

Las microalgas: fuente de alimentos, medicamentos y toxinas

Jorge Gerardo Pichardo-Velarde^{1*} , Rosalba Alonso-Rodríguez² ,
& Miguel Ángel Hurtado-Oliva^{3*} 

Resumen

La palabra “microalga” se refiere a las “pequeñas algas” que habitan los diferentes cuerpos acuáticos, tanto de agua dulce como marinos, éstas son la base de la cadena trófica, sirviendo de alimento a una amplia variedad de animales, incluyendo al ser humano. Las microalgas producen alimento, liberan el oxígeno que se encuentra en los ecosistemas acuáticos y en la atmósfera terrestre. Las microalgas también producen una amplia variedad de compuestos bioquímicos de interés para la humanidad, con amplias aplicaciones medicinales y nutraceuticas (p. ej. anestésicos y antioxidantes). Sin embargo, algunos de estos microorganismos, producen toxinas peligrosas, que, al momento de formar florecimientos algales masivos, pueden provocar tanto intoxicaciones humanas como desequilibrio ecológico. Este artículo aborda la importancia que tienen las microalgas como fuente de alimento y producción de diversos compuestos y metabolitos, incluyendo toxinas, los cuales se están aprovechando en beneficio de la humanidad.

Palabras clave: alimento, aplicaciones medicinales, florecimientos algales, toxinas marinas.

Abstract

The word microalgae refer to “small algae” that inhabit different aquatic bodies, both freshwater and marine, these serve as food for a wide variety of animals, including humans. Microalgae additionally to being used as food, they produce both the oxygen found in the aquatic ecosystem and Earth's atmosphere, but also generate a wide variety of biochemical compounds of interest to humanity, with widely medicinal and nutraceutical proposes (e.g. anesthesia and antioxidants). However, some of these microorganisms produce dangerous toxins, that at the time of forming massive algal blooms, they can cause both poisoning in people and disruption of ecological balance. This work describes the importance of microalgae as a source of food and several compounds and metabolites including toxins, which are been used for the benefit of humanity.

Key words: algal blooms, food, marine toxins, medicinal applications.

Recibido: 27 de agosto de 2024.

Aceptado: 16 de diciembre de 2024.

¹ Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen, S/N, Colonia Los Pinos. CP 82040. Mazatlán, Sinaloa, México.

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Unidad Académica Mazatlán. Av. Joel Montes Camarena S/N, Cerro del Vigía. CP 82047. Mazatlán, Sinaloa, México.

* **Autor de correspondencia:** jorgepichardov@gmail.com (JGPV)

Introducción

Las microalgas son organismos unicelulares que pueden medir desde milímetros hasta micrómetros; es decir, desde una milésima hasta la millonésima parte de un metro, respectivamente. Viven en todos los cuerpos acuáticos que conocemos, tanto de agua dulce como marina (Fig. 1). Las microalgas, a través de la fotosíntesis, producen sus propios alimentos para vivir, esto gracias a los pigmentos fotosintéticos que les permiten aprovechar tanto la luz del sol, como los diversos nutrientes disueltos como el nitrógeno, fósforo y dióxido de carbono presentes en el agua. Las microalgas producen por fotosíntesis cerca del 50% del oxígeno a nivel global, el cual después de ser consumido por los organismos dentro del cuerpo de agua, se libera solo el 10% a la atmósfera, y este resulta ser el oxígeno que respiramos de ellas (Huang *et al.* 2018).

La presencia de las microalgas en diversos cuerpos acuáticos se ha registrado desde antes de nuestra era,

particularmente en algunos libros y anécdotas religiosas, en las que se encuentran descripciones sobre cómo el agua de ciertos ríos o lagos se pintaba de un color rojo bermellón, o color “sangre”, razón por la cual después se le nombró marea roja. Estas discoloraciones se debían entonces a florecimientos probablemente ocasionados por algas pardas o rojas; sin embargo, en aquellos años no se tenía la tecnología con la que se cuenta hoy día para determinar que el aumento en la abundancia numérica de estos organismos unicelulares, es la causa del cambio en la coloración bermellón del agua.

Estos florecimientos algales, dependiendo del tipo y la abundancia de las microalgas que los producen, generan distintos colores en el agua, incluso llegan a formar natas y/o espumas, aunque en algunas ocasiones no pueden ser detectados a simple vista por estar debajo de la superficie o por tener colores similares al del agua (Cortés-Altamirano *et al.* 1995).

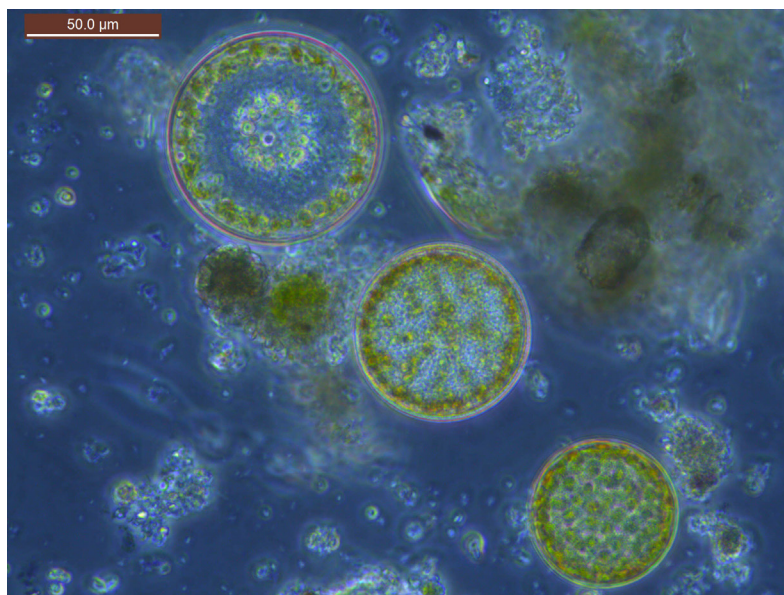


Figura 1. Microalgas llamadas diatomeas del género *Coscinodiscus* vistas al microscopio (contraste de fases) obtenidas de una muestra de agua de las costas de Mazatlán, Sinaloa, México. La escala marcada con una línea roja corresponde a 50 μ m. Fecha de captura 26 de octubre de 2023 (Fuente propia).

Y estos pueden tener diversas funciones positivas, la más importante es que son el principal alimento de una amplia variedad de organismos acuáticos como lo es el ostión, el camarón y algunos peces en sus primeros estadios de desarrollo. Este alimento se transfiere como energía hasta los últimos eslabones de la cadena alimenticia acuática, por lo cual un florecimiento algal puede ser benéfico para un ecosistema o para una población humana que dependa de esos recursos naturales.

Por otra parte, existen aquellos florecimientos algales denominados nocivos que pueden generar daños al ambiente por la alta concentración de microalgas o bien, por la presencia de especies capaces de producir compuestos tóxicos.

Fuente de alimentos

Después de un florecimiento algal, en ocasiones podemos observar como algunos peces y aves se agrupan para alimentarse en el agua de algo que no alcanzamos a ver por su diminuto tamaño, el alto nivel de energía contenido en las microalgas se transfiere de un consumidor a otro hasta alcanzar a los grandes mamíferos como las ballenas e incluso al humano.

Pero las microalgas no solo alimentan a los recursos marinos o a los animales asociados a los cuerpos de agua, como las aves, reptiles o mamíferos. En el México prehispánico, se tiene registro de que los aztecas cosechaban natas de color verde-azulado que se forman en la capa superficial del agua de los lagos, las cuales están compuestas por millones de microalgas que eran secadas al sol para elaborar una especie de galleta o pan que después consumían. Se cree que

este alimento, al que llamaron *techuitlatl* estaba constituido por la cianobacteria *Arthrospira* (llamada anteriormente "*Spirulina*"), la cual se caracteriza por su alto contenido de proteínas y otros compuestos nutritivos (Farrar 1966, Sinetova *et al.* 2024).

Sin embargo, no solo existen registros en México del uso de las microalgas como un alimento para los humanos, también hay evidencias de su uso en la antigua China donde las costumbres dictaban que, en tiempo de hambruna, se consumía una nata similar de cianobacterias del género *Nostoc*, los antiguos pobladores chinos lo consumían como un "alimento que los volvía ricos", haciendo referencia a su valor nutrimental, más que a su valor económico (Gao 1998). En el occidente, en países como Argentina, Chile y Perú, se utilizaba el mismo género de cianobacteria, la cual se consumía para fortalecer dientes y huesos, y esto ocurrió hasta la llegada de los españoles, quienes desestimaron dicho efecto en la población y su consumo disminuyó (Ponce 2014).

La importancia que tienen las microalgas como fuente de alimento, reside en los compuestos que contienen sus células (Olmedo-Galarza 2019). Las microalgas se caracterizan por tener altos niveles de proteínas, carbohidratos, lípidos y pigmentos, por ello se ha desarrollado el cultivo de diversas especies de microalgas para engordar en cautiverio a un gran número de animales marinos y terrestres.

La producción masiva de microalgas se aprovecha de distintas maneras, principalmente para obtener los diversos compuestos que producen, por ejemplo, de los lípidos se pueden producir biocombustibles para la producción de energía, mientras que los pigmentos carotenoides, se adicionan a alimentos

como el huevo y pescado para que el color del producto sea más atractivo para el consumidor. En algunos otros casos, se han utilizado diferentes compuestos proteicos para favorecer sobre todo la engorda y en segundo lugar, la calidad de la carne de animales de granja como cerdos, pollos y corderos (Kusmayadi *et al.* 2021).

Fuente de medicamentos

Las microalgas producen diversas moléculas que están formadas por la unión del carbono con otros elementos como el hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. Estas biomoléculas, son aprovechadas por diferentes industrias para beneficio de la humanidad, por ejemplo, la industria farmacéutica ha puesto gran interés en utilizar aquellos géneros de microalgas que no representan riesgo para la salud humana, los cuales podemos utilizar en nuestra dieta a través de suplementos alimenticios encapsulados, los cuales pueden ser ricos en proteínas, lípidos, pigmentos y vitaminas (Olmedo-Galarza 2019).

Por otra parte, la industria cosmética ha implementado el uso de compuestos activos en sus cosméticos para mejorar sus fórmulas y volverlas más amigables para la salud humana. La forma de aprovechar estos recursos que tienen las microalgas, es producir de manera masiva estas especies y extraer compuestos específicos, entre ellos actualmente se aprovechan los ácidos grasos, antioxidantes, pigmentos y vitaminas (Olmedo-Galarza 2019, Kusmayadi *et al.* 2021).

Al final de la introducción se mencionaba que existen florecimientos algales nocivos que en algunas ocasiones producen compuestos tóxicos que también pueden ser utilizados para beneficio de la

población humana. Por ejemplo, un grupo de científicos en Chile se ha encargado de darles usos excepcionales a las toxinas paralizantes, las cuales se han utilizado como tratamientos alternativos para mamíferos en general y particularmente en el humano contra dolores crónicos musculares, puesto que actúan como anestésico local y tienen una potente acción de relajación muscular, además de que han funcionado como un eficaz tratamiento de dolor causado por heridas en la piel, cortaduras o fisuras anales (Lagos 2018).

Sin embargo, por temas de bioética, seguridad en los medicamentos y por el desconocimiento de las propiedades positivas de las toxinas sobre mamíferos incluyendo el humano, dichas investigaciones han quedado rezagadas alrededor del mundo hasta conocer más acerca de los efectos de las toxinas marinas aplicadas como medicina en el humano. Esto evidencia que las sustancias tóxicas pueden tener aplicaciones o beneficios positivos para la humanidad, pero siempre que se usen con precaución.

Fuente de toxinas

Las toxinas producidas por las microalgas pueden tener afinidad al agua (hidrofílicas) o a los lípidos (lipofílicas), esto es relevante porque de ello depende a qué tipo de organismo le provoca daño, la vía de entrada y si se elimina o se acumula la toxina en los tejidos del organismo afectado. Las de tipo hidrofílico son el ácido domoico y las toxinas paralizantes y por otra parte tenemos a las toxinas de tipo lipofílico, como lo son las brevetoxinas, el ácido okadaico, ciguatoxinas, entre otras (FAO/WHO 2016).

En el caso de las toxinas del ácido domoico, éstas pueden generar sobre todo

problemas gastrointestinales (náuseas, vómito, dolor abdominal o diarrea), pero en exceso pueden provocar signos clínicos cardiovasculares (arritmias), neurológicos (alteración de la sensación de calor y frío), ardor en los dientes, amnesia, dificultades para respirar, entre otros síntomas. Las toxinas de tipo paralizante son de las toxinas microalgales más estudiadas debido a la problemática que han generado en los humanos. El consumo de productos marinos contaminados con éstas, puede ocasionar desde pequeños entumecimientos en las extremidades del cuerpo humano, boca o incluso la cara, o bien, puede verse afectado por la exposición a altas concentraciones y por un periodo prolongado, pudiendo ocasionar en casos graves la muerte del individuo por un paro en el sistema cardio-respiratorio.

Las toxinas de tipo lipofílico, como lo son las brevetoxinas, tienen la capacidad de provocar signos y síntomas muy parecidos a las del ácido domoico; aunque una de las diferencias es que en este caso puede existir incomodidad o adormecimiento de labios, lengua o garganta. Otro tipo de toxina lipofílica, es el ácido okadaico, ésta es causante de náuseas, vómitos y sobre todo de dolor abdominal y abundante diarrea (CCPE 2022).

En el caso de las ciguatoxinas, estas poseen compuestos hidrofílicos con alta potencia tóxica y algunos lipofílicos, todos ellos provocan síntomas muy parecidos a los efectos de las toxinas paralizantes y se le suma un síntoma, la alteración de la sensación de la temperatura; es decir, que al tocar algo frío lo sentimos caliente, y viceversa. Curiosamente, estas toxinas también resultan ser un posible antídoto de las brevetoxinas, pero la administración de la concentración adecuada es vital, puesto

que, si se suministra una concentración superior a la requerida, puede ocasionar la muerte del paciente. Aunque existen más compuestos tóxicos en el ambiente marino, la mayoría de las hospitalizaciones a las cuales nos enfrentamos en el mundo, son causadas por las toxinas que hemos mencionado anteriormente (Cho *et al.* 2020, Aboualaalaa *et al.* 2022).

Dado el incremento de eventos de Florecimientos Algales Nocivos (FAN) o antes conocidas como “mareas rojas” en las costas de todo el mundo, particularmente en Sinaloa desde el año 2000, algunos investigadores de México, se han dado a la tarea de estudiar los numerosos grupos de microalgas que forman los florecimientos para entender su comportamiento y tomar medidas de prevención de afectaciones o aprovecharlas en beneficio a la sociedad (Fig. 2). Algunos de ellos, se han enfocado en estudiar su distribución, su potencial tóxico, o bien han establecido cultivos de dichas microalgas para estudiar su comportamiento en diferentes condiciones controladas de cultivo.

En el mundo existen diversas organizaciones para prevenir riesgos a la salud humana por el consumo de productos que puedan estar contaminados por la presencia de las toxinas producidas por las microalgas durante florecimientos algales. A nivel internacional está el *Codex Alimentarius* FAO-WOH (*Food Agriculture Organization-World Health Organization*) quienes elaboran las normas internacionales de los alimentos y en México, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y su proyecto de Marea Roja (COFEPRIS 2023), es quien se encarga de asegurar desde 2003, que los productos que consumimos provenientes del mar no contengan toxinas producidas por microalgas. También existe una Comisión

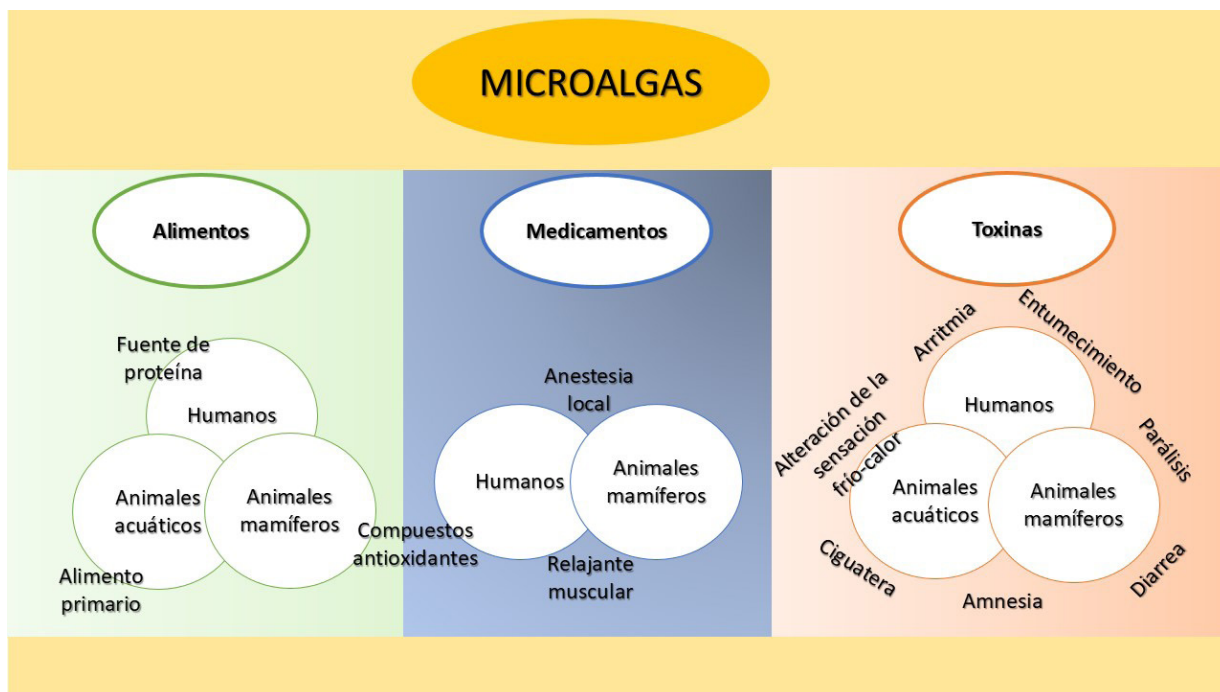


Figura 2. Los usos de las microalgas y sus efectos como fuente de alimento, medicamentos, e intoxicaciones en los animales y humanos.

Estatad que aplica las instrucciones de vigilancia y monitoreo de las especies de microalgas nocivas y de su eventual consumo por la gente en cada estado de la República Mexicana.

Conclusión

Dado todo lo anterior, debemos mencionar que si bien las microalgas son una fuente importante de compuestos que pueden resultar benéficos o dañinos para los organismos acuáticos y para la población en general, todo depende de la especie de microalga, de sus cualidades nutricionales o tóxicas, y del aprovechamiento de estos metabolitos en el beneficio de la humanidad.

Perspectivas

Reconocemos como autores, la importancia que tiene la divulgación científica en lo general, y particularmente

sobre el actual conocimiento que se tiene sobre la utilización de las microalgas como fuente de alimentos y medicamentos, y sobre todo de toxinas. Las cuales actualmente se están usando en diversas aplicaciones médicas y biotecnológicas. Es por eso, que los coautores de este trabajo realizamos investigaciones diversas sobre los efectos que tienen los elementos nutritivos sobre el crecimiento de las microalgas que producen toxinas, y cómo cambian sus concentraciones y perfiles toxicológicos con los cambios en las condiciones de cultivo de estos microorganismos. También aprovechamos diversas herramientas moleculares y bioquímicas (composición de toxinas y pigmentos) para la precisa y rápida identificación de las microalgas, asimismo evaluamos el impacto que tienen una vez que son consumidas las microalgas tóxicas por algún recurso marino de interés para la pesca comercial y la acuicultura, como lo son ostiones, camarones y peces.

Agradecimientos

Esta investigación acerca de la naturaleza de las microalgas y su impacto en diversos recursos pesqueros y acuícolas, está basada en un proyecto de investigación interinstitucional entre la FACIMAR (Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa) y el ICML (Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México); sin el cual, no se podrían realizar investigaciones tan complejas en el uso y aprovechamiento de las microalgas como fuente de alimento, medicamentos o toxinas.

Referencias

- Aboulaalaa H, Rijal Leblad B, Hormat-Allah A, Savar V, Ennaskhi I, Hammi I, L'Bachir Elkbiach M, Ibghi M, Maamour N, Medhioub W, Amzil Z & M. Laabir. 2022.** New insights into the dynamics of causative dinoflagellates and the related contamination of molluscs by paralytic toxins in the southwestern Mediterranean coastal waters of Morocco. *Marine Pollution Bulletin*. 185 (PartB): 114349. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114349>
- CCPE Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. 2022.** Información sobre proliferaciones de algas marinas para los profesionales de centros de control de intoxicaciones y envenenamientos. Recuperado de: https://www.cdc.gov/habs/es/pdf/332669D_FS_Spanish_Algal-Blooms_508.pdf
- Cho K, Heo J, Han J, Dae Hong H, Jeon H, Hwang H-J, Hong C-Y, Kim D, Won Han J & Baek K. 2020.** Industrial applications of dinoflagellate phycotoxins based on their modes of action: A review. *Toxins (Basel)*. 18: 12(12): 805. <https://doi.org/10.3390/toxins12120805>
- COFEPRIS Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. 2023.** Información sobre la Marea Roja y su impacto en la salud pública. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/marea-roja-76038>
- Cortés-Altamirano R, Hernández-Becerril DU & R. Luna-Soria. 1995.** Mareas Rojas en México: Una revisión. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. 37 (4): 343-352.
- FAO/WHO. 2016.** Technical paper on Toxicity equivalence factors for marine biotoxins associated with bivalve mollusks Roma. p. 70 - 108. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/250663/9789241511483-eng.pdf;jsessionid=D9648895E6664BD9B446F29E8B0256B2?sequence=1>
- Farrar, W. 1966.** Tecuitlatl; A Glimpse of Aztec Food Technology. *Nature*. 211: 341-342. <https://doi.org/10.1038/211341a0>
- Gao, K. 1998.** Chinese studies on the edible blue-green alga, *Nostoc flagelliforme*: a review. *Journal of Applied Phycology*. 10: 37-49. <https://doi.org/10.1023/A:1008014424247>
- Huang J., Huang J., Liu X., Li C., Ding L. & H. Yu. 2018.** The global oxygen budget and its future projection. *Science Bulletin*. 63 (18): 1180-1186. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2018.07.023>
- Kusmayadi A., Leong Y.K., Yen H.-W., Huang C.-Y. & J.-S. Chang. 2021.** Microalgae as sustainable food and feed sources for animals and humans - Biotechnological and environmental aspects. *Chemosphere*. 271: 129800. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129800>
- Lagos N. 2018.** Phycotoxins of the Paralytic Shellfish Poison: Clinical Applications. *Clinical Pharmacology and Translational Medicine*. 2 (2): 89-100. <http://dx.doi.org/10.1201/b16806-14>
- Olmedo-Galarza V. 2019.** Carbohidratos y proteínas en microalgas: potenciales alimentos funcionales. *Brazilian Journal of Food Technology*. 22. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.04319>
- Ponce E. 2014.** *Nostoc*: un alimento diferente y su presencia en la precordillera de Arica. *Idesia (Arica)*. 32 (2): 115-118. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000200015>
- Sinetova MA, Kupriyanova EV & Los DA. 2024.** Spirulina/Arthrospira/Limnospira-Three Names of the Single Organism. *Foods*. 13: 2762. <https://doi.org/10.3390/foods13172762>