

Eutrofización: abundancia que mata

Cecilia Chapa Balcorta y Rosalía Guerrero Arenas

La abundancia de nutrientes en los ríos y en los lagos no es benéfica cuando llega al exceso. Esta abundancia puede tener causas naturales o deberse a las actividades humanas.

Uno pensaría que mientras más nutrientes haya en un ecosistema, más crecen y se desarrollan los organismos que lo habitan. Sin nutrientes, en cambio, los seres vivos mueren. Así pues, una gran abundancia de nutrientes tendría que ser benéfica. Resulta que no siempre es así. El exceso de alimento puede afectar negativamente los procesos químicos y la dinámica de los ecosistemas acuáticos. Este exceso, conocido como *eutrofización*, puede ocurrir de manera natural o por intervención humana. La eutrofización de un río o un lago tiene efectos que se perciben a simple vista: agua turbia, mal olor, gran cantidad de algas o de lirios, y sedimentos de color oscuro por la descomposición de la mate-

ria orgánica. Estos efectos se observan en el lago de Xochimilco, el lago viejo de Chapultepec, el lago Tezozomoc —los tres en el Distrito Federal—, y el lago de Chapala, en Jalisco.

Origen

Los nutrientes que enriquecen el agua de un ecosistema acuático (de agua dulce o de agua marina) provienen principalmente de escurrimientos de las tierras altas. Las sustancias que llegan al ecosistema de esta manera son generalmente compuestos de nitrógeno, fósforo, silicio y carbono. En un ecosistema acuático eutrofizado ocurren dos cosas: se requiere más oxígeno para descomponer la materia y aumenta la población de los organismos conocidos como *productores primarios*: organismos que hacen la fotosíntesis, como fitoplancton, pastos marinos, macroalgas y lirios. Éstos pueden llegar a atrofiar los procesos de intercambio de oxígeno y el flujo del agua. El líquido se enturbia y la falta de oxígeno puede arrasarse con las poblaciones de diversos organismos.

Hay muchos factores que favorecen la eutrofización de un río o lago. Por ejemplo, el calor hace que el oxígeno se disuelva menos en el agua y acelera la descomposición de la materia orgánica, lo que añade nutrientes al entorno. Lo mismo sucede si se agita el fondo del cuerpo de agua, lo que puede ocurrir por acción de corrientes, de los motores de las embarcaciones o de máquinas de construcción. Los sedimentos así resuspendidos contienen restos de organismos y heces fecales que aumentan el contenido nutrimental

del agua. Si además el cuerpo de agua es cerrado (como un lago), semicerrado (como una laguna) o tiene poca circulación, los nutrientes no se dispersan ni se diluyen y la eutrofización tiende a aumentar. En el mar, en cambio, el oleaje y las corrientes diluyen la materia orgánica y favorecen la oxigenación del agua.

Excesos y deficiencias

Hay sitios naturalmente eutróficos. Son ecosistemas acuáticos que reciben materia orgánica y nutrimentos de afluentes y escurrimientos. Entre ellos se encuentran los ecosistemas cercanos al mar, como las lagunas costeras y bahías semicerradas. En estos lugares, el nitrógeno y el fósforo promueven un incremento en la cantidad de organismos fotosintéticos (microalgas,

macroalgas y plantas vasculares) que son la base de la cadena alimenticia. Estos cuerpos acuáticos son hogar de una gran cantidad de organismos como peces, aves, moluscos y reptiles. Los nutrientes que circulan en estos cuerpos pueden exportarse al mar en grandes cantidades, enriqueciendo las aguas marinas. Esto ocurre en la laguna de Chacahua, ubicada en las costas de Oaxaca, la cual exporta al mar entre 15.4 y 89.22 toneladas de nitrógeno y entre 0.31 y 183.3 toneladas de fósforo al año.

Otros ejemplos de zonas con tendencia a la eutrofización en nuestro país son la laguna costera La Joya-Buenavista, en Chiapas, y la laguna Bojórquez, en Cancún, Quintana Roo, así como la presa Valle de Bravo, en el Estado de México, y la presa Ignacio Allende, en Guanajuato.

Del otro lado del espectro, hay cuerpos de agua con escasez natural de nutrimentos, llamados *oligotróficos* (del griego *oligos*, “poco”). La baja cantidad de nutrimentos limita la cantidad de organismos fotosintéticos, los cuales generalmente se encuentran en los primeros metros de profundidad, donde la luz solar puede atravesar el agua. En consecuencia, la cantidad de alimento para los consumidores secundarios y terciarios es limitada.

Las zonas marinas que se encuentran lejos de la costa son oligotróficas, ya que contienen muy bajas concentraciones de nutrientes y de microalgas comparadas con la zona costera. Algunos ejemplos de zonas oligotróficas son la región occidental del Golfo de Tehuantepec, en los estados de Oaxa-



Foto: Rosalía Guerrero

Río Manialtepec, Oaxaca.

ca y Chiapas, algunos atolones que se encuentran en el Pacífico tropical y una zona que queda a la mitad del Océano Pacífico, aproximadamente entre las latitudes 10°S y 14°S.

La intervención del hombre

En algunos lugares la eutrofización de los ecosistemas acuáticos es consecuencia de las actividades humanas, como las descargas de agua residual procedentes de fábricas, casas y hoteles cercanos al mar. A este proceso se le llama *eutrofización antropogénica*. El exceso de nutrientes produce una “sobrefertilización” que rompe el equilibrio entre la producción de nutrientes derivados de la degradación de materia orgánica y su asimilación por productores primarios.

Los problemas derivados de la eutrofización de cuerpos de agua comenzaron en el siglo XIX, cuando se construyeron los sistemas de drenaje de las grandes ciudades de Europa. Llegado el siglo XX, se seguía considerando al océano como un gran basurero sin fondo para nuestros desechos. En los años 50 y 60 se empezaron a hacer estudios para combatir la eutrofización antropogénica.

Resulta que la eutrofización de los sistemas acuáticos costeros no se debe únicamente a las actividades humanas que



La eutrofización a través del tiempo

El proceso de eutrofización se puede dividir en cuatro etapas.

- La primera etapa comienza cuando la materia orgánica entra en el medio y se empieza a degradar por procesos de oxidación y la acción de las bacterias aerobias. Estas bacterias transforman metabólicamente la materia orgánica en nutrientes y compuestos orgánicos benéficos para el desarrollo de microalgas, algas y plantas vasculares. La población de estos organismos aumenta.
- En la segunda etapa, la respiración de los organismos heterótrofos incrementa el consumo de oxígeno y la concentración de este gas tiende a disminuir. El pH y la transparencia del agua se reducen.
- En la tercera etapa, la respiración y la degradación de materia orgánica terminan con el oxígeno disuelto. Mueren los organismos aerobios, como peces, anfibios, crustáceos y bacterias. Estos organismos se convierten en pasto de las bacterias anaerobias. Del agua se desprenden gases olorosos como amonio, sulfuros y metano, gas inflamable. Los sulfuros reaccionan con el agua para formar ácido sulfhídrico (H₂S), que huele a huevo podrido. El agua se vuelve más ácida.
- La última etapa se alcanza cuando la producción de compuestos ácidos afecta las poblaciones.

se realizan cerca del mar. También tienen consecuencias los daños que causamos en sitios remotos. Por ejemplo, la deforestación propicia que el agua de lluvia arrastre nutrientes de bosques y selvas hasta los cuerpos de agua, lo que incrementa el riesgo de eutrofización.

Un cuerpo de agua eutrofizado puede dejar de ser aprovechable para abastecimiento de agua potable, riego, recreación, pesca y turismo. En general, las lagunas costeras y los ríos que reciben aguas resi-

duales o descargas de residuos agrícolas son los que más tienden a eutrofizarse. Esto ha ocurrido en la laguna Nichupté, Quintana Roo, en la cual se descargan las aguas residuales de los hoteles. En la costa de Puerto Escondido y Puerto Ángel, Oaxaca, zona donde residen las autoras, no se controla la descarga de aguas residuales al mar, por lo que hay muchas lagunas costeras eutrofizadas en la región.

Por si fuera poco, las altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes son pasto de especies dañinas, sobre todo cuando el aporte de materia orgánica viene de aguas residuales o fosas sépticas. Unos investigadores de la UNAM y la Comisión Natural del Agua llevaron a cabo un estudio del zooplancton en el lago de Valle de Bravo, Estado de México, y encontraron gran cantidad de *Microcystis*, cianobacteria que produce la toxina *microcistina*, la cual puede llegar a ser mortal para animales y personas.

¿Cómo compensar el exceso?

Cuando un ecosistema se eutrofiza, la respuesta natural sería tratar de disminuir las cantidades de nutrientes. Sin embargo, no es tan simple como parece. Hay que saber cuáles serían las consecuencias de invertir el proceso. La mayoría de los estudios sobre eutrofización se centran en cuerpos de agua dulce y es poco lo que se sabe de zonas estuarinas y marinas. Hoy en día se



Manialtepec, Oaxaca.

Foto: Rosalía Guerrero

llevan a cabo estudios físico-químicos y biológicos en diferentes cuerpos de agua mexicanos. Algunas instituciones gubernamentales, como el Instituto Nacional de Ecología, realizan estudios de monitoreo en diversos sitios. La UNAM, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma de Baja California y la Universidad del Mar realizan investigaciones para medir los parámetros relacionados con la eutrofización, como la transparencia del agua, el pH y las concentraciones de nutrientes, de microalgas y de oxígeno. Se han generado modelos para calcular la máxima capacidad de asimilación de materia orgánica de un cuerpo de agua, así como los índices químicos y ecológicos para conocer el estado de eutrofización de un sistema y así poder tomar medidas.



Foto: Rosalía Guerrero

Manialtepec, Oaxaca.

Cuando un sitio se considera eutrófico, se realizan tareas encaminadas a disminuir la cantidad de materia orgánica y nutrimentos que recibe. Se puede, por ejemplo, tratar previamente las aguas residuales. Una forma de lograrlo es con un tratamiento previo de las aguas residuales para reducir su concentración de materia orgánica. Otra medida consiste en sembrar plantas en los bordes de los cuerpos de agua para que consuman los nutrimentos antes de que éstos lleguen al agua. En los casos de eutrofización antropogénica, las acciones de remediación

más aplicadas son extraer sedimentos, eliminar la maleza subacuática o flotante e introducir especies que se alimenten de algas. Estas medidas se han aplicado en Xochimilco, en la Ciudad de México, donde se ha establecido un programa permanente de limpieza de canales. La calidad del agua en el lago de Xochimilco ha mejorado, aunque sigue en fase de recuperación.

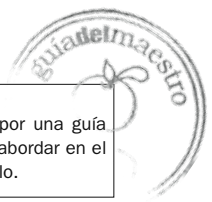
Consecuencias

La eutrofización altera la abundancia, diversidad y estructura ecológica de los cuerpos de agua. Con la aparente bonanza, llegan especies oportunistas estacionales como anélidos, caracoles, macroalgas verdes y macroalgas flotantes que se adaptan fácilmente a las condiciones de oxigenación extrema. Estas especies pueden ser más resistentes que los habitantes del ecosistema eutrofizado y así suplantarlos con el paso del tiempo.

En las zonas costeras donde se vierte agua residual ha aumentado la frecuencia de las mareas rojas. La marea roja se debe a la proliferación de organismos llamados *dinoflagelados*, que producen toxinas que les paralizan los músculos a los peces que las ingieren. Consumir estos peces, a su vez, puede producir intoxicaciones graves. Este problema es común en las costas del Pacífico mexicano. Una investigación realizada en el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM revela que el problema ha aumentado en los últimos años debido a la eutrofización de las aguas marinas.

El estado trófico, o concentración de nutrientes, de los ecosistemas acuáticos puede modificarse fácilmente. La eutrofización antropogénica afecta el equilibrio ecológico de los cuerpos de agua y las actividades económicas que dependen de los recursos naturales que éstos proveen.

Restaurar estos ecosistemas es difícil, y aún no se entienden bien los posibles efectos de la restauración. Lo mejor es controlar la cantidad de materia orgánica y de nutrientes que vertimos en los lagos y los ríos para que no rebasen su capacidad de asimilación. 🐼



Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Cecilia Chapa Balcorta es profesora-investigadora de la Universidad del Mar, campus Puerto Ángel. Es oceanóloga egresada de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, con maestría por la Universidad de Auckland, Nueva Zelanda. Su área de interés es la química marina.

Rosalía Guerrero Arenas es bióloga y maestra en ciencias biológicas por la UNAM. Es profesora-investigadora de la Universidad del Mar, campus Puerto Escondido. Colabora con diversos proyectos de investigación sobre la biota fósil de Oaxaca y escribe regularmente en revistas de divulgación.

Más información

- Jiménez Cisneros, Blanca, *La contaminación ambiental en México: causas, efectos y tecnología apropiada*, Editorial Limusa y Colegio de Ingenieros Ambientales, México, 2001.
- <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Eutrofizacion.pdf>