

Avance y Perspectiva

Revista de divulgación del CINVESTAV

Escudos químicos en los océanos: macroalgas marinas y cambio climático

Karina Galache · Saturday, September 30th, 2023

Categorías: Ciencias Naturales y de la Salud, Zona Abierta

Las algas son organismos acuáticos que se encuentran en diversos ambientes como los océanos, mares, ríos, lagos, lagunas y hasta en los charcos de la casa. Existen dos grandes grupos de algas: las microalgas y las macroalgas. Las primeras son tan pequeñas que no son visibles al ojo humano, mientras que las macroalgas se pueden observar a simple vista. El cuerpo de las macroalgas es denominado “talo”, ya que está formado por un solo tipo de células. A diferencia de muchas plantas, las macroalgas no forman tejidos definidos como las raíces, hojas, tallos y frutos que se observan en muchas plantas. Aunque parecen organismos sencillos, tienen una gran variedad de formas, tamaños, hábitos e historias de vida. Todo esto, las vuelve un grupo de seres vivos bastante diverso y complejo (Figura 1). Así, se pueden encontrar especies formadas por una sola célula (unicelulares) o de muchas células (multicelulares), con tamaños que van desde unos milímetros hasta 60 metros; viven adheridas al suelo marino, a piedras o conchas, o flotando en el agua, y pueden estar distribuidas en ecosistemas polares, templados y tropicales.

Para realizar este proceso vital, las macroalgas tienen pigmentos que activan las reacciones que dan lugar a la fotosíntesis. Los pigmentos fotosintéticos son compuestos que se encuentran en los cloroplastos de las células de las macroalgas y les permite absorber la energía que proviene del espectro de la luz solar. El pigmento más común es la clorofila, que les da una coloración verde. Sin embargo, hay otros pigmentos como los carotenoides y xantofilas que les dan coloraciones amarillas o marrones, y pigmentos como las ficobiliproteínas que les dan coloraciones rojas a moradas. Gracias a estos pigmentos, se pueden agrupar en algas verdes (Chlorophyta), algas pardas (Ochrophyta) y algas rojas (Rhodophyta) (Figura 1).



Figura 1. Clasificación de las macroalgas marinas con base en sus pigmentos fotosintéticos. Créditos de fotografías: Dr. Tonatiuh Chávez Sánchez.

A pesar de su diversidad, las macroalgas comparten una característica muy importante: realizan fotosíntesis. Este proceso consiste en una serie de reacciones bioquímicas que ocurre en los cloroplastos de las células de las algas (Figura 2). Su principal propósito es convertir las moléculas de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) en una molécula de azúcar denominada glucosa. Este

azúcar es el motor de las algas, porque les da la energía necesaria para realizar todas sus funciones vitales y de supervivencia. En otras palabras, la fotosíntesis es el mecanismo bioquímico a través del cual las macroalgas obtienen su alimento y la energía necesaria para que funcione su metabolismo.



Figura 2. Esquema del proceso de fotosíntesis que llevan a cabo las macroalgas marinas para la obtención de energía (glucosa), que conlleva a la síntesis de metabolitos para su desarrollo y supervivencia (metabolismo algal). Créditos: Cristina Landa C.

Durante la fotosíntesis, además de azúcares como la glucosa, las macroalgas producen otras moléculas que pueden servir para combinarse y formar otros compuestos. El conjunto de reacciones bioquímicas que se necesitan para que ocurran estas combinaciones se denominan rutas biosintéticas, y el producto final es un metabolito. Éstos tienen una gran variedad de estructuras químicas y eso hace que existan diversas clases con características y funciones específicas para los organismos (Figura 3).



Figura 3. Estructura química de algunas clases de metabolitos presentes en macroalgas marinas.

Dependiendo de la función que cumplan, los metabolitos se clasifican en primarios y secundarios. Los metabolitos primarios son necesarios para que las macroalgas puedan crecer, respirar y reproducirse. Los secundarios no son esenciales para vivir, pero forman parte de un metabolismo especializado que le brinda a las macroalgas protección contra el estrés ambiental, capacidad para comunicarse con otros organismos y participar en los mecanismos de defensa contra depredadores. La diversidad de los metabolitos que existe en cada macroalga, tanto primarios como secundarios, está influenciada por factores genéticos (especies) y factores ambientales como temperatura, salinidad del agua, la cantidad de luz y las relaciones que tienen con otros organismos (Figura 2).

Actualmente, los efectos del cambio climático en los océanos han ocasionado algunas alteraciones tales como incremento de temperatura del agua y su acidificación, y nuevos patrones de distribución de especies marinas. Estos cambios provocan condiciones de estrés ambiental para todos los organismos. Uno de los efectos evidentes es que se producen en mayor cantidad radicales libres, que son moléculas altamente inestables, que en exceso causan el envejecimiento prematuro y daño parcial o total de las células de los organismos. Los científicos han observado que las macroalgas producen en mayor o menor cantidad algunos metabolitos primarios y secundarios como sistema de defensa ante estos radicales libres, y como respuesta de adaptación a las condiciones de los océanos.

Así, las macroalgas forman un escudo químico de protección. Este escudo protector puede estar formado por metabolitos específicos de acuerdo con el reto ambiental que enfrentan. Un ejemplo de estos, son los escudos que se forman con los aminoácidos, que son compuestos orgánicos derivados del metabolismo primario, y que constituyen y dan estructura a las proteínas. En otras palabras, los aminoácidos son a las proteínas lo mismo que los huesos al cuerpo humano.

Los científicos han observado que en condiciones de mayor temperatura de agua, se producen más

cantidad de valina y fenilalanina, dos aminoácidos presentes en las macroalgas, necesarios para la producción de flavonoides, que son moléculas que provienen del metabolismo secundario y sirven como antioxidantes. Esta propiedad ayuda a las algas a evitar el daño ocasionado por el exceso de radicales libres. Otros aminoácidos modulados por la temperatura del agua son los que intervienen en los procesos de reparación celular, como el glutamato. Este aminoácido se incrementa en las células bajo estas condiciones, ya que es necesario para la síntesis de otros aminoácidos y la clorofila.

A pesar de estos escudos químicos, los efectos del cambio climático siguen siendo un reto de adaptación para las macroalgas, por su efecto negativo. Un efecto en los océanos derivado del cambio climático es la disminución de la salinidad del agua de mar. Esto influye en una menor producción de florotaninos, un tipo de compuestos que producen las algas pardas y que usan como sistema de protección ante la radiación UV y al ataque de herbívoros. Al disminuir estos metabolitos, las macroalgas son más susceptibles a ser consumidas por herbívoros, como los erizos de mar, que llegan a mermar significativamente a las poblaciones de algas (Figura 4).



Figura 4. Fotografía de algas pardas (Ochrophyta) siendo consumidas por erizos de mar. Créditos: Brent Durand.

Otro cambio importante es la acidificación de los océanos, un proceso que se atribuye al exceso de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera y que disminuye el pH del agua de mar. La acidificación de los océanos provoca el incremento de la producción de ácidos grasos en las macroalgas, que son las moléculas lipídicas o aceitosas e insolubles en agua que usan para protegerse. Esta protección tiene un costo, ya que trae en consecuencia la disminución en el contenido de aminoácidos y de compuestos fenólicos en las algas. Este decremento ocasiona un debilitamiento de los organismos y una baja protección ante los radicales libres, provocando mayor estrés para las macroalgas.

Por si esto fuera poco, los efectos del cambio climático en los océanos incrementan la competencia entre las algas por el espacio, lo que contribuye a nuevos patrones de distribución de especies y a la pérdida de biodiversidad. Parte de la estrategia de algunas macroalgas para ocupar estos nuevos espacios, consiste en producir moléculas denominadas aleloquímicos, como los terpenos, compuestos volátiles derivados del metabolismo secundario que sirven en la comunicación química entre especies. Estos aleloquímicos pueden inhibir el crecimiento de otras especies de algas, o bien, evitar que sean depredadas.

Uno de los factores críticos para que esto suceda, es el incremento de la temperatura en los océanos. Ya que a su vez favorece una mayor tasa fotosintética de especies oportunistas, permitiéndoles colonizar nuevos espacios y resistir las condiciones ambientales. Lamentablemente, esto dificulta la recuperación de las poblaciones nativas de algas. Este fenómeno ha sido evidente con las macroalgas pardas que forman mantos, es decir, que cubren grandes extensiones marinas y constituyen alimento, sitios de anidación y refugio para numerosas especies. El ejemplo más preocupante hoy en día es la pérdida de los bosques submarinos de macroalgas pardas, también llamados bosques de kelp. Su recuperación es todo un desafío, debido a que son muy sensibles a los incrementos de temperatura, por lo que sus escudos químicos resultan insuficientes para recolonizar sus nichos.

Como se ha expuesto hasta aquí, las algas utilizan las respuestas químicas para adaptarse a las condiciones que prevalecen en los océanos. Particularmente, los metabolitos de las macroalgas actúan como su escudo protector, dándoles ventaja adaptativa a algunas especies. Sin embargo, ante las presiones ambientales que implica el cambio climático, estos metabolitos pueden llegar a hacer poco para otras especies. En ambos casos, los metabolitos que producen las macroalgas han resultado de gran interés para el humano, debido a que muchos de ellos tienen propiedades antioxidantes, anti-inflamatorias, antimicrobianas, antivirales y anticancerígenas. Estas propiedades, significan un gran potencial para aplicar las macroalgas en el desarrollo sustentable tanto en ejes prioritarios de seguridad alimentaria, agricultura, medicina, cambio climático y conservación, así como en el desarrollo de las industrias farmacéutica, alimenticia, agrícola, cosmética y acuícola. Sin embargo, mientras las algas se encuentren amenazadas por el cambio climático y no sean claros sus sistemas de adaptación y defensa, difícilmente se podrán aprovechar estos recursos y salvaguardar la biodiversidad y servicios que ofrecen a los humanos.

Referencias:

Bartsch, I., Wiencke, C., y Laepple, T. (2012). Global seaweed biogeography under a changing climate: The prospected effects of temperature. In *Seaweed biology ecological studies* (pp. 383–406). https://doi.org/10.1007/978-3-642-28451-9_18

Forster, J., y Radulovich, R. (2015). Seaweed and food security. In *Seaweed Sustainability* (pp. 289–313). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00011-8>

Harley, C. D. G., Anderson, K. M., Demes, K. W., Jorve, J. P., Kordas, R. L., Coyle, T. A., y Graham, M. H. (2012). Effects of climate change on global seaweed communities. *Journal of Phycology*, 48(5), 1064–1078. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01224.x>

Kinnby, A., Toth, G. B., y Pavia, H. (2021). Climate change increases susceptibility to grazers in a foundation seaweed. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.688406>

Park, E., Yu, H., Lim, J.-H., Hee Choi, J., Park, K.-J., y Lee, J. (2023). Seaweed metabolomics: A review on its nutrients, bioactive compounds and changes in climate change. *Food Research International*, 163, 112221. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112221>

Rasher, D. B., Stout, E. P., Engel, S., Kubanek, J., & Hay, M. E. (2011). Macroalgal terpenes function as allelopathic agents against reef corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(43), 17726–17731. <https://doi.org/10.1073/pnas.1108628108>

Wiencke, C, y Bischof, K. (2012). Seaweed biology, novel insights. In *Ecophysiology, ecology and utilization of seaweeds* (Vol. 219). Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28451-9>

Yong, W. T. L., Thien, V. Y., Rupert, R., y Rodrigues, K. F. (2022). Seaweed: A potential climate change solution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112222>

This entry was posted on Saturday, September 30th, 2023 at 10:07 pm and is filed under [Ciencias](#)

Naturales y de la Salud, Zona Abierta

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.