

CONSERVAR LA FARMACIA DEL MAR

¿Cómo afecta el cambio global a las especies con potencial bioactivo del Mediterráneo?

ARNAU CARREÑO, ÀNGEL IZQUIERDO Y JOSEP LLORET

Varias especies marinas del Mediterráneo producen moléculas con potencial bioactivo que podrían utilizarse para descubrir nuevos medicamentos (antibióticos, antifúngicos, antivirales y antitumorales). Diferentes actividades humanas como la contaminación, las actividades recreativas marítimas, la pesca y el cambio climático hacen que algunas de estas especies se encuentren amenazadas e, incluso, en peligro de extinción. Hay que proteger estas especies vulnerables con potencial bioactivo, sobre todo en las reservas marinas, no solo porque son componentes valiosos de los ecosistemas marinos, sino también porque son una fuente potencial de moléculas con propiedades farmacológicas que actualmente se están investigando para descubrir nuevos medicamentos.

Palabras clave: cambio global, océanos, biodiversidad, salud, compuestos bioactivos.

■ INTRODUCCIÓN

Los organismos marinos, con cerca de dos millones de especies, establecen relaciones altamente competitivas y complejas en hábitats a menudo limitados en el espacio, lo cual les obliga a competir de manera muy agresiva (Simmons, Andrianasolo, McPhail, Flatt y Gerwick, 2005). En respuesta a esta competencia, un alto porcentaje de especies producen compuestos químicos, a menudo llamados *compuestos bioactivos*, que tienen varias finalidades: defenderse de sus depredadores, protegerse del crecimiento de otras especies competidoras por encima de ellas o para capturar sus presas (Simmons et al., 2005). Los compuestos bioactivos son moléculas producidas por una amplia gama de organismos que, en el caso de los marinos, pueden comprender desde bacterias, hongos y microalgas hasta organismos más complejos como por ejemplo macroalgas, fanerógamas marinas, invertebrados y vertebrados. Estos compuestos incluyen una amplia gama de moléculas que actualmente se están investigando para sintetizar nuevos productos y medicinas. Entre estos encontramos péptidos anticancerígenos,

«Varias especies del mar Mediterráneo son una fuente potencial de moléculas con propiedades farmacológicas»

caracterizados por su acción citotóxica (daño celular) y antitumoral (antiproliferativa, entre otros) contra varias líneas de células tumorales; metabolitos antibacterianos, antifúngicos y antivirales que se utilizan para la elaboración de antibióticos y medicamentos contra los hongos y contra los virus, respectivamente; moléculas antioxidantes, que pueden proteger las células de las especies reactivas de oxígeno y radicales libres; antiinflamatorios, que pueden ayudar a combatir determinados procesos celulares inflamatorios que pueden comportar determinadas patologías; toxinas (y antitoxinas), que pueden tener diversos usos terapéuticos, y productos naturales complejos (por ejemplo aceites esenciales) (Carreño y Lloret, en prensa; Uriz et al., 1991).

Varias especies animales y vegetales del mar Mediterráneo tienen potencial bioactivo (Uriz et al., 1991), es decir, son una fuente potencial de moléculas con propiedades farmacológicas y que podrían utilizarse para descubrir nuevos medicamentos antibióticos, antifúngicos, antivirales y antitumorales. La mayoría son organismos sésiles bentónicos que producen moléculas con potencial bioactivo, como los tuni-

cados *Ecteinascidia turbinata* y *Halocynthia papillosa*, con potencial antitumoral; esponjas como *Spongia officinalis* y *Axinella damicornis*, con potencial antibacteriano; briozoos como *Myriapora truncata* y *Pentapora fascialis*, también con potencial antibacteriano; y cnidarios como *Pennatula aculeata* y *Actinia equina*, con potencial antiinflamatorio; pero también tienen potencial bioactivo algunos equinodermos como el erizo de mar *Paracentrotus lividus* y el pepino de mar *Holothuria tubulosa*, con potencial antiinflamatorio; moluscos como la sepia *Sepia officinalis* y el calamar *Loligo vulgaris*, con potencial antibacteriano; crustáceos decápodos, como la cigala (*Nephrops norvegicus*) y el cangrejo verde (*Carcinus mediterraneus*), con potencial antitumoral; y peces como la sardina (*Sardina pilchardus*) y la raya (*Raja clavata*), que tienen compuestos con potencial antioxidante. Todos estos animales producen una gran variedad de compuestos químicos que les sirven como medio de defensa contra sus depredadores, los organismos competidores y los parásitos o los microorganismos invasivos (Carreño y Lloret, en prensa; Uriz et al., 1991).

«A pesar del interés de los compuestos con potencial bioactivo, algunas de estas especies se encuentran amenazadas y en peligro de extinción»

A pesar del interés de sus compuestos con potencial bioactivo para el descubrimiento de futuros medicamentos, estas especies se ven afectadas por el cambio climático y las actividades humanas e incluso algunas se encuentran amenazadas y en peligro de extinción. Pese al estado crítico de algunas de ellas, los estudios sobre los impactos antropogénicos en su estado de conservación son todavía escasos. Hacen falta nuevos estudios para entender mejor cómo estas especies afrontan el impacto de las actividades humanas y del cambio climático, porque, si se extinguen, se están perdiendo las posibilidades que estas especies ofrecen para descubrir nuevos medicamentos de origen marino.

■ IMPACTO DEL CAMBIO GLOBAL SOBRE LAS ESPECIES CON POTENCIAL BIOACTIVO

Varios estudios han analizado el papel de las especies que tienen compuestos bioactivos en el Mediterráneo en los últimos años. En 2019 se realizó una revisión de las especies de peces y macroinvertebrados que vivían en la reserva marina del cabo de Creus, en el norte de

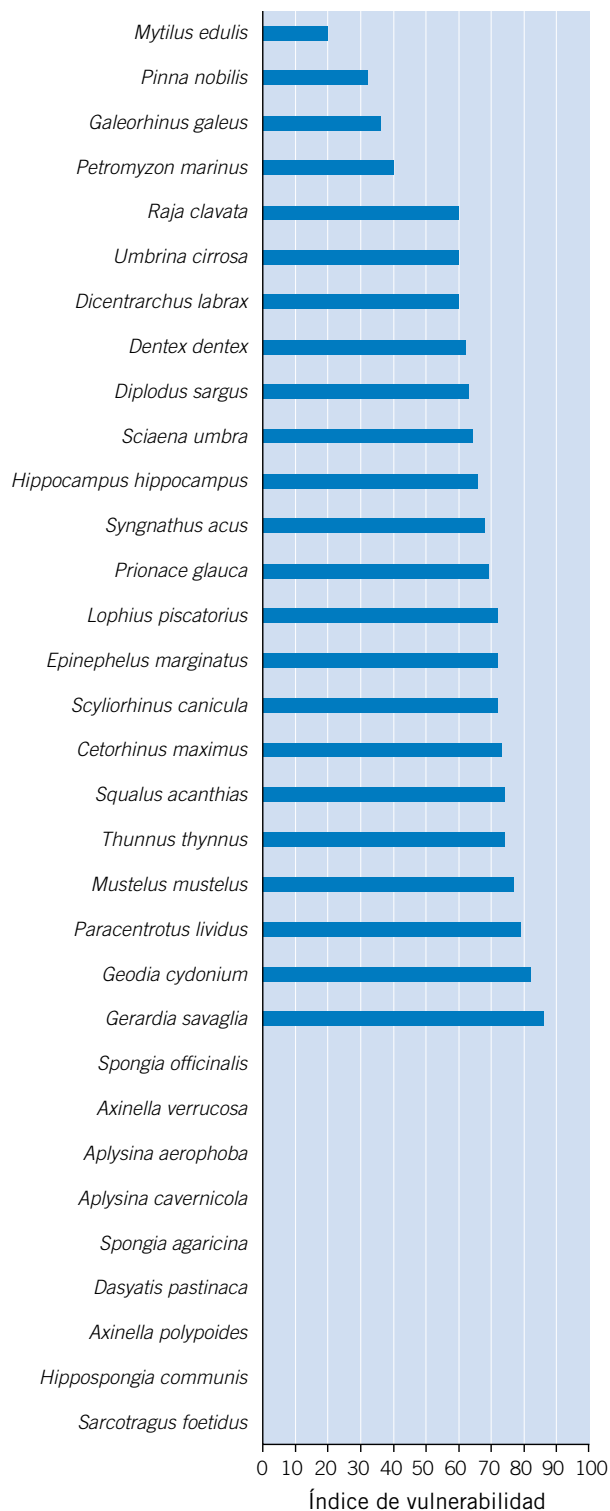


Figura 1. Especies con potencial bioactivo del Mediterráneo clasificadas como vulnerables y ordenadas en función de su índice de vulnerabilidad, según el estudio efectuado en el Parque Natural de Cabo de Creus por Carreño y Lloret (en prensa). Las filas en blanco corresponden a especies clasificadas como vulnerables según el criterio establecido en la metodología de este artículo, pero sin información sobre su índice de vulnerabilidad.



Lluís Maé Blanch



Revtal Salomon

Cataluña, y que se describían en la literatura científica como especies con potencial bioactivo (Carreño y Lloret, en prensa). Posteriormente se evaluó la vulnerabilidad utilizando el marco metodológico establecido por Lloret et al. (2019), teniendo en cuenta aquellas especies que aparecían en la Lista Roja de la IUCN/Evaluación regional en el Mediterráneo como amenazadas o en una categoría superior de amenaza, y aquellas con un índice de vulnerabilidad superior a 60 (es decir, de alta a muy alta vulnerabilidad según este índice establecido por Cheung, Pitcher y Pauly [2005]). También se incluyeron las especies que aparecían en diferentes convenciones internacionales de protección de la flora y de la fauna como la de Barcelona, Berna o CITES, y en la Directiva Hábitats de la Unión Europea.

Después de revisar la literatura científica¹ para obtener información sobre los impactos antropogénicos y del cambio climático en estas especies de peces y macroinvertebrados, y de revisar estudios de la literatura gris y de proyectos de investigación, podemos establecer que existen 32 especies con potencial bioactivo que son vulnerables y que se ven amenazadas por diferentes factores antropogénicos como la contaminación, las actividades marítimas recreativas y la pesca, así como por la acción del cambio climático. A pesar de que algunas de estas especies no han sido estudiadas lo

**«En el Mediterráneo,
hay 32 especies con potencial
bioactivo que son vulnerables
y se ven amenazadas
por factores antropogénicos»**

Existen varias especies animales con potencial bioactivo en el mar Mediterráneo. Es el caso de moluscos como la sepia (*Sepia officinalis*), con potencial antibacteriano (a la izquierda), o de equinodermos como el erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) con potencial antiinflamatorio (a la derecha).

suficiente y, por tanto, no se conoce su índice de vulnerabilidad, aparecen como vulnerables en la Lista Roja de la IUCN o enmarcadas en los convenios de protección internacional (Figura 1). Dentro de estas especies destacan como especialmente vulnerables las esponjas y los peces condriictios.

Contaminación marina

La contaminación marina (plásticos, desechos, aguas residuales, etc.) afecta a todos los organismos marinos, pero perjudica especialmente a los organismos sésiles y de crecimiento lento como algunas esponjas, ascidios, cnidarios y bivalvos, entre los cuales encontramos una buena representación de especies que producen moléculas con potencial bioactivo. Como consecuencia, se produce una limitación de su capacidad de crecimiento y de filtración (Zahn et al., 1977).

Los desechos pueden contaminar de varias maneras: se pueden acumular en la superficie de especies e inhibir su crecimiento y provocar daños como la necrosis de los tejidos, estrangulamiento de los ejemplares, asfixia, etc. Los plásticos son la principal fuente de contaminación y basura marina, y representan hasta un 80 % de todos los desechos del Mediterráneo generados por los humanos (Derraik, 2002). Los plásticos también pueden acumularse en organismos filtradores o bien ser descompuestos en microplásticos, que pueden ser ingeridos por otros organismos y bioacumulados a través de la cadena trófica hasta llegar al ser humano (Bordbar, Kapiris, Kalogirou y Anastaso-

¹ Las bases de datos consultadas han sido ScienceDirect, PubMed, PLOS ONE y Google Scholar. También se han revisado estudios de la literatura gris (informes y otros trabajos no publicados en revistas indexadas) y de proyectos de investigación que tratan sobre los impactos antropogénicos, especialmente los del proyecto PHAROS4MPAS (<https://pharos4mpas.interreg-med.eu/>), que hace una compilación de estos impactos en áreas marinas protegidas (AMP) del Mediterráneo.

poulou, 2018). A pesar de que encontramos microplásticos en peces que producen moléculas con potencial antioxidante y antitumoral como la caballa (*Scomber scombrus*) o el atún (*Thunnus thynnus*), los efectos sobre la salud de las personas todavía son poco conocidos.

Las aguas residuales que algunos barcos todavía arrojan al mar promueven la proliferación de microorganismos tóxicos y microalgas, lo que limita el intercambio de oxígeno al agua y da lugar a situaciones locales de anoxia. También afecta a la calidad del agua, pues la proliferación de estos organismos, que aprovechan el exceso de materia orgánica de las aguas residuales, libera grandes cantidades de H_2S y CO_2 . En la bahía de Palma (Mallorca), por ejemplo, hay zonas donde no crecen algas ni fanerógamas marinas que pueden tener potencial bioactivo, como la *Posidonia oceanica*, que contiene compuestos con potencial antiinflamatorio. Se sospecha que este problema se debe a las descargas de aguas residuales de la ciudad, que dificultan la fotosíntesis de la posidonia, puesto que, además de enturbiar el agua debido a las partículas que estas aguas residuales contienen, también promueven la proliferación de algas como consecuencia de los nutrientes aportados (Bonin-Font et al., 2018). Además, los productos químicos como grasas industriales, detergentes y jabones pueden causar alteraciones en el fitoplancton, que constituye la base de la red trófica, y obstruir la capacidad de filtración de los organismos filtradores que tienen potencial bioactivo, como determinadas gorgonias, corales, esponjas, ascidios y bivalvos, e inducir mortalidad en estos organismos (Zahn et al., 1977).

Actividades recreativas marítimas

La navegación con barcos de motor y motos de agua sobre los fondos marinos arenosos o fangosos poco profundos puede contribuir a generar suspensión de sedimentos, lo que contribuye a aumentar considerablemente la turbidez del agua y producir una disminución de la penetración de la luz. Esto puede causar efectos adversos sobre las algas, fanerógamas marinas y otras especies animales sésiles que tienen potencial bioactivo. Los sedimentos en suspensión también pueden afectar directamente a determinados peces que producen compuestos con potencial bioactivo, como el bonito (*Sarda sarda*) y el jurel blanco (*Trachurus mediterraneus*) –ambos con compuestos con potencial antioxidante– puesto que reducen la disponibilidad de nutrientes y su visibilidad, o les obstruyen las branquias (Bruton, 1985). La turbidez no solo afecta a la transparencia del agua, sino que también favorece la eutrofización, lo que puede promover



Tom Font

A



Albert Kok

C

la proliferación de bacterias tóxicas y de algas nocivas a causa de la mayor presencia de materia orgánica que se descompone (Alexander y Wigart, 2013). Estos organismos nocivos pueden suponer una amenaza tanto para las especies marinas como para la salud de los humanos que visitan estas zonas.

La navegación de embarcaciones comerciales y de ocio en determinadas zonas de gran afluencia provoca niveles de ruido recurrentes que pueden afectar a la fauna marina (incluyendo aves y mamíferos marinos), y producir así cambios en su comportamiento (Codarin, Wysocki, Ladich y Picciulin, 2009). El ruido que causan los motores puede afectar a determinados peces que pueden tener potencial bioactivo. En el caso de la corvina (*Sciaena umbra*), que tiene compuestos con potencial anticoagulante, el ruido de los barcos reduce su sensibilidad auditiva y su capacidad de comunicación (Codarin et al., 2009).



Matthieu Sontag CC-BY-SA

Algunas especies presentes en el Mediterráneo son una fuente potencial de moléculas que podrían usarse para nuevos medicamentos. La mayoría son organismos sésiles bentónicos como los de las imágenes. **A)** El cnidario *Actinia equina*, con potencial antiinflamatorio; **B)** la esponja *Axinella damicornis*, con potencial antibacteriano; **C)** el tunicado *Halocynthia papillosa*, con potencial antitumoral.

Los impactos de las anclas y cadenas de los barcos también causan daños a un gran número de algas, fanerógamas marinas y organismos bentónicos sésiles, especialmente los que tienen un crecimiento lento y son más sensibles a la contaminación (Milazzo, Badalamenti, Ceccherelli y Chemello, 2004; Natalotto et al., 2015). Destaca el caso de la nacra (*Pinna nobilis*), un bivalvo que produce compuestos con potencial antioxidante y que actualmente se encuentra en peligro crítico de extinción por una acumulación de factores naturales y antropogénicos: su supervivencia se ve amenazada, por una parte, por el impacto del anclaje de las embarcaciones de recreo (Hendriks et al., 2013) y la contaminación marina (Natalotto et al., 2015); y, por otra, debido a la alta mortalidad que han sufrido recientemente por una enfermedad atribuida al protozoo endoparásito *Haplosporidium pinnae* (Cabanellas-Reboredo et al., 2019).

No solo los barcos afectan a los organismos sésiles con potencial bioactivo; otras actividades de ocio que pueden implicar contactos con el bentos, como la pesca submarina o el buceo, también pueden tener un impacto

en determinadas ocasiones. Es el caso del briozoo *Pentapora fascialis*, con potencial antibacteriano, que es dañado por los impactos de las aletas de buceadores y pescadores submarinos inexpertos (Casoli et al., 2017).

Actividad pesquera

Algunos métodos de pesca profesional, como la pesca de arrastre, afectan profundamente a los hábitats y las especies marinas (Pipitone, Badalamenti, D'Anna y Patti, 2000). Hay diferentes peces que no son objetivo de la actividad pesquera (tienen poco o nulo valor comercial; normalmente forman parte de los descartes) pero que tienen potencial bioactivo, como la aguja de mar *Syngnathus acus* y el pez araña *Trachinus draco*, con potenciales citotóxico y antitumoral respectivamente.

Destaca también el ejemplo de varias especies que producen moléculas con potencial antitumoral, como el atún, la musola lisa (*Mustelus mustelus*), el tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) o la pastinaca (*Dasyatis pastinaca*), y que están incluidas en varios convenios internacionales de protección de la fauna, como CITES, Barcelona y Berna, y en la Lista Roja de la IUCN.

Por otro lado, las poblaciones de peces con potencial bioactivo se ven amenazadas no solo por la acción de la pesca comercial a gran escala, sino también a veces por la pesca a pequeña escala y por la pesca recreativa (Lloret et al., 2019), como es el caso del mero (*Epinephelus marginatus*), la dorada (*Sparus aurata*) y el dentón (*Dentex dentex*), especies que producen moléculas con potencial antibacteriano (Lloret et al., 2019). La piel de la tintorera (*Prionace glauca*) tiene propiedades antioxidantes, pero también es una de las especies de tiburón más explotadas comercialmente con palangre de superficie, y por algunos pescadores recreativos. La tintorera aparece

dentro de la Lista Roja de la IUCN como amenazada en todo el mundo, pero en el Mediterráneo su población está disminuyendo y está clasificada en la categoría «en peligro grave» (o CR, por las siglas en inglés de *critically endangered*). A pesar de que los pescadores recreativos en España no pueden pescarla, tampoco tienen la obligación de informar sobre su captura. El impacto global de la pesca recreativa sobre los tiburones es, pues, difícil de cuantificar (Lloret et al., 2019).

Finalmente, las artes en acción de pesca o perdidas en el fondo del mar causan numerosos daños tanto a las especies sésiles (gorgonias, por ejemplo) por abrasión,

«La contaminación marina perjudica especialmente los organismos sésiles y de crecimiento lento»

estrangulamiento, etc., como a las especies vágiles por culpa de la llamada pesca «fantasma», causada por las artes de pesca perdidas en el fondo del mar que continúan atrapando pescado (Lloret, Garrote, Balasch y Font, 2014) y que constituyen así una amenaza para estas especies que tienen compuestos con potencial bioactivo.

Calentamiento de las aguas

Se sabe que la temperatura del agua del mar en el Mediterráneo se ha incrementado como consecuencia del cambio climático, y que este calentamiento afecta negativamente al crecimiento y a la supervivencia de especies sésiles con potencial bioactivo como la gorgonia *Paramuricea clavata* y el coral rojo (*Corallium rubrum*) (Verdura et al., 2019).

El calentamiento de las aguas marinas también puede provocar una mortalidad masiva de especies por la proliferación de organismos patógenos oportunistas termófilos (Trainer y Hardy, 2015). Cada vez son más frecuentes las proliferaciones de algas que, o bien liberan sustancias tóxicas que inducen directamente la mortalidad de especies de peces, crustáceos y moluscos, o bien provocan anoxia en mares poco profundos como el Mar Menor, de forma que provocan impactos ecológicos importantes (Erena, Domínguez, Aguado-Giménez, Soria García-Galiano, 2019). Este último ejemplo no solo es debido al calentamiento de las aguas, sino también a la aportación repentina de nutrientes por los ríos en periodos de lluvia intensa, lo cual propicia la proliferación de microorganismos en estas aguas poco profundas.

Finalmente, el incremento de temperatura del mar también provoca el desplazamiento de especies con potencial bioactivo hacia aguas más frías, como es el caso de la sardina (*Sardina pilchardus*) y la caballa, y también la aparición de especies termófilas que pueden llegar a ser invasoras (Katsanevakis et al., 2014), algu-



Marie-Schneider-en-Pixabay

La navegación de embarcaciones comerciales y de ocio en determinadas zonas de gran afluencia provoca niveles de ruido recurrentes que pueden afectar a la fauna marina y producir cambios en su comportamiento. También afecta a especies que pueden tener potencial bioactivo, como la corvina (*Sciaena umbra*), que tiene compuestos con potencial anticoagulante, y que ve reducida la sensibilidad auditiva y de comunicación por los ruidos de los barcos.

«No solo los barcos afectan a los organismos sésiles con potencial bioactivo, también lo hacen actividades como la pesca o el buceo»

La contaminación tiene efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las especies marinas. En la bahía de Palma (Mallorca), hay zonas donde no crecen algas ni fanerógamas marinas que pueden tener potencial bioactivo. Se sospecha que este hecho está provocado por las descargas de agua residual de la ciudad, que dificultan la fotosíntesis de la posidonia pero que también promueven la proliferación de otras algas como consecuencia de los nutrientes aportados.

Javier Rodriguez CC-BY-SA 2.0





Josep Lloret

Los impactos de anclas y cadenas también causan daños a un gran número de algas, fanerógamas y organismos bentónicos sésiles, especialmente los que tienen un crecimiento lento y son más sensibles a la contaminación.

nas de las cuales, incluso, pueden ser peligrosas para la salud de las personas. Un ejemplo sería el pez globo *Lagocephalus sceleratus*, que se está expandiendo en el Mediterráneo (sobre todo en las costas orientales) procedente del Mar Rojo a través canal de Suez, ayudado por un incremento de temperatura del agua del mar. Esta especie, además de ser invasora y alterar la red trófica de las zonas donde se establece (Coro et al., 2018), es venenosa y potencialmente mortal a causa de la toxina que produce, la tetradotoxina (TTX), que provoca la parálisis y la muerte de quien la ingiere (Nieto et al., 2012). El canal de Suez es, pues, una problemática añadida a la ya en sí complicada gestión del calentamiento de las aguas, puesto que es un flujo constante de entrada de nuevas especies. Se estima que, actualmente, el canal de Suez ha

introducido entre 700 y 1.000 especies invasoras en el Mediterráneo. Además del pez globo, han cruzado otras especies invasoras y peligrosas para el ecosistema y las personas, como por ejemplo el pez león (*Pterois volitans*) o varias especies de medusas tóxicas como *Rhopilema nomadica*.

Por otro lado, el calentamiento de las aguas amenaza la supervivencia de especies autóctonas que producen compuestos bioactivos que se están demostrando útiles contra enfermedades emergentes y de gran actualidad. Es el caso de la ascidia *Aplidium albicans*, del cual se ha extraído un medicamento (denominado Aplidin) que se usa actualmente para combatir algunos tipos de mieloma (cáncer), y se está estudiando también como posible tratamiento de la COVID-19 (PharmaMar, 2020). Urge, pues, la protección de las especies con potencial bioactivo que pueden dar lugar a medicamentos eficaces para combatir nuevas dolencias.

Si bien el incremento de la temperatura de las aguas del mar parece ir en detrimento de estas especies con potencial bioactivo, hay que decir que este calentamiento también puede brindar potencialmente oportunidades a partir de especies termófilas que se benefician del incremento de la temperatura de mar y que producen compuestos con potencial bioactivo. Es el caso de la alacha (*Sardinella aurita*), una especie que tiene potencial antioxidante, o la sepia faraona (*Sepia pharaonis*), que tiene potencial citotóxico. Por otro lado, la tetradotoxina extraída del pez globo invasor *Lagocephalus sceleratus* se está utilizando para la síntesis de nuevas medicinas analgésicas para paliar el dolor crónico (Nieto et al., 2012); mientras que el veneno de *Scorpaena plumieri* (Campos et al., 2016) es un buen candidato porque contiene compuestos bioactivos inflamatorios y citotóxicos. El calentamiento de las aguas también propicia la proliferación de algas y microorganismos que pueden producir toxinas con potencial bioactivo, como es el caso del dinoflagelado *Karenia*



brevis en el golfo de México, que se está investigando para la obtención de una nueva medicina para tratar la fibrosis quística (Potera, 2007). El calentamiento de las aguas también podría estar contribuyendo a un aumento de las poblaciones de las medusas (Boero, Brotz, Gibbons, Piraino y Zampardi, 2016), entre las cuales hay algunas, como *Rhizostoma pulmo* y *Pelagia noctiluca*, que tienen potencial bioactivo citotóxico.

■ DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

A pesar de que un buen número de especies con potencial bioactivo del Mediterráneo son vulnerables al cambio global y aparecen dentro de convenios internacionales de protección de las especies, estas no están protegidas legalmente. Un estudio reciente (Carreño y Lloret, en prensa) indica que alrededor del 20% de las especies de peces y macroinvertebrados marinos documentadas en el cabo de Creus tienen potencial bioactivo y, dentro de estas, un 20% han sido clasificadas como vulnerables. Hacen falta nuevas medidas de gestión para proteger las especies con potencial bioactivo que son vulnerables, que incluyan: el seguimiento de sus poblaciones, el establecimiento de nuevas normativas, la creación de nuevas áreas marinas protegidas y la realización de actividades de difusión para los pescadores y empresas relacionadas con actividades recreativas marítimas (buceo, náutica, etc.) y para el público en general para concienciar sobre la importancia de protegerlas. Las especies con potencial bioactivo deben protegerse, no solo porque son componentes valiosos de los ecosistemas marinos, sino también porque son una fuente potencial de moléculas con propiedades farmacológicas que podrían utilizarse para investigar nuevos medicamentos para tratar enfermedades como el cáncer. En este sentido, proponemos que los gestores con competencias sobre los ecosistemas marinos tengan en cuenta el potencial bioactivo de las especies vulnerables para considerar nuevas medidas de gestión para protegerlas, sobre todo en las reservas marinas, puesto que constituyen una verdadera «farmacia del mar». ☺

REFERENCIAS

- Alexander, M. T., & Wigart, R. C. (2013). Effect of motorized watercraft on summer nearshore turbidity at Lake Tahoe, California–Nevada. *Lake and Reservoir Management*, 29(4), 247–256. doi: [10.1080/10402381.2013.840704](https://doi.org/10.1080/10402381.2013.840704)
- Boero, F., Brotz, L., Gibbons, M., Piraino, S., & Zampardi, S. (2016). 3.10 Impacts and effects of ocean warming on jellyfish. En D. Laffoley & J. M. Baxter (Eds.), *Explaining ocean warming: Causes, scale, effects and consequences* (pp. 213–237). Gland, Switzerland: IUCN.
- Bonin-Font, F., Lallucat, J., Oliver-Codina, G., Massot-Campos, M., Font, E. G., & Carrasco, P. L. N. (2018). Evaluating the impact of sewage discharges on the marine environment with a lightweight AUV. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 714–722. doi: [10.1016/J.MARPOLBUL.2018.07.071](https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.07.071)



Mark Conlin/WFNS

La piel de la tintorera (*Prionace glauca*) tiene propiedades antioxidantes. Esta especie está en la Lista Roja de la IUCN como amenazada en todo el mundo, mientras que en el Mediterráneo su población está disminuyendo y está clasificada como «en peligro grave». A pesar de que en España los pescadores recreativos no pueden pescarla, tampoco tienen la obligación de informar sobre su captura.

Toni Font

- Bordbar, L., Kapiris, K., Kalogirou, S., & Anastasopoulou, A. (2018). First evidence of ingested plastics by a high commercial shrimp species (*Plesionika narval*) in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 472–476. doi: [10.1016/J.MARPOLBUL.2018.09.030](https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.09.030)
- Bruton, M. N. (1985). The effects of suspensions on fish. *Hydrobiologia*, 125(1), 221–241. doi: [10.1007/BF00045937](https://doi.org/10.1007/BF00045937)
- Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., ... Hendriks, I. E. (2019). Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific Reports*, 9(1), 13355. doi: [10.1038/s41598-019-49808-4](https://doi.org/10.1038/s41598-019-49808-4)
- Campos, F. V., Menezes, T. N., Malacarne, P. F., Costa, F. L. S., Naumann, G. B., Gomes, H. L., & Figueiredo, S. G. (2016). A review on the *Scorpaena plumieri* fish venom and its bioactive compounds. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 22, 35. doi: [10.1186/s40409-016-0090-7](https://doi.org/10.1186/s40409-016-0090-7)
- Carreño, A., & Lloret, J. (en prensa). The vulnerability of fish and macroinvertebrate species with bioactive potential in a Mediterranean marine protected area. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*.
- Casoli, E., Nicoletti, L., Mastrantonio, G., Jona-Lasinio, G., Belluscio, A., & Ardizzone, G. D. (2017). Scuba diving damage on coralligenous builders: Bryozoan species as an indicator of stress. *Ecological Indicators*, 74, 441–450. doi: [10.1016/J.ECOLIND.2016.12.005](https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.12.005)
- Cheung, W. W. L., Pitcher, T. J., & Pauly, D. (2005). A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerabilities of marine fishes to fishing. *Biological Conservation*, 124(1), 97–111. doi: [10.1016/j.biocon.2005.01.017](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.01.017)
- Codarin, A., Wysocki, L. E., Ladich, F., & Picciulin, M. (2009). Effects of ambient and boat noise on hearing and communication in three fish species living in a marine protected area (Miramare, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 58(12), 1880–1887. doi: [10.1016/j.marpolbul.2009.07.011](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.07.011)
- Coro, G., Vilas, L. G., Magliozzi, C., Ellenbroek, A., Scarponi, P., & Pagano, P. (2018). Forecasting the ongoing invasion of *Lagocephalus sceleratus* in the Mediterranean Sea. *Ecological Modelling*, 371, 37–49. doi: [10.1016/j.ecolmodel.2018.01.007](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.01.007)
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44(9), 842–852. doi: [10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- Erena, M., Domínguez, J. A., Aguado-Giménez, F., Soria, J., & García-Galiano, S. (2019). Monitoring coastal lagoon water quality through remote



Lászlo Ilyés

El incremento de la temperatura del mar puede brindar una oportunidad a especies termófilas que producen compuestos con potencial bioactivo. Es el caso de medusas como *Rhizostoma pulmo*, a la izquierda, con potencial bioactivo citotóxico, o de *Scorpaena plumieri*, a la derecha, que contiene compuestos bioactivos inflamatorios y citotóxicos.

sensing: The Mar Menor as a case study. *Water*, 11(7), 1468. doi: [10.3390/w11071468](https://doi.org/10.3390/w11071468)

Hendriks, I. E., Tenan, S., Tavecchia, G., Marbà, N., Jordà, G., Deudero, S., ... Duarte, C. M. (2013). Boat anchoring impacts coastal populations of the pen shell, the largest bivalve in the Mediterranean. *Biological Conservation*, 160, 105–113. doi: [10.1016/J.BIOCON.2013.01.012](https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2013.01.012)

Katsanevakis, S., Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Ben Rais Lasram, F., Zenetos, A., & Cardoso, A. C. (2014). Invading the Mediterranean Sea: Biodiversity patterns shaped by human activities. *Frontiers in Marine Science*, 1, 32. doi: [10.3389/fmars.2014.00032](https://doi.org/10.3389/fmars.2014.00032)

Lloret, J., Biton-Porsmoguer, S., Carreño, A., Di Franco, A., Sahyoun, R., Melià, P. J., ... Font, T. (2019). Recreational and small-scale fisheries threaten vulnerable species in coastal and offshore Mediterranean waters. *ICES Journal of Marine Science*, 77(6), 2255–2264. doi: [10.1093/icesjms/fsz071](https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz071)

Lloret, J., Garrote, A., Balasch, N., & Font, T. (2014). Estimating recreational fishing tackle loss in Mediterranean coastal areas: Potential impacts on wildlife. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 17(2), 179–185. doi: [10.1080/14634988.2014.910070](https://doi.org/10.1080/14634988.2014.910070)

Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., & Chemello, R. (2004). Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): Effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299(1), 51–62. doi: [10.1016/J.JEMBE.2003.09.003](https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2003.09.003)

Natalotto, A., Sureda, A., Maisano, M., Spanò, N., Mauzeri, A., & Deudero, S. (2015). Biomarkers of environmental stress in gills of *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) from Balearic Island. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 9–16. doi: [10.1016/J.ECOENV.2015.06.035](https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2015.06.035)

Nieto, F. R., Cobos, E. J., Tejada, M. Á., Sánchez-Fernández, C., González-Cano, R., & Cendán, C. M. (2012). Tetrodotoxin (TTX) as a therapeutic agent for pain. *Marine Drugs*, 10(2), 281–305. doi: [10.3390/md10020281](https://doi.org/10.3390/md10020281)

PharmaMar. (2020, 16 de marzo). *PharmaMar anuncia resultados positivos de Aplidin® contra el coronavirus HCoV-229E*. Madrid. Consultado en <http://www.pmfarma.es/noticias/28280-pharmamar-anuncia-resultados-positivos-de-aplidin-contra-el-coronavirus-hcov-229e.html>

Pipitone, C., Badalamenti, F., D'Anna, G., & Patti, B. (2000). Fish biomass increase after a four-year trawl ban in the Gulf of Castellammare (NW Sicily, Mediterranean Sea). *Fisheries Research*, 48(1), 23–30. doi: [10.1016/S0165-7836\(00\)00114-4](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00114-4)

Potera, C. (2007). Florida red tide brews up drug lead for cystic fibrosis. *Science*, 316(5831), 1561–1562. doi: [10.1126/science.316.5831.1561](https://doi.org/10.1126/science.316.5831.1561)

Simmons, T. L., Andrianasolo, E., McPhail, K., Flatt, P., & Gerwick, W. H. (2005). Marine natural products as anticancer drugs. *Molecular Cancer Therapeutics*, 4(2), 333–342. Consultat en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15713904>

Trainer, V. L., & Hardy, F. J. (2015). Integrative monitoring of marine and freshwater harmful algae in Washington state for public health protection. *Toxins*, 7(4), 1206–1234. doi: [10.3390/toxins7041206](https://doi.org/10.3390/toxins7041206)

Uriz, M. J., Martin, D., Turon, X., Ballesteros, E., Hughes, R., & Acebal, C. (1991). An approach to the ecological significance of chemically mediated bioactivity in Mediterranean benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*, 70(2), 175–188. doi: [10.3354/meps070175](https://doi.org/10.3354/meps070175)

Verdura, J., Linares, C., Ballesteros, E., Coma, R., Uriz, M. J., Bensoussan, N., & Cebrian, E. (2019). Biodiversity loss in a Mediterranean ecosystem due to an extreme warming event unveils the role of an engineering gorgonian species. *Scientific Reports*, 9, 5911. doi: [10.1038/s41598-019-41929-0](https://doi.org/10.1038/s41598-019-41929-0)

Zahn, R. K., Zahn, G., Müller, W. E. G., Müller, I., Beyer, R., Müller-berger, U., ... Britvić, S. (1977). Consequences of detergent pollution of the sea: Effects on regenerating sponge cubes of *Geodia cydonium*. *Science of The Total Environment*, 8(2), 109–151. doi: [10.1016/0048-9697\(77\)90072-9](https://doi.org/10.1016/0048-9697(77)90072-9)

ARNAU CARREÑO. Estudiante de doctorado del Grupo de Investigación «Ecosistemas marinos y Salud Humana» y de la Cátedra de Océanos y Salud Humana (www.oceanshealth.udg.edu) en la Universidad de Girona (España), en el marco de una beca de colaboración con el Ayuntamiento de Tossa de Mar. Graduado en Biotecnología y Máster en Biomedicina, investiga la importancia de los ecosistemas marinos para la salud humana, en el ámbito de la disciplina de «océanos y salud humana». ✉ arnau.carrenyo@udg.edu

ÁNGEL IZQUIERDO. Médico especialista en oncología médica y epidemiología del cáncer. Trabaja en el Servicio de Oncología del Instituto Catalán de Oncología (ICO) en el Hospital Universitario de Girona Dr. Josep Trueta y es coordinador de la Unidad de Epidemiología y Registro de Cáncer de Girona (España). Es colaborador y asesor de la Cátedra Océanos y Salud Humana de la Universidad de Girona. ✉ aizquierdo@iconcologia.net

JOSEP LLORET. Director del Grupo de Investigación «Ecosistemas marinos y salud humana» (SeaHealth) y de la Cátedra Océanos y Salud Humana (www.oceanshealth.udg.edu) en la Universidad de Girona (España). Investiga la importancia de los ecosistemas marinos para la salud de los pesqueros. En concreto, estudia cómo la preservación de los recursos pesqueros puede contribuir a una dieta saludable; la importancia de las actividades recreativas sostenibles en el mar como fuente de bienestar y la conservación de especies marinas vulnerables con potencial bioactivo. Tiene más de setenta artículos publicados en revistas de impacto. ✉ Josep.lloret@udg.edu