



ECOSISTEMAS MARINOS Y SALUD HUMANA

RIESGOS Y BENEFICIOS PROCEDENTES DEL MAR

Josep Lloret*
Universidad de Girona

Resumen

Los ecosistemas marinos ofrecen varios bienes y servicios como medicinas, productos alimentarios saludables y oportunidades recreativas que contribuyen al bienestar y salud de las personas. Sin embargo, muchas especies y hábitats marinos están sufriendo diversos impactos antropogénicos y medioambientales que amenazan de eliminar los beneficios y aumentar los riesgos procedentes del mar. Es necesario mantener unos ecosistemas marinos sanos para que estos puedan continuar albergando una biodiversidad y productividad elevadas (aspectos beneficiosos para la salud de las personas) y para disminuir los riesgos sanitarios. Este artículo sintetiza los principales beneficios y riesgos aportados por los mares y océanos, prestando una atención especial al Mediterráneo.

Abstract

Marine ecosystems provide a wide range of goods and services such as medicines, seafood and recreational opportunities that are essential for the human population health and well-being. However, many marine habitats and species are suffering from several anthropogenic and environmental impacts that are reducing the benefits and increasing the health risks coming from the seas. It is necessary to keep marine oceans in good environmental status in order they can sustain a high biodiversity and productivity, which will be beneficial for the human health, and to reduce health risks. This paper synthesizes the main benefits and risks posed by marine ecosystems to human health, with particular emphasis in the Mediterranean.

1. Introducción

Los ecosistemas marinos proporcionan una amplia gama de bienes y servicios que son esenciales para la población humana. Estos incluyen alimentos, combustibles, productos biológicos con fines medicinales, gestión de residuos, regulación del clima, desarrollo de las actividades turísticas y beneficios psicológicos y emocionales, entre otros. Sin embargo, las interrelaciones entre la salud y el bienestar humano y la biodiversidad marina han sido poco estudiadas. La mayor parte de los estudios se ha focalizado a analizar los impactos en la salud de los riesgos emergentes, como son la contaminación, las proliferaciones de algas nocivas y los organismos patógenos y el impacto de condiciones meteorológicas y oceanográficas adversas (huracanes, tsunamis, etc.) sobre la salud pública. Asimismo, existen numerosos estudios sobre el impacto de las actividades humanas como la pesca, la acuicultura y el turismo sobre los bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas marinos. En los últimos años ha habido un creciente reconocimiento de los beneficios que los ecosistemas marinos y la biodiversidad aportan a la salud humana (WHO, 2005). Cada vez hay más estudios que demuestran que el bienestar de nuestra sociedad depende de los bienes y servicios que océanos y mares aportan y cuya demanda ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, tanto en el mundo desarrollado como en los países emergentes. Esto es así porque se ha producido un incremen-

* Agradezco a Dolors Ferrer y Toni Font su colaboración en los contenidos de este artículo. Una parte de los estudios referenciados en el texto fueron financiados por una ayuda de I+D del Ministerio de Ciencia e Innovación, subprograma MAR (ref. del proyecto: CTM2009-08602).

to (i) del consumo de productos pesqueros (procedentes tanto de la pesca como de cultivos marinos), (ii) del turismo y el transporte marítimos, (iii) de la exploración y explotación de petróleo y gas en aguas profundas, (iv) de la construcción de parques eólicos marítimos y (v) de la biotecnología marina para desarrollar nuevos fármacos (National Research Council, 1999). Aun así, en comparación con los ecosistemas terrestres, todavía falta mucho por descubrir sobre los vínculos entre los ecosistemas marinos y la salud humana. El incremento de la población en las zonas costeras de todo el mundo (se estima que el 60 % de la población mundial vive actualmente en la zona costera), y el incremento del turismo marítimo-costero (12 de las 15 primeras destinos turísticas mundiales son países costeros) están exacerbando la importancia de los beneficios y riesgos para la salud pública. Mientras que Estados Unidos lidera este tipo de estudios interdisciplinarios con acciones como la *Oceans and Human Health Initiative* (OHHI), los *Centers for Oceans and Human Health* (COHH) y los proyectos desarrollados por el *Center for Health and the Global Environment* de la Universidad de Harvard, en Europa estas iniciativas son todavía escasas. Recientemente, la *European Marine Board* ha indicado que el estudio de las relaciones entre los océanos y la salud humana es una línea estratégica de investigación para Europa y ha creado un grupo de trabajo específico multidisciplinar liderado por el *European Centre for Environment & Human Health* de la Universidad de Exeter (Reino Unido) que verá sus frutos en los próximos años.

Este documento pretende resumir los beneficios y los riesgos aportados por los ecosistemas marinos en general, y por el Mediterráneo en particular, en base a diferentes trabajos que se han desarrollado recientemente sobre la materia en cuestión, entre los cuales: *European Marine Board* (2013), Moore *et al.* (2013), Chivian y Bernstein (2008); National Research Council (1999), Fleming *et al.* (2014, 2006), Lloret *et al.* (2014), Lloret (2014), Lloret (2010), WHO (2005), Melillo y Sala (2008), Fleming *et al.* (2006, 2014), Tacón y Matíán (2013), Allen (2011), Gerber *et al.* (2012), Walsh *et al.* (2008) y Bowen *et al.* (2014).

2. Los beneficios

2.1. Los ecosistemas marinos como fuente de medicinas

Del mar se extraen especies que constituyen la base para el descubrimiento de nuevas medicinas anticancerígenas, antibacterianas o antifúngicas, contribuyendo a que la biotecnología marina aplicada a la salud sea un ámbito de creciente interés. Desde la antigüedad, la naturaleza ha sido una fuente importante de medicamentos, un hecho ilustrado por el gran número de productos naturales actualmente en uso en la práctica médica: aproximadamente un tercio de los fármacos con mayores ventas de hoy en día son productos naturales o se han desarrollado sobre la base de sustancias que proporciona la naturaleza; casi el 60 % de los medicamentos aprobados para el tratamiento del cáncer son de origen natural. Aunque la mayoría de estos medicamentos se obtuvieron a partir de organismos terrestres, cada vez se identifican más productos bioactivos de origen marino en todo el mundo que tienen propiedades prometedoras para el tratamiento de determinadas enfermedades.

El estudio de organismos marinos para su potencial bioactivo ha tomado fuerza en los últimos años con el creciente reconocimiento de su importancia en la vida humana. Muchas especies marinas, desde tiburones a algas, producen compuestos bioactivos con importantes aplicaciones potenciales en la medicina. En general, alrededor de 15.000 compuestos farmacológicamente activos han sido aislados de especies marinas, muchos de ellos estructuralmente únicos y ausentes en organismos terrestres. El ecosistema marino es una creciente área para explorar compuestos químicos que puedan servir para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, las enfermedades inflamatorias, y una gran variedad de enfermedades que tienen como origen virus, bacterias y hongos.

La mayoría de los compuestos bioactivos de origen marino (antibacteriano, antifúngico, antiviral, citotóxico o *antifouling*) han sido aislados de especies bentónicas: algas, fanerógamas marinas y, en particular, animales tales como esponjas, briozoos, equinodermos, poliquetos, ascidias, moluscos y cnidarios. Los efectos de estos compuestos químicos se han relacionado básicamente con estos organismos bentónicos capaces de desarrollar un sistema inmunológico primitivo pero eficaz que produce sustancias químicas tóxicas (metabolitos secundarios) como defensa contra los depredadores, los competidores y los microorganismos y parásitos que los infectan.

Cabe señalar también que algunas sustancias bioactivas derivadas del medio marino se usan como sondas moleculares, es decir, moléculas que sirven para probar los fundamentos de la bioquímica. Igualmente, los organismos marinos se utilizan como modelos en la investigación biomédica. En este sentido, los estudios comparativos entre diferentes especies marinas han contribuido a identificar qué características de los organismos son fundamentales para sus funciones. Por ejemplo, el estudio comparativo de estrellas de mar, erizos de mar, tunicados y tiburones ha servido para entender mejor como el cuerpo lucha contra las infecciones y las enfermedades, mientras que el estudio de los huevos de bivalvos y de erizos de mar ha contribuido al conocimiento de la biología y bioquímica celular de los organismos.

Figura 1. Erizo de mar



Fuente: fotografía de Toni Font.

2.1.1. Ascidias y esponjas

Entre los animales bentónicos, los que carecen de esqueleto externo (de cuerpo blando) y sésiles (sin capacidad de movimiento) como esponjas y ascidias concentran la mayor parte del interés para los estudios farmacéuticos. Las toxinas que producen son cruciales para estos invertebrados que carecen de estructuras de defensa morfológicas tales como conchas o espinas, y que no pueden huir de sus depredadores por su incapacidad de desplazarse. De hecho, ascidias y esponjas marinas son los grupos más prolíficos en términos de nuevos metabolitos reportados anualmente. Se estima que hay más compuestos derivados de esponjas y ascidias que se encuentran en ensayos clínicos y preclínicos (como anticancerígenos o antiinflamatorios) que compuestos derivados de cualquier otro grupo marino.

Las ascidias pertenecen a los cordados, grupo que también abarca los animales vertebrados. Representan uno de los grupos más evolucionados de animales que son comúnmente investigados para la obtención de nuevos fármacos. El estudio químico de las ascidias se ha convertido en uno de los campos más activos de obtención de productos naturales marinos, ya que las ascidias son capaces de producir una gran variedad de moléculas citotóxicas. En algunos lugares como el Mediterráneo noroccidental, las ascidias se encuentran entre los tres grupos animales que presentan mayor bioactividad. Entre los seis primeros compuestos marinos que han alcanzado la fase clínica como agentes antitumorales, tres fueron derivados de ascidias, lo que demuestra el gran potencial que tienen estos animales para la futura obtención de compuestos anticancerígenos. El Yondelis, derivado de una ascidia del Caribe, es uno de los pocos compuestos de origen marino que se ha convertido en un fármaco registrado y comercializado en varios países y que se indica en los sarcomas de tejidos blandos y cáncer de ovario, entre otros. Aunque una buena parte de compuestos marinos se describen como fármacos potenciales, muy pocos han llegado a la etapa de producción comercial como Yondelis ha logrado.

A diferencia de las ascidias (que son en general poco abundantes en el mar), las esponjas representan un componente importante de las comunidades bentónicas en todo el mundo, tanto en términos de biomasa como por su potencial para influir en los procesos bentónicos o pelágicos. Las esponjas marinas se han estudiado ampliamente en todo el mundo porque producen productos naturales bioactivos que tienen propiedades farmacológicas. De las esponjas se han aislado una amplia variedad de nuevos metabolitos secundarios bioactivos, incluyendo antivirales, antimaláricos, antitumorales y antiinflamatorios, así como compuestos antimicrobianos (antibióticos).

2.1.2. Otros animales

Los opistobranquios, un grupo de moluscos marinos de cuerpo blando, están recibiendo actualmente una creciente atención en todo el mundo. Estos moluscos sedentarios han abandonado sus conchas protectoras en el curso de la evolución. En cambio, han elaborado una

serie de estrategias defensivas muy eficaces, como el uso de productos químicos que generalmente derivan de la dieta y que a veces el animal produce directamente. Por lo tanto, a pesar de la ausencia de conchas protectoras, rara vez son víctimas de depredadores ya que estos son disuadidos por las toxinas que acumulan o producen, algunos de los cuales exhiben actividad bactericida, antifouling o antitumoral. Algunos moluscos gasterópodos de la familia Conidae, conocidos vulgarmente como conos y que habitan en aguas de los océanos Índico y Pacífico, producen toxinas capaces de paralizar sus presas y que han sido extensamente estudiadas para el desarrollo de nuevos fármacos (se han publicado más de 3.400 artículos científicos sobre estas toxinas desde 1980), entre los cuales destacan los inhibidores del dolor (algunas toxinas de estos invertebrados son incluso más potentes que la morfina). Los cnidarios, sobre todo las gorgonias, también han demostrado ser una fuente de moléculas químicas biológicamente activas. También los briozoos y equinodermos –dos grupos de animales bentónicos– producen compuestos bioactivos, mientras que del llamado «cangrejo herradura» (del grupo de los quelicerados) se obtienen sustancias bioactivas que tienen capacidad anticancerígena. Finalmente, el esqueleto cartilaginoso de los tiburones ha sido probado para el desarrollo de nuevos fármacos, aunque el éxito de estas investigaciones es dudoso y no justifica en ningún caso la excesiva presión por parte de la pesca que reciben estos animales vulnerables, algunos de los cuales en peligro de extinción. De algunos tiburones también se ha extraído una sustancia llamada escualamina, que tiene propiedades antivíricas y antibacterianas.

2.1.3. Algas y fanerógamas marinas

Existen numerosos compuestos químicos derivados de macroalgas que tienen una amplia gama de actividades biológicas, tales como antibióticos, antivirales, antiincrustantes (*antifouling*), antiinflamatorias, citotóxicas y antimitóticas, algunos de los cuales ya han sido utilizados en la industria farmacéutica. Asimismo, determinadas especies del fitoplancton pueden constituir una fuente potencial de nuevos esteroides, los cuales podrían ser utilizados como materiales de partida para la síntesis de esteroides hormonales.

2.1.4. Microorganismos marinos

Los microorganismos marinos (básicamente bacterias y hongos) son también una fuente potencial de nuevos medicamentos. Sin embargo, los éxitos hasta la fecha se basan en estudios limitados a algunas zonas del mundo: es un ámbito de investigación de futuro. A parte de los microorganismos de las zonas costeras, también se está investigando los de las zonas profundas, incluyendo las surgencias hidrotermales, donde viven bacterias adaptadas a estos ambientes particulares y que poseen sustancias bioactivas. Asimismo, se estima que los microorganismos que viven en el cuerpo de esponjas bien podrían ser la verdadera fuente de al menos algunos de los metabolitos hallados en las esponjas. Las esponjas marinas contienen a menudo diversas y abundantes comunidades microbianas, incluyendo bacterias, microalgas y hongos.

2.2. El mar como fuente de bienestar

Además de los productos pesqueros, el mar también nos proporciona lugares para el ocio y el deporte (nadar, bucear, practicar *kayak*, etc.), actividades que contribuyen al bienestar de las personas y que forman parte de lo que se denomina «servicios del ecosistema» (*ecosystem services*). El valor del ocio en entornos naturales para la salud y el bienestar de los humanos es múltiple e incluye tanto beneficios físicos como psicológicos. La mayor parte de las actividades de ocio realizadas en el mar y la costa implica ejercicio físico que mejora la salud cardiovascular y ayudar a prevenir la obesidad y el cáncer. En particular, se sabe que la natación puede reducir algunos de los factores de riesgo de cardiopatía coronaria. También hay evidencias de que las actividades de ocio realizadas en la naturaleza pueden ayudar a prevenir o mejorar unos trastornos de salud mental (como la depresión) que se están convirtiendo en un problema importante de salud pública en los países desarrollados. Así, las actividades recreativas *outdoor* pueden mejorar la atención mental y otros aspectos psicológicos tales como el estado de ánimo, así como reducir el estrés. Hay estudios recientes que reportan una mejor sensación de bienestar entre los habitantes de la costa que entre los del interior. Así, se han creados proyectos como el *Blue Gym* para incentivar el deporte en la costa y en ambientes acuáticos. La noción de que el mar ofrece propiedades terapéuticas existe desde la época griega y actualmente la Talasoterapia constituye un negocio en auge en muchos países.

2.3. Alimentos saludables procedentes del mar

Los factores ambientales, la nutrición y el estilo de vida juegan un papel importante en las causas de muchas enfermedades. En este sentido, la salud de una persona depende en parte de una dieta equilibrada, y por consiguiente la alimentación y la salud humana interaccionan constantemente. Para el bienestar humano, las personas deben tener acceso a consumir no solo las calorías suficientes, sino también a una dieta equilibrada y variada. Hoy en día, existe una creciente preocupación sobre la creciente tasa de enfermedades cardiovasculares y de cáncer en las naciones industrializadas. Las enfermedades cardiovasculares y el cáncer son las dos causas más importantes de enfermedad en el mundo. En este sentido el mar proporciona no solo una fuente de proteína básica para millones de personas que viven en la franja costera (sobre todo en los países en vías de desarrollo), sino también alimentos saludables que contribuyen a prevenir las enfermedades cardiovasculares y el cáncer:

2.3.1. Los ácidos grasos omega 3

Los ácidos grasos omega 3 (ácidos grasos n-3 o ω 3) son un tipo de lípidos que encontramos en todos los animales marinos en forma de ácido docosahexaenoico (DHA) y de ácido eicosapentaenoico (EPA), así como también en algunos vegetales (como la soja, las olivas, la grana de lino y las nueces) en forma de ácido alfa-linolénico (ALA). Este tipo de lípidos son esenciales para el cuerpo humano. Nuestro cuerpo no los puede sintetizar y, por lo tanto, los

tenemos que incorporar mediante la dieta. Su ingesta es, en general, beneficiosa para la salud humana. No obstante, la dieta que siguen actualmente muchas personas no incorpora las cantidades idóneas de omega 3.

Todos los animales marinos tienen omega 3, aunque en proporciones diferentes. Se encuentra en grandes cantidades en el pescado azul (sardina, anchoa, caballa, arenque, etc.) y en menor cantidad en el pescado blanco (merluza, rape, bacalao, etc.). En el pescado azul estos lípidos se concentran sobretodo en el músculo mientras que en el pescado blanco se concentran principalmente en el hígado. Las especies de pescado blanco como la merluza o el rape también tienen omega 3 en el músculo, pero en menor cantidad que el pescado azul. La ingesta de ácidos grasos omega 3 de origen marino (DHA y EPA) contribuye a una dieta sana de diferentes maneras.

El consumo de pescado reduce la mortalidad por enfermedad coronaria puesto que la ingesta de ácidos grasos omega 3 ayudan a mejorar la salud cardiovascular al disminuir los factores de riesgo, tales como las concentraciones de triglicéridos, la presión arterial, la agregación plaquetaria y las arritmias cardíacas. Los primeros estudios científicos se efectuaron en los años 80 con los esquimales de Groenlandia y pusieron de manifiesto, por primera vez, los aspectos beneficiosos de los omega 3 sobre la salud humana. Los esquimales son grandes consumidores de pescado y, por lo tanto, de omega 3, la cual cosa se relacionó con el hecho de que sufrieran menos enfermedades cardiovasculares. Cabe señalar que las enfermedades cardiovasculares constituyen actualmente la primera causa de mortalidad en el mundo occidental. Según la Organización Mundial de la Salud, en el año 2004 se produjeron aproximadamente 17 millones de muertes en todo el mundo debidas a problemas cardiovasculares (lo que representa el 29 % del total de muertes en todo el mundo en ese año).

Protegen a los consumidores contra el desarrollo de determinados cánceres, como el de mama y de próstata. Los omega 3 derivados de los peces protegen contra el desarrollo de ciertos tipos de cáncer, por ejemplo, el de mama y de próstata. El cáncer es la segunda causa de muerte por enfermedad en el mundo occidental. Según la Organización Mundial de la Salud, en el 2007 se produjeron aproximadamente 8 millones de muertes en todo el mundo debidas al cáncer (lo que representa el 13 % del total de las muertes en todo el mundo ese año), dos millones de las cuales en la Unión Europea. El cáncer es una enfermedad en aumento en todo el mundo. Se estima que aproximadamente uno de cada tres europeos desarrollará algún tipo de cáncer al largo de su vida.

Otros efectos: existen estudios que han relacionado la ingesta de omega 3 de origen marino con una disminución de los síntomas depresivos en adultos y del asma y alergias respiratorias en niños. Hay trabajos científicos que demuestran que los ácidos grasos omega 3 también ayudan a combatir los procesos inflamatorios y favorecen la salud del esqueleto. Finalmente, se está estudiando su posible acción beneficiosa en la prevención de otras enfermedades como la fibrosis quística y la demencia. Se debe tener en cuenta que, en muchas ocasiones, no se conocen bien los posibles mecanismos biológicos (relación causa-efecto) de estos aspectos beneficiosos para la salud.

Los ácidos grasos omega 3 de origen marino son importantes para la salud de las personas en los países industrializados, pero todavía más en los países con bajos ingresos, especialmente en las zonas costeras, donde el estado nutricional de las personas a menudo depende mucho de la disponibilidad de pescados y mariscos. La producción local de productos del mar es fundamental para prevenir el hambre en las zonas costeras, donde los pobres no tienen la capacidad de compra de alimentos de otros lugares.

2.3.2. Otros componentes saludables

Aparte de los ácidos grasos omega 3, los productos del mar son considerados por los nutricionistas como una importante fuente de proteínas de alta calidad, minerales y vitamina D. Los productos del mar son particularmente ricos en selenio y hierro. El selenio es un oligoelemento esencial para la dieta que juega un papel importante en el sistema inmunológico, pudiendo proteger contra las enfermedades cardiovasculares y los efectos tóxicos del mercurio. El hierro está involucrado en el metabolismo energético y su deficiencia afecta de manera grave a mujeres, niños y adolescentes de los países en vías de desarrollo. Recientemente las algas se han incorporado a la dieta de los países occidentales. Las algas son fuentes importantes de proteínas, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, vitaminas, polisacáridos y otros carbohidratos.

2.4. Los factores de amenaza

Hay diferentes factores, tanto de carácter antropogénico como medioambiental, que hacen peligrar los beneficios que proporcionan los ecosistemas marinos y al mismo tiempo provocan un aumento de los riesgos sanitarios procedentes del mar. Diferentes factores de origen antrópico y ambiental están amenazando negativamente la sostenibilidad de los ecosistemas marinos, comprometiendo así su contribución a una dieta saludable y al descubrimiento de nuevos fármacos. Estos son los factores de amenaza principales:

2.4.1. La pesca y la acuicultura

La actividad pesquera ha desempeñado tradicionalmente un papel económico, social y cultural importante en muchas zonas. Por ejemplo en el Mediterráneo, donde la pesca emplea a más de 100.000 pescadores en más de 40.000 buques. Sin embargo, según la valoración realizada en 2010 por la *Food and Agriculture Organization* (FAO) de las Naciones Unidas, el 53 % de los *stocks* están «plenamente explotados», mientras que el 32 % restante está «sobrexplotados». Desde una perspectiva de salud humana, la disminución de las poblaciones de peces, especialmente pelágicos, es preocupante. El agotamiento de las poblaciones de peces pelágicos está reduciendo la oferta potencial de ácidos grasos omega 3 de manera alarmante, además de reducir la disponibilidad de proteína para muchos pueblos costeros que dependen de los recursos marinos como principal fuente de alimento (sobre todo en países emergentes).

Por consiguiente, no está garantizado un suministro sostenible ni de omega 3 ni de proteína marina a las futuras generaciones. Las recomendaciones actuales de las agencias gubernamentales de salud a las personas de los países desarrollados, para aumentar su ingesta de pescado graso por lo menos 2-3 veces, son incongruentes con el colapso de las poblaciones mundiales de peces. Esto plantea la necesidad de mejorar la gestión de la pesca con el fin de evitar la sobreexplotación y permitir la recuperación de los recursos pesqueros, y, al mismo tiempo, buscar alternativas a los ácidos grasos omega 3 clásicos (pescado y marisco), tales como algas marinas y microorganismos. También cabe señalar que los productos del mar considerados «insostenibles» por su pobre estado poblacional son a menudo los que presentan más riesgos sanitarios (mayor concentración de mercurio) sin forzosamente presentar mayores beneficios para la salud (en términos de omega 3) comparado con los «sostenibles».

Además, la pesca de arrastre provoca una perturbación generalizada de los sedimentos de los fondos del mar con lo que suele tener un impacto negativo sobre la fauna bentónica que viven sobre estos fondos. Varios estudios han demostrado el impacto de la pesca de arrastre sobre animales bentónicos –moluscos, esponjas y ascidias– que viven en los fondos blandos de la plataforma continental. Por lo tanto, la pesca de arrastre afecta adversamente las poblaciones bentónicas y con ello el potencial descubrimiento de nuevos medicamentos a partir de estas especies.

Finalmente, aunque la acuicultura en los países desarrollados también ofrece una fuente de omega 3 a los consumidores, la mayoría de peces cultivados son depredadores que son alimentados con piensos fabricados a partir de pequeños peces pelágicos capturados en zonas remotas. Estudios recientes determinan que los beneficios del consumo directo de estos pequeños pelágicos son superiores (en cuanto a omega 3 y otros componentes) al consumo de los peces de acuicultura, por lo cual se debería de promover el consumo de los primeros.

2.4.2. El cambio climático

Aparte de la pesca, el cambio climático está emergiendo como un factor clave que podría tener importantes implicaciones para los ecosistemas marinos. El cambio climático está provocando un calentamiento de las aguas en todo el mundo que produce cambios en la productividad de los pequeños peces pelágicos, así como de otras especies de interés comercial. Además, algunos animales sésiles, como las gorgonias *Paramuricea clavata* y *Eunicella singularis* en el Mediterráneo, se ven afectados negativamente por el calentamiento del mar. También hay evidencias de que el aumento de HAB, medusas y patógenos en las aguas costeras del Mediterráneo y en otras zonas del mundo está relacionado con el calentamiento del mar. El cambio climático parece estar también ligado al aumento del nivel del mar y un incremento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos (tormentas, tsunamis, huracanes, etc.) que tienen un alto impacto sobre la salud pública porque provocan mortalidad directa o indirecta (por ejemplo, daños en las infraestructuras sanitarias o en el sistema de potabilización de las aguas).

2.4.3. Contaminación

La contaminación (microbiana, vírica, química, radioactiva, etc.) procedente de diferentes fuentes está amenazando de muchas maneras la viabilidad de las poblaciones de peces e invertebrados que se consumen. La contaminación perjudica la salud de los peces y su potencial reproductor, con lo cual la productividad de las poblaciones se ve a menudo reducida y por consiguiente, disminuye el *stock* natural de omega 3 y proteína. Asimismo, la contaminación afecta la viabilidad de algunos organismos bentónicos que sirven para investigar nuevas medicinas, como es el caso de las esponjas marinas. Las epidemias que sufren estas esponjas pueden tener graves efectos a largo plazo sobre sus poblaciones, sobre todo en especies de crecimiento lento y alta longevidad. Cada vez hay más estudios que muestran que las poblaciones de esponjas en todo el mundo sufren enfermedades que contribuyen a su declive. Las densidades de las poblaciones de esponjas están disminuyendo de manera constante en muchas zonas del Mediterráneo y se ha observado que su recuperación después de la enfermedad es incompleta y conlleva mucho tiempo. En algunas ocasiones se ha relacionado las mortalidades masivas de estos animales con el crecimiento de patógenos oportunistas que se benefician del aumento de temperatura del agua del mar. En otros casos, la acción sinérgica de la explotación y la enfermedad ha llevado a una serie de poblaciones de esponjas al borde de la extinción.

2.4.4. Turismo

Algunas actividades recreativas afectan las especies bentónicas costeras que sirven de base para el descubrimiento de nuevas medicinas, o que son justamente el motivo de bienestar de las personas. El impacto de la navegación de recreo sobre las praderas de fanerógamas marinos, los efectos de la excesiva frecuentación de buceadores en los invertebrados bentónicos sésiles y el impacto del pisoteo humano (*trampling*) en zonas poco profundas rocosas son los ejemplos mejor conocidos. Fanerógamas marinas como la *Posidonia oceanica* y macroalgas como *Cystoseira mediterranea* sufren daños causados por la acción mecánica de las anclas de las embarcaciones de recreo. El buceo, a pesar de que se considera una actividad no destructiva, también está teniendo un impacto sobre el medio marino debido a la sobrefrecuentación de buceadores en ciertas áreas. La comunidad de coralígeno (especialmente los invertebrados sésiles como gorgonias y briozoos que allí viven) sufre en particular del contacto accidental de los buzos. El pisoteo humano también está teniendo un impacto negativo sobre la diversidad biológica de las costas rocosas del Mediterráneo, en particular las macroalgas.

3. Los riesgos para la salud humana procedentes del mar

Aunque el consumo de productos pesqueros tiene beneficios para la salud humana, también pueden producir algunos problemas de salud a los consumidores. Entre los factores de riesgos más importantes están los siguientes:

3.1. *Anisakis*

Los parásitos son agentes clave en las llamadas enfermedades transmitidas por el agua (*waterborne diseases*) y constituyen un problema de salud pública tanto en los países desarrollados como en los emergentes. Los anisakis son nematodos parásitos de la familia *Anisakidae* que poseen un ciclo vital complejo porque necesitan parasitar a diferentes huéspedes para completar su ciclo vital. Los mamíferos marinos, que son los huéspedes definitivos, expulsan los huevos de los anisakis al medio marino mediante las heces. Las larvas que nadan libremente son ingeridas por pequeños crustáceos y estos, a su vez, por peces y cefalópodos. Muchas especies de peces y cefalópodos pueden actuar como huéspedes intermediarios de los anisakis. Algunas de estas especies son de interés comercial, como por ejemplo la bacaladilla, la anchoa, la caballa, el jurel, la merluza, la sardina, el bacalao, el rape, el calamar, el pulpo o la sepia. Según la Agencia de Protección de la Salud de la Generalitat de Catalunya, aproximadamente el 5 % de los peces que se capturan en las costas catalanas están infectados por anisakis, siendo la bacaladilla la especie con una prevalencia mayor (11,7 %), y la sardina la especie menos parasitada (1,8 %).

Figura 2. Boquerones con *Anisakis*



Fuente: fotografía de Dolors Ferrer.

El ser humano es un huésped accidental del anisakis, es decir, ingerimos las larvas que se encuentran en los huéspedes intermediarios aunque el parásito no pueda desarrollarse en nuestro interior. Cuando comemos pescado infectado por anisakis, las larvas vivas tienden a enquistarse en las paredes del estómago o de los intestinos. En la mayoría de los casos, provoca un hormigueo en el cuello y en las infecciones más graves puede provocar intensos dolores abdominales, náuseas, vómitos y diarreas. Por otro lado, también se han descrito casos de personas con alergia a los anisakis que pueden sufrir desde una simple urticaria hasta un choque anafiláctico. En este sentido, no hace falta que el parásito esté vivo para ocasionar un proceso alérgico ya que la reacción es provocada por los antígenos (proteínas) de los anisakis.

3.2. El mercurio

El mercurio es un elemento químico que forma parte del grupo llamado «metales pesados» y que es tóxico para los seres humanos a determinadas concentraciones. El mercurio se encuentra presente de manera natural en el medio y en los organismos que lo habitan. Algunas actividades humanas como la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados), la incineración de residuos urbanos y sanitarios; la explotación de minas de mercurio, oro y plata; la producción de cloro y sosa cáustica y la actividad propia de las industrias que lo utilizan para obtener productos finales, hacen aumentar la concentración de mercurio en el aire que precipita y se acumula en los ríos y en el mar, donde las algas lo absorben en forma de metilmercurio. El mercurio también llega al mar a través de los acuíferos contaminados si estas aguas subterráneas conectan con el mar. Es entonces cuando los animales que se alimentan de estas algas incorporan el mercurio a su organismo, y este va pasando de presas a depredadores, cada vez en mayor concentración, a medida que unos se alimentan de los otros (este fenómeno se conoce como biomagnificación). Puesto que el ser humano se encuentra al final de la cadena trófica, cualquier mercurio presente en el mar y en sus organismos se acaba acumulando en el cuerpo humano, el cual no lo puede eliminar (por eso la concentración de mercurio va aumentando a medida que se va incorporando con la dieta).

El mercurio, como todos los metales pesados, es muy persistente. Una vez incorporado a los tejidos de plantas y animales entran en la cadena trófica, y por lo tanto en los alimentos. Además del mercurio, otros metales pesados como el cobre, el cinc, el cadmio o el plomo, también tóxicos para el hombre, se acumulan en los animales marinos en diferentes cantidades. Puesto que los alimentos con una concentración mayor de mercurio son los productos pesqueros, la ingesta de estos constituye la principal vía de entrada de este metal pesado en el cuerpo humano. El mercurio, presente en los productos pesqueros en forma de metilmercurio tiene efectos nocivos sobre el desarrollo neurológico de los fetos y niños, de manera que el crecimiento del cerebro y del sistema nervioso se puede ver afectado. Se ha detectado alteraciones de la memoria, el lenguaje, la visión y la atención en niños expuestos al metilmercurio. En los adultos, el metilmercurio también ha estado relacionado con enfermedades cardiovasculares.

3.3. Las biotoxinas marinas

Las biotoxinas marinas que sintetizan determinadas especies de algas planctónicas son sustancias químicas muy tóxicas que cuando se incorporan a los tejidos de los moluscos filtradores (que se alimentan de estas algas del plancton), pueden originar intoxicaciones en el hombre (cuando este ingiere los moluscos). Las biotoxinas marinas son producidas por unas pocas decenas de algas planctónicas microscópicas que pertenecen mayoritariamente al grupo de los dinoflagelados. La toxicidad de estas sustancias depende de su composición química y de su concentración. En ocasiones, pueden presentarse en cantidades tan elevadas que se

reconocen a simple vista en la superficie del mar por su coloración rojiza (proliferación de microalgas tóxicas o, tal y como se conoce por sus siglas en inglés, HAB).

La proliferación de algas nocivas afecta gravemente a la fauna marina y a las instalaciones acuícolas dedicadas a la producción de mejillones, ostras y otros bivalvos. La ingesta de moluscos que contienen biotoxinas (procedentes de las algas que han ingerido por filtración) puede provocar intoxicaciones alimentarias agudas que presentan sintomatologías muy diversas. Las más importantes son las siguientes: intoxicación paralizante (PSP), intoxicación diarreica (DSP), intoxicación neurotóxica (NSP) y la intoxicación amnésica (ASP). La ciguatera es el caso más aparente de intoxicación. Las toxinas neurotóxicas que provocan la ciguatera proceden de dinoflagelados bentónicos y se acumulan en los peces de los arrecifes de corales, especialmente los depredadores, donde permanecen hasta dos años después de la contaminación, con lo cual el peligro para los consumidores queda latente. En algunos casos excepcionales las biotoxinas producen daños a los bañistas porque estos inhalan las toxinas producidas por los dinoflagelados ya que se dispersan por el aire como aerosoles (National Research Council, 1999). Además, las proliferaciones de algas nocivas suelen conllevar un agotamiento local del oxígeno en el agua, con lo cual se suele producir una gran mortalidad de organismos.

En la actualidad ha aumentado la frecuencia, intensidad y área de distribución de las proliferaciones de algas tóxicas y es previsible que esta tendencia continúe en el futuro. El cambio climático, la eutrofización, y el transporte accidental de dinoflagelados a través de las aguas de lastre de los barcos están entre las posibles causas del aumento de los HAB. En este sentido, se ha constituido en España la Red Ibérica de Algas Tóxicas y Biotoxinas (RE-DIBAL), que es un polo de integración de conocimiento y debate sobre las proliferaciones de algas nocivas y biotoxinas.

3.4. La histamina

La histamina es una molécula del tipo amina biógena aromática. También se conoce con el nombre de *escombrotóxina* porque en general se asocian las intoxicaciones por histamina con el consumo de pescado en mal estado, de la familia de los escómbridos (caballa, atún, bonito...). En el pescado, la histamina es producto de la descomposición de los aminoácidos libres como consecuencia del catabolismo de determinadas bacterias. Tras la captura y muerte, el pescado sufre un inmediato deterioro debido, en una primera etapa, a las enzimas propias del músculo y, posteriormente, a las enzimas producidas por los microorganismos que rápidamente lo invaden. La toxicidad producida por la ingesta de pescado con concentraciones altas de histamina es una enfermedad caracterizada por la aparición de diarrea, vómitos, edematización y enrojecimiento de la cara, dolor de cabeza, mareo, palpitaciones, pulso rápido y débil. La formación de histamina se incrementa potencialmente cuando se expone directamente el músculo y las vísceras del pescado a la acción bacteriana, es decir, durante el decurso de las operaciones de evisceración y fileteado.

3.5. Otras sustancias nocivas

Además de los factores mencionados, otras sustancias nocivas pueden estar presentes en los productos pesqueros fruto de una mala manipulación de las capturas o de una contaminación de las aguas donde se capturan. La contaminación microbiana y química es una amenaza para la cantidad y calidad del marisco y pescado. Existen muchos otros contaminantes que amenazan los mares y océanos de todo el mundo: los metales (aparte del mercurio mencionado anteriormente, también el cadmio y el plomo entre otros), DDT, PAH, dioxinas, PCB, etc. Estos contaminantes también están provocando un incremento de los riesgos asociados al consumo de pescado y comprometiendo la viabilidad de las especies marinas.

4. Un caso particular: el Mediterráneo

El mar Mediterráneo contiene una inmensa diversidad de vida a pesar de su pequeña superficie. Más de 8.500 especies de organismos marinos macroscópicos viven en el mar Mediterráneo, que corresponde entre el 4 y el 18 % de las especies marinas del mundo, a pesar que el mar Mediterráneo solo representa el 0,82 % de la superficie y 0,32 % del volumen total en relación al total de océanos y mares del mundo. Alrededor del 84 % de estas especies son animales mientras que el 16 % restante son algas y fanerógamas marinas. La cuenca del Mediterráneo ha sido clasificada entre los 25 *hotspots* de biodiversidad en la Tierra, sobre la base de su riqueza de especies y endemismo. La biodiversidad marina ha sido desde la antigüedad muy importante para la economía de los países mediterráneos, en particular respecto a las actividades de pesca y turismo, pero también para la salud de las personas.

4.1. La «dieta mediterránea»

La llamada dieta mediterránea, que tradicionalmente han seguido los pueblos de la cuenca del Mediterráneo y que es rica en productos del mar (y por lo tanto en ácidos grasos omega 3), aporta múltiples beneficios para la salud. Se ha demostrado de forma consistente que se asocia con los resultados de salud favorables y una mejor calidad de vida. Varios estudios epidemiológicos y observacionales sugieren que este tipo de dieta puede proteger contra las enfermedades crónicas y reducir la mortalidad; de hecho las naciones mediterráneas presentan tasas más bajas de enfermedades cardiovasculares y de cáncer en comparación con otras naciones. Una mayor adhesión a esta dieta también se ha asociado con la longevidad en las personas mayores, una reducción de los trastornos depresivos y la prevención de la deficiencia de hierro. Estos estudios han demostrado que las poblaciones adheridas a la dieta mediterránea, como la de Grecia (especialmente Creta) y la del sur de Italia, presentan una menor tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y una mayor esperanza de vida en comparación con otras poblaciones como las de Finlandia y Estados Unidos, aunque estas últimas disfruten de mejores

condiciones de vida y servicios médicos. Aun así, la adhesión a este tipo de dieta ha disminuido y cada vez son más las personas (adultos y niños) que sufren problemas de sobrepeso derivados de una alimentación incorrecta y una falta de ejercicio físico, lo que incrementa el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.

Los ácidos grasos omega 3 han sido identificados como el principal elemento lipídico responsable del efecto protector cardiovascular en las poblaciones mediterráneas. Las investigaciones llevadas a cabo sobre el contenido lipídico de las especies capturadas en el Mediterráneo han demostrado que estas constituyen una buena fuente de ácidos grasos omega 3, en particular las especies de peces pelágicos como la sardina, el boquerón, la caballa y el atún, y crustáceos como la langosta y los cangrejos. El músculo (parte comestible) de estos peces pelágicos y crustáceos puede contener hasta diez veces más de lípidos totales y ácidos grasos omega 3 que los de especies de especies demersales como el rape, la merluza, el calamar o la sepia (las especies pelágicas tienden a concentrar las reservas de lípidos en su músculo mientras que las especies demersales tienden a concentrar los lípidos en el hígado o mesenterio). Las especies pelágicas son las que más contribuyen a los desembarques totales del Mediterráneo, representando alrededor del 70 % de los desembarques totales (frente al 60 % en el océano Pacífico, el 50 % en el Atlántico o el 45 % del Índico según datos de la FAO). Por lo tanto, los recursos marinos del Mediterráneo representan una fuente particularmente importante de ácidos grasos omega 3.

A pesar que el omega 3 procedente del consumo de pescado y marisco parece ser un aspecto determinante para la salud de los pueblos mediterráneos, algunos autores han sugerido que el papel de la totalidad de componentes de la dieta mediterránea puede ser más importante que el efecto de cada componente por separado. Por consiguiente, puede haber un cierto grado de sinergia positiva mediante la combinación de los ácidos grasos omega 3 procedentes del pescado con otros ingredientes como el aceite de oliva, frutos secos y frutas, comunes en la dieta mediterránea. Las algas, que también son una fuente de salud, no se suelen explotar comercialmente en el Mediterráneo: en general no se utilizan directamente como alimento y solo algunas especies pertenecientes al género *Gracilaria* se utilizan para obtener agar, un aditivo empleado por la industria alimentaria.

4.2. Medicamentos a partir de especies marinas del Mediterráneo

La investigación sobre nuevos medicamentos se centra sobre todo en las ascidias y esponjas. Teniendo en cuenta que hay cerca de 130 especies de ascidias y 630 especies de esponjas en el Mediterráneo, de los cuales casi la mitad de ellas son endémicas, todavía hay un gran potencial para los descubrimientos en estos dos grupos.

Entre las ascidias, se está estudiando la actividad de compuestos como la Aplidina, un compuesto químico derivado de la ascidia *Aplidium albicans* y que es un potente agente anticancerígeno (se encuentra actualmente en ensayos clínicos para una variedad de cánceres).

Otra ascidia del Mediterráneo que muestra actividad antitumoral es *Trididemnum inarmatum*. Recientemente se han aislado también compuestos sulfatados que tienen actividad citotóxica o antimicrobiana de ascidias mediterráneas de las familias Ascidiidae y Polyclinidae.

Algunas especies de esponjas han sido intensamente recolectadas con fines comerciales desde la antigüedad, pero en la actualidad, el foco de atención se centra en las actividades farmacológicas de estos animales sésiles. En la costa de Túnez, siete especies de esponjas han demostrado poseer una actividad antibiótica específica, con *Agelas oroides* y *Axinella damicornis* siendo las más bioactivos. En el Mediterráneo occidental, las esponjas presentaron el mayor porcentaje de especies bioactivas de todos los grupos de animales bentónicos estudiados: entre 59 especies de esponjas estudiadas, el 90 % tiene algún tipo de actividad biológica (citotóxica, antibacteriana, antiviral o antimicótica). En la costa del Adriático, se analizaron 21 esponjas con actividad citotóxica y dos especies presentaron actividad antimicrobiana. En la costa mediterránea francesa, la mayoría de las 28 esponjas analizadas presentan actividades antibacterianas y antifúngicas, en particular la especie cavernícola *Aplysina* sp. Se estima que un mayor porcentaje de esponjas del Mediterráneo producen extractos antimicrobianos que las de la Polinesia (de las que se han aislado también varios compuestos activos). En Italia, la esponja mediterránea *Rhaphisia lacazei* mostró actividad antitumoral. Finalmente, entre todas las especies de esponjas estudiadas en el Mediterráneo, parece que *Reniera sarai* es el que presenta el espectro más amplio y más fuerte de actividades biológicas incluyendo los antimicrobianos y antitumorales.

A pesar que esponjas y ascidias acaparan la atención de los estudios, también se están estudiando otras especies animales bentónicas del Mediterráneo como opistobranquios, cnidarios, equinodermos y briozoos por su interés farmacéutico. Descubrimientos recientes ofrecen nuevas perspectivas sobre las propiedades farmacéuticas de estos grupos. Recientemente se ha demostrado la actividad antitumoral de un compuesto químico derivado de la gorgonia *Eunicella cavolini*, una de las especies de gorgonias más abundantes en el mar Mediterráneo. Además, se han aislado nuevos esteroides que exhiben actividades farmacológicas del coral de aguas profundas del Mediterráneo *Dendrophyllia cornigera*. También se han aislado metabolitos que muestran actividad antitumoral de un briozoo del Mediterráneo del género *Myriapora*, y metabolitos con actividad antifúngica del pepino de mar mediterráneo *Holothuria polii*. Finalmente, estudios recientes revelan que ciertos opistobranquios mediterráneos (del total de los 243 que viven en este mar) presentan compuestos químicos biológicamente activos.

También se ha demostrado que los extractos de varias especies de macroalgas y fanerógamas marinas como *Jania rubens*, *Cystoseira mediterranea*, *Posidonia oceanica* y en particular *Falkenbergia rufolanosa* tienen propiedades antibacterianas y / o actividades antifúngicas, mientras que otras especies de algas del género *Asparagopsis* muestran una actividad anti protozoaria notable contra la *Leishmania*. Además, algunas proteínas, tales como la ficoeritrina, que en el Mediterráneo se ha extraído y purificado a partir del alga *Corallina elongata*, han ganado importancia en el diagnóstico inmunológico y en la industria cosmética. Asimismo, se han aislado nuevos lípidos que exhiben una gran variedad de actividades farmacológicas de *Cymodocea nodosa*, una

fanerógama marina que se distribuye a lo largo de las costas del Mediterráneo, la costa atlántica del norte de África y las Islas Canarias. El fitoplancton mediterráneo también puede constituir una fuente potencial de nuevos esteroides, los cuales podrían ser utilizados como materiales de partida para la síntesis de esteroides hormonales. Finalmente, los microorganismos de origen mediterráneo son también una fuente potencial de nuevos medicamentos. Se ha sugerido que los microorganismos que viven en el cuerpo de esponjas del Mediterráneo son los verdaderos artífices de la bioactividad que presentan estas esponjas.

Figura 3. Peces sobre fanerógamas marinas



Fuente: fotografía de Toni Font.

4.3. Turismo marítimo

Las zonas costeras del Mediterráneo ofrecen entornos para el descanso y la relajación, la actividad física y el placer, lo cual contribuye a la salud de las personas de manera indirecta. Actualmente, el Mediterráneo se ha convertido en la zona turística más importante del mundo, representando aproximadamente el 35 % de todas las llegadas de turistas internacionales y de los ingresos del sector a nivel mundial. Se han desarrollado diferentes actividades de ocio como la pesca deportiva, el buceo, el avistamiento de ballenas y el *snorkel* sobre la base de explotar o contemplar las especies marinas, desde cnidarios a mamíferos. En las últimas décadas, una estrecha franja de aguas costeras del Mediterráneo ha atraído a un creciente número de pescadores deportivos, mariscadores, buzos, navegantes y nadadores de muchos países europeos, que hacen de la zona costera mediterránea un pilar no solo económico sino también de salud para millones de europeos.

5. Conclusiones

Es cada vez más evidente que la alta biodiversidad que albergan los mares y océanos del mundo, particularmente el Mediterráneo, ofrece medicinas, productos alimentarios saludables y oportunidades recreativas que contribuyen al bienestar y salud de las personas. Sin embargo, muchas especies y hábitats marinos están sufriendo los impactos antropogénicos y medioambientales que amenazan de eliminar los beneficios y aumentar los riesgos. La investigación y la preservación de los ecosistemas marinos tienen implicaciones importantes para la salud de las generaciones actuales y futuras. La salud de los seres humanos depende en parte de la salud de los mares y océanos y para ello hay que realizar más esfuerzos para estudiar y proteger los ecosistemas marinos. Es necesario mantener unos ecosistemas marinos sanos para que estos puedan continuar albergando una biodiversidad y productividad elevadas (aspectos beneficiosos para la salud de las personas) y para disminuir los riesgos sanitarios.

En este sentido falta desarrollar más estudios multidisciplinarios que relacionen diferentes ámbitos, entre los cuales la biología y ecología marina, la oceanografía física y química, la medicina, la veterinaria y las ciencias sociales, para demostrar los vínculos existentes entre los ecosistemas marinos y la salud humana. Se tienen que coordinar esfuerzos entre los expertos de estos ámbitos para afrontar los retos que el cambio global impone sobre los ecosistemas marinos y la salud y el bienestar de las personas. Esto incluiría no solo la creación de grupos y centros multidisciplinarios para abordar nuevas investigaciones sino también el establecimiento de programas educativos de tipo *cross-training* que respondan a la creciente necesidad de establecer las relaciones entre ecosistemas marinos y salud humana.

Referencias bibliográficas

- ALLEN J. I. (2011): «Marine Environment and Human health: an Overview»; HESTER, R. y HARRISON, R., eds.: *Issues in Environmental Science & Technology* (34). London, Royal Society of Chemistry; pp. 1-24.
- BOWEN, R. E.; DEPLEDGE, M. H.; CARLARNE, C. P. y FLEMING, L. E. (2014): *Oceans and Human Health: Implications for Society and Well-Being*. Reino Unido, Wiley-Blackwell; p. 318.
- CHIVIAN, E. y BERNSTEIN, A. (2008): «Sustaining life: how human health depends on biodiversity». New York, Oxford University Press; p. 542.
- EUROPEAN MARINE BOARD (2013): «Linking Oceans and Human Health: A Strategic Research Priority for Europe»; *Position paper 19 of the European Marine Board*. Belgium, Ostend.
- FLEMING, L. E.; BROAD, K.; CLEMENT A.; DEWAILLY, E.; ELMIR, S.; KNAP, A.; POMPONI, S. A.; SMITH, S.; SOLO, H.; GABRIELE, G. y WALSH P. J. (2006): «Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment»; *Marine Pollution Bulletin* (53); pp. 545-560.

- FLEMING, L. E.; MCDONOUGH, N.; AUSTEN, M.; MEE, L.; MOORE, M.; HESS, P.; DEPLEDGE, M. H.; WHITE, M.; PHILIPPART, K.; BRADBROOK, P. y SMALLEY, A. (2014): «Oceans and Human Health: a rising tide of challenges and opportunities for Europe»; *Marine Environmental Resources* (99); pp. 16-9.
- GERBER, L. R.; KARIMI, R. y FITZGERALD, T. P. (2012): «Sustaining seafood for public health»; *Frontiers in Ecology and Environment* (10:9); pp. 487-493.
- LLORET, J. (2010): «Human health benefits supplied by Mediterranean marine biodiversity»; *Marine Pollution Bulletin* (60); pp. 1640-1646.
- LLORET, J.; SHULMAN, G.; LOVE, R. M. (2014): *Condition and Health Indicators of exploited marine fishes*. Reino Unido, Wiley-Blackwell; p. 247.
- LLORET, J. (2014): «Web Salud y Pescado». Universidad de Girona. <http://salutipeix.udg.edu/es/inicio.html>.
- MELILLO, J. y SALA, O. (2008): «Ecosystem services»; en CHIVIAN, E. y BERNSTEIN, A., dir.: *Sustaining life: how human health depends on biodiversity*. New York, Oxford University Press; p. 542.
- MOORE, M. N.; DEPLEDGE, M. H.; FLEMING, L.; HESS, P.; LEES, D.; LEONARD, P.; MADSEN, L.; OWEN, R.; PIRLET, H.; SEYS, J.; VASCONCELOS, V.; VIARENGO, A. y MARINE BOARD-ESF WORKING GROUP ON OCEANS AND HUMAN HEALTH (2013): «Oceans and Human Health (OHH): a European perspective from the Marine Board of the European Science Foundation (Marine Board-ESF)»; *Microbiological Ecology* (65:4); pp. 889-900.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1999): *From Monsoons to Microbes: Understanding the Oceans Role in Human Health*. Washington DC, National Academy Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2002): «Marine Biotechnology in the Twenty-First Century». National Academies Press. Washington: US. Available online at: <http://www.nap.edu>
- SARGENT, W. (1987): *The Year of the Crab: Marine Models in Modern Medicine*. New York: W.W. Norton and Co.
- TACÓN, A. G. J. y METIÁN, M. (2013): «Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply»; *Reviews in Fisheries Science* (21:1); pp. 22-38.
- WALSH, P. J.; SMITH, S.; FLEMING, L.; SOLO-GABRIELE, H. y GERWICK, W. H. (2008): *Oceans and Human Health: Risks and Remedies from the Seas*. Netherlands, Elsevier; p. 672.
- WHO (2005): *Ecosystems and Human Well-being. Health Synthesis. A Report of the Millennium Ecosystem Assessment*. New York.