. (2020). Levels of octachlorostyrene in mothers' milk and potential exposure among infants in Sendai City, Japan 2012. *International Journal Environmental Research and Public Health*, 17, 1–10.
- Truchet, D.M., Buzzi, N.S., Negrin, V.L., Botté, S.E., & Marcovecchio, J.E. (2022). First long-term assessment of metals and associated ecological risk in subtidal sediments of a human-impacted SW Atlantic estuary. *Marine Pollution Bulletin*, 174, 113235.
- van den Berg, M., Kypke, K., Kotz, A., Tritscher, A., Lee, S.Y., Magulova, K., Fiedler, H., & Malisch, R. (2017). WHO/UNEP global surveys of PCDDs, PCDFs, PCBs and DDTs in human milk and benefit-risk evaluation of breastfeeding. *Archives of Toxicology*, 91, 83–96.
- Van der Oost, R., Opperhuizen, A., Satumalay, K., Heida, H., & Vermeulen, N.P.E. (1996). Biomonitoring aquatic pollution with feral eel (*Anguilla anguilla*) I. bioaccumulation: biota-sediment ratios of PCBs, OCPs, PCDDs and PCDFs. *Aquatic Toxicology*, 35, 21–46.
- Washington, H.G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18, 653–694.
- Zari, M.P. (2018). The importance of urban biodiversity – an ecosystem services approach. *Biodiversity International Journal*, 2, 357–360.

Received June 20, 2023.

Accepted August 28, 2023.