

Contaminación ambiental y bioindicadores

Irene **Romero-Nájera**

El deterioro ambiental, junto con los problemas de salud a los que nos enfrentamos constantemente, nos hace recapacitar sobre el efecto que generan las actividades humanas en el entorno, el cual puede ser positivo o negativo. Desgraciadamente, los negativos suelen ser más comunes. Algunos de los métodos para estudiar dichos efectos incluyen experimentos de laboratorio, el uso de programas matemáticos y estadísticos para hacer predicciones a través de simulaciones, los análisis físicos, químicos y biológicos realizados a muestras tomadas en campo, así como, de manera indirecta, el estudio de organismos bioindicadores.

La alteración o modificación causada por una acción humana sobre el medio (aire, agua o suelo) es conocida como impacto antropogénico. La contaminación ambiental es un ejemplo de alteración negativa directa que puede afectar a cualquiera de los tres medios en los que habitan los seres vivos.

CONTAMINACIÓN EN EL AIRE

Cada vez es más común observar la incidencia de enfermedades respiratorias como asma, bronquitis y enfisema pulmonar, que tienen que ver con la calidad del aire. La concentración de partículas atmosféricas y la presencia de contaminantes como el ozono y el dióxido de nitrógeno han sido los principales culpables. Así, los elementos nocivos se

dirigen hacia el sistema respiratorio; muchos de ellos se quedan alojados en los pulmones o en las mucosas. Para poder expulsarlos, se producen ataques de tos y lagrimeo, lo que dificulta la inhalación de oxígeno.

En aquellos países en los que se viven inviernos crudos, como es el caso de Chile, resulta necesario utilizar leña para calentar las habitaciones. La quema de los troncos hace que el ambiente se llene de partículas que se dispersan con el humo y no pueden salir, se quedan encerradas junto con las personas. El resultado es inhalar aire con restos de polvo y hollín, que tarde o temprano le pasarán factura a la salud. Es justamente en la estación invernal en la que hay un mayor ingreso a hospitales por afecciones respiratorias. Desgraciadamente, los niños menores de 15 años han sido los más afectados (Jiménez *et al.*, 2024).

CONTAMINACIÓN ACUÁTICA

En cuanto a la contaminación del agua tenemos, por ejemplo, que cuando hay derrames de petróleo en el mar, tanto peces, como aves, mamíferos e invertebrados marinos sufren las consecuencias directamente. Se ha reportado que sus poblaciones podrían llegar a disminuir drásticamente, ya sea porque busquen nuevos sitios donde las condiciones sean más favorables o, incluso, en casos extremos, porque desaparecen del planeta. Tal es el caso de varias especies de invertebrados (que carecen de columna vertebral) marinos, a los que se les dificulta moverse de un sitio a otro, como los erizos y las estrellas de mar. Y bueno, para aquellos que son sésiles (que no se pueden mover), como los corales y las anémonas, es una tarea imposible de realizar (Pulido Capurro *et al.*, 2022). Además, el agua contaminada con agroquímicos derivados de suelos cultivados puede ser lixiviada (infiltrada) a los mantos freáticos y a los sistemas lagunares que desembocan en el mar, lo que afectará la calidad del agua para consumo humano, así como a la diversidad de especies acuáticas que habitan en esas zonas (Sierra-Cortés *et al.*, 2019, Jáquez-Matas *et al.*, 2022).

Un ejemplo de ello es haber encontrado plaguicidas en tejido de delfines y de manatíes en el Golfo de México, lo que podría ocasionar alteraciones reproductivas y enfermedades de distinta índole (Flores Sánchez *et al.*, 2018), que se sumarían a las causas que ponen en peligro su existencia.

CONTAMINACIÓN EN EL SUELO

Ahora, sobre los organismos terrestres, existen varias plantas que se cultivan en el campo como el maíz, la alfalfa y el nogal, que bioacumulan (incorporar a sus tejidos) sustancias tóxicas, ya sea de los plaguicidas, de la contaminación del suelo en el que se siembran o del agua con que se riegan (Jáquez-Matas *et al.*, 2022). Tanto las plantas que cultivamos como los organismos que consumimos son capaces de bioacumular sustancias tóxicas que se irán pasando a través de las cadenas alimenticias desde los niveles inferiores hasta los más altos, donde se encuentra precisamente el ser humano, lo que puede provocar un riesgo a la salud. Se sabe que mientras más grande es el organismo, mayor cantidad de sustancias podrá incorporar a sus tejidos, por lo que un charal, en comparación con un atún, contendrá una menor cantidad de elementos nocivos, como el mercurio (Romero Nájera 2024).

Vemos que las implicaciones son graves y que hay que actuar lo más rápido posible para revertirlas, detenerlas, modificarlas o reducirlas, ya que habrá casos en los que remediarlas sea imposible. Los estudios que se llevan a cabo para determinar el grado de daño ambiental pueden ser a través de experimentos de laboratorio, de simulaciones, de análisis de muestras de campo o, de manera indirecta, por medio del estudio de organismos bioindicadores.

ORGANISMOS INDICADORES DE LA CALIDAD AMBIENTAL

Los organismos cuya ausencia o presencia nos indica la calidad de un sitio se conocen como bioindicadores. Son seres vivos sensibles a pequeñas modificaciones en su ambiente que pueden reaccionar de distintas formas: cambiando su conducta, presentando formas o estructuras inusuales, reproduciéndose de

manera descontrolada, siendo infértiles, desplazándose a nuevos hábitats, enfermando e incluso extinguiéndose (García *et al.* 2017).

La presencia del lirio se relaciona con la contaminación del agua por metales pesados (García y Ramos Fonseca 2022); el establecimiento de ciertas especies de líquenes en los troncos nos dice que la calidad del aire es muy buena (Lijteroff *et al.*, 2009). Asimismo, una amplia diversidad de comunidades bacterianas indica una óptima salud del suelo (Armando Matute *et al.*, 2018). Y así, encontramos varios casos en la naturaleza que nos sirven para interpretar, a través de los organismos bioindicadores, lo que está sucediendo en los ecosistemas donde habitan.

CASO DE ESTUDIO SOBRE CALIDAD DEL AGUA

Para evaluar la calidad del agua no basta con analizar sus características físicas y químicas, es necesario observar, además, la respuesta de los organismos a las diferentes concentraciones de elementos a lo largo del tiempo.

En un trabajo publicado recientemente por Motta y Ranilla (2024), se llevó a cabo un estudio para ver cómo variaba el número y tipo de diatomeas, con respecto a las características físicas, químicas y biológicas del agua de un río de Perú. Las diatomeas son organismos que realizan fotosíntesis, es decir, que a través de la luz solar y el dióxido de carbono pueden producir su propio alimento. Se consideran buenos indicadores de la calidad del agua en ríos porque son sensibles a pequeñas alteraciones de su hábitat. Además, tienen ciclos de vida breves, lo que permite hacer una evaluación del río en corto tiempo. En este estudio se percataron de que en algunos meses (enero y octubre), las principales

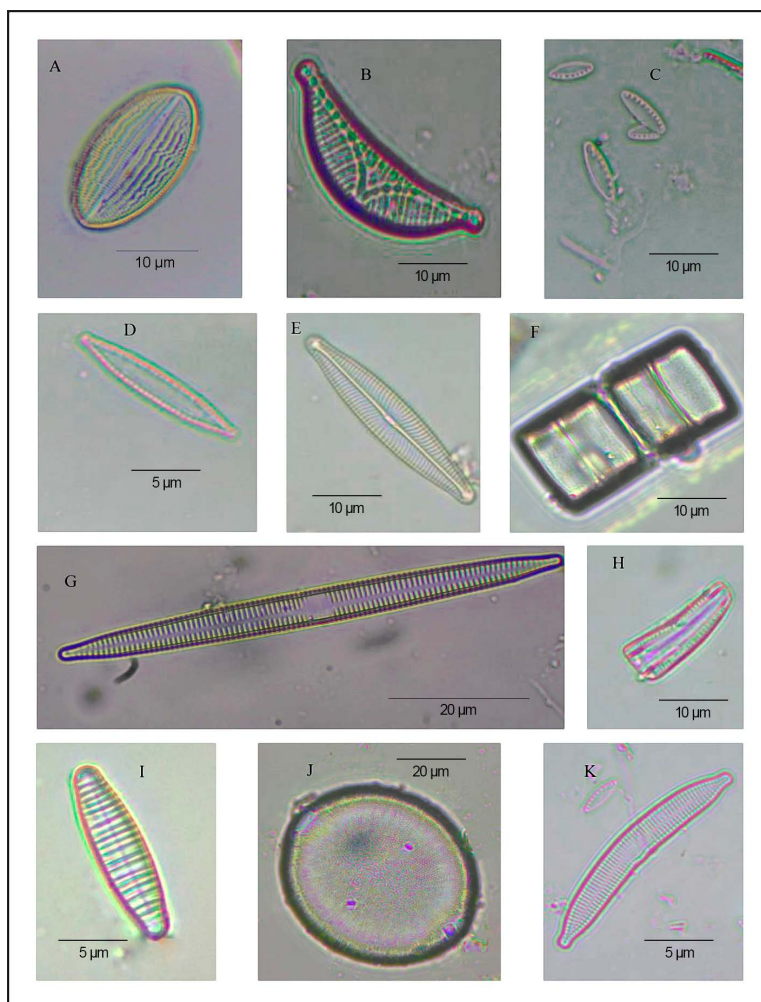


Figura 1. Fotografías de diferentes especies (A-K) de diatomeas encontradas en el río Ocoña, Perú (Motta y Ranilla 2024)..

características que se modifican en el agua son el aumento del pH (potencial de hidrógeno), de la temperatura y del oxígeno. Lo que coincide también con la mayor cantidad de diatomeas. Una explicación es que al aumentar la temperatura se incrementan los nutrientes (como el sulfato); es decir, las diatomeas podrán tener vitaminas y postre añadido a su menú habitual. Así, dependiendo de la estación, podremos encontrar diferentes especies (Figura 1).

Esta información, será de utilidad para saber en qué meses hay más diatomeas, y de qué especies, para relacionarlo con aquellas características del agua que tengan que ver con su calidad. De esta manera se sabrá si es pertinente beberla o extraer alimentos del río para consumo humano.



© Miguel Ángel Andrade. De la serie *Ofrenda Izta Andrade*.

CONCLUSIONES

La pertinencia del estudio con organismos bioindicadores va más allá de los resultados que se obtienen de manera rápida sobre la situación ambiental de un sitio. Este tipo de investigaciones sirve, además, para poder orientar a los que toman decisiones en el uso de los recursos naturales o para intervenir en casos de riesgos a la salud. Por último, es muy recomendable dirigir esfuerzos en la recuperación de aquellas zonas de interés comercial, agrícola o de conservación de la biodiversidad.

REFERENCIAS

Armando-Matute A *et al.* (2018). Efectos sobre parámetros bioquímicos y biológicos bacterianos en suelos que contienen concentraciones permisibles de metales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 34(3):441-451.

Flores Sánchez EJ *et al.* (2018). Presencia de plaguicidas organoclorados en muestras biológicas de toninas (*Tursiops truncatus*) y manatíes (*Trichechus manatus manatus*) colectadas en el sur del Golfo de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 34 (especial sobre Contaminación y Toxicología por Plaguicidas):17-28.

García TA y Ramos Fonseca R (2022). Aquatic macrophytes as bioindicators of metals in water reservoirs in Venezuela. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 38:95-109.

García JM *et al.* (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.

Jáquez-Matas SV *et al.* (2022). Impactos económicos y ambientales de los plaguicidas en cultivos de maíz, alfalfa y nogal en Durango, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 38:219-233.

Jiménez J *et al.* (2024). Impacto de la concentración de partículas atmosféricas en las enfermedades respiratorias de la población de la ciudad de los Ángeles, Chile. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 40:455-463.

Lijteroff R *et al.* (2009). Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 25(2):111-120.

Motta Mamani JC y Ranilla Falcón CA (2024) Bioindicadores del agua en la cuenca baja del río Ocoña, Departamento de Arequipa, Perú, utilizando diatomeas epilíticas y su relación con algunos parámetros ambientales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 40:479-493.

Pulido Capurro V *et al.* (2022). El derrame de petróleo en el Terminal 2 de la refinería la Pampilla y sus efectos en la biodiversidad de las costas del litoral marino, Perú. *Arnaldoa* 29(1):71-88.

Romero Nájera I (2024). Dime qué comes y te diré qué bioacumulas. *Revista Digital Universitaria* 25(4):1-10.

Sierra-Cortés JC *et al.* (2019). Plaguicidas organoclorados en agua de la Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco, Guerrero, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 35(2):397-406.

Irene Romero-Nájera
Instituto de Ciencias de la Atmósfera
y Cambio Climático
Universidad Nacional Autónoma de México
irene.romero@atmosfera.unam.mx