



Biognosis, 2024. 1 (2), 8-14.

URL: <https://doi.org/10.29267/biognosis.2024.1.2.8>



## **Plagas de microalgas en el embalse de Valle de Bravo**

**Martha Gaytán, Gloria Vilaclara, Jorge Ramírez-Zierold, Patricia M. Valdespino, F. Sergio Castillo-Sandoval y Martín Merino-Ibarra**

**“Las microalgas son microscópicas, pero cuando crecen como plagas llegan a cubrir amplios sectores de la superficie acuática y empeoran drásticamente la calidad del agua”**

Los cuerpos de agua (ríos, lagos, embalses, humedales...) de los que las poblaciones humanas se abastecen para satisfacer sus diversas necesidades, por efectos de la contaminación alcanzan a sufrir un enriquecimiento de dos tipos principales de nutrientes: compuestos de nitrógeno y de fósforo. Este enriquecimiento, conocido como “eutrofización” (palabra de origen griego que significa nutrido), se ha venido acelerado en el último siglo debido al uso extensivo de fertilizantes en las actividades agrícolas, así como por la contaminación con aguas negras domésticas vertidas en dichos cuerpos de agua. Los fertilizantes son asimilados por organismos microscópicos, fotosintéticos,

conocidos como “algas”. Cuando éstas viven suspendidas en el agua a merced de las corrientes verticales y horizontales, se las denomina “fitoplancton”. Son indispensables por ser el alimento de los otros organismos que habitan en estos ambientes, pero también son susceptibles de crecer en exceso cuando las condiciones ambientales lo propician. Cuanto más enriquecidas en nutrientes las aguas, mayor cantidad de microalgas se desarrolla y, a la par, tiende a reducirse su diversidad, pues llegan a dominar en grandes cantidades de solo una o unas pocas especies. A los eventos donde estos microorganismos crecen desmedidamente les llamamos florecimientos fitoplanctónicos masivos (Fig. 1).

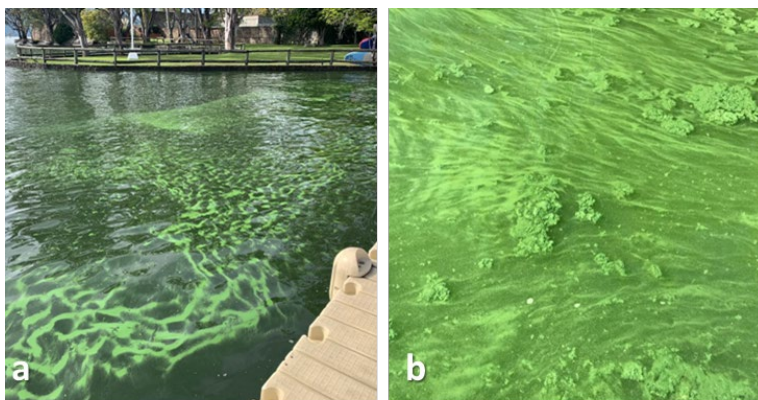


Figura 1: Florecimientos fitoplanctónicos, principalmente la cianobacteria *Microcystis wesenbergii*, en el embalse de Valle de Bravo a finales de diciembre del 2018 y en enero de 2019.

a y b. Se observan acumulaciones de biomasa en la orilla del embalse, afectando las actividades recreativas y turísticas.

Es común que algunas especies de cianobacterias sean las responsables de estos florecimientos. Las cianobacterias son microorganismos que aparecieron muy tempranamente en la historia de la vida de la Tierra, por lo que llevan muchísimo tiempo adaptándose a todo tipo de ambientes acuáticos. Han desarrollado estrategias muy efectivas para su supervivencia y reproducción. Una de esas estrategias es la generación de toxinas (como son las microcistinas -con afectación hepática- y  $\beta$ -N-methylamino-l-alanine -BMAA, con afectación neurológica-) que inhiben el crecimiento o intoxican a los organismos que las consumen directa o indirectamente, incluyendo al ser humano. Además, las algas dominantes pueden generar otras molestias, como son olores desagradables (pues sintetizan compuestos malolientes -como la geosmina y el 2-metilisoborneol-, que se perciben como humedad o moho), sabores desagradables, o provocar reacciones alérgicas al contacto. También cuando sus poblaciones mueren y comienzan a descomponerse, agotan el oxígeno disuelto en el agua, lo que se conoce como anoxia (palabra de raíz griega que significa falta de oxígeno); esto ocurre normalmente en las partes más profundas del lago o embalse, pero a veces afecta toda la columna de agua. En anoxia se inician procesos químicos de óxido-reducción, con la formación de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), reconocible por su característico olor a huevo podrido, entre otros compuestos resultantes. Asimismo, la falta de oxígeno produce la

muerte de organismos acuáticos aerobios que necesitan este gas para respirar, como peces, crustáceos (camarones, pulgas de agua...) y otros organismos invertebrados (insectos, larvas de insectos).

Así, la eutrofización puede desencadenar consecuencias adversas para la comunidad de organismos acuáticos y también para los usuarios externos, como somos los humanos, pues disminuye la disponibilidad de agua de buena calidad, es decir aguas limpias, transparentes, que no transmiten enfermedades y pueden potabilizarse con relativa facilidad. La eutrofización limita las actividades recreativas y reduce el aprovechamiento de recursos pesqueros por parte de la fauna y las poblaciones humanas. Adicionalmente, cantidades elevadas de microalgas pueden tapar los filtros utilizados para potabilizar el agua destinada al abasto de centros urbanos, obstruir las tuberías utilizadas en riego y las turbinas generadoras de electricidad, enturbiar el agua confiriéndole un indeseable tono verdoso que reduce la penetración de la luz solar, e impedir el desarrollo de las plantas acuáticas que crecen asentadas en los sedimentos.

## **Eutrofización en el embalse de Valle de Bravo**

En el embalse de Valle de Bravo (VB), Edo. Mex., se ha venido observado un progresivo deterioro de la calidad del agua por eutrofización desde los años 80's. Como resultado, en diversas ocasiones el color del lago cambia a verde y se presentan algunos de los problemas de los que hemos hablado antes (Fig. 1). De los cinco ríos que desembocan en el embalse, el principal contribuyente de nutrientes es el río Amanalco, con la mayor cantidad de fósforo y nitrógeno debido a descargas de aguas residuales y a las actividades agrícolas y pecuarias. Le sigue el río Los Hoyos o Molino, y el tercer afluente en importancia por su aportación de nutrientes es Las Flores o Tizates, por la descarga de aguas contaminadas del mismo pueblo de Valle de Bravo (Ramírez-Zierold et al., 2023). Se muestra un esquema simplificado de la subcuenca hidrográfica Amanalco-Valle de Bravo con la red de ríos tributarios, señalando algunas zonas de cultivo intensivo y de otras actividades de interés (Fig. 2).

Por tratarse de un embalse que forma parte del sistema Cutzamala, el de Valle de Bravo está manejado por la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) y sus volúmenes de agua fluctúan mucho debido a la extracción del líquido para abastecer a Toluca, la Ciudad de México y otras zonas urbanas. Esto repercute en la disminución del nivel del agua y en el tipo y cantidad de microalgas fitoplanctónicas. A pesar de su variabilidad, el comportamiento de estas microalgas ofrece ejemplos que ilustran la problemática de su crecimiento desmedido.

|                                                                                   |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Ríos                           |
|  | Embalse de Valle de Bravo      |
|  | Cuenca Valle de Bravo-Amanalco |
|  | Sembradíos de maíz             |
|  | Sembradíos de papa             |
|  | Planta de tratamiento          |
|  | Hospital                       |
|  | Área urbanizada                |



## Crecimientos masivos recientes

Las especies más relevantes en cuanto a sus crecimientos masivos en el embalse de VB (Fig. 3) son la diatomea *Fragilaria crotonensis* (3a), y entre las cianobacterias destacaron

*Dolichospermum planctonicum* (3b), *Microcystis aeruginosa* (3c y 3d), *Woronichinia naegeliana* (3e) -todas ellas señaladas como productoras de toxinas-; también destacó *Microcystis wesenbergii* (3f), cianobacteria que no produce toxinas, pero que puede manifestarse en la superficie del embalse con crecimientos tan exagerados, que termina por generar muchos problemas, tanto en el embalse como en sus orillas, por acumulación y posterior descomposición de su biomasa (Fig. 1).

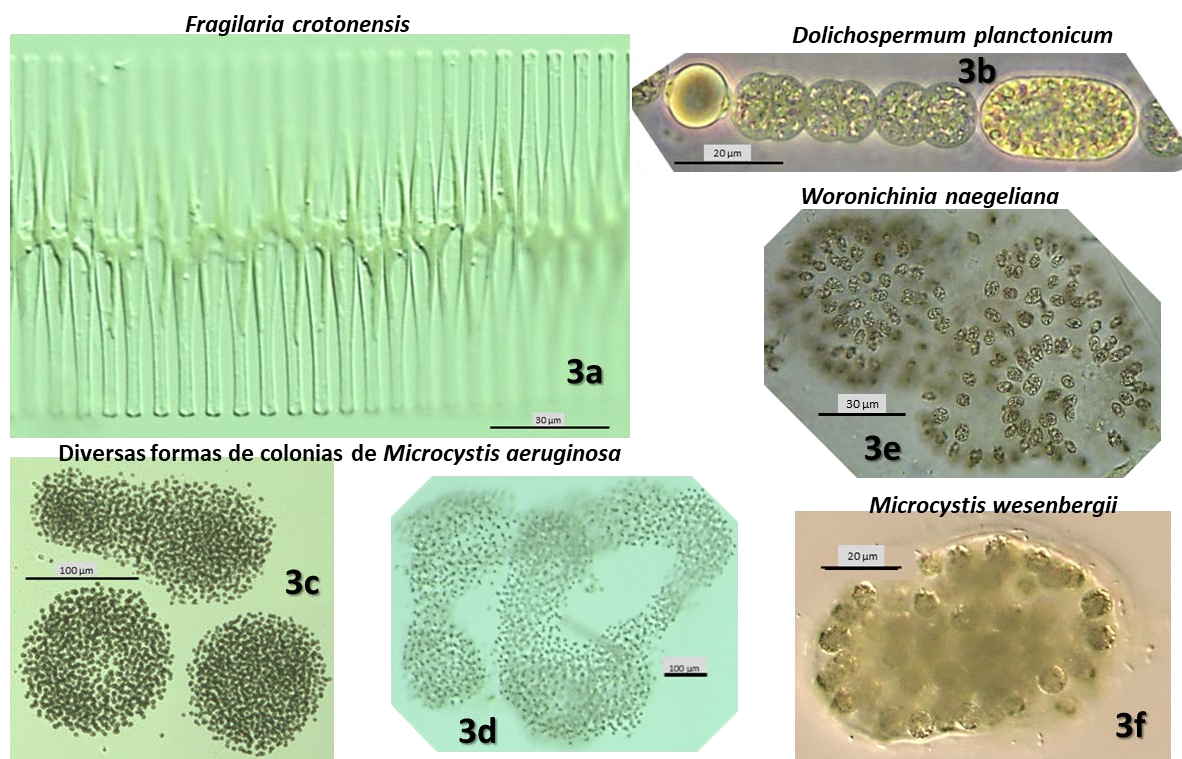


Figura 3: Imágenes de las especies de mayor relevancia en cuanto a su crecimiento masivo en el embalse de Valle de Bravo. La escala de referencia viene en micrómetros (1 µm, una milésima de milímetro). Los colores están modificados por la metodología de observación y fotografía usada (Contraste Diferencial de Fases con un microscopio Zeiss Axio Scope A1).

Durante 2019 y 2020 ocurrió una mayor permanencia de la cianobacterias, pues se agudizó la eutrofización por el vertido de aguas residuales no tratadas. Además, durante la pandemia de SarsCov-2019 hubo un aumento de la población que vivía permanentemente en el pueblo Valle de Bravo, contribuyendo al problema. A partir del año 2021 y hasta mediados del 2023, debido a la disminución del aporte de lluvias y a la extracción ininterrumpida de agua, el nivel del agua ha ido disminuyendo. Si bien esto representa una crisis en la disponibilidad de agua en el centro de México, también puede favorecer una mejoría relativa en la calidad del agua, pues con una extracción moderada se ha observado que en cierta medida se eliminan el fósforo y nitrógeno del agua del embalse, de manera que las diatomeas y otros grupos de microalgas (como las verdes o clorofitas) no nocivas comienzan a verse favorecidas en un ambiente en el que hay mayor

mezcla vertical del agua (turbulencia) por el menor volumen registrado (Barjau-Aguilar et al., 2022).

## **¿Qué hacer frente a un panorama poco optimista?**

El monitoreo y estudio continuos de las microalgas y la calidad de agua en el embalse VB son indispensables para alertar a autoridades y ciudadanos sobre el avance de la eutrofización, de los riesgos cuando hay presencia de especies tóxicas, con medidas alternativas que se pueden aplicar para la reducción de esta problemática y, finalmente, como un ejemplo nacional de monitoreo que arroja luz y conocimiento extrapolables a otros embalses y cuerpos de agua afectados por invasiones de microalgas.

Además de su utilidad inmediata para alertar a los ciudadanos, su estudio durante una serie de tiempo larga, que se ha realizado desde hace más de dos décadas en VB, permite generar conocimiento de frontera sobre cómo funciona el embalse y sus comunidades acuáticas (Barjau-Aguilar et al., 2022). Estos estudios se han desarrollado en el Laboratorio de Biogeoquímica Acuática del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y en el Laboratorio del Grupo de Investigación en Limnología Tropical (GILT, FES Iztacala), ambos de la UNAM. Es afortunado que actualmente se realizan también en colaboración con diferentes asociaciones ciudadanas como el Patronato ProValle de Bravo A.C., los clubes de vela y los usuarios locales, quienes tienen mucho interés en que pobladores y visitantes disfruten de un embalse sano.

Frente a la presente crisis del agua del Sistema Cutzamala y del centro de México, necesitaremos de la cooperación urgente entre la academia, la sociedad y el gobierno. Esto será determinante para poder seguir aprovechando el líquido vital y conservar el ecosistema acuático y los beneficios que nos provee.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a los proyectos: CONAHCYT CF-2023-G-155 otorgado a M.M.-I. y UNAM-PAPIIT IA103324 otorgado a PMV.

## **Referencias sugeridas**

Barjau-Aguilar, et al. (2022). Nitrogen and Phosphorous Retention in Tropical Eutrophic Reservoirs with Water Level Fluctuations: A Case Study Using Mass Balances on a Long-Term Series. *Water*, <https://doi.org/10.3390/w14142144>

Calderón Cendejas, et al. (2021). Evaluation of the Impacts of Land Use in Water Quality and the Role of Nature-Based Solutions: A Citizen Science-Based Study. *Sustainability*, <https://doi.org/10.3390/su131910519>

Ramírez-Zierold, et al. (2023). Eutroficación de cuerpos de agua: Causas, consecuencias y soluciones basadas en la naturaleza. *Impluvium*, <http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/impluvium/numero23.pdf>

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Primer autor: Martha Leticia Gaytán Herrera es Maestra en Ciencias y Técnica Académica Titular “A”, ambas de la UNAM. Ha incursionado en investigaciones sobre calidad del agua en la CDMX y en Valle de Bravo. Desde el 2000 estudia las microalgas presentes en este embalse. Adscripción: Grupo de Investigación en Limnología Tropical, División de Investigación y Posgrado, FES Iztacala, UNAM.</p>                                                                                                                   |
|  | <p>Autor de correspondencia: Gloria Vilaclara Fatjó es Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona y Profesora Titular “C” en la UNAM; su investigación y docencia se enfocan principalmente en diversos aspectos de la Limnología, o estudio de las aguas epicontinentales, con énfasis en microalgas y sus condiciones ambientales. Correo: vilaclara.gloria@iztacala.unam.com. Adscripción: Grupo de Investigación en Limnología Tropical, División de Investigación y Posgrado, FES Iztacala, UNAM.</p> |