



APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE FUcoxANTINA: UNA ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE *RUGULOPTERYX OKAMURAE*

Nathalie Korbee y Félix L. Figueroa.

Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Universidad de Málaga

Las cianobacterias y posteriormente las algas contribuyeron hace millones de años a cambiar la composición de la atmósfera al incorporar el oxígeno partir de la fotosíntesis oxigénica en una atmosfera anaerobia. Además, los organismos aerobios se fueron abriendo paso en la evolución protegidos de la radiación UV por la capa de ozono (O₃) estratosférico formado por la fusión del O₂ molecular y oxígeno atómico (O). El oxígeno acumulado en la atmosfera (21%) tiene efecto oxidante ya que se pueden formar radicales libres oxidativos (ROS, Radical oxygen substances, en inglés). Los organismos fotosintéticos como las algas son los primeros expuestos a estos ROS por lo que en la evolución se han organizado sistemas de protección basado en enzimas y sustancias antioxidantes entre las que se encuentran los carotenoides.

Las algas constituyen un grupo muy diverso que presenta una **gran variedad de formas, tamaños y color** (Fig. 1). Las algas se pueden clasificar en relación con su tamaño en microalgas, que van de 0.2 µm (picoplanton) a 200 µm (microplanton), y en macroalgas, de unos pocos centímetros hasta 50 m de longitud. Se conocen unas 62.500 especies de microalgas y macroalgas, clasificadas por su color: rojas (7.300), verdes (6.000) y pardas (2.000).



Figura 1: Fotos de macroalgas verdes, pardas y rojas recolectadas en las costas Mediterráneas (Autor: Félix López Figueroa)

El color de las macroalgas viene dado por su composición pigmentaria, clorofilas que aportan color verde, biliproteínas que aportan color anaranjado (ficoeritrina) o azul (ficocianina) y la enorme diversidad de los carotenoides que dan un tono pardo. Estos pigmentos pueden actuar como pigmentos accesorios en la fotosíntesis y aportar fotoprotección a los cloroplastos. Algunos de los carotenoides principales en algas son: α -caroteno, β -caroteno, alloxantina, crocoxantina, diatoxantina, diadinoxantina, echinona, fucoxantina, loroxantina, luteína, neoxantina, violaxantina y zeaxantina.

El mercado global de carotenoides ha experimentado un crecimiento continuo, centrándose principalmente en la producción de astaxantina, β -caroteno y luteína. Dentro de los diversos organismos que sintetizan estos compuestos, las algas destacan como la fuente más eficaz debido a su alta capacidad de biosíntesis y acumulación. La aplicación tecnológica de los carotenoides se extiende a los mercados nutracéuticos y cosmeceúticos. Su demanda comercial está



estrechamente relacionada con sus propiedades farmacológicas, particularmente en la prevención de enfermedades cardiovasculares y crónicas. Además, son ampliamente utilizados en la industria como ingredientes, aditivos, suplementos alimenticios y cosméticos, debido a sus efectos fotoprotectores.

Dentro de la familia de los carotenoides, las xantofilas juegan un papel crucial. Entre ellas, la fucoxantina representa aproximadamente el 10% de los carotenoides biogénicos, siendo abundante en algas pardas y diatomeas. Su estructura molecular, compuesta por un esqueleto C40 con hasta 11 dobles enlaces conjugados, le confiere propiedades antioxidantes potentes. Estos enlaces permiten la captura de oxígeno molecular singlete y radicales peroxilo, otorgándole propiedades neuroprotectoras, hepatoprotectoras y fotoprotectoras. Estudios recientes destacan la participación de la fucoxantina en la regulación de biomoléculas, como la producción de proteínas asociadas con actividades antiobesidad, antidiabéticas, antiinflamatorias, antitumorales e hipotensoras (Fig. 2). Sin embargo, su inestabilidad frente a la luz, el calor y el oxígeno requiere condiciones de almacenamiento y procesamiento cuidadosas para preservar sus beneficios. Además, su aplicación en la industria cosmecéutica está en constante crecimiento debido a su capacidad para proteger la piel de los efectos nocivos de la radiación UV y combatir el envejecimiento cutáneo.

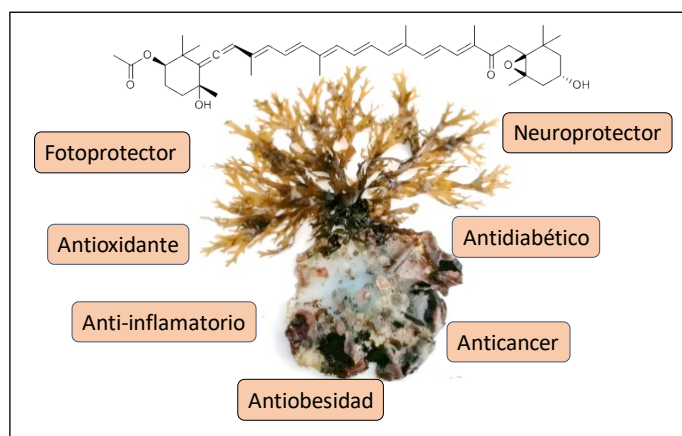


Figura 2: Propiedades funcionales de la Fucoxantina

En el Instituto andaluz de Biotecnología y Desarrollo azul (IBYDA) estamos estudiando la ecofisiología de las macroalgas pardas en respuesta a factores de cambio climático, especialmente en algas del género *Cystoseira*, *Sargassum* y recientemente en el alga exótica invasora *Rugulopteryx okamurae*. La introducción de especies invasoras es una de las formas más persistentes de contaminación biológica, con efectos a menudo irreversibles en los ecosistemas. Las algas invasoras proliferan rápidamente, compitiendo con la flora y fauna locales, lo que genera un desequilibrio en los ecosistemas costeros y afecta diversas actividades humanas. Un caso muy llamativo de bioinvasión en los últimos años es la presencia de *Rugulopteryx okamurae* en la costa sur de la Península Ibérica. Originaria del este de Asia, fue reportada por primera vez en el Mediterráneo en 2002, en la Laguna de Thau (Francia), relacionada con la acuicultura de ostras japonesas. Sin embargo, en 2015 su presencia se intensificó en el Estrecho de Gibraltar, donde se ha convertido en una especie invasora con impactos ambientales y económicos severos. Se ha documentado la pérdida de biodiversidad nativa y daños en la pesca tradicional, con pérdidas de hasta el 100% en redes de trasmallo y el 50% en pesca de arrastre. Además, el turismo también se ha visto afectado, con la afectación de kilómetros de playa por los arribazones y el



dinero invertido por los ayuntamientos en la eliminación de toneladas de esta alga en playas de Cádiz y Málaga.

Una estrategia prometedora para mitigar la invasión de *R. okamurae* es su valorización biotecnológica mediante la extracción de fucoxantina. La capacidad fotoprotectora y antioxidante de la fucoxantina la convierte en un ingrediente ideal para la industria cosmética, con aplicaciones en productos para el cuidado de la piel y la protección contra el daño solar. Aprovechar la biomasa del alga invasora para la producción de compuestos de alto valor añadido no solo contribuye al control de la especie, sino que también fomenta la economía circular y la sostenibilidad ambiental. Investigaciones en curso buscan optimizar los procesos de extracción y estabilización de la fucoxantina de *R. okamurae*, explorando nuevas aplicaciones en farmacología, nutraceúticos y productos funcionales. De esta forma, la integración de esta estrategia en la gestión costera podría mitigar los impactos negativos de la bioinvasión, convirtiendo un problema ecológico en una oportunidad de desarrollo sostenible.

En conclusión, el estudio y aprovechamiento de la fucoxantina extraída de *R. okamurae* representan una solución innovadora para el control de especies invasoras. La combinación de biotecnología y estrategias de conservación puede ofrecer alternativas viables para reducir el impacto ambiental y promover el uso sostenible de los recursos marinos. Es crucial continuar investigando nuevas técnicas de extracción y aplicación que contribuyan a un manejo efectivo de la bioinvasión y generen beneficios económicos y ambientales a largo plazo.