

CAUSALIDAD Y LÓGICA DE LOS BIOECOTOXIMONITORES

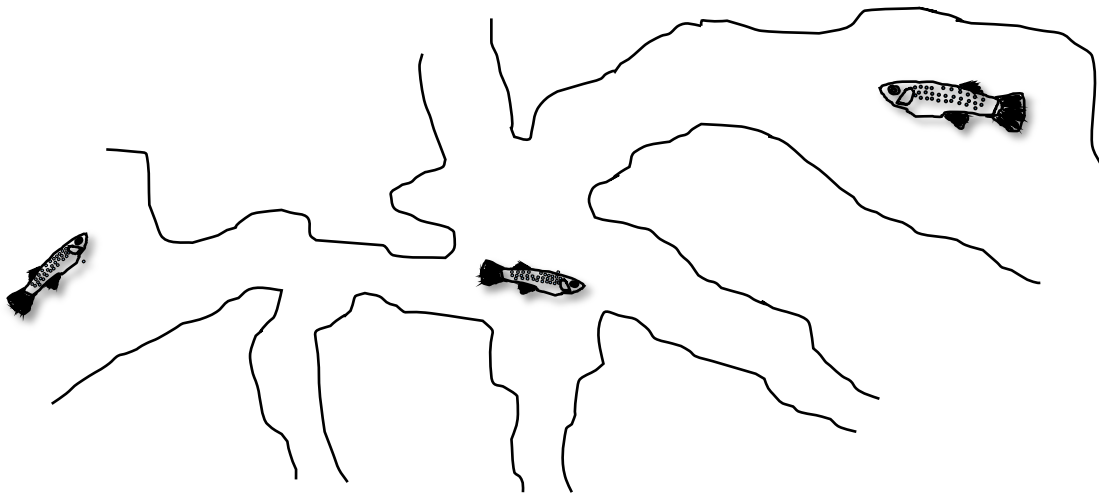
perspectivas en ecotoxicología acuática



George Argota Pérez
María Amparo Rodríguez Santiago
José Alberto Iannacone Oliver

CAUSALIDAD Y LÓGICA DE LOS BIOECOTOXIMONITORES

perspectivas en ecotoxicología acuática



George Argota Pérez
María Amparo Rodríguez Santiago
José Alberto Iannacone Oliver

CAUSALIDAD Y LÓGICA DE LOS BIOECOTOXIMONITORES

perspectivas en ecotoxicología acuática

Editor

© George Argota Pérez
(+51) 971-833575
Contacto: george.argota@gmail.com
Jirón Sucre 420.
Huamanga, Departamento de Ayacucho, Perú

Autores

George Argota Pérez
María Amparo Rodríguez Santiago
José Alberto Iannacone Oliver

Primera edición digital, noviembre 2023
Disponible: www.neotropicalhelmilthology.com

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 202311215
ISBN: 978-612-00-9125-8

ISBN: 978-612-00-9125-8



Prefacio

El desarrollo de la sociedad humana depende de la conservación de la naturaleza. Sin embargo, existen limitaciones en las investigaciones multidisciplinarias para explicar, ciertos conceptos teóricos que garanticen la propia dinámica ecológica dentro de los ecosistemas. Por ejemplo, entender que la contaminación de los sistemas acuáticos como problema ambiental global, no es una simple determinación analítica y luego, predecir probables escenarios mediante modelos estadísticos que se basan en lo erróneo de la repetitividad de los propios datos, resulta una incomprensión verdadera de la conservación como elemento vital. En tal sentido, la Ecotoxicología surge hacia el análisis de mecanismos que sustentan la autorregulación de los ecosistemas acuáticos.

La bioevaluación es una tendencia aplicada en la Ecotoxicología Acuática porque posibilita informaciones cualitativas y/o cuantitativas del medio receptor, además en el propio organismo que se utiliza como reactivo biológico natural. Entre la clasificación del organismo para la bioevaluación se encuentra: ser “bioindicador” o “biomonitor”. Sin embargo, al tratar de evaluar las condiciones ambientales de los ecosistemas se debe controlar, casi todos los posibles sesgos para que el razonamiento de los datos sobre la calidad ambiental en realidad sea lo más significativo. Por tanto, una nueva condición bioevaluativa surgiría y se denomina “bioecotoximonitor”.

La obra “Causalidad y Lógica de los Bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática” muestra dos contenidos que orientan el desafío de reconocer con la mayor probabilidad las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos.

Los autores

ÍNDICE

	Página
Introducción	1
Capítulo I. Causalidad de los bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática	2
1.1. Conceptualización de la ecotoxicología	2
1.2. Bioevaluación en ecotoxicología acuática	5
1.2.1. Causalidad de los bioecotoximonitores	7
Capítulo II. Lógica de los bioecotoximonitores: perspectivas en ecotoxicología acuática	11
2.1. Demarcación de los bioecotoximonitores en la predicción ambiental	11
2.2. Lógica proposicional como sistema de regla de inferencia de los bioecotoximonitores	12
Referencias	14

INTRODUCCIÓN

La actividad humana amenaza la disponibilidad de los recursos ambientales y limita el bienestar humano (Díaz et al. 2018; Keyes et al. 2021). La contaminación que se genera preocupa ante la pérdida de la biodiversidad y la alteración dinámica de los ecosistemas (Gruber, 2018; Serra et al. 2019). En consecuencia existen los denominados “ecosistemas novedosos” que son transformaciones escalares y temporales no deseadas sobre la calidad ambiental (Evers et al. 2018, Debén et al. 2019).

Múltiples acciones se desarrollan para la evaluación de la calidad ambiental. Por ejemplo, en los ecosistemas acuáticos destacan la determinación de parámetros: físico-químicos, microbiológicos y de elementos permisibles. Sin embargo, su valoración independiente no justificaría el conocimiento sobre el verdadero efecto e impacto que genera las contaminaciones. La Ecotoxicología Acuática como disciplina determina en la actualidad, el uso de organismos centinelas para la predicción del riesgo ambiental (Argota et al. 2013; AbdAllah, 2016). Los diversos cambios biológicos que resultan son señales de posibles alteraciones naturales o antropogénicas. La capacidad que tienen los organismos centinelas de ofrecer respuestas cuali-cuantitativas ante la variación de las condiciones del medio permite explicar la conservación de los ecosistemas (Jebali et al. 2013; Cassanego et al. 2015).

Los “bioindicadores” y “biomonitores” se utilizan como herramientas robustas durante el análisis ambiental de los ecosistemas acuáticos (Lock & Bonventre, 2008; Argota & Iannacone, 2017). Ambos, facilitan el conocimiento de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y de elementos permisibles, aunque los biomonitores tienen características adicionales que los hacen más relevante. Sin embargo, no serían suficientes en la confiabilidad total para describir y/o explicar las condiciones ambientales porque existe una nueva conceptualización como paradigma que permite mayor interpretación desde la condición cohabitante con otro organismo indicador de la calidad ambiental y se denomina: “bioecotoximonitor”.

CAPÍTULO I

CAUSALIDAD DE LOS BIOECOTOXIMONITORES: PERSPECTIVAS EN ECOTOXICOLOGÍA ACUÁTICA

1.1. Conceptualización de la ecotoxicología

La Ecotoxicología ha sido definida en las últimas dos décadas de diversas maneras dependiendo de los objetivos investigativos. El profesor Francés René Truhaut en 1969, sugirió por primera vez durante una reunión celebrada en junio por el Comité del Consejo Internacional de Uniones científicas con sede en la ciudad de Estocolmo-Suecia, la terminología "Ecotoxicología". Hizo mención, como extensión natural de la Toxicología (ciencia que estudia los efectos de las sustancias tóxicas sobre los organismos individuales). Para el uso de la terminología refirió la indicación a dos efectos ecológicos ocasionados por los contaminantes: primero, la toxicidad hacia cualquier organismo, y segundo, las alteraciones del medio en el cuál vive los organismos. En este sentido, Truhaut indicó que un contaminante que provoca la muerte sobre el 50% en los individuos dentro de una determinada población podría tener poca significación, pero si un contaminante no provoca la muerte, aunque retarda una función biológica (efecto biológico no deseado) o altera el medio ambiente, si puede tener gran implicación.

En 1977, el propio Truhaut hizo una redefinición de la Ecotoxicología donde mencionó, que deben considerarse varios aspectos en términos cuantitativos dentro de una serie de procesos como los siguientes:

- a) Lugar, naturaleza y las concentraciones relativas de la emisión contaminante.
- b) Su transporte geográfico y alteraciones consecuentes a los mecanismos físicos implicados (adsorciones, absorciones, retenciones, diluciones, concentraciones, etc.).

- c) Transformaciones químicas de naturaleza abiótica (hidrólisis por la humedad, oxidaciones por el aire y la luz ultravioleta, condensaciones fotoquímicas, *etc.*).
- d) Biotransformaciones durante su transporte por los diferentes organismos en el ecosistema (biodegradación), y la bioacumulación a lo largo de las cadenas tróficas.
- e) Incidencia de la exposición sobre los organismos, poblaciones o comunidades críticas o dianas.
- f) Respuestas de los organismos en el tiempo.

Posteriormente, Sanz (1974) mencionó que la Ecotoxicología como ciencia estudia la polución, origen, evolución e interacciones con las moléculas que integran la dinámica de los ecosistemas, sus acciones y efectos sobre los seres vivos que forman los ecosistemas con su evaluación como determinantes de criteriología. Además, de la profilaxis biológica o socio-económica. En esta definición dos aspectos resultan de interés: la profilaxis en término de vigilancia, y la implicación que puede ocasionar la polución en el contexto social y económico.

Butler (1978), indicó que la Ecotoxicología, es la ciencia que relaciona los efectos tóxicos de los agentes químicos y físicos con los organismos vivos sobre todo en las poblaciones y las comunidades dentro de los ecosistemas bien definidos, incluyendo las transferencias de estos agentes y sus interacciones con el ambiente. En esta definición se indica, que solo los efectos tóxicos se reconocen cuando los ecosistemas se encuentran bien definidos. Es decir, no obedece a cualquier espacio o hábitat geográfico. Otro aspecto significativo radica en el daño posible cuando existe un valor de uso en cualquier recurso secundario (transferencia).

Años más tarde Blaise et al. (1985), plantearon que la Ecotoxicología estudia el destino y los efectos de los contaminantes en los ecosistemas intentando explicar, las causas y prever los riesgos probables. En este sentido se habló, de una ecotoxicología

prospectiva que evalúa la toxicidad de las sustancias antes de su producción y uso, así como una ecotoxicología retrospectiva que se ocupa de confirmar, si la sustancia produce daño en el ecosistema. En esta definición, una de las ideas interesantes estuvo referida al carácter preventivo, pues lo perseguido fue entender de forma anticipada, posibles efectos adversos de los contaminantes antes que puedan entrar en contacto con el medio ambiente.

Rudolph & Boje (1986), señalaron que la Ecotoxicología es la ciencia que investiga los efectos de sustancias sobre los organismos. El peligro sobre las poblaciones de animales y las plantas puede ser determinado mediante el uso de datos existentes referidos del ambiente (ecotoxicología retrospectiva) o mediante el desarrollo de ensayos específicos (ecotoxicología prospectiva). En esta definición se interpreta, la necesidad de las mediciones con los valores hallados y realizar las predicciones de su peligro. Para ello, se considera el uso de modelos biológicos en condiciones controladas de laboratorio.

Moriarty (1988), refirió que la Ecotoxicología es la ciencia la cual propone la evaluación, monitoreo, predicción del destino y efectos de xenobióticos en el ambiente. En esta definición, al parecer lo relevante estuvo en la clasificación de xenobióticos como agente que no presenta un umbral natural para su posible degradación, y por tanto, la necesidad de valorar el riesgo en su manifestación.

Pourriot & Meybeck (1995), esbozaron que la Ecotoxicología se basa en la combinación de los conceptos fundamentales de la ecología que apunta para entender, las relaciones entre los organismos y su ambiente circundante mediante un análisis sistémico con el uso de unidades funcionales de variación, a través de los registros experimentales de la limnología contemporánea antes y después del vertimiento al ecosistema. Esta definición, tuvo una dimensión aplicada para condiciones de campo, pero lo relevante fue la necesidad de valorar, cómo las fluctuaciones de parámetros determinan cambios en las estructuras y la composición química donde a su vez,

influyen en el comportamiento de los organismos. La influencia no necesariamente tiene que ser directa, igualmente puede ocurrir desde el medio y sigue considerándose la propuesta inicial formulada por Truahut.

No obstante, sea una u otra definición, el objetivo principal de la Ecotoxicología es estudiar las perturbaciones estructurales y funcionales a corto, mediano y largo plazo que ocasiona la contaminación sobre los ecosistemas ecológicos. De forma indicativa, podría pensarse que la medición hacia la presencia y los efectos de los contaminantes es lo relevante. Por el contrario, si la contaminación en sí misma genera adversidad en los ecosistemas, incluso hasta ser irreversible, entonces la Ecotoxicología debe redefinir su objetivo. Las interacciones entre los factores abióticos que caracterizan los agentes físico-químicos de los biotopos y los agentes biológicos que constituyen al componente biológico pueden examinarse a diferentes niveles: desde el molecular y celular hasta de organismo y población.

1.2. Bioevaluación en ecotoxicología acuática

La variación de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y de elementos deseados (x , y , z) es tan normal (Fig.1), que en ocasiones pueden superar los límites permisibles. Por tanto, orientaría a diversos errores interpretativos durante el análisis en la conservación de los ecosistemas acuáticos (Lakshmanan et al. 2009; Argota et al. 2015; Kumari & Maiti, 2019).

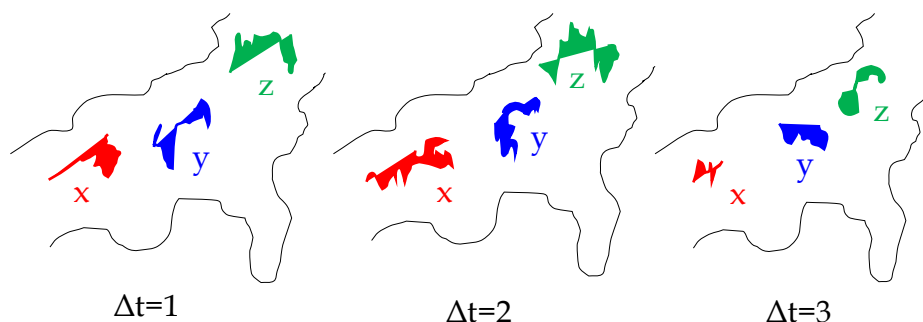


Figura 1. Variación temporal de parámetros físico-químicos (x), microbiológicos (y) y de elementos deseados (z) en el ecosistema acuático.

Ante la fluctuación de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y de elementos indeseados, surge el uso analítico mediante organismos en su condición de indicadores de la calidad ambiental para los ecosistemas acuáticos. La actividad que se desarrolla sobre la decisión del estado de conservación se denomina “bioevaluación”. La bioevaluación permite el monitoreo y la vigilancia ambiental de los contaminantes en los ecosistemas acuáticos (Aguirre et al. 2012; Argota & Iannacone, 2017). Asimismo, como herramienta analítica es predictora de los daños e impactos en la biota acuática (Amaral et al. 2021; Marin et al. 2023; Nunes et al. 2023).

La bioevaluación establece un registro integral de información cualitativa y/o cuantitativa (Bellino et al. 2020), incluyendo la descripción biodisponible de elementos contaminantes y su ecotoxicidad (Van der Oost et al. 1996; Kannel et al. 2007; Bebianno et al. 2015). Primeramente, se reconoció el término “bioindicador” como el organismo o parte del mismo para detectar y/o evaluar los impactos antropogénicos. De igual modo, posibilitar medidas de mitigación y restauración del medio ecológico (Market, 1994; Morales et al. 2019). Los bioindicadores ofrecen una respuesta específica por su grado de sensibilidad o tolerancia, según el contaminante y son de fácil aplicación hacia la evaluación de las condiciones ambientales (Washington, 1984; de la Lanza, 2000; Carignan & Villard, 2002, García et al. 2017).

Los bioindicadores orientan a la interpretación del nivel de exposición, magnitud del contaminante y la respuesta del organismo como reactivo biológico. Odum (1972), define un organismo indicador, si su presencia indica determinadas condiciones en el medio que habita, mientras que la ausencia resulta la consecuencia de la alteración debido a dichas condiciones. Quizás, este antónimo (presencia/ausencia) orientó el término de “biomonitor”, pues lo necesario para evaluar la exposición de contaminantes requiere la presencia permanente donde lo comprensible puede ser, la variación de las respuestas. La medición en un organismo biomonitor puede ser a nivel molecular, bioquímico, fisiológico, histológico, morfológico y conductual (Depledge,

1984; Dalzochio et al. 2016). Entre las ventajas del uso con biomonitores se encuentran las siguientes (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

Sin embargo, si el objetivo principal es conocer las condiciones de conservación ambiental de los ecosistemas acuáticos, entonces lo fidedigno estaría en conceptualizar cuál es la verdadera susceptibilidad del monito, ya que el organismo es perjudicado de manera directa por las condiciones ambientales e indirecta por, algún agente asociado que indica, igualmente la calidad ambiental del ecosistema. En tal sentido, se reconoce la nueva terminología: “bioecotoximonitor”.

1.2.1. Causalidad de los bioecotoximonitores

Un bioecotoximonitor es un fenómeno complejo de causalidad. Su aparición se considera como el origen de conexión desde condiciones ambientales adversas, pero a la vez supone la aparición de efectos o consecuencias negativas a observar, a partir de las mediciones en el propio bioecotoximonitor. Diversos son los factores concretos que fundamentan la conceptualización de un bioecotoximonitor. Por una parte, existe el

organismo, y por otra, no su condición, pues el fundamento solo tiene sentido cuando se logra con certeza, establecer diversos postulados: 1) condición necesaria, 2) condición suficiente, 3) condición contributaria, y 4) condición contingente.

- condición necesaria: aquella que ocurre, si el fenómeno mediante el cual es causa se genera (ejemplo; el bioecotoximonitor es condición necesaria para que se produzca la mayor predicción de las condiciones ambientales del ecosistema acuático).
- condición suficiente: aquella que siempre ocurre por el fenómeno del cual es causa (ejemplo; el bioecotoximonitor no se reconoce, ante la prolongación medible sobre las condiciones ambientales del ecosistema acuático).
- condición contributaria: aquella que indica el aumento de la probabilidad que ocurra el reconocimiento del bioecotoximonitor, pero sin la certeza, pues dependerá de las diversas condiciones ambientales del ecosistema acuático (la práctica de los bioecotoximonitores será menos útil, si las condiciones ambientales del ecosistema acuático no se miden de forma sistemática / la ausencia de los bioecotoximonitores ante condiciones ambientales adversas, prolongará la decisión hacia la conservación de los ecosistemas acuáticos).
- condición contingente: aquella mediante la cual, una condición asociada es la causa contributaria de un determinado fenómeno (mediante programas de prevención con bioecotoximonitores [condición necesaria], aumentará la probabilidad de controlar el fenómeno adverso. En este caso, las condiciones ambientales indeseadas en el ecosistema acuático).

La condición causal de los bioecotoximonitores presenta diferentes tipologías categóricas cerradas: 1) esenciales o no esenciales, 2) internas o externas, 3) objetivas y subjetivas. Esta clasificación es fundamental para la explicación de las condiciones ambientales de los ecosistemas acuáticos.

- causas esenciales: se generan condiciones ambientales adversas donde se determina la caracterización de los bioecotoximonitores.
- causas no esenciales: se generan condiciones ambientales que varían, pero no se consideran adversas. Son limitantes para que ocurra el reconocimiento de los bioecotoximonitores.
- causas internas: el bioecotoximonitor describe informaciones cualitativas y/o cuantitativas ante las condiciones ambientales del ecosistema acuático que varían, pero no se consideran adversas.
- causas externas: el bioecotoximonitor describe informaciones cualitativas y/o cuantitativas ante las condiciones superiores de biodisponibilidad donde la bioacumulación es permanente. Las condiciones ambientales aumentan su grado de adversidad dentro del ecosistema acuático.
- causas objetivas: el bioecotoximonitor surge de las condiciones ambientales adversas del ecosistema acuático, y no de la voluntad para su uso.
- causas subjetivas: comprende la voluntad de uso del bioecotoximonitor; sin embargo, las condiciones ambientales no resultan muy adversas dentro del ecosistema acuático.

La teorización causal de los bioecotoximonitores para su validación plantea cuatro aspectos que se relacionan: 1) el problema de la totalidad, 2) sucesión temporal, 3) necesidad causal, y 4) el determinismo relacional. Cada uno de los aspectos permiten la interpretación hacia un principio epistemológico que es representable (Fig. 2):

- El efecto de la conservación ambiental, no se produce por conocer y controlar las condiciones de variación, pues la misma es condición de influencia total. Las condiciones de variación son situaciones necesarias, pero pasivas. Es decir, cada condición de variación es específica y limitante porque cada circunstancia tiene peso definido hacia la aparición de la causa (consideración

del bioecotoximonitor). De conjunto, no hay simultaneidad entre la causa y el efecto (bioecotoximonitor-conservación ambiental. Es decir, la conexión causa-efecto ocurre de manera sucesiva ($\Delta t=1$ y $\Delta t=2$).

- Entre el fenómeno causa y el fenómeno efecto, hay un nexo que se establece mediante altas probabilidades. De conjunto, la unidad indeleble necesidad y causalidad representa un complemento relacional y significa, que lo puro en cada una de ellas, jamás ocurrirá. Si, las condiciones de variación siempre prevalecen, entonces la causa puede transformarse en necesidad y viceversa. Tal es el caso, que se identifica en la metodología de la investigación científica como la variable independiente y en otros casos, sería variable dependiente. Lo mismo ocurre con el bioecotoximonitor. Sin embargo, tal denominación explicaría que la conservación ambiental se justifica ante las condiciones de variación.

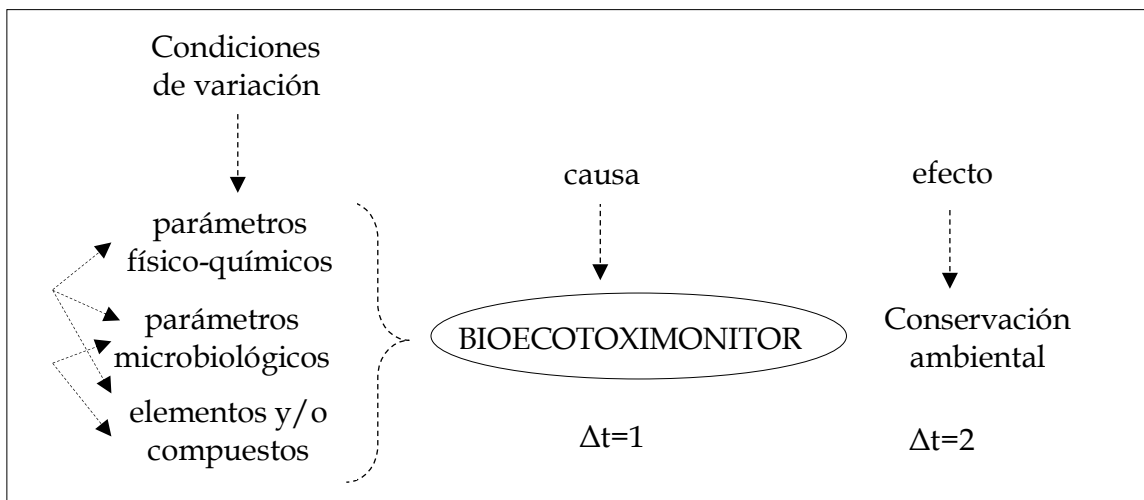


Figura 2. Teorización causal de los bioecotoximonitores en el ecosistema acuático.

CAPÍTULO II

LÓGICA DE LOS BIOECOTOXIMONITORES: PERSPECTIVAS EN ECOTOXICOLOGÍA ACUÁTICA

2.1. Demarcación de los bioecotoximonitores en la predicción ambiental

La predicción del riesgo ambiental desde la Ecotoxicología Acuática, no es verdad, si solo explica la relación entre las condiciones ambientales y la información cuantitativa que indican los bioindicadores o biomonitores. Independientemente, de los enunciados hacia los sistemas hipotéticos más o menos probables, pero las teorías que expresan los daños o efectos en la biota ante las condiciones ambientales del ecosistema, no son categóricas, sino conjeturales. Quiere decir, que cada vez que se intente probar, igual medición de parámetros y los mismos biomarcadores en el organismo centinela, ocurrirá una repetición de errores con diferentes informaciones desde nuevos registros de datos. Tan solo de pensar, si tendríamos cualquier instrumento de medición más preciso que nunca se utilizó para el registro de datos, entonces *¿qué se esperaría obtener?* El hecho de medir las mismas variables, pero los datos arrojen otras informaciones indica, que el conocimiento acumulado no fue verdadero. Esto demuestra, que la ciencia no se inicia con observaciones y experiencias, por el contrario, se basa en problemas donde se debe refutar la experiencia, a partir de la confrontación con la realidad (nuevas mediciones).

Si, el propósito esencial de la ciencia es falsear las teorías y reemplazarlas por otras mejores, entonces el conocimiento científico acumulado con los bioindicadores y biomonitores es desbalanceado. Dos aspectos, justificaría que el conocimiento científico de la bioevaluación bajo la condición de organismos bioindicadores y biomonitores es refutable: 1) la razón lógica, y 2) la contrastación empírica. Es decir, las afirmaciones implícitas que se indica entre la información que se obtiene desde los biomarcadores, según las condiciones ambientales de calidad de agua es cuestionable. Asimismo, la articulación entre los enunciados generales de la teoría con los enunciados descritos ante

las condiciones ambientales como situación, no ha sido en realidad contrastable. A pesar, que ciencia jamás sería un sistema de enunciados seguros y permanentes, tampoco la probabilidad en informar, pero la búsqueda de la verdad constituye el único motivo de esfuerzo para que la investigación científica sea cierta.

Las predicciones teóricas de los bioecotoximonitores ofrecen más oportunidades de conjeturar la realidad de las condiciones ambientales en los ecosistemas acuáticos porque es significa ser más verdadero, y quizás certero, aunque no busca tal distinción. La demostración lógica de la conceptualización de los bioecotoximonitores se basa en la susceptibilidad como organismo de ser perjudicado por otro organismo que a su vez, denota la existencia de condiciones ambientales adversas en el ecosistema acuático. La asociación (cohabitante) que existe con el biomonitor para referir, la condición de bioecotoximonitor se justifica desde la lógica deductiva e inductiva.

2.2. Lógica proposicional como sistema de regla de inferencia de los bioecotoximonitores

La lógica corresponde a la determinación de la validez de los razonamientos o la argumentación. Desde la reflexión humana los pensamientos adquieren la forma de razonar o argumentar. Por tanto, todo razonamiento es pensamiento, pero no todo pensamiento se fundamenta en razonar. El uso de los bioecotoximonitores se basa en el razonamiento como actividad bioevaluativa y no, en el acto de razonar por parte, de los evaluadores para su uso. Dos conceptos en la bioevaluación de los bioecotoximonitores se resaltan: 1) la verdad de su uso, y 2) la validez de su uso.

- validez: propiedad de los razonamientos
- verdad: propiedad de los enunciados aislados: premisas (regla y caso) y conclusión

La verdad se determina por el significado de las palabras que determinan el contraste de los enunciados. La lógica solo le concierne determinar, la validez del razonamiento o argumentación.

La lógica estudia las estructuras formales de los razonamientos. Los razonamientos constan de enunciados o proposiciones. Por tanto, la lógica proposicional busca lo constituyente de los argumentos. Una proposición es una expresión gramaticalmente de sentencia declarativa que puede ser verdadera o falsa sin ambigüedades. Las proposiciones pueden ser atómicas o simples (descomposición en parte) y moleculares o complejas (descomposición en proposiciones atómicas). En el caso de la bioevaluación con bioecotoximonitores solo tendría sentido que sean moleculares donde se debe incorporar la regla de la inferencia o de transformación de fórmulas. Un ejemplo, permite el reconocimiento de la lógica proposicional en la bioevaluación con los bioecotoximonitores.

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

REFERENCIAS

- AbdAllah, A.T. (2016). Efficiency of invertebrate animals for risk assessment and biomonitoring of hazardous contaminants in aquatic ecosystem, a review and status report. *Environ Risk Assess Remediat*, 1(1), 13-18.
<https://doi.org/10.4066/2529-8046.10003>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117024>
- 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.
<https://doi.org/10.24039/rtb2017151150>
- 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. <https://doi.org/10.24039/rtb201614299>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.050>
- 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, 105801. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105801>
- Blaise, C., Bermingham, N., & Van Coillie, R. (1985). The integrated ecotoxicological approach to assessment of ecotoxicity. *Water Quality Bull*, 10(1), 3-7.
- Butler, G.C. (1978). *Principles of Ecotoxicology*. SCOPE 12, John Wiley and Sons, New York. Pp 372.
- Carignan, V., & Villard, M.A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental monitoring and assessment*, 78, 45-61.
<https://doi.org/10.1023/A:1016136723584>

- Cassanego, M.B.B., Sasamori, M.H., Petry, C.T., & Droste, A. (2015). Biomonitoring the genotoxic potential of the air on *Tradescantia pallida* var. *purpurea* under climatic conditions in the Sinos River basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75(4), 79–87. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.05514>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.089>
- de la Lanza, E.G. (2000). Criterios generales para la elección de bioindicadores, p. 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. Pp. 634.
- 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. <https://doi.org/10.3390/w11010145>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0742-8413\(84\)90113-0](https://doi.org/10.1016/0742-8413(84)90113-0)
- 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., Schröter, 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. <http://dx.doi.org/10.1126/science.aap8826>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.e00362>
- García, J.M., Sarmiento, L.F., Rodríguez, M.S., & Porras, L.S. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *Revisión corta. UGCiencia*, 23, 47-62. <http://:10.18634/ugcj.23v.0i.659>

- Gruber, K. (2018). Cleaning up pollutants to protect future health. *Nature*, 555, 20–22. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-02481-5>
- Jebali, J., Khedher, S. Ben, Sabbagh, M., Kamel, N. et al. (2013). Cholinesterase activity as biomarker of neurotoxicity: utility in the assessment of aquatic environment contamination. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 13(4), 525–537. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci430>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.09.006>
- 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. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21824-x>
- 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. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1495055>
- 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.
- Lock, E.A. & Bonventre, J.V. (2008). Biomarkers in translation; past, present and future. *Toxicology*, 245(3), 163–166. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2007.12.004>
- Marin, V., Arranz, I., Grenouillet, G., & Chucherosset, J. (2023). Fish size spectrum as a complementary biomonitoring approach of freshwater ecosystems. *Ecological Indicator*, 146, 109833. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109833>
- Markert, B. (1994). Biomonitoring-Quo vadis. *UWSF-Z Umweltchem Okotox*, 6, 145–149. <https://doi.org/10.1007/BF02937693>
- 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. <https://doi.org/10.1186/s10152-019-0522-1>
- Moriarty, F. (1988). *Ecotoxicology. The study of pollutants in ecosystems*. II edición. Academ Press, Gran Bretaña. Pp 289.
- Nunes, L.S., Lund, A.L., & Guiarrizzo, T. (2023). A multi-tissues comparison of biomarkers in *Serrasalmus rhombeus* (Teleostei: Serrasalmodae) and *Prochilodus*

- nigricans (Teleostei: Prochilodontidae) from two Amazonian rivers with distinct levels of pollution. *Ecological Indicator*, 147, 1–11.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109936>
- Odum, E.P. (1972). *Ecología*. Interamericana. México. Pp. 639.
- Pourriot, R., & Meybeck, M. (1995) *Limnologie Générale*. Masson, Paris, Milan, Barcelone
- Rainbow, P.S. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 31, 183–192.
[https://doi.org/10.1016/0025-326X\(95\)00116-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00116-5)
- Rudolph & Boje (1986). *Okotoxikologie, Grundlage für die okotoxikologische Bewertung von Umweltchemikaliem nach dem Chemikaliengesetz*, ecomed.
https://doi.org/10.007/978-3-642-9712-3_6
- Sanz, S.F. (1974). *Sentido y Posibilidades de la Toxicología Ambiental*. Discurso de Apertura del Curso Académico 1974-75.
- 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. <https://doi.org.org/10.1007/s11252-019-00892-4> .
- 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, Pp. 113235.
- Truhaut, R. (1977). *Eco-toxicology – objectives, principles and perspectives*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1, 151–173.
[https://doi.org/10.1016/0147-6513\(77\)90033-1](https://doi.org/10.1016/0147-6513(77)90033-1)
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(96\)00851-X](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(96)00851-X)
- Washington, H.G. (1984). Diversity, bioticand similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18, 653–694.
[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(84\)90164-7](https://doi.org/10.1016/0043-1354(84)90164-7)



George Argota Pérez

Licenciatura: Biología. Universidad de la Habana, Cuba
Maestría: Ciencia y Tecnología Ambiental
Doctorado: Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente



María Amparo Rodríguez Santiago

Licenciatura: Biología Acuícola. Universidad Autónoma de Sinaloa, México
Maestría: Acuicultura y Manejo Ambiental
Doctorado: Oceanografía Costera y Ciencias Marinas



José Alberto Iannacone Oliver

Licenciatura: Biología. Universidad Ricardo Palma. Perú
Maestría: Entomología
Doctorado: Ciencias Biológicas

ISBN: 978-612-00-9125-8



9 786120 091258