

# Alternativas de Monitoreo de Calidad de Aguas: Algas como Bioindicadores

Natalia Ospina Alvarez<sup>1</sup>, Enrique J. Peña<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudios e Investigaciones en Desarrollo Regional-CEIDER-  
Grupo de Investigación Ambiental-GIAM  
Universidad Santiago de Cali  
e-mail: [anadara@arqa.com](mailto:anadara@arqa.com)

<sup>2</sup> Departamento de Biología  
Facultad de Ciencias  
Universidad del Valle  
Cali, Colombia  
e-mail: [enripena@univalle.edu.co](mailto:enripena@univalle.edu.co)

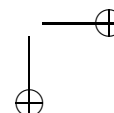
## Resumen

El uso de indicadores biológicos de contaminación se ha incrementado en los últimos años, como una alternativa de monitoreo de calidad de las aguas. El concepto de bioindicador, las razones para su empleo así como las características que deben tener los organismos indicadores son consideradas en este artículo. Se utiliza como caso específico de referencia, el uso de algas como bioindicadores de contaminación por metales en ecosistemas acuáticos.

## 1. Introducción

En los ecosistemas acuáticos, la contaminación –por fuentes orgánicas o inorgánicas– provoca una serie de modificaciones fisicoquímicas en el agua, que repercuten en la composición y distribución de las comunidades [16]. En los organismos acuáticos los efectos del sometimiento a una descarga tóxica, transcurren con el tiempo de respuestas individuales (bioquímicas y fisiológicas) a respuestas poblacionales, comunitarias y ecosistémicas; y la magnitud de los cambios registrados en los organismos, depende del tiempo que dure la perturbación de las condiciones iniciales del sistema acuático, su intensidad y naturaleza [13].

En los últimos años, un alto número de agencias ambientales de todo el mundo emplea métodos para la evaluación de la calidad del agua basados en la utilización de comunidades biológicas [2]. Las razones para el empleo de organismos vivos para monitorear la calidad del agua, son principalmente el bajo costo y la facilidad de implementar este tipo de estudios, en comparación con los costosos análisis químicos o de toxicidad. Además, la importancia de su uso para detectar procesos en los ecosistemas acuáticos



es que las poblaciones de animales y plantas acumulan información que los análisis físico-químicos no develan. Finalmente, el monitoreo por medio de bioindicadores, evita la determinación regular de parámetros físicos y químicos que confluyen en los organismos estudiados.

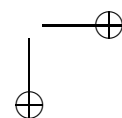
Un indicador es un elemento de medición asociado a un factor que proporciona una medida cuantitativa o cualitativa de la evolución en magnitud de un fenómeno, con base en una función de valores de dichos elementos. Específicamente, los bioindicadores son organismos o comunidades de organismos cuya presencia indica alguna condición medioambiental más o menos definida [24], y responden fisiológica o conductualmente a un amplio espectro de sustancias o concentraciones tóxicas, sean éstas de origen orgánico o inorgánico, natural o de influencia humana. En el caso de los indicadores biológicos, la presencia o ausencia de ciertas especies, constituye una unidad de medición sobre las condiciones cualitativas de un cuerpo acuático; de tal manera que una vez conocido y caracterizado un ecosistema acuático, la presencia y proporción de determinados individuos, puede indicar de manera directa y precisa concentraciones específicas de alguna sustancia contaminante.

Aunque todo organismo es indicador de las condiciones del medio en el cual se desarrolla, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señala algún proceso o estado del sistema en el cual habita [13]. La contaminación de un sistema acuático se refleja en las poblaciones a través del desarrollo simultáneo de tres clases de fenómenos: 1) modificación de la estructura poblacional, 2) aparición y proliferación de especies asociadas a determinados aportes y 3) desaparición más o menos rápida y gradual de la totalidad o parte de la población inicial [11]. De allí que la presencia o ausencia de determinadas especies permite efectuar un diagnóstico del nivel de contaminación del sistema estudiado, y en comparación con los análisis químicos o de toxicidad, este método es de relativo bajo costo y sencillo de implementar.

Los bioindicadores ideales son las especies que son relativamente fáciles de observar, de recoger, de reconocer, y que son suficientemente abundantes para permitir el muestreo repetible. Aunque las formas microscópicas son generalmente más abundantes en el ecosistema y más fáciles de muestrear que formas macroscópicas, para identificar y cuantificar organismos muy pequeños se requieren equipos considerablemente más sofisticados [23]. De acuerdo a lo anterior, los buenos bioindicadores son generalmente los organismos macroscópicos con movilidad limitada y de distribución bastante amplia, los cuales para ser útiles y brindar información veraz, deben tener algunas características especiales como ser de fácil recolección y cuantificación, estar relacionados con el efecto que se desea indicar, y existir suficiente información biológica y ecológica sobre ellos.

## 2. Algas Indicadores de Metales Pesados

El uso de las plantas que hiperacumulan metales sólo se ha documentado en los últimos 20 años, y hasta el momento se conocen por lo menos 45 familias de plantas con especies capaces de acumular metales [8]. Algunas de ellas pueden acumular Cu, Co, Cd, Mn, Ni, Se, o Zn en niveles que superan de 100 a 1.000 veces los acumulados



normalmente por las plantas. En las algas, específicamente, se produce una bioacumulación de los elementos presentes en el medio donde crecen o se cultivan, llegando a constituir entre el 5 % y el 20 % de su materia seca [25].

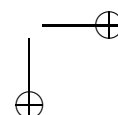
Recientes estudios se han enfocado en el uso y los atributos de las algas como organismos indicadores de polución [6],[9],[14],[17]. También se han evaluado los efectos de la concentración de determinados metales sobre algunas especies de algas [4],[7],[19] con el fin de proponerlas como posibles monitores de contaminación de metales en ambientes acuáticos [3],[15],[22].

Las comunidades de algas responden por lo general a los impactos antropogénicos, como exceso de nutrientes y sustancias tóxicas, convirtiéndose así en buenos indicadores de cambios en la calidad del agua [21]. Existen recientes estudios donde se consideran una serie de atributos específicos para catalogar estas plantas como indicadores ecológicos [7],[17]. Sus ciclos de vida cortos las hace indicadoras adecuadas para impactos a corto plazo; los hábitos de fijación de la mayoría de las especies hacen que sean afectadas directamente por los cambios físicos y químicos en la columna del agua; por ser productores primarios son sensibles a contaminantes que no tienen efecto sobre organismos heterotróficos, y además son fácilmente muestreables [9],[23].

Algunos estudios realizados en campo han demostrado que la concentración de metales en las algas refleja la concentración de estos en el ambiente [12],[18] de tal modo que existe una relación directamente proporcional entre la concentración de metal en la columna de agua y la acumulación en el alga. Wang & Lewis [21] estudiaron la acumulación de Cd, Cr, Se y Zn en dos macroalgas marinas, el alga verde *Ulva lactuca* y el alga roja *Gracilaria blodgettii*, encontrando que la tasa de acumulación en el alga decrece con el incremento de la concentración del metal, lo cual indica que estas algas tienen una mayor respuesta de acumulación a menores concentraciones de metal. Igualmente, Bryan [5] analizó las concentraciones de Zn en *Laminaria digitata*, encontrando que altas concentraciones de Zn fueron absorbidas a menores concentraciones, lo cual resulta en los más bajos factores de bioconcentración a las concentraciones de Zn más altas.

Para estudiar la capacidad de las algas de absorber metales del agua, y por tanto conocer su potencial como especies indicadoras de la polución por metales pesados, se utilizan los bioensayos, que consisten en experimentos donde el alga es sometida a diferentes concentraciones de metal para evaluar su grado de respuesta. Sin embargo, es importante considerar que existen factores biológicos y físicos que afectan la acumulación de metales, entre los que se encuentran la temperatura, luz, estacionalidad, pH y salinidad, entre otros [10],[21]. Por ello, para proponer una especie como indicadora de contaminación deben considerarse, además de otros factores, las características físico químicas de la columna de agua.

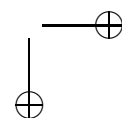
En su ambiente natural los organismos están normalmente sujetos a una variedad de factores productores de estrés, por ello son necesarias algunas medidas para ayudar a identificar y a separar los efectos introducidos por la acción antropogénica (como la contaminación) de otros efectos causados por los factores naturales (como la disponibilidad de alimento). De este modo, midiendo algunas respuestas fisiológicas a diferentes



niveles de organización biológica, sensibilidad y especificidad a los tensores, se pueden establecer aquellas causas de estrés que son o no producto de la contaminación [1]. Por otro lado, evaluando los mecanismos de respuesta desarrollados por la planta frente a cada uno de estos factores, se pueden identificar especies indicadoras asociadas a diferentes procesos de contaminación.

## Referencias

- [1] S.M. Adams. Bioindicator response profiles of organisms can help differentiate between sources of anthropogenic stressors in aquatic ecosystems. *Biomarker*, (6):33–44, 2001.
- [2] M.T. Barbour, J. Gerritsen, B.D. Snyder, and J.B. Stribling. *Rapid Bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, D.C., 1999.
- [3] R. Barreiro, C. Real, and A. Carballeira. Heavy-metal accumulation by fucus ceranoides in a small estuary in north-west spain. *Marine Environmental Research*, (36):39–61, 1993.
- [4] T.B. Boyle. The effect of environmental contaminants on aquatic algae. In E.L. Shubret, editor, *Algae as ecological indicators*, pp 237–256. Academic Press Inc., London, 1984.
- [5] G.W. Bryan. The absorption of zinc and other metals by the brown seaweed. *Laminaria digitata*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* (49): 225–243, 1969.
- [6] T. Chopin. Protocol for monitoring of seaweeds. *A report by the Marine Biodiversity Monitoring Committee (Atlantic maritime ecological science cooperative, huntsman marine science centre) to the Ecological Monitoring and Assessment Network of Environment Canada*, p 33, 2001.
- [7] M. Costa and P.S. Liss. Photoreduction of mercury in sea water and its possible implications for Hg<sup>o</sup> air-sea fluxes. *Marine Chemistry*, (68):87–95, 1999.
- [8] M. Guerinot and D. Salt. Fortified foods and phytoremediation: Two sides of the same coin. *Plant Physiology*, (125):164–167, 2001.
- [9] H.G. Levine. The use of seaweeds for monitoring coastal waters. In E.L. Shubret, editor, *Algae as ecological indicators*, pp 189–210. Academic Press Inc., London, 1984.
- [10] C.S Lobban and P.J. Harrison. *Seaweed ecology and physiology*. Cambridge University Press, New York, USA, 1994.
- [11] G. Montejano, E. Cantoral, J. Carmona, R. Gavino, G. Rivas, and A. Rojas y F. Valadéz. Comunidades acuáticas (algas, insectos, y ácaros) indicadoras de la calidad



del agua en los ríos permanentes de la región poniente del Distrito Federal (Magdalena Contreras, Alvaro Obregón y Cuajimalpa) México. Consejo de estudios para la restauración y valoración ambiental (CONSERVA). Secretaría del medio ambiente del Distrito Federal, México, 1999.

- [12] A.W. Morris. The accumulation of cadmium, copper, manganese and zinc by *fucus vesiculosus* in the british channel. *Estuar. Estl. Mar. Sci.*(3):153-161, 1975.
- [13] G.A. Pinilla. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. p 67. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 2000.
- [14] R.L. Powel. The use of vascular plants as field biomonitors. In *Plants for Environmental Studies*. Lewis Publishers, New York. U.S.A., 1997.
- [15] D.L. Rice and B.E. Lapointe. Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* Delile II. *Trace metal chemistry. J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (54):1-11, 1981.
- [16] P.G. Roldán. Fundamentos de limnología neotropical. In Universidad de Antioquia, editor, *Colección Ciencia y tecnología*, número 1, p 529. 1992.
- [17] S. Schiewer and M.H. Wong. Ionic strength effects in biosorption of metals by marine algae. *Chemosphere*, (41):271-282, 2000.
- [18] U. Seeliger and P. Edwards. Correlation coefficients and concentration factors of copper and lead in seawater and benthic algae. *Marine Pollution Bulletin*, 8(1):16-19, 1977.
- [19] J.L. Stauber and T.M. Florence. Mechanism of toxicity of ionic copper and copper complexes to algae. *Mar. Biol.* (94):511-519, 1987.
- [20] A. Sánchez Vélez and R.M. García Núñez. Biomonitoring of rivers in the management of watersheds. En: IX Congreso Nacional de Irrigación, Culiacán, Sinaloa, México, 1999.
- [21] W. Wang and M.A. Lewis. Metal accumulation by aquatic macrophytes. In *Plants for Environmental Studies*. Lewis Publishers, New York. U.S.A., 1997.
- [22] B.A. Whitton. Algae as monitors of heavy metals in freshwaters. In *S.L. Elliot, Algae as Ecological Indicators*, pp 257-280. Academic Press, U.S.A., 1984.
- [23] B. Wilcox, E. Guinther, K. Duin, and H. Maybaum. Manual for watershed health and water quality. Prepared by Geo InSight International, Inc. and Institute for Sustainable Development. Prepared for Marine Corps Base Hawaii MCBH Environmental Affairs Division, under contract to Navy Facilities Engineering Services Center. 1998.
- [24] J.G. Wilson. The role of bioindicators in estuarine management. *Estuaries*, 17(1A):94-101, 1994.
- [25] T. Yamamoto, Y. Otsuka, K. Aoyama, and K. Okamoto. Character of each element on its distribution in seaweeds. *Hydrobiologia*, (116-117):510-512, 1984.

