

Adriana Isabel Cáñez-Zúñiga y Josafat Marina Ezquerro Brauer

# Los enigmáticos cefalópodos y la prevención del cáncer

Los cefalópodos son moluscos marinos que causan gran expectación y son portadores de compuestos, como los pigmentos, que podrían impactar positivamente en la salud de los seres vivos. Las investigaciones de los pigmentos de estos organismos indican que actúan como agentes de protección, debido a sus moléculas como alternativa para el desarrollo de agentes quimioprotectores.

## ¿Por qué hablar de los cefalópodos?

Los mares son lugares intrigantes y bellos, por lo que desde épocas remotas resultan atractivos para los seres humanos; sus colores, olores y sonido han servido de inspiración para numerosas obras artísticas.

Dentro del grupo de los animales marinos, los cefalópodos han causado expectación y admiración. Estos organismos han sido y siguen siendo protagonistas de obras literarias y leyendas, además de que se consideran animales inteligentes.

Los cefalópodos son organismos que tienen los pies en la cabeza. Son invertebrados marinos que pertenecen al filo de los moluscos, aparecieron hace más de 500 millones de años y están ampliamente distribuidos en diferentes ambientes marinos. Los cefalópodos incluyen a los pulpos, los calamares y las sepias (véase la **Figura 1**).

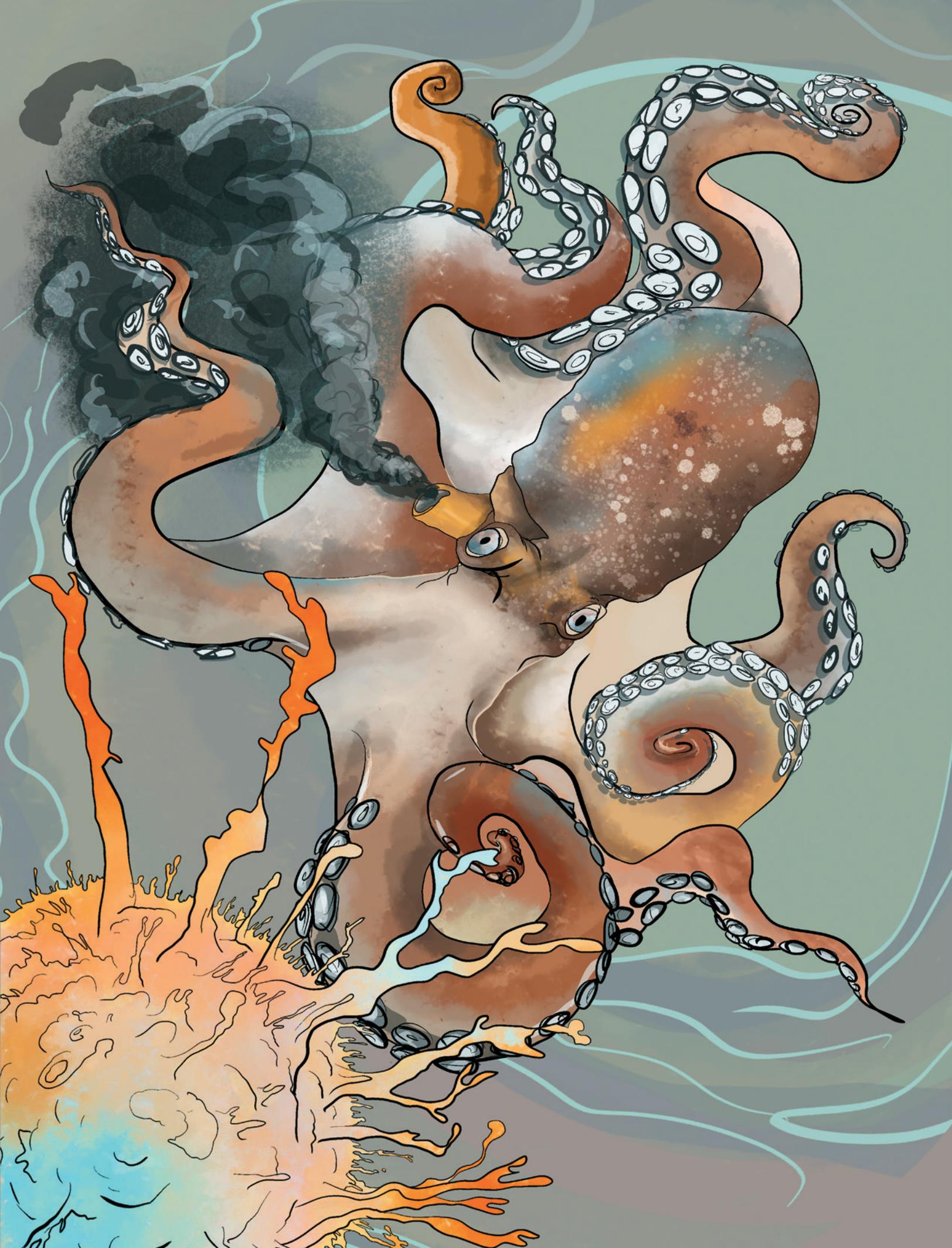
Los cefalópodos se caracterizan por poseer una extraordinaria capacidad para protegerse. La forma mediante la cual se defienden es muy variada, depende de la especie y del hábitat, y puede consistir desde en movimientos de propulsión a chorro con el fin de escapar, hasta **cripsis** para pasar inadvertidos, o bien en la expulsión de una tinta para ocultarse (Lauritano e Ianora, 2020).

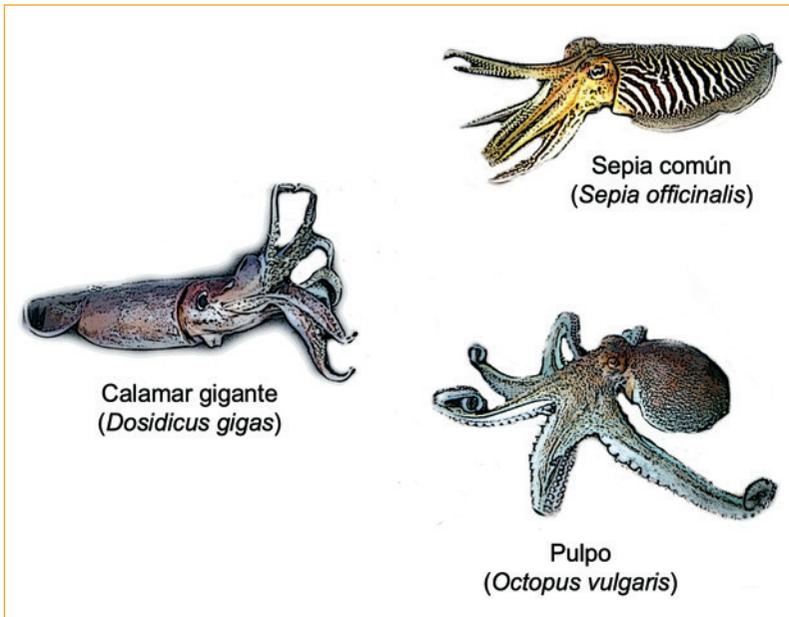
### Cripsis

Fenómeno por el que un ser vivo presenta adaptaciones que le hacen pasar desapercibido a los sentidos de otros.

## ¿Por qué abordar el tema del cáncer en relación con los cefalópodos?

El organismo de los seres humanos es sumamente susceptible a sufrir alteraciones. Entre las razones de la aparición de alteraciones se encuentra la presencia de sustancias conocidas como mutágenos, que son agentes físicos, químicos y





**Figura 1.** Imagen de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), pulpo común (*Octopus vulgaris*) y sepia común (*Sepia officinalis*).

biológicos que tienen la capacidad de cambiar el código genético de manera perjudicial. Los mutágenos pueden iniciar y promover el desarrollo de enfermedades en el ser humano; entre las más comunes está el cáncer (Schrader, 2003).

El cáncer es una de las principales causas de muerte a nivel mundial; sin embargo, se puede prevenir (OMS, 2021). Por ello hay una búsqueda constante de compuestos que posean la capacidad de prevenir las mutaciones. A los compuestos químicos que ayudan a reducir los efectos mutagénicos de agentes físicos o químicos se les conoce como antimutágenos (Schrader, 2003). Dentro de las plantas y animales que han despertado gran interés como fuentes de agentes antimutagénicos se encuentran precisamente algunos provenientes de los cauces marinos, ya sea del denominado lecho marino (fondo del mar) o de las aguas costeras o columnas de agua (Manivasagana y cols., 2018).

Ahora bien, ¿por qué los organismos marinos pueden desarrollar compuestos químicos con actividades antimutagénicas? Los organismos marinos están expuestos a una gran cantidad de agentes “adversos”, tales como los cambios de temperatura, salinidad, oxígeno y la presencia de potenciales

depredadores; de modo que para poder sobrevivir a esos cambios, han desarrollado diferentes formas de adaptación y defensa (Lauritano e Ianora, 2020), en las que, a través de sus diferentes rutas metabólicas, producen una serie de compuestos químicos, entre los que han llamado la atención los pigmentos que desprenden (Manivasagan y cols., 2018).

Los pigmentos de origen marino presentes en el pulpo y el calamar, por las características de sus estructuras químicas, tienen la capacidad de actuar como agentes antioxidantes, antimutagénicos y anti-proliferativos (Chan-Higuera y cols., 2019a y 2019b; Hernández-Zazueta y cols., 2021).

### ¿Cómo producen la tinta los cefalópodos?

La tinta de los cefalópodos es una sustancia viscosa que no posee color, pero que contiene partículas de un pigmento de color oscuro, la melanina, conjugada con proteínas, y que se produce mediante una serie de mecanismos químicos y sensoriales de estos moluscos marinos (Derby, 2014). Se ha reportado que el sistema de producción de la tinta en calamares y sepias está conformado por dos grandes regiones (véase la **Figura 2**). La primera gran zona es la glándula de la tinta, en la cual se localiza el saco de ésta y constituye la región anatómica de estos invertebrados marinos que más se ha estudiado. En esta glándula se produce un líquido oscuro que contiene melanina y otros componentes químicos. La segunda parte del sistema está compuesta por un órgano conductor en forma de embudo, que contribuye en la secreción de la tinta y se conoce como glándula mucosa u órgano embudo (Derby, 2014).

### ¿Cómo cambian de color los cefalópodos?

Los cefalópodos tienen la capacidad de mostrar diferentes coloraciones y esto lo logran mediante una serie de movimientos de músculos y órganos pigmentarios especializados, llamados cromatóforos, iridióforos y leucóforos (véase la **Figura 3**). El mecanismo que estos organismos utilizan para expresar esa coloración dinámica para el camuflaje o la comunicación depende de la profundidad del agua en donde

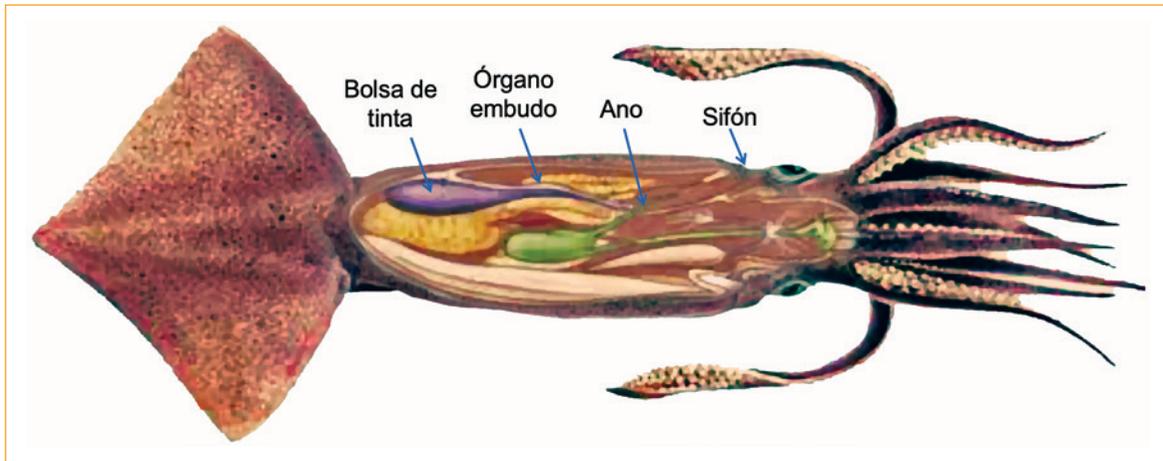


Figura 2. Anatomía interna de un calamar.

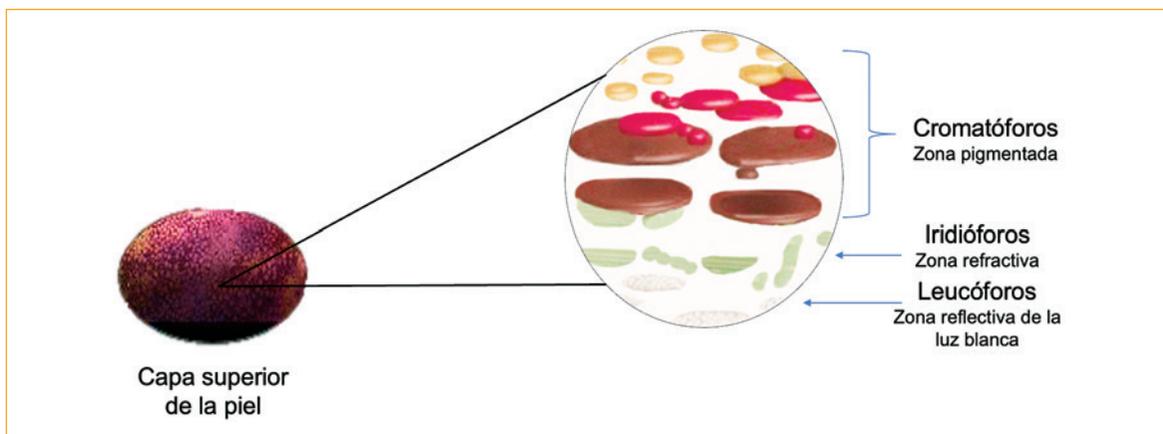


Figura 3. Coloración de la piel de cefalópodos: capa superior y esquema de las unidades ópticas en el manto dorsal.

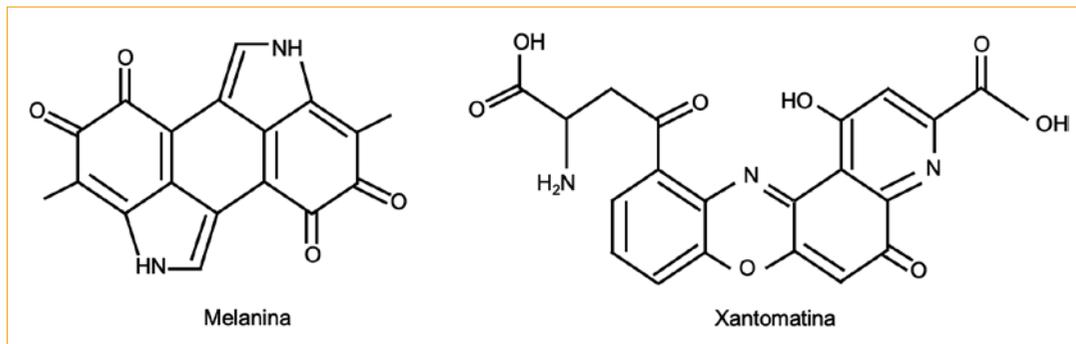
habitan. Aquellos que viven en aguas poco profundas cambian sus patrones de coloración a través de los cromatóforos, mientras que los que se localizan en aguas más profundas lo hacen mediante unos órganos que emiten luz llamados fotóforos (Cloney y Brocco, 1983).

Los cromatóforos son un filtro de color que se expande, mientras que los iridióforos son reflectores y los leucóforos reflejan una luz blanca. Se ha establecido que los iridióforos y leucóforos producen color mediante coloración estructural y los cromatóforos son órganos pigmentarios. Los cromatóforos se observan como pequeños parches o puntos debajo de la piel y contienen en su interior pigmentos rojos (eritróforos), amarillos (xantóforos) y marrón-negros

(melanóforos) (Cloney y Brocco, 1983). Los análisis realizados en torno a los cromatóforos presentes en la piel de los cefalópodos indican que éstos pertenecen a un grupo de compuestos químicos conocidos como omocromos (Chan-Higuera y cols., 2019b).

### Los pigmentos de los cefalópodos como agentes quimiopreventivos

Los pigmentos de origen marino, como ya se mencionó, están emergiendo como una alternativa importante para la prevención de algunas enfermedades crónico-degenerativas. Acorde a las investigaciones realizadas, los principales pigmentos presentes en los animales marinos son pigmentos nitrogenados,



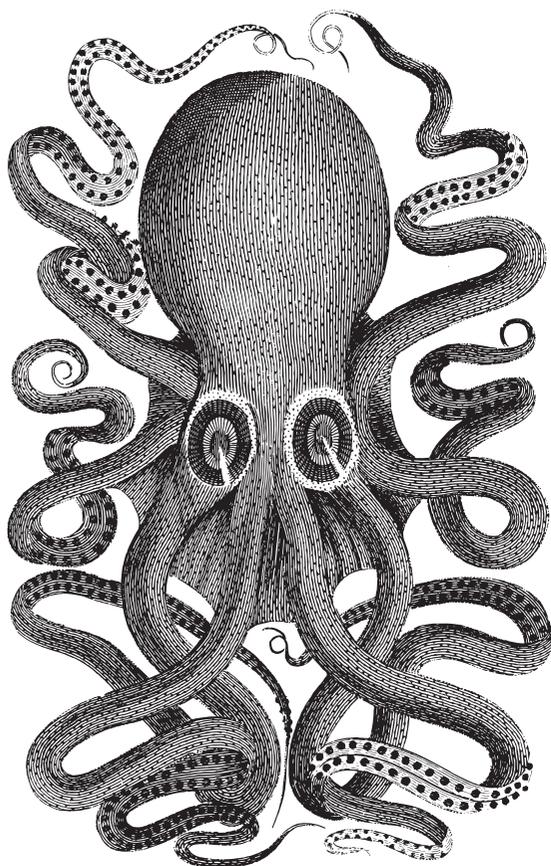
**Figura 4.** Estructura química de una molécula de melanina y de un omocromo.

como la melanina y los omocromos (véase la **Figura 4**), y ambos presentan una amplia gama de bioactividades, entre las que destacan las antioxidantes, antimicrobianas y antimutagénicas.

La tinta de los cefalópodos se ha usado en las culturas orientales tradicionales como parte de la medicina homeopática para el tratamiento de diferentes problemas de salud, como los desbalances hormonales, infecciones urinarias, gonorrea (Derby,

2014). Las evidencias existentes indican que algunas dinastías chinas, como la Ming, emplearon la tinta de la sepia para tratar problemas del corazón (Derby, 2014). Recientemente, Hernández-Zazueta y cols. (2021) reportaron que los principales compuestos presentes en la tinta del pulpo que actúan como agentes antiproliferativos sobre células humanas cancerígenas –del tipo colorrectal (HT-29 y HCT116) y de mamá (MDA-MB-231)– son el ácido hexadecanoico y la 1-(15-metil-1-oxohexadecil)-pirrolidina; además reportaron que dichas fracciones no presentaban un efecto citotóxico.

La actividad antimutagénica de otro grupo de pigmentos identificados en los cefalópodos, los omocromos, ha sido muy poco estudiada. Chan-Higuera y cols. (2019a) detectaron que extractos pigmentados de la piel de calamar gigante –identificados como xantomatina y dihidroxantomatina (Chan-Higuera y cols., 2019b)– pueden reducir la mutación inducida por una toxina común como es la aflatoxina B<sub>1</sub> en bacterias como la *Salmonella typhimurium*. El mecanismo mutagénico de la aflatoxina está mediado por la producción de radicales libres, por lo que se ha sugerido que los omocromos presentes en los cefalópodos pueden prevenir la formación de radicales y la mutación inducida por la aflatoxina (Chan-Higuera y cols., 2019a).



■ **Conclusión**

■ Los cefalópodos son capaces de producir compuestos pigmentarios en cantidades elevadas, como una manera de defenderse en el ambiente marino de



situaciones adversas a las que se enfrentan en su vida. Hoy día existen diversos estudios que muestran que estos organismos representan una fuente de nuevas moléculas potencialmente eficientes para el tratamiento de padecimientos como el cáncer. Los estudios indican que en la tinta del pulpo se encuentran una serie de compuestos químicos capaces de prevenir el desarrollo de algunas células cancerígenas. Asimismo, se ha detectado que la piel del calamar puede ser fuente de otros compuestos químicos pigmentados, los omocromos, que son capaces de reducir la mutación inducida por la aflatoxina. Así pues, las bioactividades hasta ahora detectadas en algunas moléculas aisladas de los cefalópodos representan un área importante de investigación y en un futuro una oportunidad de desarrollo económico.

#### Adriana Isabel Cáñez-Zúñiga

Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos,  
Universidad de Sonora.  
adrianaacanez00@gmail.com.

#### Josafat Marina Ezquerro Brauer

Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos,  
Universidad de Sonora.  
josafat.ezquerro@unison.mx.

#### Lecturas recomendadas

- Chan-Higuera, J. E., A. A. Carbonell-Barrachina, J. L. Cárdenas-López, M. Kačániová, A. Burgos-Hernández y J. M. Ezquerro-Brauer (2019a), "Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) skin pigments: Chemical analysis and evaluation of antimicrobial and antimutagenic potential", *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Science*, 9(2):349-353.
- Chan-Higuera, J. E., H. C. Santacruz-Ortega, A. A. Carbonell-Barrachina, A. Burgos-Hernández, R. M. Robles-Sánchez *et al.* (2019b), "Xanthommatin is behind the antioxidant activity of the skin of *Dosidicus gigas*", *Molecules*, 24(19):3420.
- Cloney, R. A. y S. L. Brocco (1983), "Chromatophore Organs, Reflector Cells, Iridocytes and Leucophores in Cephalopods", *American Zoologist*, 23(3):581-592.
- Derby, C. D. (2014), "Cephalopod Ink: Production, chemistry, functions and applications", *Marine Drugs*, 12(5):2700-2730.
- Hernández-Zazueta, M. S., J. S. García-Romo, L. Noguera-Artiaga, I. Luzardo-Ocampo, A. A. Carbonell-Barrachina *et al.* (2021), "Octopus *vulgaris* ink extracts exhibit antioxidant, antimutagenic, cytoprotective, antiproliferative, and proapoptotic effects in selected human cancer cell lines", *Journal of Food Science*, 86(2):587-601.
- Lauritano, C. y A. Ianora (2020), "Chemical defense in marine organisms", *Marine Drugs*, 18(10): 518.
- Manivasagan, P., S. Bharathiraja, M. S. Moorthy, S. Mondal, H. Seo, K. D. Lee y J. Oh (2018), "Marine natural pigments as potential sources for therapeutic applications", *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(5):745-761.
- OMS (2021), *Cáncer*, Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cancer>>, consultado el 6 de mayo de 2024.
- Schrader, T. J. (2003), "Mutagens", en *The Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2.<sup>a</sup> ed., B. Caballero (ed.), Academic Press, Baltimore, pp 4059-4067. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00817-8>>, consultado el 6 de mayo de 2024.