FUNDACIÓN alternativas

INFORME DE SOSTENIBILIDAD EN ESPAÑA 2022

INDICADORES, RETOS Y OPORTUNIDADES DE LA ECONOMÍA AZUL

Informe de sostenibilidad
en España 2022

INFORME DE SOSTENIBILIDAD EN ESPAÑA 2022

INDICADORES, RETOS Y OPORTUNIDADES DE LA ECONOMÍA AZUL

Coordinación

José Luis de la Cruz Leiva

Autores

Agustín Molina García
Francesco Pititto
Pablo Cousteau
Sergio Reyes
Rocío Béjar Ochoa
José Luis González Serrano
César Vidal Pascual
Carlos Botana Lagarón
Yolanda Molares Montero
Carlos Bravo Villa
Luis Miret Pastor
M.ª Rocío Rodríguez Barroso
Josep María Gili Sardá

Área de Sostenibilidad
FUNDACIÓN ALTERNATIVAS
2022

ÍNDICE

7 **Presentación Fundación Alternativas**
Diego López Garrido y José Luis de la Cruz

11 **Prólogo Fundación Philippe Cousteau**
Rafael Lobeto Lobo, Pablo Cousteau y Sergio Reyes Romero

13 **Resumen y recomendaciones**

33 **¿Qué es la economía azul? Su importancia para la economía española**
Agustín molina garcía

53 **Riqueza y fragilidad de la biodiversidad bentónica sobre la que se asienta el desarrollo de la economía azul**
Josep María Gili Sardá

79 **Principales indicadores de la economía azul en España**
Francesco Pititto

117 **El papel de la pesca en la transición ecológica y el desarrollo de la economía azul**
Rocío Béjar Ochoa

139 **Nuevo paradigma del turismo costero en la transición ecológica y el desarrollo de la economía azul**
Lluís Miret Pastor

159 **Economía azul, actividad portuaria y transición ecológica**
Carlos Botana Lagarón y Yolanda Molares Montero

181 **El papel del amoniaco verde en la transición energética y su producción en parques eólicos marinos aislados**
César Vidal Pascual

207 **Transición ecológica del transporte marítimo**
Carlos Bravo Villa

241 **Economía azul, desarrollo industrial y ecoinnovación**
José Luis González Serrano

265 El papel de la economía circular en la economía azul y la transición ecológica
M.ª Rocío Rodríguez Barroso

281 La financiación de la transición a una economía azul sostenible
Pablo Cousteau y Sergio Reyes

303 Información sobre los autores

309 Símbolos

311 Marco estratégico europeo de referencia

312 Legislación española de referencia

PRESENTACIÓN FUNDACIÓN ALTERNATIVAS

Diego López Garrido
Vicepresidente ejecutivo de la Fundación Alternativas

José Luis de la Cruz
Director del Área de Sostenibilidad de la Fundación Alternativas

Si la economía azul global fuese comparable a una economía nacional, sería la séptima más importante del mundo, y el océano como entidad económica sería miembro del G7 (COM (2021) 240 final). Los océanos contienen el 97 % de toda nuestra agua, el 80 % de todas las formas de vida y son la principal fuente de proteínas para más de 3000 millones de personas en todo el mundo (European Commission, 2022. *The EU Blue Economy Report,* 2022). El océano nos proporciona oxígeno suficiente para respirar, alimentos para prácticamente la mitad de la humanidad y recursos esenciales para la salud humana. Por tanto, el océano es la base de la vida en el planeta y juega un papel vital para que se satisfagan nuestras necesidades más básicas.

La economía azul comprende todas las actividades que están vinculadas al agua, el mar y los océanos. Se basa no solo en las formas de utilización más tradicionales (por ejemplo, la pesca y la acuicultura), sino que también combina una visión más amplia de actividades que pueden ofrecer importantes fuentes de desarrollo económico sostenible para España y las comunidades costeras en particular. Engloba a todas las industrias y sectores relacionados con los océanos, los mares y las costas, tanto si están directamente apoyados en el medio marino (por ejemplo, el transporte marítimo, el marisqueo o la generación de energía) como si están enclavados en tierra (por ejemplo, puertos o turismo costero).

Estas actividades económicas tienen un impacto acumulativo en el medio marino, desde la contaminación visible, como los desechos plásticos y los vertidos de petróleo, hasta la contaminación invisible, como los microplásticos, el ruido subacuático, los productos químicos y los fertilizantes. Estos efectos, sumados a la amenaza importante que supone la pérdida de biodiversidad –provocada por el cambio climático, la sobreexplotación de los recursos y la destrucción de los hábitats naturales–, implica que las actividades humanas deben gestionarse de manera que garanticen la salud de los océanos y salvaguarden la productividad económica a largo plazo, de modo que el potencial que ofrecen pueda realizarse y mantenerse en el tiempo y contribuir en gran medida a las ambiciones de transición ecológica de España.

Según el último Informe sobre la economía azul en la UE, los sectores tradicionales de esta economía proporcionan 4,5 millones de empleos directos y generan más de 650 000 millones de euros en volumen de negocios. Contando todas las actividades económicas que dependen del mar, la economía azul de la UE representa 5,4 millones de puestos de trabajo totales y un valor añadido bruto de casi 500 000 millones de euros al año. Teniendo en cuenta estas cifras, el mar y las costas son

motores de la economía, lo que nos obliga a estudiar la forma de satisfacer de forma sostenible las necesidades humanas básicas, como la alimentación o la obtención de energía, sin producir impactos.

La economía azul es un segmento de nuestra economía vasto y en rápida evolución que en el último decenio ha adoptado medidas importantes para modernizarse y diversificarse. En paralelo a los sectores tradicionales, están evolucionando y creciendo sectores innovadores, como el de la energía marina renovable, la bioeconomía azul, la biotecnología y la desalinización, abriendo nuevas perspectivas para la creación de empleo. Hacer sostenibles las actividades de la economía azul nos acercará al cumplimiento de los objetivos que nos hemos planteado para hacer frente a los grandes retos globales. Por ejemplo, la mejora de la eficiencia energética de los barcos ofrece importantes posibilidades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El *Informe de Sostenibilidad en España 2022* tiene como objetivo ofrecer datos y tendencias precisos y confiables para los sectores y actividades relacionados con el mar que ayuden a desarrollar e implementar políticas sostenibles sobre economía azul en España. Políticas que, al tiempo que garantizan el desarrollo socioeconómico, protejan el capital natural, contribuyan a la lucha contra la contaminación y aborden la adaptación al cambio climático. El informe proporciona una evaluación socioeconómica de las actividades de la economía azul, así como recomendaciones y nuevas iniciativas y políticas relevantes en este ámbito.

Pero no debemos olvidar que la crisis sanitaria y económica mundial desencadenada por la pandemia de COVID-19 afectó gravemente a todos los sectores de la economía azul desde hace más de un año, y que aún se encuentra en periodo de recuperación. La economía azul sostenible es esencial para garantizar que la recuperación de la pandemia sea ecológica e inclusiva. Para hacer frente a la crisis climática y de biodiversidad, se requieren unos mares sanos y un uso sostenible de sus recursos que permita crear alternativas a los combustibles fósiles y a la producción tradicional de alimentos.

En este sentido, la última comunicación de la Comisión Europea sobre economía azul pide a todos los actores marítimos que basen sus actividades en el uso responsable de los recursos naturales, en la descarbonización y en conceptos de economía circular. Tal y como se expone en esta comunicación, la economía azul desempeña un papel esencial en el logro de las ambiciones del Pacto Verde Europeo. Algunas de las iniciativas del paquete "Fit for 55", del programa "De la granja a la mesa", del Plan de Acción de Contaminación Cero o las medias para la reducción de los vertidos de plásticos y microplásticos precisan de una importante aplicación en actividades y sectores estrechamente ligados a la economía azul.

En este sentido, el nuevo Fondo Azul, destinado a los usuarios del mar y dirigido a coordinar el diálogo entre los sectores económicos, la sociedad en general y los científicos que se dedican a la pesca, la acuicultura, el transporte marítimo, el turismo, las energías renovables y otras actividades, estimulará un intercambio cooperativo de ideas para el uso sostenible del medio marino. Esto significa que las empresas que usen o generen recursos renovables, preserven los ecosistemas marinos, reduzcan la contaminación y aumenten la resiliencia ante el cambio climático recibirán incentivos, mientras que las otras deberán reducir su huella ambiental.

Esta edición del *Informe de Sostenibilidad en España 2022* dedicado a la economía azul ofrece una descripción completa del sector y sus logros, conformando una base sólida que permitirá tomar decisiones informadas a

los responsables de la formulación de políticas, acciones e iniciativas necesarias para un desarrollo sostenible de la economía azul en España y al resto de partes interesadas. En estos tiempos inciertos y desafiantes, esto es más relevante que nunca. Además, el informe sigue siendo la piedra angular de las actividades de sostenibilidad en España, al mostrar una imagen de los desafíos y oportunidades a los que se enfrentan todos los sectores, así como los principales impulsores para alcanzar su potencial.

Atendiendo a que el Pacto Verde Europeo es la estrategia que marca el desarrollo sostenible en la UE y España, y que este tiene como objetivos ambiciosos la neutralidad climática, la economía circular, la contaminación cero y la restauración de la biodiversidad, la economía azul está destinada a jugar un papel fundamental para alcanzar estos objetivos. Podemos incluso llegar a concluir que no alcanzaremos los objetivos del Pacto Verde Europeo sin el desarrollo de una economía azul sostenible y resiliente.

Alcanzar los objetivos de neutralidad climática y contaminación cero precisa del desarrollo de energía marina renovable, la descarbonización del transporte marítimo y la ecologización de los puertos. Culminar la transición hacia una economía circular y reducir la contaminación precisa, por ejemplo, de la renovación de las normas para el diseño de las artes de pesca, el reciclado de buques y el desmantelamiento de plataformas en alta mar, y la adopción de medidas para reducir la contaminación por plásticos y microplásticos.

Pero, junto con las políticas de cambio climático y economía circular, la protección de la zona marítima es esencial. La conservación de la biodiversidad marina para la pesca y nuestras economías costeras. Desde la UE se estima que por cada euro invertido en espacios marinos protegidos se genera una rentabilidad de al menos 3 euros. Por otro lado, las actividades de adaptación, como el desarrollo de infraestructura verde en las zonas costeras y la protección de las costas del riesgo de erosión e inundaciones, ayudarán a preservar la biodiversidad y los paisajes, al mismo tiempo que beneficiarán al turismo y la economía costera. Se estima que el coste de la inacción es de 350 000 millones de euros al año.

A lo largo del informe se presentan algunas de las claves para alcanzar estos retos. Esperamos que el análisis y la información ofrecida en el presente documento ayuden a conseguir una sociedad –y un sistema productivo– adaptada y resiliente ante los grandes retos ambientales.

PRÓLOGO FUNDACIÓN PHILIPPE COUSTEAU

Rafael Lobeto Lobo
Secretario general de la Fundación Philippe Cousteau

Pablo Cousteau
Patrono de la Fundación Philippe Cousteau

Sergio Reyes Romero
Consejero de la Fundación Philippe Cousteau

Fundación Philippe Cousteau
"Unión de los Océanos"

Quisiéramos, en primer lugar, agradecer la invitación de nuestros amigos de la Fundación Alternativas para participar con ellos en el *Informe de Sostenibilidad en España 2022*. En segundo lugar, resaltar la absoluta coincidencia con el contenido de su presentación, coincidencia que se ve reforzada por la amistad de tantos años con sus responsables y por la identidad de razón compartidas con ellos, en nuestra asociación, fundada en los valores humanistas, la defensa de la vida humana y del medio ambiente o en la lucha por los objetivos de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, de la Unión Europea y, por supuesto, de España. Ambas fundaciones comparten idearios y, en nuestro caso, compromisos a nivel global con la mar, su gente y su cultura, que ha sido la base principal del desarrollo de la humanidad y es un legado Cousteau universalmente reconocido.

Este compromiso conjunto nuestra Fundación lo ha testimoniado con su presencia en Palermo, del 30 de junio al 1 de julio de 2022, en el Mid Med en el espléndido Palazzo dei Normanni; en Luanco, en el Museo Marítimo de Asturias, el 12 de agosto de 2022, en la presentación del profesor D. José Manuel Suarez Robledano del libro *Salvamento Marítimo: Mar y Vida en España*; en Veracruz (México) en el 17 Foro PBIP sobre Seguridad Marítima con la presencia de América; o en Nápoles, en la *Shipping Week*, recientemente celebrada con más de 800 participantes y donde la Armada y la Guardia Civil, con su jefe del Servicio Marítimo y el director del CESEMI Jovellanos, representaron a España, y nosotros pudimos invitar a España a la directora general de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (AESM) y a su equipo, todo ello con nuestros delegados en Italia, que desde su sede de Piombino son referentes de los cambios de paradigma del carbón y del acero al crecimiento azul y a proyectos con nuestros socios de SDG-4MED, como la protección del Mediterráneo. Nuestros proyectos de sensibilización y formación activa con los niños y jóvenes europeos Leonardo Da Vinci o el Proyecto Integral con el Colegio Saint Paul´s School de Barcelona nos llenan de sana ilusión. Los trabajos de las delegaciones de Asturias, Catalunya, Andalucía o Canarias son ejem-

plares a nivel científico, técnico y operativo. Pero no podemos olvidar nuestro trabajo del día a día con la Guardia Civil o nuestra aportación científica, a través de la participación del patrono D. Pablo Cousteau y del consejero D. Sergio Reyes Romero, cuyos trabajos son referencias reconocidas sobre los aspectos financieros de la economía azul y, por ello, se incorpora un capítulo específico sobre esta materia en el presente informe, siendo este un aspecto clave a día de hoy por el impulso que los fondos europeos Next Generation pueden suponer para el desarrollo y crecimiento de la economía azul. La Fundación Philippe Cousteau "Unión de los Océanos" va a seguir colaborando con la Fundación Alternativas en todo cuanto sea posible y, por supuesto, luchando por que el *Informe de Sostenibilidad en España 2023* también sea una realidad y sirva para confirmar que avanzamos todos solidaria y sosteniblemente hacia un mundo mejor.

RESUMEN Y RECOMENDACIONES

El *Informe de Sostenibilidad en España 2022* centra su análisis en el papel de la economía azul en la transición ecológica. A lo largo del informe se analiza el alcance y el tamaño de la economía azul en España. Su objetivo es brindar apoyo a los responsables políticos y las partes interesadas en la búsqueda de un desarrollo sostenible de los océanos, los recursos costeros y, en particular, para el desarrollo y la implementación de políticas e iniciativas en el marco del Pacto Verde Europeo y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

En el informe se hace un balance de la economía azul, en el escenario actual, teniendo en cuenta que la reciente invasión rusa de Ucrania está teniendo un impacto económico significativo en la economía europea y española, y que inevitablemente también afectará a los sectores de la economía azul. Pero sin olvidar que aún nos estamos recuperando de los efectos negativos que la COVID-19 ha tenido en sectores o actividades específicos de la economía azul. En este sentido, es importante apuntar que los datos utilizados para la producción del informe cubren principalmente hasta 2019, pero que, siempre que ha sido posible, se han utilizado datos más recientes.

A efectos del análisis realizado en el informe, la economía azul incluye todas aquellas actividades que se basan en el mar o están relacionadas con el mar. Por lo tanto, el informe examina no solo los sectores que tradicionalmente contribuyen a la economía azul, sino también los sectores emergentes e innovadores, que brindan nuevas oportunidades de inversión y tienen un gran potencial para el futuro desarrollo de las comunidades costeras. Los sectores analizados en el informe incluyen recursos marinos vivos, recursos marinos no vivos, energía renovable marina, actividades portuarias, transporte marítimo y turismo costero. Los sectores emergentes e innovadores de la economía azul incluyen energía marina renovable (es decir, energía oceánica, energía solar flotante y generación de hidrógeno en alta mar), bioeconomía azul y biotecnología, desalinización, defensa marítima, seguridad y vigilancia, investigación e infraestructura. Estos sectores ofrecen un potencial significativo para el crecimiento económico, la transición hacia la sostenibilidad y la creación de empleo.

Preservar y aumentar el capital natural de los mares y océanos es fundamental para garantizar la prestación continua de valiosos servicios ecosistémicos y para que España logre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU, tal como se subraya en el Pacto Verde Europeo. Pero la transición hacia la sostenibilidad también requiere una gran inversión pública y privada para el desarrollo de soluciones que desvinculen el crecimiento económico del impacto ambiental, de acuerdo con los objetivos del Pacto Verde Europeo. En este sentido, la descarbonización del transporte marítimo jugará un papel fundamental en los próximos años, dadas las alarmantes proyecciones de aumento de las emisiones de GEI del transporte marítimo en varios escenarios. Los mares y océanos son, de hecho, los sumideros finales

de diferentes tipos de contaminación marina, incluidos los plásticos, la basura, el exceso de nutrientes y los contaminantes químicos nocivos. Junto con el cambio climático, sus impactos en los ecosistemas marinos pueden ser catastróficos. El aumento del nivel del mar, por ejemplo, podría causar la pérdida de más de 200 000 millones de euros al año para el año 2080, según el estudio PESETA IV de la UE, principalmente en términos de daños a activos físicos y propiedades residenciales en las zonas costeras. Los países de la costa sur serán los más afectados, con pérdidas de PIB que alcanzarán el 2,7 %.

El informe se divide en dos partes: una primera de contexto, donde, junto a la exposición de varias cuestiones generales, como el contexto económico y político general de la economía azul y la importancia de la comunidad biológica sobre la que se asienta, se expone un listado con los principales indicadores sobre economía azul en España; y una segunda parte compuesta por una serie de artículos que analizan en profundidad los principales indicadores económicos, tendencias, impactos ambientales e impulsores e interacciones con otros sectores o actividades, de los principales sectores que componen la economía azul. Además, se incluye un capítulo específico dedicado al papel de la economía circular y otro dedicado a las fuentes de financiación.

Es importante señalar que sí –hasta la fecha– todos los informes de sostenibilidad de la Fundación Alternativas se han basado en artículos de autor que ofrecen un análisis del estado, tendencias y perspectivas del vector analizado mediante un enfoque integrado en el que se recogen las complejas interacciones que se necesitan para impulsar el cambio, en esta ocasión se ha introducido un nuevo apartado de análisis básico mediante indicadores. La inclusión de este nuevo capítulo pretende ofrecer al lector la mejor forma de analizar la evolución a lo largo del tiempo de las principales variables que definen la economía azul en España, permitiéndole juzgar si estamos progresando de forma sostenible. Por otro lado, es importante apuntar que, conscientes de las limitaciones existentes, se ha partido de un sistema de indicadores maduros y reconocidos a nivel mundial, comunitario y nacional que, a su vez, cumplen con los requisitos de comparabilidad, exactitud, especificidad y comprensión. Además de ser fiables, fáciles de interpretar, sencillos de obtener, significativos y relevantes, a fin de que representen la realidad para poder actuar en consecuencia. Los indicadores escogidos también cumplen las exigencias de la comunidad científica, como son la sensibilidad a los cambios, ser científicamente solventes, verificables, reproducibles y útiles para la acción.

Como se ha apuntado al inicio de este apartado, este informe pretende ser una aportación útil para evaluar la evolución de la contribución de los océanos y las costas a la economía española. También pretende apoyar el desarrollo de políticas que persigan la visión estratégica de España para una economía azul sostenible en todos los niveles de gobernanza. El informe brinda, además, una perspectiva sobre los impactos que los desafíos globales como el cambio climático, la conservación de la biodiversidad y el uso eficiente de los recursos tienen en el potencial de la economía azul en España.

A continuación, se exponen las principales conclusiones y recomendaciones de cada uno de los capítulos que componen el *Informe de Sostenibilidad en España 2022*.

¿QUÉ ES LA ECONOMÍA AZUL? SU IMPORTANCIA PARA LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

En este capítulo se analiza el origen y la evolución en la última década del concepto de economía azul, haciendo especial énfasis en

su desarrollo en el contexto de la Unión Europea y de forma específica en España.

Partiendo de que la economía azul abarca todas las industrias y actividades relacionadas con los océanos, los mares y las costas, se analizan en primer lugar los sectores que han constituido tradicionalmente la columna vertebral de la economía azul, los denominados sectores establecidos, para presentar a continuación los sectores emergentes, considerados como actividades innovadoras, no maduras, pero con un importante potencial en términos de contribución a la economía azul de la UE.

A continuación, se aporta una visión global del papel de la economía azul en el conjunto de la economía española, poniendo de relevancia la capacidad de los sectores de la economía azul española y su potencial de desarrollo futuro.

Seguidamente, se analizan los factores y los condicionantes que, en base a las características de la economía azul española, pueden servir para facilitar el tránsito a un modelo económico sostenible en el que se mejore el bienestar humano y la equidad social, a la vez que se reducen los riesgos ambientales y el deterioro ecológico. Por último, a modo de conclusiones, se apuntan una serie de recomendaciones que se consideran cruciales para acelerar el proceso hacia una transición ecológica y justa.

El análisis realizado a lo largo del capítulo ha dado lugar a plantear las siguientes conclusiones:

- Fomentar la aplicación de las Estrategias Marinas en las demarcaciones marinas españolas, con el objetivo de alcanzar el buen estado ambiental de los mares. Entendiendo por buen estado ambiental del medio marino aquel que da lugar a mares ecológicamente diversos, limpios, sanos y productivos, en el que la utilización del medio marino sea sostenible, quedando así protegido su potencial de usos, actividades y recursos por parte de las generaciones actuales y futuras.

- Avanzar en la aprobación de los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM) de las cinco demarcaciones marinas españolas para establecer la distribución espacial y temporal de las diferentes actividades y usos, existentes y futuros. Los POEM tienen como objetivo principal facilitar el desarrollo sostenible, ambiental económico y social, de las actividades de la economía azul llevadas a cabo en el espacio marítimo y costero, estableciendo para ello la compatibilidad de estas actividades con la consecución de los objetivos ambientales definidos en las Estrategias Marinas.

- Identificar relaciones sinérgicas entre actividades de la economía azul y estimular el cambio a modelos de producción basados en la ecología industrial, con procesos participativos, solidarios y cooperativos. Para ello, los puertos pueden desempeñar un papel importante como catalizadores en el desarrollo económico de los sectores de la economía azul a través de la simbiosis industrial, aglutinando servicios portuarios de apoyo y actuando como nuevos centros de energía limpia mediante el acoplamiento de las energías renovables marinas con la producción de hidrógeno verde.

- Incorporar los principios de la economía circular a las diferentes actividades de la economía azul para facilitar su transición a un modelo económico más sostenible, resiliente y climáticamente neutral, en base a la eficiencia en el uso de los recursos marinos y la reducción de los impactos negativos causados por actividades no sostenibles. La incorporación de criterios de circularidad

servirá para generar nuevas oportunidades de negocio, ayudará a establecer prácticas comerciales marítimas más sostenibles, a reducir los residuos, a crear puestos de trabajo y a obtener ventajas competitivas.

- Impulsar la educación como elemento fundamental no solo para el desarrollo de una economía azul sostenible, sino también para facilitar la doble transición ecológica y digital. Como se ha analizado anteriormente, la economía azul se ha ido diversificando hacia actividades emergentes, como las energías renovables o la biotecnología marina, muchas de las cuales requieren nuevas competencias. Es por lo tanto necesario contar con profesionales bien formados y altamente cualificados para cubrir el potencial de crecimiento e innovación que tienen estos sectores. Las instituciones educativas y las organizaciones empresariales de la economía azul deben identificar las lagunas de formación en los planes de estudios vinculados a estas actividades, con el objetivo de diseñar y desarrollar programas de formación atractivos que cubran la brecha de competencias y aumenten el interés de estudiantes y jóvenes profesionales hacia las mismas.

RIQUEZA Y FRAGILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD BENTÓNICA SOBRE LA QUE SE ASIENTA EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL

Uno de los mayores problemas que tiene la sostenibilidad del medio marino es su escaso conocimiento, que conlleva tomar pedidas y decisiones que muchas veces no son adecuadas para la conservación eficaz y respetuosa del mismo. Las comunidades del fondo marino son un buen ejemplo de este desconocimiento, hecho que conlleva que no se les dé la importancia que tienen, muchas veces, a la hora de desarrollar los planes de gestión ambiental y de sostenibilidad. El bentos marino es el hábitat por excelencia de muchas especies, tanto de las que viven en el fondo marino como gran parte de las especies que viven en la columna de agua. Los hábitats bentónicos equivalen a los bosques, prados, etc. terrestres y son el refugio y el lugar de alimentación y reproducción de una gran parte de las especies marinas, o también de sus faces larvarias o juveniles antes de retornar al medio pelágico. En esta línea, podemos decir que todos los ambientes del medio marino están interconectados y es necesario considerarlos en su conjunto para una buena gestión de los recursos naturales. Por ejemplo, no es eficaz gestionar la pesquería de una especie pelágica (peces) mediante vedas si no se protege a su vez el hábitat de sus larvas y juveniles en el fondo marino. En este capítulo se describen las características de la gran diversidad de las comunidades bentónicas de los mares de España y se identifican los factores que ponen en riesgo su conservación y resiliencia. Muchos de estos factores están ligados a la actividad humana, pero de todos hay maneras y mecanismos fácilmente identificables como para desarrollar las propuestas que minimicen en el futuro el impacto humano y maximicen su conservación para favorecer la sostenibilidad del medio marino.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo ha dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que se recogen a continuación:

- Las propuestas encaminadas a la sostenibilidad del medio marino han de considerar la aproximación ecosistémica. Esto significa que acciones para conservar un recurso concreto han de tener en cuenta el hábitat o hábitats en los que se desarrolle la actividad del recurso o especie y de las diferentes fases de su ciclo de vida.

- Las soluciones basadas en la naturaleza son las más eficaces a medio y largo plazo para mitigar los efectos del cambio climático. Ecosistemas con una elevada biodiversidad, como son las comunidades bentónicas y las cadenas tróficas asociadas a las mismas, son imprescindibles para maximizar la capacidad del océano en secuestrar CO_2 y generar oxígeno para el mantenimiento de la vida marina.

- Se deben incrementar con creces las medidas de protección de los ecosistemas marinos, especialmente los costeros, como praderas de fanerógamas, macroalgas o playas de arena. También implementar medidas para que se expandan e incrementen su extensión. Sistemas costeros bien conservados son una fuente esencial para mejorar la economía azul de las sociedades costeras, tanto para la extracción de recursos sostenibles como asegurar actividades de ocio y salud ambiental.

- Es esencial recuperar las comunidades bentónicas afectadas por la actividad humana. La recuperación ya no se puede hacer solo con medidas de conservación, sino que se han de implantar estrategias de restauración activa eficaces. Estas actividades de restauración generan oportunidades innovadoras para potenciar la economía azul.

- Por último, se debería aprovechar la potencialidad de las nuevas tecnologías, como la robótica y la teledetección, para innovar en las estrategias de recuperación del medio marino. Las nuevas tecnologías ofrecen desde propuestas innovadoras para el medio ambiente hasta oportunidades para diseñar nuevas propuestas u oficios profesionales que repercutirán en una economía azul diversificada y con futuro.

EL PAPEL DE LA PESCA EN LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL

La pesca es una de las actividades más importantes dentro de la economía azul. Es posible que por su valor económico no sea de las más relevantes, pero posee un valor social y cultural de primera magnitud que, unido a todo un conglomerado de industria naval y auxiliar, servicios portuarios, de transformación y comercialización, etc. –lo que viene siendo denominado como el "complejo mar-industria"– constituye un pilar fundamental de la economía de nuestro país. Así, todo este entramado pesquero, acuícola, comercializador y trasformador aporta al PIB español más de 8300 millones anuales (0,7 % del total), una cifra que no refleja su importancia socioeconómica y en la tradición pesquera de España y, sobre todo, su papel fundamental para la retención de población en regiones costeras sin otras posibilidades de desarrollo.

En los últimos años, la evolución del sector de la pesca ha sido muy importante. Por un lado, la actividad extractiva ha perdido unidades, pero ha ganado en efectividad, al haber mantenido más o menos las capturas y el valor de producción, mientras que el empleo ha presentado reducciones menores.

Los avances logrados en los últimos años en materia de sostenibilidad han sido ampliamente reconocidos desde todos los estamentos, sobre todo en lo que respecta al estado de los recursos pesqueros o a los cambios en las artes de pesca y su uso para reducir el impacto sobre el medio marino. Sin embargo, todavía queda margen de mejora para alcanzar una mayor sostenibilidad en materia medioambiental, social y económica, con retos tan complejos como la descarbonización o seguir avanzando en la reducción de las capturas accidentales.

A la vista de la situación actual del sector pesquero y la evolución que este ha seguido a

lo largo de los últimos años en el ámbito de la sostenibilidad, cuya actividad resulta un pilar fundamental en la economía de las regiones costeras y como principal actor interesado en la buena salud de los océanos y de los recursos pesqueros, se proponen las siguientes actuaciones:

- Impulsar el desarrollo de la economía azul en nuestro país favoreciendo el diálogo y la participación de todos los agentes implicados en la adopción de medidas específicas para cada sector, reconociendo el valor histórico, tradicional y como fuente de proteínas saludables que tiene la pesca. Solo así podrán favorecerse posibles sinergias y evitarse conflictos.

- Continuar avanzando en la gestión y el gobierno de los océanos y sus recursos a través de las Organizaciones Regionales de Pesca (ORP), trasladando los modelos de gestión y control de las pesquerías adoptadas en la UE como ejemplos de éxito en materia de sostenibilidad.

- Mantener e intensificar la colaboración entre el sector pesquero y la comunidad científica para seguir avanzando en la búsqueda de artes de pesca más selectivos, reducir las capturas accesorias y minimizar aún más el impacto de la actividad sobre los ecosistemas marinos.

- Impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para la búsqueda de combustibles alternativos menos contaminantes y compatibles con la actividad pesquera.

- Favorecer la utilización de los fondos europeos destinados a continuar avanzando en la sostenibilidad de la actividad pesquera, agilizando los trámites administrativos y eliminando cargas burocráticas innecesarias, y los destinados a ajustar la capacidad de flota.

- Realizar un mayor esfuerzo en la puesta en valor de los productos pesqueros como fuente de salud y suministradores de una de las proteínas más sanas y con menor impacto de huella de carbono.

NUEVO PARADIGMA DEL TURISMO COSTERO

El turismo costero es el sector con mayor peso económico y laboral dentro de lo que denominamos economía azul, pero su carácter masivo provoca que sea también un sector con un fuerte impacto ambiental. La sostenibilidad económica, social y ambiental de la economía azul pasa en buena medida por un cambio de paradigma del turismo costero. En realidad, el turismo en general y el turismo costero en particular lleva años transformándose, buscando nuevos productos y trabajando en una transición ecológica y digital que garantice su sostenibilidad. En este capítulo se analizará este cambio de paradigma del turismo costero en el marco de la economía azul, incidiendo en tres conceptos llamados a jugar un papel clave: el turismo inteligente, la economía circular y la huella de carbono; así como analizando dos productos turísticos, como el turismo de cruceros y el turismo marinero. Este análisis pretende señalar aspectos claves para el futuro de un sector fundamental para nuestra economía, un futuro que, en buena parte, se juega en la manera en la que este sector se enfrente a los desafíos, las amenazas y las oportunidades que supone el reto de la sostenibilidad ambiental.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo ha dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que se recogen a continuación:

- Las cifras de empleo y riqueza generada de la economía azul están muy condicionadas por la importancia del turismo costero. Es-

paña ha demostrado contar con un sector turístico costero muy competitivo y hay que seguir incidiendo en este sector, a la vez que se afrontan los enormes desafíos sociales y medioambientales que implica un turismo de masas. El turismo costero, junto a la pesca y la acuicultura, son los grandes sectores de la economía azul, en especial en España, pero no hay que olvidar que son sectores maduros y con un potencial de crecimiento limitado, por lo que España debería aprovechar su saber hacer costero para invertir y apostar por otros sectores con un potencial de crecimiento alto en el marco de la economía azul. En todo caso, esta apuesta debe ir acompañada de planes y fondos para la investigación y transferencia.

- El turismo costero se encuentra en una fase de transformación en la cual es necesario incidir para avanzar hacia un cambio de paradigma basado en una doble transición ecológica y digital. En los últimos años, gran parte de la política turística ha venido actuando en esta dirección, pero los actuales fondos europeos parecen una oportunidad para acelerar, financiar y concretar los cambios necesarios. El Plan de Modernización y Competitividad del Sector Turístico parece contar con los recursos necesarios e incidir en aspectos claves como la eficiencia energética, la economía circular o la descarbonización. En todo caso, habrá que estar vigilantes a la implementación de los fondos, "la modernización del sector turístico español desde una perspectiva integral" puede ser una fórmula demasiado vaga y amplia que permita el uso de los fondos para la enésima reforma del paseo marítimo y deje de lado los complejos y costosos retos que implica una verdadera transición ecológica y digital.

- El turismo costero debe seguir avanzando hacia un modelo más sostenible y diversificado. Más allá de la necesaria transición ecológica y digital, hay que seguir trabajando en nuevos productos turísticos que ayuden a la desestacionalización y a la vez aporten al sector turístico español más calidad y rentabilidad, mejores empleos y menores impactos ambientales. El caso del turismo residencial, identificado tradicionalmente al mercado senior, puede tener un impulso importante ligado al auge del teletrabajo y a la atracción de profesionales cualificados. Sin embargo, a la hora de plantear estas estrategias hay que tener muy presente que este turismo puede provocar el enésimo *boom* de promociones inmobiliarias con consecuencias ecológicas (y la penúltima crisis nos enseñó que también financieras) devastadoras. Si realmente pretendemos una transición ecológica del turismo, dejar al margen los modelos urbanísticos e inmobiliarios, como si estos no tuvieran nada que ver con el turismo, es un sinsentido.

- Se debe avanzar en la implantación de modelos de economía circular. Las empresas que implantan principios de economía circular en su gestión requieren recursos financieros, técnicos y formativos, en especial en las PYMES turísticas. La Administración debe favorecer, fomentar y reconocer el esfuerzo mediante cambios normativos y ventajas fiscales, de contratación o de financiación. También debe haber una estrategia que implique a universidades, empresas privadas y centros de investigación para investigar y transferir conocimientos prácticos sobre economía circular, así como para formar profesionales que dominen sus principios.

- Aquello que no se mide no se puede mejorar. Con esta premisa, la "huella de carbono" es un concepto que se ha popularizado porque permite medir y comparar el impac-

to climático de destinos, empresas y actividades varias. Si el sector quiere afrontar sus responsabilidades climáticas, debe medir su impacto y, a partir de aquí, podrá minimizarlo y poner remedio. Se debe fomentar una cultura de la medición de la huella de carbono, aunque en un principio pueda ser percibida como una amenaza. La sociedad cada vez va a ser más crítica con las medidas que implican un simple lavado de imagen ambiental (o *greenwashing*), las cuales pueden acabar haciendo mucho daño a la imagen del sector y a los esfuerzos medioambientales de empresas y administraciones. El uso de indicadores objetivos ayuda a distinguir y valorar las distintas actuaciones.

- Las estrategias, planes e iniciativas del turismo costero (y de la economía azul en general) se ven limitadas y dificultadas en su implementación por una compleja maraña burocrática, donde intervienen diferentes administraciones, autoridades y reglamentaciones. Las acciones en la línea costera y en el propio mar son complejas, no solo desde el punto de vista técnico, sino también administrativo. Es importante avanzar hacia modelos más sencillos y claros, que doten de seguridad jurídica a la vez que garanticen la seguridad y el control de los impactos ambientales.

ACTIVIDAD PORTUARIA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Los puertos se configuran como actores clave en la economía azul, siendo un motor económico y social de crecimiento en sus áreas de influencia a la vez que concilian su impacto con el medioambiente. En esta línea, la transición ecológica se encuentra en la agenda de desarrollo estratégico de los puertos, siendo un punto de encuentro entre la investigación, el sector privado y la Administración para el desarrollo e incorporación de nuevas fuentes de energía, la descarbonización de la economía y la restauración de los océanos, entre otros. Los puertos de mercancías y pesqueros son, por su situación fronteriza entre el mar y la tierra, enclaves estratégicos que deben ser considerados en las estrategias de ordenación del territorio y desarrollo sostenible.

Este impacto es referido desde el cumplimiento con el Pacto Verde en el que de forma concreta los puertos tienen un papel relevante en la descarbonización de la economía y la lucha contra el cambio climático. El "poder" de los puertos en esta labor es sin duda enorme, por lo que, desde la Comisión Europea, FAO, Banco Mundial, entre otros, se han abierto programas y líneas de inversión concretas que refuercen las capacidades de los puertos a nivel global en este marco.

Así, los puertos se han convertido en *hubs* de la economía azul, en polos reales de la creación de empleo, de atracción de la innovación y están dispuestos a tener un rol destacado dentro de la transición energética, ya que permiten bajar las estrategias europeas y mundiales a realidades cercanas, a las empresas y a la economía.

En este camino, los puertos españoles muestran su compromiso con la Agenda 2030, impulsando la economía azul y la transición ecológica, a través de proyectos y acciones concretas. Son numerosas las iniciativas de impacto que actualmente se desarrollan como parte de los Planes estratégicos y directores de nuestro sistema portuario.

En este capítulo se pone de relevancia el esfuerzo de alineación de los puertos españoles con la Agenda 2030, la economía azul y la transición ecológica a través de una revisión de buenas prácticas de referencia. A través de las iniciativas compartidas se pretende inspirar a las personas ligadas con la temática mostrando cómo el compromiso se logra a través

de la acción y de la medición de su impacto, y más allá de la involucración de todos los grupos de interés.

Para ocupar este papel importante, y para que los puertos nacionales se adapten y puedan cumplir con los objetivos del Green Deal, es necesaria la inversión en desarrollos tecnológicos y de gobernanza como:

- OPS o *Cold ironing:* la adaptación de las redes energéticas de los puertos para dar suministro eléctrico a los buques mientras estos se encuentren atracados. Estos sistemas necesitan fuertes inversiones y a la vez van a aumentar el consumo energético de los puertos, por lo que deben ir acompañados de proyectos de implantación de fuentes renovables, como la solar o la eólica, para poder cubrir las demandas existentes y futuras.

- La introducción de los nuevos combustibles, como el hidrógeno o el amoniaco, que puedan dar soluciones a la adaptación de los buques en el futuro, y que a nivel internacional están tomando un papel importante.

- La introducción de sistemas 4.0 o *Smart port*, que apoyen la digitalización de los puertos, la toma de decisión y la adaptación de forma rápida y ágil al nuevo escenario de cambios que estamos viviendo en esta década.

- La introducción de entornos de innovación, aceleradoras de empresas, lugares donde la innovación se pueda desarrollar en entornos reales y apoyen a la transformación, los puertos están demostrando ser un entorno perfecto para los espacios de conocimiento.

- Con la mayor demanda y presión por el uso de las zonas costeras, se hace necesario disponer de nuevos sistemas de gobernanza, basados en los Planes espaciales marítimos, donde se puedan dictar y establecer los usos de las zonas costeras marítimas, para el trasporte marítimo, la pesca, las renovables *offshore*, el turismo, etc., para lo cual es necesario establecer un plan nacional, regionales y locales.

- Por último, una mayor integración de los puertos con las ciudades y los ecosistemas marítimos, con políticas e inversiones de mejora de la interfase puerto ciudad; a la vez, una apuesta por las infraestructuras verdes y sostenibles, que hagan a los puertos más amigables en su entorno, pero sin perder su papel de relevancia económica.

ECONOMÍA AZUL Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

La modificación del clima generada por la actividad humana ya es un hecho plenamente demostrado. El principal motor de este cambio es la emisión de gases de efecto invernadero, generados, en su mayoría, por la combustión de carburantes fósiles. Para detener esta modificación, se está planteando la sustitución de los combustibles fósiles por otros obtenidos a partir de energías renovables.

Entre los combustibles fósiles que pueden obtenerse a partir de electricidad de origen renovable, el amoniaco se presenta como un candidato aventajado, ya que en su uso como combustible no genera gases de efecto invernadero y al utilizarse agua y nitrógeno del aire en su fabricación, y producir agua y nitrógeno en su combustión, su reciclaje no presenta problemas.

Por lo que respecta a las energías renovables, la que más crecimiento está experimentando en el mundo es la eólica, y dentro de la eólica, la producción en los parques marinos presenta grandes ventajas, como son vientos más elevados, constantes y con menor tur-

bulencia que en las zonas terrestres, lo que redunda en mayores factores de utilización de la potencia instalada. Por otro lado, los aerogeneradores marinos no tienen los límites de tamaño que impone el transporte terrestre, por lo que las máquinas pueden ser de mayor potencia. En su contra, los parques eólicos marinos deben enfrentarse con las duras condiciones ambientales del mar abierto, los problemas logísticos que plantea la construcción y el mantenimiento de los parques y la necesidad de enviar la energía a tierra mediante costosos cables submarinos de alta tensión.

A medida que los parques eólicos marinos se alejan de la costa y aumentan su potencia, la transmisión de la energía a tierra se vuelve más costosa debido al coste de los cables de transmisión y a las pérdidas en la transmisión. Por otro lado, la red eléctrica terrestre y la demanda no podrán absorber la energía producida por los parques, por lo que se requerirá su almacenamiento en otras formas de energía. En este sentido, hay que tener en cuenta que una parte muy importante de la energía consumida se deberá realizar, como en la actualidad, a partir de combustibles producidos con energías renovables. Una parte muy importante de la emisión de gases de efecto invernadero proviene del transporte marítimo. El desarrollo de parques eólicos en alta mar para su funcionamiento como nodos de repostaje y distribución de amoniaco puede simplificar de forma importante la gestión del amoniaco producido.

En este artículo se presenta en los apartados 1 y 2 los distintos sistemas de almacenamiento de energía disponibles en la actualidad, el papel que desempeñan los combustibles sintéticos dentro de estos sistemas y las ventajas que presenta el amoniaco y su producción en parques eólicos marinos frente a la utilización del hidrógeno u otros combustibles como vector energético. En el apartado 3 se analiza el amoniaco como futuro vector energético, la posibilidad de establecer un sistema económico basado en el amoniaco, los métodos de producción de amoniaco, el transporte y almacenamiento, los costes y los problemas de seguridad y de aceptación social. En el apartado 4 se describe la tipología que tendrían los parques eólicos marinos dedicados a la producción de amoniaco, las áreas de los océanos con mejores condiciones para la instalación de estos parques, presentándose algunos estudios realizados sobre el diseño de estos parques, el coste nivelado del amoniaco producido y los retos que presentan los parques eólicos marinos en aguas profundas. Finalmente, tras el apartado 5 de conclusiones, se presentan en el apartado 6 algunas recomendaciones basadas en los retos que será necesario abordar y desarrollar.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo han dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que se recogen a continuación.

La construcción de grandes granjas eólicas sobre plataformas flotantes en alta mar dedicadas a la producción de amoniaco plantea los siguientes retos que será necesario abordar y resolver:

- Diseño de plataformas eólicas flotantes económicas en toda su vida útil: sistemas constructivos, transporte, sistemas de anclaje, operación y mantenimiento, y desmantelamiento.

- Desarrollo de herramientas para la optimización de los parques eólicos flotantes, incluyendo el dimensionamiento de los parques, plantas FPSO, buques de transporte de amoniaco líquido, y/o operaciones de *bunkering*, teniendo en cuenta su ubicación, recurso eólico y condiciones meteoceánicas.

- Fomento de estudios básicos sobre el ciclo del nitrógeno en la Tierra y desarrollo de

herramientas que permitan analizar la influencia, en el ciclo global de N_2, de una economía energética global basada en el amoniaco.

- Creación de la legislación que regule el desarrollo de grandes granjas eólicas en alta mar, en aguas internacionales, dedicadas a la producción de amoniaco.

TRANSICIÓN ECOLÓGICA DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

Si bien es cierto que el transporte marítimo puede considerarse como la columna vertebral del comercio internacional y, por tanto, de la economía mundial, según lo define la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), también es un hecho indiscutible que se trata de un sector con un creciente impacto medioambiental negativo sobre el clima, la salud pública y la biodiversidad.

Por un lado, a causa de su casi total dependencia del uso de combustibles fósiles como fuente de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte marítimo, así como de diversos contaminantes atmosféricos y de carbono negro, van en aumento.

Tomado en su conjunto, este sector es ya el sexto mayor emisor del mundo de GEI (con casi un 3 % del total mundial de las emisiones). Sin embargo, la estrategia de descarbonización de la Organización Marítima Internacional (OMI), la agencia de Naciones Unidas que regula este sector, no está aún alineada con los objetivos del Acuerdo de París.

También en las últimas décadas se han incrementado los niveles de ruido submarino producidos por el transporte marítimo. Este tipo de contaminación supone una importante amenaza para los ecosistemas marinos y para la supervivencia de mamíferos, tortugas, peces y otros animales que habitan el océano. En cuanto a la fauna marina, conviene recordar que las colisiones con los buques siguen siendo una de las principales causas de mortalidad de las grandes ballenas, la mayoría de cuyas especies se encuentran en un preocupante estado de conservación.

Para todos estos problemas medioambientales –que no son los únicos que produce esta actividad– hay muchas soluciones disponibles. Los principales obstáculos para aplicarlas son la falta de compromiso del sector del transporte marítimo para abordar su déficit de sostenibilidad ambiental y climática; y, por otro lado, los escasos avances en el seno de la OMI, en gran medida debido a la falta de voluntad política de una serie de Estados miembros.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo han dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que, idealmente, cuando el marco legal internacional lo permitiese, deberían ser adoptadas a nivel mundial con carácter obligatorio en el marco de la OMI. Pero, mientras estas se discuten en dicho foro, y dada la necesidad perentoria de avanzar en la transición ecológica del transporte marítimo, la Unión Europea (así como otros países o regiones del mundo) debería incluir las siguientes medidas con carácter de urgencia en su legislación marítima:

- Obligación legal de descarbonizar completamente el transporte marítimo lo antes posible de 2050, con una hoja de ruta clara y coherente que incluya objetivos para 2030 y 2040, y la dotación de los medios económicos, financieros y de otro tipo necesarios para poder alcanzar dichos objetivos.

- Regulación global obligatoria de las velocidades de los buques.

  A corto plazo, la reducción de la velocidad es la opción más sencilla y rentable

para el sector marítimo a la hora de reducir las emisiones de GEI, ya que no requiere cambiar los buques ni las infraestructuras portuarias.

Lo ideal sería que la OMI apoyara la aplicación de una regulación global obligatoria de las velocidades de los buques diferenciados por tipo de barco y categoría según su tamaño.

Una de las ventajas de la reducción obligatoria de la velocidad de los buques es que crea unas condiciones equitativas para todas las compañías navieras, garantizando que todas ellas estén sujetas a las mismas restricciones y que su cumplimiento no suponga ninguna desventaja competitiva, algo que no se puede conseguir con meras recomendaciones o medidas voluntarias.

Esta medida también contribuiría a disminuir las emisiones de carbono negro y otros contaminantes atmosféricos como los NOx, SOx, partículas, etc. Además, permitiría reducir significativamente el nivel de ruido submarino y rebajar la probabilidad de efectos letales en las colisiones de los barcos con las grandes ballenas.

- Regulación global obligatoria de las fuentes de energía cero emisiones para suministro de los barcos atracados.

Con el fin de contribuir a la lucha contra el cambio climático y a la mejora de la calidad del aire en los puertos y su entorno, las autoridades portuarias deberían adoptar obligatoriamente un estándar de cero emisiones de gases de efecto invernadero en los atraques en los puertos.

A estos efectos, las fuentes de energía que se considerarán permitidas para su despliegue en los puertos y el suministro al transporte marítimo son, por un lado, la electricidad de origen renovable; y, por otro, todos aquellos combustibles que sean cero emisiones de gases de efecto invernadero en su utilización con especial énfasis en el hidrógeno obtenido por electrólisis del agua mediante electricidad renovable (hidrógeno verde) y el amoniaco verde (obtenido a partir del hidrógeno verde) o cualquier otro combustible de origen no biológico procedente de fuentes renovables con una capacidad efectiva para reducir las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero.

Además, los puertos deberán tomar las medidas necesarias para asegurar el suministro de energía eléctrica renovable a buques y embarcaciones atracados, de tal manera que en el 2025 este servicio esté asegurado en todas las terminales de pasajeros; en 2030, en las terminales de buques portacontenedores, cargueros y tanqueros; y en 2035, en todas las terminales de todos los puertos.

Debe establecerse una cuota mínima obligatoria del 6 % de uso de electrocombustibles cero emisiones de origen renovable en todos los puertos para 2030, con el fin de crear las condiciones de mercado adecuadas y posibilitar la consecución de economías de escala.

ECONOMÍA AZUL, DESARROLLO INDUSTRIAL Y ECOINNOVACIÓN

El capítulo se propone indagar sobre la realidad de la ecoinnovación azul dirigida al desarrollo industrial como motor de cambio para una simbiosis entre economía y ecología, que haga realidad el nuevo marco económico surgido del Pacto Verde. Intentaremos concluir si el sector industrial español se está apropiando de este concepto, requisito indispensable para su éxito futuro.

En el doble contexto constituido por el nuevo marco económico propuesto en el Pacto Verde Europeo y temporal, el Plan de

Recuperación para Europa sigue como guía la Comunicación de la Comisión sobre Economía Azul que desarrolla una agenda estratégica en la que se incluyen las áreas económicas y las acciones prioritarias para el desarrollo económico azul.

En cada una de ellas, examina las principales políticas y estrategias, comunitarias y nacionales, que deberán orientar la ecoinnovación dirigida a la industria, y constatando cómo constituyen un conjunto amplio y bien estructurado de medidas y actuaciones que potencialmente pueden suponer un impulso decisivo para esta actividad.

El capítulo finaliza explorando los principales instrumentos que pueden financiar la economía azul. Nos encontraremos con un abanico de financiaciones cruzadas entre los distintos instrumentos y unas líneas de financiación que, al intentar extender la casuística de las ayudas reduciendo al mismo tiempo la complejidad de los textos, pierden concreción.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo han dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que se recogen a continuación:

- La recomendación más importante que podría adoptarse es la de retomar el mandato de la Comisión delegada del Gobierno para Política Científica, Tecnológica y de Innovación del 28 de diciembre de 2018, de crear un grupo de trabajo interministerial para elaborar una estrategia de investigación en economía azul. Esta dotaría del marco institucional necesario para identificar las necesidades, cuellos de botella y prioridades para dar el impulso que necesita la investigación, y la economía azul en general, para que adquiera la relevancia que desde la Unión Europea se está promoviendo.

- Como consecuencia de lo anterior, debería continuarse con los trabajos encomendados al Grupo de trabajo interministerial de economía azul para la elaboración de una Estrategia de I+D+i en economía azul o, en su caso, al menos unas orientaciones que permitan definir con precisión la financiación disponible y las prioridades donde recaerá esa financiación.

- Igual de relevante sería la inclusión en el II Plan de Acción de Economía Circular, 2024-2027, de un capítulo transversal sobre economía azul con el consiguiente desarrollo de indicadores. Actualmente, el I Plan trata muy limitadamente la economía azul, circunscribiéndola a actuaciones muy concretas. Es necesaria la plena integración entre ambas estrategias para desarrollar el máximo potencial que tiene la economía azul.

- En cualquier caso, sería necesaria la elaboración de una batería de indicadores sobre ecoinnovación industrial que puedan ser utilizados en las distintas estrategias y planificaciones con el fin de conocer la situación real de esta actividad. Este desarrollo podría ser iniciativa del ámbito académico en paralelo o en ausencia de las iniciativas antes mencionadas.

- Como recomendación final, es necesario disponer de un estudio sobre la situación actual de la ecoinnovación y sus perspectivas de futuro.

EL PAPEL DE LA ECONOMÍA AZUL EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

El capítulo desgrana el concepto de economía azul (*Blue Growth*) como una necesidad ante el reto del aumento poblacional y medioambiental para 2050, apoyando la importancia de los mares y océanos para el crecimiento sostenible. Se relacionan las po-

sibles soluciones que puedan menguar las dificultades a las que estamos expuestos, como las regulaciones políticas, principalmente adoptadas por la Unión Europea, tales como el Pacto Verde Europeo (2019), con especial vinculación hacia la neutralidad climática y la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Se ponen en evidencia las soluciones planteadas para un nuevo enfoque hacia la economía azul, como la capacidad de energía renovable marina para alcanzar la descarbonización; la protección de la biodiversidad mediante el apoyo a proyectos de carbono azul; la resiliencia costera; y la conversión de los sistemas alimentarios hacia modelos más sostenibles que puedan aliviar la presión que ejercen la agricultura, la acuicultura y la pesca sobre el medio ambiente. Se realiza una profunda reflexión de la contaminación por plásticos de nuestros mares, incidiendo en la necesidad de cambio del modelo económico lineal hacia el modelo circular y la prevención de los residuos. Finalmente, se relacionan como posibles herramientas que apoyan el desarrollo de una economía azul sostenible, el conocimiento de los océanos, el apoyo a proyectos de I+D+i, el apoyo financiero público y la capacitación para profesionales y empleos de economía azul.

El análisis de la identificación de retos y desafíos desarrollados en el capítulo da lugar a plantear las siguientes recomendaciones:

- Es preciso por parte de todas las partes interesadas (administraciones públicas, empresas grandes y pequeñas y grupos locales) profundizar en el ODS 14 ("Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible") como clave para la cuestión del crecimiento azul.

- La energía renovable marina podría generar un cuarto de la electricidad de la UE en 2050, el seguimiento de la nueva estrategia de la Comisión (2020) permitirá multiplicar por cinco la capacidad de la energía renovable marina de aquí a 2030 y por treinta de aquí a 2050.

- Resulta de vital importancia el apoyo a proyectos de carbono azul como medida de compensación, a fin de mejorar las condiciones de las praderas marinas y los humedales costeros de cara a la mitigación y la adaptación al cambio climático.

- En la última década se ha tomado conciencia de una de las mayores problemáticas medioambientales sin consecución de solución, como es la basura marina y terrestre, sobre todo plásticos, que se irá descomponiendo en fragmentos menores que aumentarán su contenido en el futuro, por lo que es de vital importancia seguir vigilando y apoyar proyectos de I+D+i que sigan indagando en posibles soluciones ante este desafío.

- Es preciso una adaptación hacia el nuevo modelo de economía circular, incorporando aspectos como rediseño o ecosideño, reutilización, reparación, remanufacturación, reciclaje en cada paso de la cadena de valor, principios para "cerrar el ciclo de vida" de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía, al mismo tiempo que garantiza el crecimiento económico, un mayor bienestar social y la preservación del capital natural.

- Es necesario un apoyo financiero público para ayudar a las empresas a alcanzar la circularidad de forma gradual. Ni hay un único camino ni alcanzar la circularidad es cuestión de todo o nada.

LA FINANCIACIÓN DE LA TRANSICIÓN A UNA ECONOMÍA AZUL SOSTENIBLE

Mayo de 2021 es una fecha clave, pues en ese momento la Comisión Europea estableció las nuevas líneas de actuación y sus prioridades a la hora de abordar los retos de la economía azul en el ámbito de la UE. Esta toma de posición tiene una gran importancia, pues promulga que la economía azul sostenible y el crecimiento de la actividad económica vayan de la mano; y para ello es necesario superar el concepto de mera "explotación" para utilizar a partir de ahora el concepto de "sostenibilidad".

A nivel global, la economía azul presenta algunos aspectos diferenciados con respecto a otras inversiones en el ámbito ESG (*Environment, Social, Governance*), y según un informe del Deutsche Bank del año 2020, los grandes retos y tendencias, como se verá a lo largo del capítulo, en muchos casos se derivan de aspectos ligados a la gobernanza en el manejo de las inversiones.

Un 80 % de las inversiones provienen del sector público y únicamente un 20 % tiene su origen en capital privado. Un inconveniente en lo que se refiere al cuasi monopolio de las inversiones públicas es que pueden depender de factores políticos, y de ahí su ciclicidad, así como la importancia que la normativa aplicable en cada momento puede representar. Esto implica un gran reto en cuanto al creciente papel que los mercados de capitales y los fondos privados deberían tener en los próximos años.

Por otro lado, la gran variedad de impuestos, incentivos económicos y la tipología de las subvenciones provoca una cierta descoordinación, pues las partidas presupuestarias, ayudas al desarrollo, etc. difieren en cada uno de los países. Tal y como se ha mencionado anteriormente, el 80 % de las inversiones en economía azul provienen de organismos oficiales o vinculados a gobiernos, por lo que el gasto público, las políticas fiscales, la ayuda al desarrollo o las subvenciones aplicables en los diferentes Estados no son homogéneas entre sí.

Tal como se verá a lo largo del capítulo, es necesaria una mayor precisión de los datos. Las dificultades para medir con exactitud la extensión y profundidad de los océanos, así como las diversas interpretaciones en el control territorial de las aguas, no facilitan la transparencia que sería necesaria a la hora de asignar inversiones de carácter público.

Por último, dentro de los instrumentos financieros públicos existentes a día de hoy –y cuyo objetivo es el de preservar y potenciar la economía– existen diferentes objetivos: algunos instrumentos, eminentemente fiscales, buscan compensar daños ya producidos, otros instrumentos están más centrados en ayudar a asociaciones públicas o privadas cuya actividad vaya encaminada al desarrollo de la economía azul y, por último, existen otras herramientas de ayuda que no conllevan coste alguno pero que ayudan a mejorar y potenciar la sostenibilidad de nuestros productos a través de un etiquetado que refrende y garantice el cumplimiento de una serie de requisitos en su proceso de elaboración.

En general, a lo largo del capítulo se ofrecen evidencias de que queda un gran camino por recorrer y la propia Asamblea de Naciones Unidas sobre el medioambiente así lo ha manifestado. La gobernanza en el ámbito de las inversiones en economía azul es un aspecto clave de mejora, precisamente por el hecho de que muchas de las inversiones provienen del sector público.

El análisis de resultados y desafíos identificados a lo largo del capítulo han dado lugar a plantear una serie de recomendaciones que se recogen a continuación:

- La economía azul es un asunto prioritario para nuestro país y por ello se sugieren las

siguientes recomendaciones para favorecer su crecimiento y su aportación a la economía española.

  - El turismo, que tradicionalmente ha aportado más del 10 % de nuestro PIB, se puede ver amenazado por una errónea política de planificación costera. El número de playas con bandera azul es un dato más importante del que podemos imaginar, especialmente por la conciencia cada vez más ecológica de nuestros visitantes.
  - Los recursos hídricos generan alrededor del 11,5 % de la energía total en España, y son uno de los componentes más importantes del mix de energías renovables. Las exigencias de las sucesivas COP internacionales hacen que el agua sea una fuente de energía renovable insustituible y debería aumentar su proporción en el mix energético nacional.
  - La voracidad de los incendios estos últimos años en nuestro país es consecuencia no solo de las altas temperaturas y fuertes vientos, sino también de la falta de humedad en nuestro suelo, que convierte nuestro arbolado en un bien preciado mucho más vulnerable.
  - Es fundamental tomar conciencia de que el uso del agua para uso humano debe ser responsable, pues ya estamos viviendo las consecuencias de su escasez.

- La financiación en España de la economía azul.

  - Tal y como se ha detallado a lo largo del capítulo, son muy diversas las fuentes de financiación (tanto públicas como privadas) que están permitiendo llevar a cabo las inversiones necesarias para la modernización del sector del agua en España:
    - El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea.
    - Las iniciativas del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación y del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
    - Las entidades multilaterales, esencialmente el BEI, en el caso europeo y español.
    - Los mercados de capitales nacionales e internacionales (Bono Azul y otros instrumentos similares).
    - Los fondos internacionales centrados en el sector del agua.
    - La financiación bancaria.
  - Por otro lado, es imprescindible que el tejido empresarial e industrial vinculado a la economía azul tenga una mayor preminencia en nuestro país. Entre otras iniciativas, proponemos las siguientes:
    - La creación de una asociación de *startups* vinculadas al agua, con el objetivo de aglutinar sus intereses, tener una voz única con la Administración y promover sinergias y colaboraciones entre las diferentes iniciativas empresariales. Esta misma iniciativa se puso en marcha hace varios años en el sector *Fintech* con un gran éxito.
    - La creación de incubadoras específicas para apoyar y lanzar proyectos innovadores y la puesta a disposición de instrumentos financieros por parte de ICO o de otras entidades públicas o privadas que faciliten su financiación.
    - Un tratamiento fiscal favorable para aquellas inversiones privadas que redunden en una mejora de la economía del agua, tales como:
      * La construcción o mejora de infraestructuras para depuración de aguas.
      * La modernización de nuestra flota pesquera.
      * Las inversiones centradas en la transformación de una agricultura

tradicional a una agricultura de precisión.

* La construcción de plantas desalinizadoras.
* El desarrollo, crecimiento y modernización de los puertos industriales y la industria de los astilleros como un eje primordial de crecimiento de nuestra economía.
* La puesta en marcha de nuevos proyectos de energía hidráulica y la modernización de los ya existentes.

En todo caso, y a modo de resumen, una de las claves del crecimiento de la economía española es el crecimiento de la economía azul, pues los sectores vinculados de una u otra forma al agua (pesquero, portuario, hidráulico, agrícola, turístico, etc.) representan un porcentaje muy significativo de nuestro PIB.

Una apuesta clara por apoyar aquellos proyectos que tengan como fin la preservación de las especies en nuestros mares y el enriquecimiento de nuestro ecosistema marino es una apuesta a largo plazo que debe mantenerse en el tiempo para dar sus frutos.

La gestión del agua en nuestro país corre el riesgo de quedarse atrás si España no afronta con valentía y decisión los retos que suponen el cambio climático y la escasez de agua. Por ello, puede convertirse en un lastre para nuestro crecimiento económico si no se abordan con rapidez y eficacia los desafíos pendientes.

PRIMERA PARTE
CONTEXTO E IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA AZUL

¿QUÉ ES LA ECONOMÍA AZUL? SU IMPORTANCIA PARA LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

Agustín Molina García

La economía azul puede considerarse como un nuevo paradigma socioeconómico enfocado al aprovechamiento sostenible de los mares, los océanos y las zonas costeras, como proveedores de recursos y servicios ambientales. Fue introducida por primera vez en las reuniones preparatorias de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20[1] y en su enfoque inicial estaba dirigido a proyectar un modelo económico que sirviera para utilizar el gran potencial de mares y océanos para combatir la pobreza y aumentar el nivel de vida de las poblaciones de los Estados insulares en vías de desarrollo.

En junio de 2012, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) publica, como documento de soporte para la Cumbre Río+20, el informe *Economía verde en un mundo azul* (UNEP, 2012), en el que analiza cómo los sectores clave que están interrelacionados con el medio ambiente marino y costero, el denominado mundo azul, pueden realizar la transición hacia una economía verde, uno de los temas principales que se abordan en la Conferencia. Del informe se deriva que la economía azul puede considerarse una variante de la economía verde, que, atendiendo a su definición por el PNUMA, se describe como una economía baja en carbono, eficiente en recursos y socialmente inclusiva, que tiene como resultado mejorar el bienestar humano y la equidad social, reduciendo significativamente los riesgos ambientales y la escasez ecológica.

Así pues, la economía azul puede interpretarse como el nuevo sistema de economía verde, que promueve tanto el uso sostenible como la preservación del océano, asegurando el crecimiento equitativo de las comunidades y de los actores que viven y trabajan gracias a los recursos marinos.

Aunque al principio la idea de utilizar distintos colores para definir conceptos similares fue motivo de discrepancias, finalmente se estimó que se justificaba su conveniencia debido a la importancia de las actividades económicas relacionadas con el mar y al desconocimiento de las interacciones de estas sobre los ecosistemas marinos y oceánicos.

En el fondo, la economía verde y la economía azul tratan ámbitos cubiertos por la economía ecológica, incluyendo en el análisis económico las relaciones entre la actividad humana y el sistema natural con un enfoque sistémico que enfatiza sobre la necesidad de que el sistema económico se autorregule en base a su sostenibilidad ecológica y no únicamente por el mercado.

La economía azul busca la eficiencia económica, pero considera que el valor añadido que los recursos marinos aportan a la economía depende de la calidad del medio ambiente y de las relaciones que se dan en él. Esto

1. http://sdg.iisd.org/news/delegates-call-for-attention-to-the-blue-economy-at-uncsd-prepcom-ii/

implica entender el medio ambiente marino y el de las zonas costeras no solo como fuente de recursos y soporte de actividades, sino como una parte integrante de la economía y de la sociedad que debe ser protegida, es decir, como el capital natural sobre el que sustentar el crecimiento económico y el desarrollo social.

Si ecológicamente los entornos litorales son fronteras entre los ecosistemas terrestres y los marinos, ecotonos caracterizados por intensos procesos de intercambio de materia y energía, desde la perspectiva económica son lugares donde se desarrolla una gran parte de las actividades humanas, compitiendo en muchas ocasiones por el espacio y por los recursos naturales, lo que habitualmente es fuente de problemas y conflictos. En consecuencia, para promover el aprovechamiento sostenible del capital natural de mares y costas es necesario avanzar en paralelo tanto en el conocimiento de los servicios y funciones de los ecosistemas marinos y costeros (regulación del clima, ciclo del agua, secuestro de CO_2, provisión de recursos, soporte de actividades, asimilación de residuos, conservación de especies, etc.), como en la evaluación de las potenciales afectaciones e impactos que puedan generar las actividades que en él se desarrollan (contaminación, emisiones, alteración de hábitats, conflictos de uso, etc.)

Desde la Conferencia Río+20 el concepto de economía azul ha sido utilizado y definido a menudo por numerosas organizaciones internacionales.

La OCDE define la economía oceánica (OCDE, 2016), como "la suma de las actividades económicas de las industrias basadas en los océanos, y los activos, bienes y servicios de los ecosistemas marinos", y plantea que la "economía oceánica sostenible" es una economía que nace de la mezcla entre un crecimiento social, un aumento de los beneficios, el respeto hacia los recursos naturales y respuestas al cambio climático, donde las nuevas tecnologías desempeñan un papel importante.

El Banco Mundial, junto con las Naciones Unidas (Banco Mundial, 2017), definió la economía azul como "los procesos económicos y políticos que gestionan los recursos azules en un marco de sostenibilidad y a largo plazo, incorporando al mismo tiempo los riesgos y potenciales medioambientales y promoviendo la inclusión social y la preservación o mejora de los medios de vida".

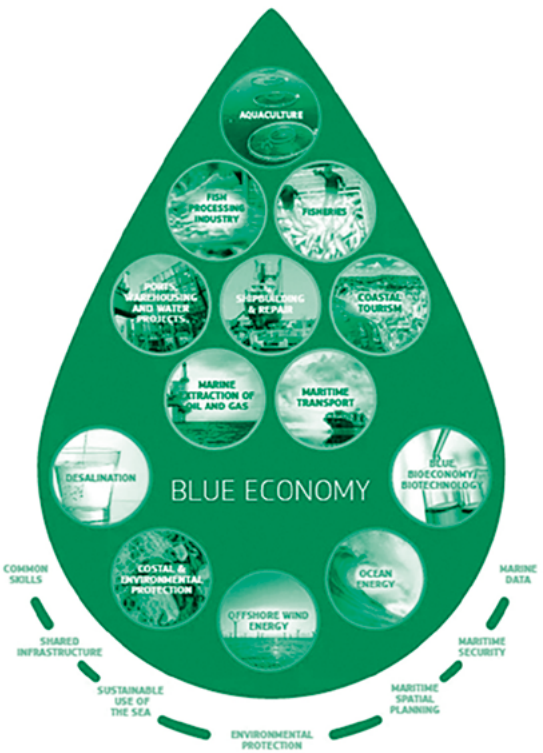
El Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2018) considera que la economía azul "abarca la economía que depende directamente de las grandes masas de agua, como los océanos, los mares y los grandes lagos interiores, y que el crecimiento azul debe garantizar la integridad de los ecosistemas y el desarrollo de una economía circular para promover una vía segura hacia la prosperidad a largo plazo".

Si bien es habitual que los términos crecimiento azul, economía azul o economía oceánica se utilicen como sinónimos vinculados al desarrollo de este nuevo modelo económico, conviene resaltar sus diferencias. La economía azul y la economía oceánica se refieren al conjunto de las actividades económicas interdependientes relacionadas con el mar y la costa, mientras que el crecimiento azul es una estrategia para el desarrollo a largo plazo de las actividades de la economía azul.

La Unión Europea ha sido consciente desde los primeros momentos de la importancia de los mares y las costas como motores de la economía europea y tan solo tres meses después de la celebración de la Cumbre, en septiembre de 2012, propone la estrategia de crecimiento azul[2]. Este proceso, enmarcado en la Política Marítima Integrada de la Unión Europea, está dirigido a impulsar el empleo, la innovación y el crecimiento económico

2. COM (2012) 494 final

sostenible e inclusivo de las regiones costeras europeas y, para ello, la Comisión Europea propone integrar en la agenda de los Estados miembros, de las empresas y de la sociedad civil, los denominados sectores de la economía azul. A saber, como sectores establecidos, la pesca, la acuicultura, las actividades portuarias incluidas la construcción naval y el transporte marítimo y el turismo costero; y como sectores emergentes, la energía renovable marina, la biotecnología azul y los recursos minerales marinos.



Fuente: Comisión Europea (2021) Informe sobre la economía azul de la UE, 2021.

La Comisión Europea considera igualmente que, para aprovechar el gran potencial de innovación y crecimiento de la economía azul, asegurando al mismo tiempo la protección del medio ambiente marino, es fundamental mejorar el conocimiento sobre el mar y el uso que de él se hace. Para ello, apuesta por facilitar el acceso a la información temática marina, apoyar la innovación en todos los sectores de la economía azul y avanzar en la medición y el seguimiento de los impactos socioeconómicos y ambientales de las diferentes actividades[3].

Tras la aprobación del Pacto Verde Europeo[4], gran apuesta de la Unión Europea dirigida a transformar la economía europea en una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, la Comisión Europea plantea la necesidad de llevar a cabo la transición del crecimiento azul a una economía azul sostenible. Con este objetivo, en 2021 se presenta la Comunicación *Sobre un nuevo enfoque de la economía azul sostenible de la UE. Transformar la economía azul de la UE para un futuro sostenible*[5], en la que se adopta una visión sistémica que integra la política oceánica en la nueva política económica europea. En esta nueva economía, que se apoya en el Pacto Verde Europeo y la economía circular para hacer un uso eficiente de los recursos, proteger el capital natural e impulsar la transición ecológica y la resiliencia socioecológica, la economía azul desempeña un papel esencial. Esto implica asumir que la idea obsoleta de que la protección del medio ambiente entra en conflicto con la economía está dando paso a la comprensión de que, especialmente en la industria marítima, el medio ambiente y la economía están intrínsecamente vinculados. Una economía azul sostenible promueve el crecimiento económico, la inclusión social y la mejora de los medios de vida, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad ambiental del capital natural de los océanos y los mares. Entendiendo por capital natural

3. COM (2014) 254 final
4. COM (2019) 640 final
5. COM (2021) 240 final

de los océanos, el *stock* de activos naturales del océano, con sus componentes y servicios bióticos y abióticos; es este capital natural el que proporciona los servicios ecosistémicos que constituyen la base para las actividades de la economía azul y el desarrollo socioeconómico relacionado.

El objetivo de proteger la base de recursos de la que dependen las actividades económicas relacionadas con el medio marino se incluye en otras políticas europeas, como la Directiva marco sobre la estrategia marina[6] y la Decisión de la Comisión sobre el buen estado medioambiental[7], en las que se vincula la preservación de los ecosistemas con las actividades y presiones antropogénicas. Esto implica que las actividades humanas deberán ser gestionadas de manera que garanticen la salud de los océanos y en consecuencia salvaguarden su productividad económica en el tiempo. La promoción de una economía circular rediseñando, reutilizando y reciclando materiales y productos puede contribuir a reducir los efectos negativos de las actividades en los ecosistemas marinos y costeros.

Una economía azul sostenible es altamente deseable desde una perspectiva ambiental y también es rentable para las empresas y los sectores implicados, permitiendo a la sociedad obtener valor de los océanos y las regiones costeras, al tiempo que respeta su capacidad a largo plazo para regenerarse y soportar las actividades mediante la implementación de prácticas sostenibles.

Sin embargo, existen barreras para su implementación exitosa. Para evitarlas y conseguir compatibilizar la gestión eficaz de las actividades con el aprovechamiento sostenible de los recursos costeros y marinos es necesario cambiar las actitudes sectoriales corporativas hacia un enfoque holístico y ecosistémico. Las regulaciones gubernamentales deberán ser consensuadas con los representantes de los usuarios de los recursos al objeto de crear un marco que permita una toma de decisiones coherente, transparente, sostenible y basada en pruebas. En este contexto, la ordenación de los espacios marítimo y costero, basada en criterios de buena gobernanza, facilitará la transición de los métodos tradicionales al enfoque de la gestión integrada de las zonas costeras, sentando las bases para lograr un equilibrio entre el crecimiento económico, el desarrollo social, la seguridad alimentaria y el uso sostenible de los recursos acuáticos vivos.

SITUACIÓN ACTUAL, RETOS Y NECESIDADES

En este apartado, se ofrece en primer lugar una primera visión global de los sectores que en España han constituido tradicionalmente la columna vertebral de la economía azul, los denominados sectores establecidos; seguidamente, se plantean los sectores emergentes considerados como actividades innovadoras, no maduras, pero con un importante potencial en términos de contribución a la economía azul española y de la Unión Europea. En los siguientes capítulos del informe se profundizará en cada uno de estos sectores.

- En los sectores establecidos figuran la pesca y la acuicultura (incluidas a efectos estadísticos dentro de los recursos marinos vivos), las actividades portuarias, la construcción y la reparación naval, el transporte marítimo y el turismo costero.

- Los sectores emergentes incluyen la energía renovable marina (energía eólica, energía

6. Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina)
7. Decisión de la Comisión de 1 de septiembre de 2010 sobre los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas

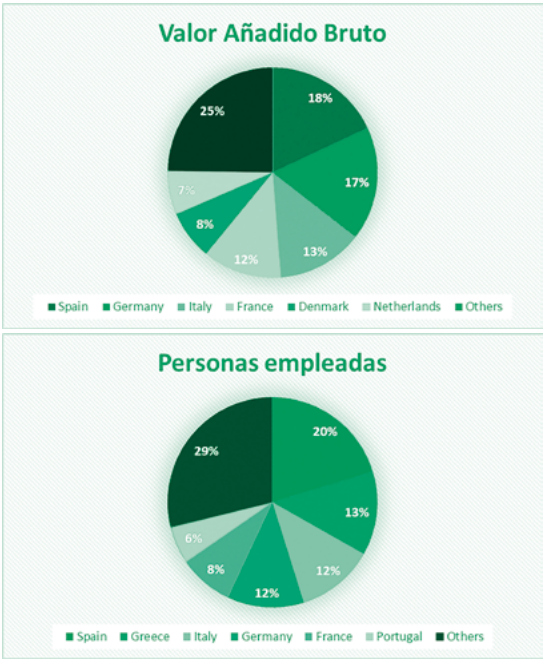
oceánica, energía solar flotante y generación de hidrógeno en alta mar), la biotecnología, los minerales marinos y la desalinización.

Según el Informe sobre la economía azul 2022 de la UE (Comisión Europea, 2022), los sectores establecidos de la economía azul aportaron en el año 2019 un Valor Añadido Bruto (VAB) de casi 185 000 millones de euros, cerca del 1,5 % del PIB de la UE-27, y emplearon directamente a cerca de 4,45 millones de personas, es decir, el 2,3 % del empleo total de la UE-27. Cabe mencionar que en estos datos se incluyen la extracción de recursos marinos no vivos, principalmente petróleo y gas, que aportan un escaso valor añadido para la economía azul española, y la energía eólica de base fija, que en España no se ha desarrollado comercialmente.

Por su parte, los sectores emergentes de la economía azul están agregando nuevos mercados y ofrecen un potencial significativo para el crecimiento económico, la transición hacia la sostenibilidad y la creación de empleo, brindando nuevas oportunidades de inversión para el futuro desarrollo de las comunidades costeras.

Es necesario señalar que la economía azul está vinculada a muchas otras actividades económicas y su impacto va más allá de los sectores mencionados. Algunos sectores, como el turismo costero, la construcción naval o los recursos vivos marinos, generan efectos económicos indirectos significativos a lo largo de toda la cadena de suministro, además de efectos económicos inducidos como consecuencia del incremento de los ingresos generados en las regiones costeras por las actividades de la economía azul.

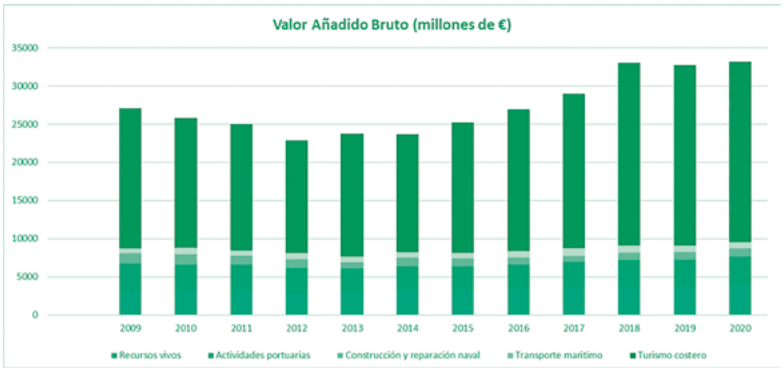
En términos absolutos, los cuatro Estados miembros más grandes (España, Alemania, Italia y Francia) son los que más contribuyen a la economía azul de la UE, tanto en términos de empleo como de VAB, con una contribución combinada del 53 % y del 61 %, respectivamente. En los gráficos siguientes se puede ver la participación de los principales países en el VAB y en el empleo de la economía azul de la UE 27.

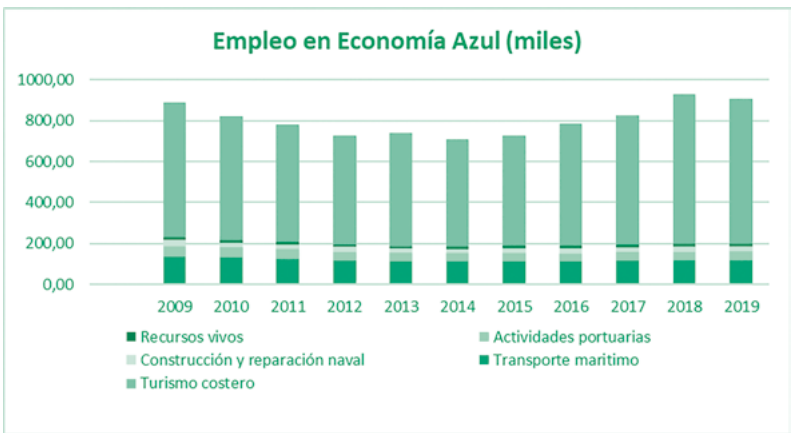


Fuente: Base de datos de Indicadores de la economía azul y Eurostat.

En el contexto europeo, España es la cuarta economía más grande de la Eurozona con el 8,36 % del PIB de la UE; los sectores establecidos de la economía azul generan el 2,6 % del PIB nacional, casi 32 400 millones de euros en VAB, y emplean a unas 905 700 personas (Eurostat 2019). En la figura se puede observar la evolución del empleo y del VAB en los sectores establecidos en el periodo 2009-2020.

España tiene 7900 km de costa y su espacio marítimo comprendido dentro de la Zona Económica Exclusiva supera el millón y medio de kilómetros cuadrados, tres veces el territorio nacional. Administrativamente, 10 comunidades autónomas, 25 provincias y





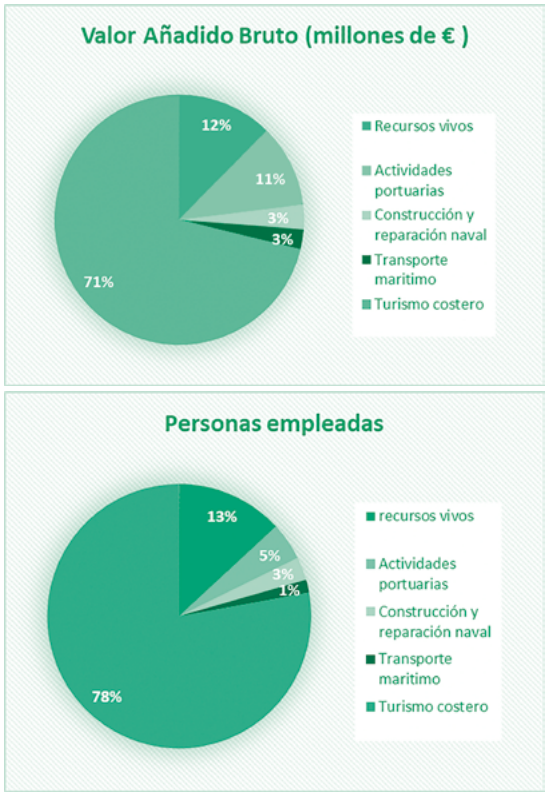
Fuente: Base de datos de indicadores de la economía azul.

532 municipios tienen parte de su territorio ubicado en el litoral. Desde mediados del siglo pasado las zonas litorales españolas han sufrido una transformación muy significativa y se han convertido en un ámbito estratégico para la economía nacional. Como se expone a continuación, la importancia del turismo, las actividades náutico-deportivas y el papel creciente del comercio marítimo son factores económicos clave para entender esta transformación. Debido a ello, la mayoría de las zonas costeras han relegado a un segundo plano las actividades primarias tradicionales, como la pesca y la agricultura, para adaptarse a estas nuevas funciones económicas.

En los siguientes gráficos se puede observar la distribución porcentual en VAB y empleo de los sectores establecidos de la economía azul española.

Complementariamente, es de resaltar que España es uno de los países más ricos en biodiversidad marina de la UE, con más de 11 000 especies y una gran representación de hábitats marinos de interés comunitario. En el marco de la Estrategia de Biodiversidad de la UE[8], España se ha comprometido a declarar un mínimo de un 30 % de su superficie marina como área marina protegida en 2030 y un mínimo de un 10 % de su superficie marina bajo protección estricta. Actualmente, el litoral español cuenta con poco más del 12 % de su superficie marina protegida, por lo

8. COM (2020) 380 final



Fuente: Base de datos de indicadores de la economía azul.

que es necesario seguir reforzando este marco de protección, continuando con el desarrollo y aplicación de los planes de gestión en las áreas protegidas, y asegurando que el conjunto de actividades y usos que se desarrollan en el medio marino se llevan a cabo de forma compatible con su conservación.

SECTORES ESTABLECIDOS

Pesca y acuicultura

La pesca y la acuicultura, como sectores primarios dedicados a la obtención de los recursos biológicos marinos, son fundamentales para el desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles. Los mares y los océanos son una fuente fundamental de alimentos y los productos de la pesca y de la acuicultura representan alrededor del 15,7 % de la proteína animal consumida a nivel mundial.

Se estima que la producción mundial de pesca y acuicultura alcanzó en 2018 unos 179 millones de toneladas, con un valor total de primera venta estimado de 401 000 millones de USD. La UE es el sexto mayor productor mundial de pesca y la acuicultura, por detrás de China, Indonesia, India, Vietnam y Perú. En 2018 la oferta de productos de la pesca y de la acuicultura de la UE alcanzó los 14,53 millones de toneladas y generó un VAB de unos 19 500 millones de euros.

La sostenibilidad de la pesca y de la acuicultura es una condición fundamental para asegurar la seguridad alimentaria. Esto implica llevar a cabo esfuerzos encaminados a evitar la explotación excesiva de los recursos pesqueros y apoyar la investigación para mejorar los conocimientos sobre los efectos de la producción y el consumo de pescado en la nutrición. Los pescadores y piscicultores están trabajando para mejorar su posición en el mercado mediante iniciativas de calidad del producto y sostenibilidad, que incluyen el etiquetado de alimentos y los códigos de conducta, en línea con la estrategia "De la granja a la mesa"[9] de la Unión Europea, pero se necesita innovación para lograr sistemas de "alimentos azules" saludables, de bajo impacto ambiental y con cadenas de suministro cortas capaces de disminuir su huella de carbono.

En los últimos años la producción de la pesca de captura en los países de la UE ha aumentado y puede tener la capacidad de hacerlo aún más. Esto se debe, por una parte, a la mejora del estado de las poblaciones de peces y al consiguiente aumento de las posibilidades de captura, y por otra, a unos precios de mercado en ascenso y a la reducción de los

9. COM (2020) 381 final

costes operativos. Sin embargo, en los últimos meses, como resultado de la invasión rusa de Ucrania, los costes de combustible, vinculados a los precios del petróleo, han aumentado considerablemente y se teme que el aumento de la inflación afecte negativamente a la comercialización de los productos pesqueros.

Por su parte, la acuicultura puede ser una fuente de alimentos sostenibles y tiene el potencial de convertirse aún más en una gran fuente de alimentos de bajo impacto. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación estima que la acuicultura proporciona la mitad de la demanda actual de pescado y que para 2030 alcanzará el 65 %.

La Comisión Europea, consciente de la importancia de la acuicultura para el desarrollo económico y la generación de oportunidades laborales para las comunidades costeras, suministrando alimentos nutritivos y saludables y como instrumento para la conservación de los ecosistemas y de la biodiversidad, ha proporcionado unas directrices para aumentar la sostenibilidad, la competitividad y la resiliencia a través de la Comunicación *Directrices estratégicas para el desarrollo sostenible de la acuicultura*[10].

Con vistas al futuro, los sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA) pueden representar una oportunidad para aumentar la sostenibilidad económica y ambiental de la producción, incorporando en los cultivos especies que aprovechen los distintos niveles tróficos. En este sentido, la UE está impulsando el diseño de estructuras multifuncionales que combinen el desarrollo de estas nuevas técnicas de acuicultura con otras actividades económicas como, por ejemplo, los parques eólicos marinos o la recuperación de plataformas fuera de uso de extracción de petróleo o gas.

10. COM (2021) 236 final

España ocupa el primer lugar en el sector de los recursos marinos vivos de la UE en términos de VAB, generando el 16,9 % del total, al igual que en el empleo, con el 20,2 % de las personas empleadas en el sector. A nivel nacional, este sector también es un contribuyente importante, que aporta el 13 % de los empleos de la economía azul española y el 11 % del VAB.

El sector pesquero español ocupa el primer lugar de la Unión Europea tanto en volumen, con 922 564 Tm, como en valor de sus capturas, que ascendieron a casi 2150 millones de euros en 2018. Su flota pesquera representa el 23 % de la flota europea, con 8972 buques, y aporta 31 473 empleos directos (CEPESCA, 2019). Igualmente, España es el mayor productor europeo de acuicultura, con el 23 % de la producción de la UE, que asciende a 348 395 Tm, pero ocupa la cuarta posición en valor de la producción, que alcanzó 472,3 millones de euros en 2018, generando 16 151 puestos de trabajo directos (APROMAR, 2019).

A caballo entre la acuicultura y la biotecnología está la producción de algas, cuyo desarrollo a escala comercial se realiza en España desde la década de 2000 y que se espera crezca significativamente durante los próximos años, particularmente el cultivo de especies con alta demanda y alto valor comercial. El desarrollo de una acuicultura más sostenible a través de los sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA) potenciará el cultivo de algas marinas, como ya se está experimentando en Galicia, donde se desarrolla en combinación con las bateas de mejillón (Xunta de Galicia, 2012).

Actividades portuarias

Las actividades portuarias desempeñan un papel clave en el comercio, el desarrollo económico y la creación de empleo. Los puertos

marítimos, como nodos polivalentes de transporte y logística, juegan un papel crucial en el desarrollo de los sectores marítimos. El sector de actividades portuarias comprende las actividades de manejo y de almacenamiento de carga, y los servicios relacionados con el transporte de agua.

Los puertos españoles ocupan el primer lugar en la UE en cuanto a volumen de contenedores manejados con el 18 % del total, el tercer lugar después de Países Bajos e Italia en peso bruto de mercancías manipuladas, con el 13,8 % del total, y el cuarto lugar en número de pasajeros embarcados y desembarcados, después de Italia, Grecia y Dinamarca, con el 8,1 % del total de la UE. En cuanto a puertos deportivos, España con 457 instalaciones ocupa el tercer lugar en la UE, detrás de Italia y Francia.

Muchos puertos de la UE están reduciendo su impacto ambiental en las ciudades portuarias y las zonas costeras, al mismo tiempo que permiten flotas de transporte ecológicas o actúan como centros de energía limpia. En el futuro cercano, los puertos deben convertirse en centros de transporte y movilidad multimodal, nuevos centros de energía limpia para sistemas eléctricos integrados, hidrógeno y otros combustibles bajos en carbono, y bancos de pruebas para la reutilización de residuos y la economía circular.

La creación de puertos de cero emisiones es una de las iniciativas emblemáticas de la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente de la UE[11], que promueve medidas para fomentar el despliegue de combustibles renovables y bajos en carbono y el suministro de energía en tierra con energías renovables y la ecologización de los servicios y operaciones portuarias.

Los puertos están directamente imbricados con la industria del transporte marítimo, pero también están estrechamente interrelacionados con otros sectores como la construcción naval, la pesca y la acuicultura, el turismo costero y las energías renovables marinas. Mayoritariamente generan sinergias al actuar como facilitadores del desarrollo económico y comercial en las zonas costeras, promoviendo la agrupación de empresas industriales y energéticas en su proximidad, siguiendo en muchos casos modelos de simbiosis industrial. Pero también los puertos pueden competir por el espacio, por ejemplo, con la pesca, la acuicultura o con el turismo costero.

Desde la perspectiva medioambiental, las actividades portuarias presentan desafíos, ya que pueden causar impactos ambientales locales y globales como la contaminación del aire, las emisiones de gases de efecto invernadero, la generación de desechos y basura, el ruido, los impactos de los sedimentos, el polvo, la contaminación del agua y el uso de la tierra debido al desarrollo portuario.

Construcción y reparación naval

El sector de la construcción y reparación naval incluye las actividades asociadas a la construcción de barcos y estructuras flotantes, así como a su reparación y mantenimiento. Es un sector innovador, dinámico y competitivo a nivel mundial y los astilleros europeos están especializados principalmente en buques, plataformas y otros equipos civiles y navales más complejos y tecnológicamente avanzados para aplicaciones marítimas. La UE es líder en la producción de equipos y sistemas marítimos avanzados de alta tecnología, investigación e innovación, así como en mano de obra altamente cualificada.

La construcción naval en España está especializada en segmentos con alto nivel tecnológico y valor añadido, como cruceros, buques de apoyo en alta mar, pesca, buques de investigación, dragas y grandes yates, pero

11. COM (2020) 789 final

sigue enfrentándose a una feroz competencia internacional de países como China y Corea del Sur.

La construcción naval mantiene sinergias con varios sectores de la economía azul, como la pesca, la acuicultura, el transporte marítimo, las energías marinas renovables, el turismo costero y la actividad portuaria, a los que proporciona los activos, las capacidades y las tecnologías para sus actividades.

Las actividades de construcción y reciclaje de barcos ejercen presiones sobre el medio ambiente relacionadas con la gestión de desechos peligrosos, aguas residuales, aguas pluviales y emisiones al aire generadas por las actividades de construcción, mantenimiento, reparación y desguace de embarcaciones. Para minimizar los impactos derivados del desmantelamiento de los barcos al final de su vida operativa, el Reglamento 1257/2013[12] establece una serie de requisitos relacionados con la seguridad de los trabajadores y la protección del medio ambiente que deben cumplir las instalaciones de reciclado de buques.

Transporte marítimo

El transporte marítimo juega un papel clave en la economía mundial, estimándose que el 70 % del valor del comercio mundial se realiza mediante este tipo de transporte. En comparación con otros modos de transporte, el transporte marítimo proporciona los medios más ecológicos y energéticamente eficientes para mover grandes cantidades de carga y personas.

En el sector del transporte marítimo se incluyen tanto las actividades de transporte marítimo y costero de pasajeros como las de transporte de mercancías, así como los servicios de alquiler de equipos transporte.

En 2019 el sector del transporte marítimo de la UE generó 30 000 millones de euros en VAB con cerca de 400 000 personas empleadas directamente, y casi 420 millones de pasajeros embarcaron y desembarcaron en puertos de la UE a bordo de cruceros y transbordadores.

En el transporte marítimo, España es un punto estratégico internacional con 46 puertos clasificados de interés general, utiliza el transporte marítimo para el 85 % de las importaciones y el 70 % de las exportaciones. Como plataforma logística del sur de Europa, genera el 13 % del VAB en el sector de la actividad portuaria de la UE, ocupando el tercer lugar después de Alemania y Países Bajos, y aporta el 11 % de puestos de trabajo del total de la UE, el segundo lugar después de Alemania.

En lo referente a conflictos de uso, la optimización de rutas marinas y el uso de infraestructuras portuarias pueden competir en el espacio con otras actividades como la pesca, la acuicultura, la energía marina y las áreas marinas protegidas. Sin embargo, también existen sinergias positivas con el turismo costero, la actividad portuaria y la construcción naval.

Aunque el transporte marítimo es el modo de transporte más eficiente en cuanto a emisiones de CO_2, debido al crecimiento de la economía mundial y a la demanda de transporte asociada, es fundamental que la industria continúe mejorando la eficiencia energética de los buques y propicie el cambio a combustibles alternativos. En este contexto, bajo el paraguas del Pacto Verde Europeo, la Comunicación de 2020 sobre una Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente[13] tiene como objetivo llevar al mercado los primeros buques de cero emisiones para 2030. Igualmente, y en sinergia

12. Reglamento (UE) N.º 1257/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2013 relativo al reciclado de buques y por el que se modifican el Reglamento (CE) N.º 1013/2006 y la Directiva 2009/16/CE

13. COM (2020) 789 final

con el despliegue de combustibles marinos alternativos neutros en carbono, se deben realizar esfuerzos para reducir drásticamente las emisiones contaminantes al aire y al agua, así como la huella ambiental.

Turismo costero

Europa es el continente más visitado, recibe casi el 40 % de los turistas internacionales del mundo. La industria del turismo representa el 10 % del PIB de la UE y engloba a 2,4 millones de empresas que generan 23 millones de puestos de trabajo directos e indirectos que representan el 12 % del empleo de la UE. Desempeña un papel importante en las economías de muchos Estados miembros de la UE, con un amplio impacto en el crecimiento económico, el empleo y el desarrollo social. Es especialmente importante para los países del sur de Europa.

El turismo costero es el mayor sector de la economía azul; en 2019 representó el 64 % de los puestos de trabajo y el 45 % del VAB en la economía azul de la UE. Incluye las actividades de alojamiento y transporte asociadas al turismo de playa y a las actividades recreativas para las que la proximidad del mar es una ventaja, como los paseos por la costa y la observación de la fauna. También incluye al turismo marítimo, que abarca las actividades acuáticas y los deportes náuticos, como la vela, el submarinismo y los cruceros.

El sector turístico español, el segundo en volumen más importante de la UE con 84 millones de llegadas de turistas internacionales en 2019, aporta a la economía española el 11,7 % del PIB y representa un 12,8 % del total del empleo, según datos del INE de 2017, aunque no todos se corresponden con actividades realizadas en el espacio marítimo. En Europa, España lidera el turismo de costa con el 26 % de los empleos y el 29 % del VAB, seguida de Grecia, Italia y Francia. A nivel nacional, en 2019, el turismo costero contribuyó con 729 700 empleos directos, el 78 % del total de la economía azul española, y supuso el 71 % del VAB.

La tasa de crecimiento del sector turístico se ha acelerado desde la recesión que siguió a la crisis financiera de 2008, lo que ha sido fundamental para respaldar la recuperación económica de muchos Estados miembros, contribuyendo en gran medida a la creación de empleo, el PIB y la balanza de pagos. Sin embargo, la pandemia de COVID-19 ha puesto a la industria del turismo bajo una presión sin precedentes.

En la coexistencia del turismo con otros sectores de la economía azul pueden generarse conflictos debido a la confluencia de usos, por ejemplo, con la pesca o la acuicultura, pero también pueden existir sinergias, como es el caso del turismo pesquero o el turismo acuícola. En cuanto a otros sectores, los puertos y el transporte de pasajeros son actividades directamente vinculadas al desarrollo del turismo marítimo y costero, mientras que el transporte de mercancías puede verse como una actividad competidora en cuanto al uso del espacio marino.

El impacto ambiental del turismo puede tener importantes efectos directos e indirectos sobre los ecosistemas costeros, contribuyendo a un importante aumento en el uso de recursos y a la contaminación del aire y del agua. En algunas zonas costeras, especialmente en aquellas caracterizadas por una alta densidad de construcción y una huella ambiental cada vez mayor, es necesario encontrar formas sostenibles de hacer frente a la alta intensidad del turismo.

SECTORES EMERGENTES

Como se exponía anteriormente, se consideran sectores emergentes de la economía azul aquellos sectores económicos y actividades

vinculados al medio marino que se encuentran en las etapas de I+D con niveles de madurez tecnológica inferiores a TRL 9[14] (Ibáñez de Aldecoa, 2014), nivel en donde la tecnología se encuentra validada en entorno real y lista para su comercialización. Sin embargo, estas actividades son fundamentales para la transformación ecológica y digital de la economía europea, con un claro potencial para crear nuevos puestos de trabajo y apoyar la transición de las industrias marítimas hacia la sostenibilidad y la neutralidad climática.

En su análisis, debido a la dificultad para obtener datos de impacto socioeconómico, se evaluará su potencial de desarrollo en base a la capacidad para ofrecer soluciones a los objetivos de la transición.

Energías renovables marinas

Europa es, con mucho, el líder mundial en energía eólica marina. Tiene más del 90 % de la capacidad total instalada en el mundo y alrededor del 79 % de las instalaciones en alta mar en todo el mundo ha sido producida por fabricantes europeos.

En el sector de la producción de energía renovable marina, la eólica fijada al fondo marino, hasta 60 metros de profundidad, representa el sector industrialmente más avanzado próximo a ser competitivo en costes con los combustibles fósiles y las fuentes nucleares, por lo que se considera un sector establecido. La energía eólica marina es una industria con gran potencial de crecimiento y de generación de empleo, que se está consolidando en el mundo como una tecnología de generación muy eficiente; tanto, que se prevé que alcance en los próximos años a la eólica terrestre en cuanto a nueva potencia instalada. También es de reseñar el potencial de los parques eólicos marinos, en cuanto a la generación de empleo indirecto en las zonas costeras próximas, derivado de la fabricación de turbinas eólicas y estructuras de soporte.

En este apartado también se incluyen las otras tecnologías que en la actualidad se encuentran en etapas anteriores de desarrollo tecnológico, con elevados costes de capital y problemas en la logística en torno al almacenamiento y la transmisión de la energía generada. Con este criterio, las principales energías renovables marinas emergentes son: la energía eólica marina flotante, la energía mareomotriz, la energía undimotriz, la energía solar fotovoltaica flotante y también se incluye la producción de hidrógeno verde en alta mar como vector de almacenamiento energético.

La energía eólica marina flotante es una de las prioridades de investigación e innovación de la UE. La tecnología se ha convertido en una opción técnicamente viable para zonas de la costa con profundidades entre 50 y 1000 m y evoluciona hacia la viabilidad comercial. Algunas de las tecnologías utilizadas para proporcionar la flotabilidad de las plataformas han alcanzado TRL 8-9 a medida que se construyen y se prueban a gran escala. La tecnología eólica flotante abre la posibilidad de aprovechar los sitios de energía eólica con más recursos de Europa. Casi el 80 % del viento en Europa sopla en aguas de más de 60 metros de profundidad, donde es demasiado caro fijar estructuras al fondo del mar.

España tiene una gran capacidad de desarrollo tecnológico e industrial en el sector de las energías renovables marinas, derivada en gran parte de la dilatada y contrastada experiencia en la eólica terrestre y la construcción naval. Sin embargo, en la actualidad, las costas españolas no cuentan con ningún parque eólico *offshore* en producción. Varias empresas españolas están apostando por el desarrollo de soluciones flotantes y actualmente se encuentran en diferentes fases de avance, entre

14. Technology Readiness Levels

TRL-4 y TRL-6, esperando a alcanzar el estado precomercial en los próximos años.

Las energías undimotriz y mareomotriz que obtienen la energía de las olas y del potencial de las mareas, respectivamente, son actualmente las más maduras de estas tecnologías innovadoras. Las tecnologías mareomotrices se pueden considerar en la etapa precomercial, mientras que la mayoría de las tecnologías de energía undimotriz se encuentran en la etapa de I+D, las más avanzadas con un TRL 8-9.

Una nueva tendencia emergente en el sector de las energías renovables en alta mar es el desarrollo de solar fotovoltaica flotante. Si bien la capacidad instalada actual es limitada, en el futuro se espera que esta tecnología combinada con otras fuentes de energía renovables en alta mar, como la eólica marina, allanen el camino para el desarrollo de proyectos híbridos en combinación con el almacenamiento y la generación de hidrógeno.

La producción de hidrógeno verde por electrólisis puede ayudar a superar algunos de los desafíos a los que se enfrenta la producción de electricidad en el mar debido al desajuste temporal entre el suministro aportado por las energías renovables marinas y la demanda generada por la red. Una vez producido a partir de las tecnologías renovables marinas, el hidrógeno verde podría emplearse como portador de energía, en pilas de combustible, o como combustible para el transporte. Además, las plataformas de petróleo y gas en alta mar podrían reutilizarse para la producción de hidrógeno verde.

Las energías renovables marinas emergentes serán clave si la UE quiere cumplir con su Pacto Verde Europeo, la Estrategia de Hidrógeno de la UE en alta mar[15] y los objetivos recientemente publicados de la Estrategia de Energía Renovable Marina[16], que plantea desplegar 300 GW de energía marina para 2050, alrededor del 30 % de la electricidad de la UE, con un objetivo intermedio de 60 GW para 2030.

El desarrollo de las energías renovables marinas tiene sinergias positivas con las actividades de construcción naval, los puertos y el transporte marítimo. En contraposición, pueden competir por el acceso al espacio con los sectores de la pesca y la acuicultura, el turismo costero y el transporte marítimo.

Las instalaciones de energías renovables marinas generan impactos ambientales positivos al ayudar a reducir las emisiones de carbono y otros gases de efecto invernadero, pero también pueden producir efectos nocivos, como daños a los recursos vivos y los ecosistemas marinos, o suponer una fuente de conflictos asociados a los perjuicios estéticos y de paisaje, como es el caso de los parques eólicos marinos. Para afrontar posiciones en contra preconcebidas por parte de determinados colectivos, como los pescadores, el sector turístico o los grupos de defensa del medio ambiente, es importante abordar las consideraciones ambientales de estas instalaciones mediante una mayor comprensión de sus impactos ecológicos.

Biotecnología azul

Por biotecnología azul puede entenderse la aplicación de la ciencia y de la tecnología para la producción de bienes y servicios a partir de recursos biológicos marinos no explotados ni comercializados tradicionalmente. Entre los principales recursos marinos utilizados en la biotecnología azul se incluyen las macro y microalgas, las bacterias, los hongos y los invertebrados. Cada año se descubren cientos de nuevos compuestos, lo que evidencia el

15. COM (2020) 301 final

16. COM (2020) 741 final

potencial del sector. Como ejemplo de este potencial cabe citar a la empresa española PharmaMar, que lidera a nivel mundial la producción de medicamentos a partir de organismos marinos.

En Europa, el sector de la biotecnología azul más desarrollado es el de las algas. Las algas se presentan como un recurso biológico estratégico para su valorización en sectores que van desde la alimentación hasta la farmacología, así como para el tratamiento de aguas residuales o la producción de biocombustibles. Las macroalgas se utilizan cada vez más en alimentos y cosméticos, pero el mayor uso es en la agricultura, donde los extractos de algas pardas se incluyen en formulaciones que actúan como "bioestimulantes" para los cultivos. Igualmente, las macroalgas jugarán un papel esencial en el desarrollo de los sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA), reduciendo los aportes de nutrientes y de materia orgánica generados en la acuicultura de peces o moluscos.

Entre las microalgas, predomina la producción de espirulina, que está dirigida principalmente a alimentos y complementos alimenticios y nutracéuticos. Otras especies de microalgas se utilizan en la industria farmacéutica, por su capacidad para producir compuestos asociados con bioactividad potencialmente beneficiosa para la salud, por ejemplo, antifúngicos, antivirales, anticancerígenos, antiinflamatorios, antioxidantes y estimulantes del sistema inmunitario. No obstante, se necesita más evidencia científica para establecer los beneficios de los compuestos bioactivos. Las microalgas se han identificado además como una materia prima prometedora para la producción de biocombustibles (biogás, biodiesel e hidrógeno), tanto por sus ratios de crecimiento como por su alto contenido de lípidos. Sin embargo, para hacer realidad la producción de biocombustibles a partir de microalgas es necesario mejorar la tecnología para aumentar los volúmenes de producción y reducir los costes de producción.

Minerales marinos

La explotación de los mares y océanos de Europa en busca de recursos minerales marinos ha aumentado durante la última década y se prevé que siga creciendo. Sin embargo, la producción de petróleo y gas en alta mar, una industria madura concentrada en unas pocas áreas geográficas, está en declive como consecuencia del aumento de los costes de producción y el impulso hacia la energía limpia en línea con el Pacto Verde Europeo.

Por otra parte, la extracción de minerales marinos se identifica en la estrategia de crecimiento azul de la Unión Europea como un componente clave de la futura economía marítima, especialmente para cumplir con los requisitos de las industrias de alta tecnología. Los minerales marinos podrían contribuir en el futuro al suministro de materias primas críticas, como cobalto, platino, titanio y tierras raras.

Sin embargo, en la actualidad no están claros los impactos ambientales potenciales de la minería en el medio ambiente marino ni su sostenibilidad. Es, por lo tanto, necesario consolidar buenas prácticas para la identificación y evaluación de estos impactos, y desarrollar tecnologías que permitan la extracción de minerales marinos de forma segura sin causar daños graves al medio ambiente marino. Las decisiones deberán basarse en información científica sólida, de acuerdo con el enfoque basado en el principio de precaución. Mientras tanto, para cubrir las necesidades de suministro de estas materias primas se deberá, por una parte, mejorar la eficiencia y la circularidad en el uso de los recursos partiendo del ecodiseño de los productos, y por otra, diversificar el suministro de fuentes primarias

y secundarias, por ejemplo, a través de la recuperación de metales en las salmueras procedentes de la desalinización de agua de mar.

En España, las actividades de explotación de minerales marinos tienen una escasa representación, tanto en VAB como en empleo generado. En parte, esto es debido a la priorización de los desarrollos de energía renovable y al objetivo de avanzar hacia la descarbonización. Con la aprobación de la Ley 7/2021 de cambio climático y transición energética, las actividades de explotación de petróleo y gas en el mar se han visto limitadas, en tanto que no podrán otorgarse nuevas autorizaciones de exploración, permisos de investigación ni concesiones de explotación de hidrocarburos en todo el territorio nacional, incluyendo el mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental.

Desalinización

La desalinización, como suministro de agua alternativo, puede aliviar la creciente presión sobre los recursos de agua dulce en algunos países del sur de Europa. Se espera que la desalinización y otras soluciones de gestión del agua, como la reutilización, puedan ayudar a reducir el impacto del cambio climático y servir para garantizar la disponibilidad de agua dulce.

La capacidad de desalinización en Europa ha crecido significativamente durante la primera década del siglo. En enero de 2021, había 2309 plantas desaladoras operativas en la UE, que producían alrededor de 9,2 millones de metros cúbicos por día (3352 millones de m^3/año) de agua dulce, principalmente a partir de agua de mar y agua salobre.

España lidera la industria de la desalinización en la UE con el 65 % de la capacidad total de desalinización y tres de las diez principales empresas de desalinización a nivel mundial son españolas. La mayoría de las grandes plantas se construyeron entre 2000 y 2010 para dar servicio a ciudades costeras, principalmente de la costa mediterránea y del archipiélago canario. Para aprovechar el potencial de las salmueras obtenidas en el proceso de desalinización de agua de mar como fuente de minerales y materias primas críticas la UE ha financiado en el programa Horizon 2020 dos proyectos en los que participan socios españoles, SEA4VALUE[17] y SEArcularMINE[18].

La eliminación de salmuera puede ser un obstáculo importante para el desarrollo de las instalaciones de desalinización, debido a los impactos de la alta salinidad de los vertidos en los ecosistemas marinos. La principal solución para mitigar estos impactos potenciales, que suelen ser locales y de alcance limitado, es mediante emisarios que aseguren que se cumplen los requisitos de dilución con un adecuado margen de seguridad.

EVOLUCIÓN Y CONDICIONANTES PARA UNA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y JUSTA

Los mares y las costas proporcionan a la humanidad una gran variedad de servicios ecosistémicos, que van desde la seguridad alimentaria y la regulación del clima hasta el ciclo de nutrientes y la protección contra los fenómenos meteorológicos extremos. Estos, a su vez, sustentan los medios de subsistencia de millones de personas en todo el mundo que dependen de ellos como fuente principal de proteínas y seguridad laboral, tanto directa como indirectamente. Sin embargo, hasta no hace muchos años, la sociedad contemplaba los mares y las costas como un medio físico de recursos inagotables y de tolerancia prácticamente ilimitada a la contaminación y a los residuos. Solo recientemente hemos comen-

17. https://sea4value.eu/
18. https://searcularmine.eu/

zado a comprender la importancia económica de la salud ecológica de nuestros mares y su vinculación a la capacidad productiva de las actividades económicas que de ellos dependen.

Desde mediados del siglo pasado, como consecuencia del progresivo aumento del bienestar económico y social, el mar y las zonas del litoral han sufrido una transformación muy significativa y se han convertido en el objetivo de un nuevo conjunto de actividades que en muchos casos han desplazado a las tradicionales, generando importantes conflictos de uso y presiones acumulativas en el medio marino. Actividades como la pesca, la acuicultura o el turismo, que dependen de las buenas condiciones ambientales del ecosistema marino, se han visto afectadas por otras como las de transporte o las realizadas en tierra que no dependen directamente de su estado ambiental, pero que causan presiones sobre el ecosistema.

Como se expuso anteriormente, los sectores de la economía azul deben afianzarse como soportes para una transición ecológica y justa, considerando el medio ambiente marino y el de las zonas costeras como el capital natural sobre el que sustentar el crecimiento económico y el desarrollo social. La importancia de utilizar este capital de forma sostenible es vital para que puedan mantenerse en el tiempo los ecosistemas marinos, sus servicios y, por tanto, las actividades humanas que de ellos dependen.

El potencial es evidente, ya que, al operar en un espacio ambiental de importancia singular, los distintos sectores de la economía azul están en una magnífica posición para demostrar que la transición hacia la sostenibilidad es posible, cambiando a un modelo económico en el que se mejore el bienestar humano y la equidad social, a la vez que se reducen los riesgos ambientales y el deterioro ecológico. Es el caso de las energías renovables marinas, la acuicultura, el transporte marítimo o la biotecnología, que ofrecen enormes perspectivas económicas, así como beneficios ambientales evidentes.

Con estos objetivos, el Pacto Verde Europeo, que forma parte integral de la estrategia de la Comisión Europea para implementar la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), contempla entre sus acciones e iniciativas el desarrollo de un modelo de economía azul fuerte, sostenible, resiliente y climáticamente neutral que, basado en el uso sostenible de los océanos, de las zonas costeras y de sus recursos, sirva para la recuperación económica ofreciendo empleos de calidad y prosperidad para las comunidades costeras.

En la transición energética, las energías renovables marinas son la piedra angular para reducir los actuales niveles de emisiones de gases de efecto invernadero y lograr la neutralidad climática en 2050. Para conseguir los objetivos propuestos en la Estrategia de Energía Renovable Marina, será necesario aprovechar el enorme potencial energético de todas las cuencas marítimas de Europa y la posición de liderazgo mundial de las empresas de la UE en el sector de las energías renovables marinas. Igualmente, la descarbonización del transporte marítimo y de la pesca, junto con la trasformación de los puertos en centros de energía limpia para sistemas eléctricos integrados, acordes con la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente, contribuirán a reducir las emisiones CO_2 y, por lo tanto, a los objetivos climáticos de la UE.

Por su parte, la estrategia "De la granja a la mesa"[19], que tiene por objeto apoyar la transición ecológica, apunta la necesidad de impulsar la una producción alimentaria sostenible y promover un consumo de alimentos

19. COM (2020) 381 final

saludables y sostenibles. En este contexto, las proteínas del pescado y de las algas presentan una huella de carbono mucho menor que las proteínas animales terrestres, por lo que una pesca responsable que mantenga las poblaciones de peces a niveles sostenibles, una acuicultura sostenible y el desarrollo de nuevas fuentes de alimentos y piensos, a partir, por ejemplo, de la producción de algas o de biotecnología, servirán para hacer que el sistema alimentario sea más sostenible, contribuyendo a una transición ecológica y justa.

Para garantizar la protección de los ecosistemas marinos y proteger su biodiversidad, la Estrategia de Biodiversidad de la UE[20] ha propuesto, como objetivo para 2030, hacer frente a los factores que provocan su degradación. Para conseguir el uso sostenible de los ecosistemas marinos y recuperar su buen estado ambiental es necesario, en primer lugar, analizar bajo un enfoque ecosistémico las presiones acumulativas que las diferentes actividades generan sobre los recursos marinos y costeros. Con el objetivo de asegurar la compatibilidad de las actividades en el espacio marino entre sí y con la conservación del medio marino, la Directiva 2014/89/UE[21], traspuesta al ordenamiento español a través del Real Decreto 363/2017, establece un marco para la ordenación del espacio marítimo y define las directrices para la elaboración de los Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), que deberán servir como instrumentos para fomentar el desarrollo sostenible de las actividades de la economía azul en cada una de las cinco demarcaciones marinas españolas. La elaboración de los POEM para cada demarcación se deberá basar en la información generada por las correspondientes estrategias marinas, realizadas en aplicación de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina[22], que se traspuso a la normativa española a través de la Ley 41/2010, de Protección del Medio Marino.

CONCLUSIONES

La economía azul española está en una clara posición de liderazgo a nivel europeo. Los sectores establecidos de la economía azul española ocupan las primeras posiciones tanto en personas empleadas como en la generación de VAB y presentan un enorme potencial para la innovación y el crecimiento económico. En lo relativo a los sectores emergentes, aunque muchos de los esfuerzos se encuentran en la etapa de I+D y es probable que sean económicamente viables a medio o largo plazo, existen también otras tecnologías que están avanzando hacia proyectos de demostración y precomerciales, como es el caso de la energía eólica flotante.

Para facilitar una transición ecológica y justa, la economía azul española debe avanzar hacia un modelo más sostenible, resiliente y climáticamente neutral, que aproveche las oportunidades que ofrecen los diferentes sectores. Este modelo deberá estar basado en la gestión adecuada de los diferentes usos y actividades que en ellos se desarrollan, asegurando que los objetivos sociales, económicos y ambientales se logren de una manera eficiente, segura y sostenible.

En el proceso de ordenación del espacio marino se deberá incorporar un enfoque de gestión basado en los ecosistemas, teniendo en cuenta los efectos que las actividades humanas en tierra pueden tener sobre el espa-

20. COM (2020) 380 final
21. Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo
22. Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino

cio marítimo y las actividades marítimas en el territorio. Igualmente, para reducir los conflictos que puedan surgir entre las diferentes actividades y mejorar la eficiencia del proceso, se deberán aplicar criterios de gobernanza involucrando desde las fases iniciales a los principales actores clave de la economía azul. La gobernanza es un elemento clave para la consecución de los objetivos ambientales y sociales, ya que son los usuarios actuales, como conocedores de los mares y dependientes de su estado ambiental, los principales interesados en conservar los océanos y las zonas costeras como un recurso de largo plazo sobre el cual fundar la economía futura.

BIBLIOGRAFÍA

Araújo R, Vázquez Calderón F, *et al.* (2021) Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. Frontiers in Marine Science 7:626389.

APROMAR (2019). La Acuicultura en España 2019 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://apromar.es/wp-content/uploads/2021/12/La-Acuicultura-en-Espana-2019.pdf

Atkisson A, Arnbom T, Tesar C, Christensen A (2018). Getting it right in a new ocean: Bringing Sustainable Blue Economy Principles to the Arctic [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en report_arctic_blue_economy_web.pdf

Banco Mundial y Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2017). The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States and Coastal Least Developed Countries. World Bank, Washington DC [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2446blueeconomy.pdf

CEPESCA (2019). Informe del Sector Pesquero Español 2019 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://cepesca.es/wp-content/uploads/2019/06/INFORME-SECTOR-PESQUERO-ESPAN%C-C%83OL-2019.pdf

Comisión Europea, Dirección General de Asuntos Marítimos y Pesca, Addamo A, Calvo Santos A, Guillén J, *et al.* The EU blue economy report 2022 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://data.europa.eu/doi/10.2771/793264

Comisión Europea, Dirección General de Asuntos Marítimos y Pesca. Base de datos de Indicadores de la economía azul [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://blueindicators.ec.europa.eu/access-online-dashboard

Comisión Europea, Oficina Estadística de la Unión Europea. Base de datos Eurostat [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database

Comisión Europea (2022). The EU Blue Economy Report. 2022. Publications Office of the European Union. Luxembourg [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/156eecbd-d7eb-11ec-a95f-01aa75ed71a1

Comisión Europea (2021). El mercado pesquero de la UE Edición 2021. Observatorio Europeo del Mercado de los Productos de la Pesca y la Acuicultura. [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.eumofa.eu/documents/20178/477018/ES_El+-mercado+pesquero+de+la+UE_2021.pdf

Ibáñez de Aldecoa JM (2014). Niveles de madurez tecnológica: Technology Readiness Levels. TRLS. una introducción. Revista Economía Industrial. Número 393 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/393/NOTAS.pdf

Naciones Unidas (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/70/1

OCDE (2016). The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing, París [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1787/9789264251724-en

UNEP (2012). Green Economy in a Blue World [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/12499/RS.14_INF.1.RS.pdf?sequence=1&amp%3BisAllowed=

WWF (2018). Getting it right in a new ocean: Bringing Sustainable Blue Economy Principles to the Arctic [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://apiwwfarcticse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2022/04/06165628/report_arctic_blue_economy_web.pdf

Xunta de Galicia (2012). Acuicultura Multitrófica Integrada. Cremades J, Guerrero S, Eds. [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.mapa.gob.es/eu/pesca/temas/acuicultura/AMTI-INTERACTIVO_tcm35-77470.pdf

RIQUEZA Y FRAGILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD BENTÓNICA SOBRE LA QUE SE ASIENTA EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL

Josep María Gili Sardá

El bentos está formado por las comunidades y organismos que se sitúan en el fondo marino y que configuran el paisaje submarino. De forma similar a los ecosistemas terrestres, el bentos marino representa la diversidad y variedad de paisajes a los que estamos acostumbrados en tierra, como los bosques, prados, selvas, laderas de las montañas, etc. También, al igual que en los ecosistemas terrestres, las comunidades bentónicas son las que generan los distintos hábitats en los que se concentran y viven la mayor parte de las especies marinas. Entre estas especies encontramos las que son siempre parte del hábitat, las que configuran y construyen el mismo –como las especies sésiles, como las plantas en tierra–, las que encuentran refugio y alimento permanente o temporalmente en los hábitats –como, por ejemplo, los pájaros en tierra–, y las que visitan temporalmente los hábitats bentónicos para alimentarse o buscan refugio para sus fases larvarias o juveniles.

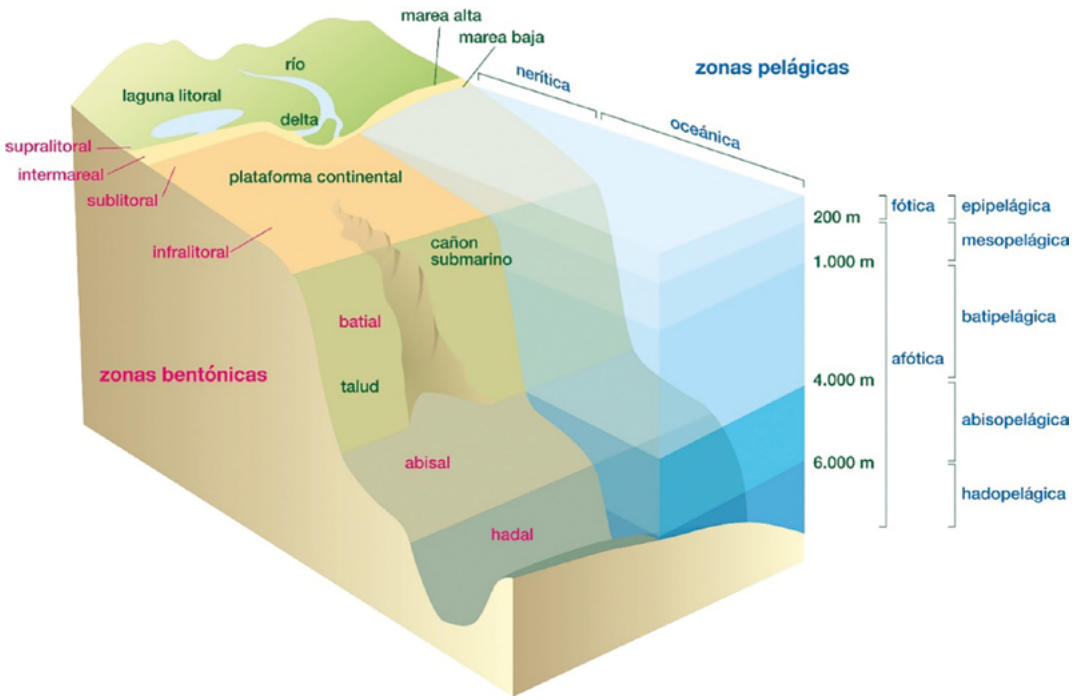
A diferencia del medio terrestre, el marino tiene el ámbito planctónico y pelágico en el que se encuentran comunidades y especies que viven suspendidos en la columna de agua y que constituyen una biodiversidad distinta de la bentónica, pero que es esencial para mantener y configurar los hábitats bentónicos. Así, la vida que se genera y desarrolla en la columna de agua, tarde o temprano, rápida o lentamente, acaba depositando en el fondo marino y representa la fuente de alimento más importante para los hábitats bentónicos. A modo de ejemplo, podemos mencionar que la vida planctónica nutre de cadáveres el fondo marino además de productos de excreción en forma de paquetes fecales. También los organismos pelágicos –como peces, crustáceos o vertebrados– contribuyen a la producción, diversidad y subsistencia de los ambientes bentónicos con sus cadáveres, pero también visitan el fondo marino como depredadores. De esta manera, hemos de ver el medio marino como un sistema interconectado en el que los procesos y actuaciones sobre la biodiversidad y ecosistemas bentónicos no han de centrarse exclusivamente sobre el fondo marino, sino sobre el ámbito planctónico y oceanográfico próximo.

MARCO AMBIENTAL

En los ambientes bentónicos marinos, la distribución de la biodiversidad está regida por gradientes ambientales definidos como: humedad (aumentando de la atmósfera al agua); factores relacionados con la acción de las olas (máximo en el nivel cero y decreciente tanto en dirección hacia la costa como hacia el agua de mar); temperatura del agua e intensidad de la luz (disminuyendo con la profundidad); etc.

Los cambios ambientales son generalmente más pronunciados a lo largo del eje vertical que

Figura 1. Zonas bentónicas.



Fuente: ICM-CSIC.

a lo largo del plano horizontal, especialmente en áreas poco profundas. Otros factores que cambian con la profundidad, como la iluminación, el movimiento del agua, el tamaño de grano del sedimento (que disminuye con la profundidad) y la cantidad de sustratos duros, que son más comunes en las zonas poco profundas y de plataforma continental, también juegan un papel importante en la distribución de la biota.

El gradiente en el eje vertical a menudo se combina con una heterogeneidad irregular en el plano horizontal causada principalmente por la inclinación, la exposición a la luz, la textura y el tipo de sustrato, la orientación a las corrientes predominantes, etc. Al mismo tiempo, a lo largo de estos gradientes verticales en aguas someras ambientes la relación planta-animal cambia con la disminución de la luz. Las macroalgas impactan negativamente en la mayoría de los invertebrados sésiles en las áreas menos profundas o generar un efecto de paraguas y dificulta su alimentación. Estas algas crean un hábitat para la fauna pequeña y móvil que encuentra refugio y alimento. Todos estos factores generan diversidad, que se ve potenciada por el papel estructural cada vez mayor de los propios organismos, como las plantas y las algas en la zona fótica, los animales sésiles en la zona afótica. La variedad de comunidades resulta de la acción combinada de estos múltiples factores (Gili *et al.*, 2014).

Ambientes bentónicos de fondos duros

Las zonas supralitoral[1] y mediolitoral están temporalmente sumergidas. Este hábitat re-

1. Zona que está siempre emergida salvo en momentos de muy fuerte oleaje o de mareas equinocciales. Fuente:

quiere un grado de humedad relativamente alto, que es proporcionado por el rocío de las olas en las zonas más elevadas. Las inmersiones ocurren principalmente durante fuertes tormentas, aunque bajo ciertas condiciones pueden ser irregulares debido a la pequeña amplitud de las mareas en el Mediterráneo. En las costas atlánticas, esta zona es la que se cubre con el régimen de mareas. La parte superior de esta zona se moja pocas veces al año, mientras que la parte inferior se salpica casi continuamente. La comunidad viva de esta zona es homogénea a gran escala y tiene una composición muy simple en el Mediterráneo, pero muy variada en el Atlántico. Las severas condiciones ambientales han seleccionado algunas estrategias animales exitosas, como las macroalgas que mantienen un grado de humedad en marea baja y animales que se mantienen en las frondes de algas, se entierran en el sedimento o se mantienen aislados en sus exoesqueletos en las rocas. Las rocas están colonizadas por especies de la zona, como los moluscos, muy comunes adheridos fuertemente a las rocas en grietas y zonas de abrigo. En la región inferior de las costas rocosas viven animales menos tolerantes –mejillones y gasterópodos–, que se adhieren a los cinturones de algas azotados por las olas o se esconden en las grietas de algas incrustantes. En áreas con ricas y densas comunidades de algas incrustantes, muchas especies sésiles[2] resisten la acción de las olas.

La zona infralitoral[3] se caracteriza por un límite superior donde las especies no pueden

Figura 2. Zona supralitoral.

Fuente: ICM-CSIC.

vivir en áreas emergidas y por un límite inferior marcado por la desaparición de algas fotófilas y fanerógamas marinas. La extensión de esta zona es muy variable, dependiendo de la exposición del sustrato, la penetración de la luz y la turbidez. En sustratos rocosos las especies de fauna dominantes están asociadas a taludes de algas fotófilas y fanerógamas. Son frecuentes los bosques de macroalgas en el Atlántico y las praderas de fanerógamas en el Mediterráneo. Entre las bases de los talos de las algas y de los rizomas de las fanerógamas de algas hay una comunidad animal incrustante compuesta por material esquelético de gusanos poliquetos, briozoos y gasterópodos. Otras especies incrustantes, esponjas y ascidias coloniales, compiten con las algas por el sustrato. Las especies sedentarias fuertemente adheridas al sustrato rocoso como los moluscos son comunes, aunque también se encuentran crustáceos y otros grupos.

En la zona infralitoral, las especies sésiles crean una gran variedad de hábitats. Una gran diversidad de especies pasa parte de su vida dentro de las grietas de las rocas o en los intersticios dejados o formados por otras especies. Ejemplos de estos incluyen muchos poliquetos, moluscos, ofiúridos y también especies que se adhieren a la cara inferior de

cuellado.org.

2. Se refiere a las especies de organismos que están fijados siempre al sustrato.

3. Zona del fondo marino (bentos), o piso, inmediatamente por debajo del nivel del agua y que, por tanto, permanece casi todo el tiempo sumergida y muy raramente emergida. Por encima aparece la zona denominada mesolitoral, o intermareal, que está sumergida o emergida en función de las mareas. Por debajo de la zona infralitoral aparece la zona o piso circalitoral. Fuente: cuallado.org.

los cantos rodados. La complejidad de esta comunidad animal aumenta con las especies endobientes[4] de las rocas. Hay otros grupos de especies que se mueven de una comunidad de algas a otra o se adhieren como epibiontes[5] de animales sésiles. Los más comunes son los anfípodos, pero también los isópodos junto con picnogónidos, moluscos, gasterópodos prosobranquios y opistobranquios y poliquetos de vida libre, etc. Las hojas de algas también tienen una importante comunidad epífita de organismos sésiles –especialmente otras algas–, pero también hidrozoos con caprélidos, anfípodos asociados, briozoos y tunicados incrustantes.

La zona circalitoral[6] se extiende desde el nivel inferior de algas fotófilas y praderas de macroalgas y fanerógamas marinas hasta el final de la plataforma continental. En los fondos duros predominan los animales fijos y coloniales (esponjas, cnidarios, briozoos, tunicados) y las algas calcáreas rojas. Las algas que crecen sobre sustratos de grava gruesa compactan los sedimentos calcáreos para formar un sustrato organogénico continuo sobre el que se desarrolla la comunidad coralígena. Esta comunidad es el más estructurado y rico en especies del bentos mediterráneo (Ballesteros, 2006). En general, las corrientes en la zona circalitoral son constantes, aunque ocasionalmente fuertes, y la temperatura del agua es constantemente fría, a diferencia de las zonas anteriores, donde las oscilaciones de la temperatura condicionan la biodiversidad. Las plantas ya no son las principales contribuyentes de la biomasa, aunque su papel es importante como constructoras de fondos calcáreos. Las principales variables que delimitan estas comunidades son los cambios en las características del relieve, la pendiente y los sustratos en hábitats rocosos, el tamaño de grano de los sedimentos, la competencia interespecífica y la alternancia entre fondos duros y blandos.

En las comunidades circalitorales se pueden encontrar tres niveles estructurales. El hábitat basal con muchas especies se entremezcla con algas en un proceso de asentamiento recíproco. Estas especies contribuyen a la comunidad de dos maneras, como constructoras y bioerosionadoras como algunas esponjas o moluscos. El nivel inferior está dominado por una gran diversidad de especies masivas, erectas y reptantes, como esponjas, cnidarios, briozoos y tunicados, mientras que el nivel superior contiene las especies más visibles y representativas. Su abundancia en cada hábitat caracteriza las denominadas facies, siendo las que contribuyen a la estructura tridimensional de estos fondos. Las gorgonias y las esponjas son ejemplos de este nivel estructural superior. Otros componentes importantes de las comunidades circalitorales son aquellas especies que se desplazan por los niveles de profundidad y hábitats inferiores y superiores (crustáceos, equinodermos o poliquetos). También existe una fauna especializada en ocupar los niveles superiores, como epibiontes sésiles o residentes temporales.

Otra comunidad muy peculiar de los fondos circalitorales son las cuevas submarinas. La fauna que habita en cuevas tiene una clara conexión con las comunidades circundantes, pero también con comunidades de aguas profundas. En estos hábitats oscuros y fríos hay un empobrecimiento continuo de la concentración de partículas y la cubierta bentónica desde la sección abierta hacia las partes más oscuras de las cuevas. Las paredes están domi-

4. Organismos que viven en la parte interior del hospedante o del substrato. Fuente: https://www.biodic.net/.
5. Organismos que viven en la parte externa, en la superficie del hospedante o del substrato, generalmente fijados al mismo. Fuente: https://www.biodic.net/.
6. Zona del fondo marino (bentos), o piso, inmediatamente por debajo del nivel en el que perviven las fanerógamas marinas y algas fotófilas. Fuente: cuallado.org.

nadas por suspensívoros[7] y una fauna vágil[8] que se desplaza por su interior caracterizada por especies muy especializadas de crustáceos y peces.

Los sustratos rocosos que emergen de los fondos blandos también se encuentran a lo largo de las plataformas continentales y pueden alcanzar áreas más profundas, predominantemente entre 100 y 200 m de profundidad. Los fondos rocosos del final de la plataforma representan uno de los conjuntos con mayor diversidad de la plataforma y el talud, a pesar de que estos hábitats han sido destruidos por la pesca de arrastre de fondo durante décadas. Estos sustratos rocosos a menudo están cubiertos con una capa de sedimentos limosos, y las especies sésiles tienen que penetrar a través de esta capa de sedimentos para adherirse al sustrato duro. Las especies predominantes son suspensívoras como gorgonias, alcionarios, corales negros, esponjas y moluscos.

Las comunidades de fondo duro en el dominio batial están representadas principalmente por la comunidad de corales de agua fría. La comunidad coralina de aguas profundas o frías se encuentra sobre sustratos duros de la zona batial, entre 200 y 1000 m de profundidad. Estos corales de agua fría solo se encuentran cuando la pendiente es lo suficientemente empinada para exponer sustratos duros, como acantilados verticales. Las especies dominantes son los corales formadores de arrecifes que aparecen como grupos dispersos a lo largo de la pendiente rocosa. Existe una rica fauna asociada, las especies permanentes que viven alrededor o por encima de los grandes peñascos y rocas, y los habitantes temporales tales como peces y crustáceos que usan este hábitat como fuente de alimento y protección actuando como guarderías de fases larvarias y juveniles de especies incluso de interés comercial como, por ejemplo, la merluza (Baillon *et al.*, 2012).

Ambientes bentónicos de fondos blandos

Los hábitats de fondos blandos del infralitoral son en su mayoría arenosos, con arenas de grano medio dependiendo de si están ubicados en áreas moderadas o altamente expuestas a las corrientes y oleaje. La comunidad predominante suele cubrir fondos de hasta unos 10 metros de profundidad siendo colonizada por varias especies de moluscos bivalvos y otros organismos que forman parte de la meiofauna[9]. Después de la comunidad de arena superficial sigue en profundidad la llamada comunidad de arena fina en la que la diversidad de organismos que viven en el sedimento incrementa debido a que es más estable. Donde hay corrientes altas, las arenas finas son reemplazadas por arenas gruesas y gravas finas con cambios también en la biodiversidad. Esta comunidad contiene una gran diversidad de especies de moluscos bivalvos seguida de poliquetos. Bajo ciertas circunstancias, estas comunidades están densamente colonizadas por prados marinos de macroalgas y fanerógamas, aumentando la heterogeneidad espacial y, por lo tanto, la disponibilidad de hábitats. Este proceso conduce a un aumento de la diversidad y abundancia que provoca una clara diferenciación en la estructura de la comunidad. En la parte más profunda del infralitoral se encuentra la

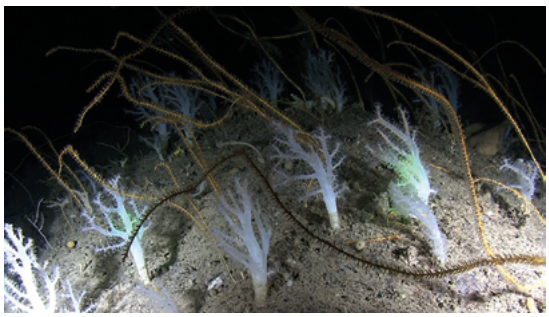
7. Organismo acuático que se alimenta a partir de las partículas alimenticias suspendidas en el agua circundante; las partículas pueden ser filtradas o capturadas por otros métodos. Fuente: biodic.net.
8. Organismos de movimientos libres siempre cerca del fondo marino. Fuente: https://www.biodic.net/.
9. Es un grupo diverso de organismos móviles pertenecientes a diferentes filos de tamaño entre 42 µm y 500 µm. Habita principalmente en sustratos blandos, entre los granos de arena y los fangos (por ejemplo sedimentos finos) de cualquier profundidad en el medio marino o dulce. Fuente: www.litoraldegranada.ugr.es.

comunidad de lodos arenosos. En esta zona se observa un cambio en la composición de especies debido a una disminución de las corrientes, lo que se relaciona con una composición de los sedimentos con granulometría más fina. En esta comunidad dominan los moluscos bivalvos y crustáceos anfípodos.

Los hábitats de fondos blandos no expuestos del infralitoral están dominados principalmente por arenas limosas y arcillas. Este tipo de ambientes se encuentran generalmente cerca de las desembocaduras de los ríos y/o en ambientes de deltas y lagunas costeras. La distribución de las especies y comunidades se corresponde con los gradientes ambientales (i.e. granulometría, salinidad y condiciones anóxicas). Dominan especies de moluscos, poliquetos y crustáceos. Un ambiente extremo en aguas poco profundas son las fuentes hidrotermales. En el Mediterráneo se encuentran en profundidades poco profundas de hasta 100 m. El sedimento dominante es un lodo con un alto porcentaje de restos orgánicos. En estas áreas la biodiversidad bentónica no es distinta de las áreas circundantes.

Los ambientes circalitorales de fondos blandos presentan una situación más compleja que la zona infralitoral. Por otro lado, se conocen muchas facies de fondos detríticos separadas por zonas de fondos arenosos y con una mayor dominancia de los fondos de fangos a mayor profundidad. Todas estas observaciones se obtuvieron con la ayuda de dragas y dispositivos *box corers*. Observaciones recientes realizadas con vehículos operados a distancia (ROV) o pequeños submarinos han permitido realizar observaciones directas en estos ambientes, en las que se ha podido ver la importancia de las especies de epifauna, que generalmente se concentran en parches. Por lo tanto, mediante la inspección visual de estos hábitats, ahora podemos clasificar todas las comunidades que se encuentran en ambientes de plataforma circalitoral en cuatro grandes comunidades principales con muchas facies diferentes (Sardá *et al.*, 2012). La fracción relativa de lodos en su composición sedimentaria determina diferentes ensamblajes, desde ambientes detríticos arenosos hasta más fangosos. La presencia de especies de epifauna como gorgonias, pennatulaceos, alcionarios, ceriantarios, crinoideos, ofiuroidea, e incluso poliquetos terebelidos, determina las diferentes facies de la misma comunidad (Gili *et al.*, 2014). En los fondos de plataforma continental que se encuentran con el talud continental o cañones submarinos, la proporción de lodo disminuye, dominando los sustratos de grava y roca. En esta zona la epifauna presente es más diversa que las zonas menos profundas con presencia de esponjas y equinodermos. Finalmente, la comunidad de lodo de plataforma es la comunidad más extensa que se puede encontrar ocupando la mayor parte del ambiente circalitoral. La composición es principalmente sedimentos de arena limosa y arcilla, que varían entre los lodos costeros terrígenos en la parte superior y los lodos profundos en la parte más profunda. La fauna se caracteriza por los componentes de la endofauna dominada por anéidos poliquetos.

Figura 3. Fondo de corales zblandos.



Fuente: ICM-CSIC.

Una comunidad muy específica que normalmente coloniza ambientes detríticos en la parte superior del circalitoral es la comuni-

dad de Maërl. El maërl está compuesto principalmente por algas coralinas que tienen un núcleo algal y gránulos arenosos o conchas con un crecimiento más o menos regular y concéntrico a su alrededor. Estas estructuras se desarrollan y acumulan sobre fondos blandos, influenciadas por corrientes laminares y dan lugar a una comunidad bentónica de alta diversidad y alto valor ecológico (Ballesteros, 1994).

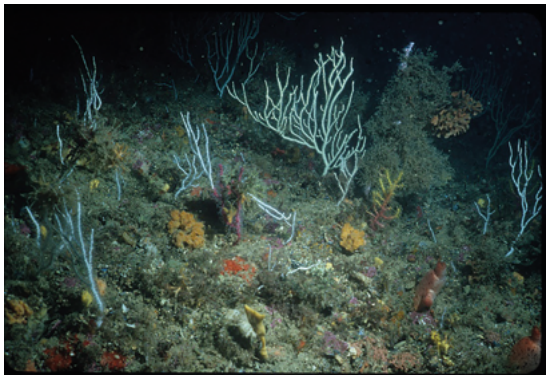
Mar profundo

Nuestro conocimiento sobre las comunidades de fondos blandos batiales y abisales es aún escaso y pocos trabajos se atreven a trabajar a nivel comunitario. La división prevaleciente presentada por Pérès (1985) divide las comunidades de talud en tres horizontes, el horizonte de talud superior que se extiende hasta 400-500 m, el horizonte de talud medio que puede extenderse hasta 1200-1400 m, caracterizado por lodos compactos y alta diversidad, y el horizonte de pendiente inferior, que se adentra en las llanuras abisales.

Aunque se acepta que la biodiversidad de las aguas profundas es elevada, como lo demuestran los estudios exhaustivos de biodiversidad en el Mediterráneo (Bianchi y Morri, 2000; Danovaro *et al.*, 2010), todavía hay pocos datos para detallar las diferentes comunidades de aguas profundas. Hasta el presente, las facies batiales se definen de acuerdo con la compactación del sedimento. Los lodos arenosos son bastante frecuentes en el horizonte superior, mientras que los lodos batiales y abisales constituyen los ambientes de fondo más extensos. Algunas de las especies características que dan nombre a estas facies son los cnidarios, equinodermo y esponjas, además de peces bentónicos (Cartes *et al.*, 2004). Las comunidades que habitan estos fondos se diferencian en función de la profundidad, ya que la naturaleza del fondo es muy similar en grandes extensiones, por las tasas de renovación de aguas profundas, la temperatura y por las condiciones tróficas, que pueden ser extremas, ya que dependen de la caída esporádica de alimento de las capas altas de la columna de agua. Todos estos aspectos ambientales pronostican también un gran porcentaje único de especies endémicas.

Desde la plataforma continental hasta la llanura abisal, los ambientes de fondos blandos se ubican en los taludes continentales y/o cañones submarinos. La materia orgánica que se origina en la columna de agua y en la plataforma continental fluye a lo largo del eje del cañón y se hunde junto con las partículas inorgánicas. Como consecuencia, se pueden observar desechos orgánicos e inorgánicos y grandes acumulaciones de sedimentos en el suelo de los cañones submarinos (Canals *et al.*, 2006). Estos depósitos son responsables de distintas asociaciones de especies y de densidades de fauna y biomasa más altas en comparación con los ambientes circundantes. Además, los cañones pueden albergar especies litorales arrastradas por los aportes adventicios, ser responsables del afloramiento local y ocasionalmente de la presencia de especies bentónicas en la columna de agua, actuando como fuente y reservorio de especies endé-

Figura 4. Fondo de plataforma profunda.



Fuente: ICM-CSIC.

micas (Gili *et al.*, 1998). Las condiciones ambientales en los cañones submarinos pueden variar mucho de un lugar a otro.

Las comunidades biológicas de las zonas con surgencias de aguas basadas en la quimiosíntesis y asociadas a volcanes de lodo y fallas han sido descubiertas hace relativamente poco tiempo en el sureste del mar Mediterráneo, pero son bastante conocidas en el Atlántico. Son zonas a profundidades que van desde los 500 a los 2000 m con hábitats heterogéneos en estructura y composición, vinculados a los diferentes microhábitats reducidos y tipos de sustratos en costras carbonatadas y sedimentos. Los conjuntos de fauna asociados con las filtraciones frías del Mediterráneo aún son relativamente desconocidos. Bivalvos y gusanos tubícolas asociados con bacterias endosimbióticas y quimioautótrofas caracterizan la estructura de los conjuntos faunísticos de las filtraciones frías, así como numerosos gasterópodos. Otras especies de megafauna de tamaño excepcional en comparación con sus con otras partes del fondo marino son las esponjas y los cangrejos.

La cartografía bentónica de los hábitats bentónicos mediterráneos según la clasificación de hábitats EUNIS (2019) y en la *Guía Interpretativa de Inventario de Hábitats Marinos Españoles* (2018).

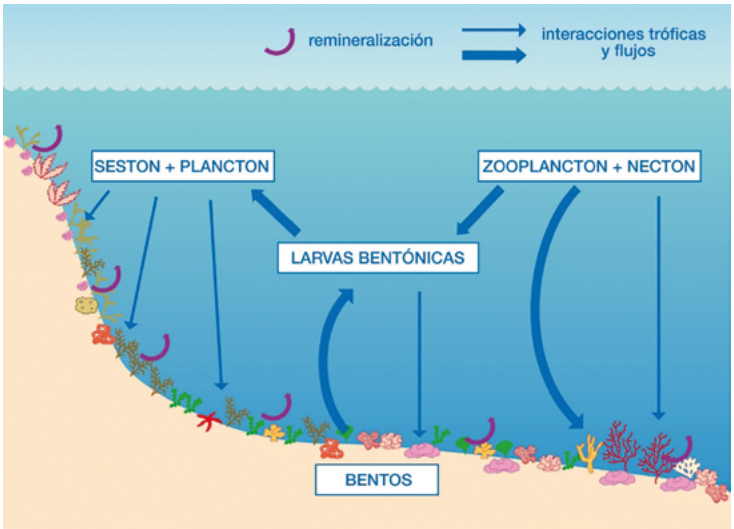
Estrategias ecológicas

La mayoría de las comunidades bentónicas se consideran hábitats complejos. Debido a las características de los sustratos, los factores ambientales y el papel de los propios organismos, la complejidad estructural y dinámica de los fondos marinos permite la presencia de muchos hábitats y organismos diferentes con diversas estrategias ecológicas. Además de su rol preciso en la comunidad, las especies se pueden agrupas en dos tipos de estrategias ecológicas las llamadas r y k (Margalef, 1974). De acuerdo con Hiscock y Mitchell (1980), cualquier especie puede resumirse en las siguientes cuatro estrategias: especies longevas (tamaño moderado a grande, que estabilizan y caracterizan a la comunidad; por ejemplo, los bioconstructores); especies estacionales (aparecen solo en ciertas épocas del año pero tienen un impacto o papel importante en las comunidades); especies oportunistas (alto potencial reproductivo, pueden acaparar temporalmente el espacio); y especies que responden a pequeñas alteraciones en las condiciones ambientales (generalmente con un significado estructural temporal conocido y variable).

En general, tanto las estrategias ecológicas r como k, siguen tendencias claras y son muy representadas en el bentos. La r-estratega representa la especie oportunista, fugitiva, pionera y generalista. Explotan la falta de organización y estabilidad ambiental, con una alta producción de descendencia; la gran mayoría desaparece inevitablemente. Son altamente adaptables y frecuentes en ambientes inestables y estresados. Por otro lado, el k-estratega ejemplifica a los especialistas. Pueden estabilizar sus poblaciones en un entorno determinado y producir pocas crías muy protegidas que estén bien adaptadas a entornos ecológicos estables. En especies modulares sésiles también pueden reproducirse asexualmente.

En los niveles litorales superiores, las estrategias bentónicas preferidas son aquellas que tienden a contrarrestar el estrés mecánico asociado con estos hábitats poco profundos. El equilibrio entre altas tasas de iluminación da como resultado comunidades de algas densas y productivas que sustentan una diversidad variada y rica. Debido a las variaciones estacionales en la cobertura de algas y el alto estrés ambiental, la mayoría de las especies tienen altas tasas de reproducción, producción y rotación rápida. También existen di-

Figura 5. Relación del bentos.



Fuente: ICM-CSIC.

versas estrategias animales colonizando los sustratos duros, las algas o los taludes vegetales, especialmente por parte de las especies vágiles (nadan siempre muy cerca del sustrato).

En niveles intermedios, como el circalitoral, el estrés ambiental no es mecánico (corrientes y oleaje), sino que se refiere a la disponibilidad de luz. La disminución de la luz reduce la capacidad de la planta para ocupar el espacio y, por lo tanto, la competencia con los animales, especialmente la fauna sésil, es máxima. El suministro de alimento es suficiente debido al régimen hidrodinámico continuo y la sobreoferta de producción planctónica. El grado de organización espacial es alto. Muchas especies son constructoras y crean hábitats. Tienen tasas de crecimiento de moderadas a lentas y una tasa de renovación lenta. En los niveles más profundos (por ejemplo, el circalitoral profundo, las cuevas oscuras o las comunidades del talud) el estrés es mayor debido a la alta sedimentación y al menor suministro de alimentos. En estos ámbitos solo pueden sobrevivir grupos de animales, principalmente estrategas k, y su adaptación a menudo está determinada por su longevidad (Gili *et al.*, 1989).

En las comunidades bentónicas poco someras y profundas existe una tendencia convergente entre los diferentes grupos hacia unas pocas opciones de adaptación, que son a su vez específicas según cada comunidad en particular (Zabala y Ballesteros, 1989). La estrategia más competitiva espacialmente es el tipo trófico más común, la alimentación por filtración. Esta estrategia se encuentra en organismos sésiles solitarios o coloniales, con o sin esqueleto, y con crecimiento final a un tamaño máximo, siendo la mayoría de ellos estrategas k. Son longevos, con capacidades de filtración por ser omnívoros. También ocupan el espacio con éxito, lo que los hace resilientes a nivel de población. En este modelo ecológico también se deben considerar las ventajas de las estrategias colonial versus solitaria, como una vía alternativa y complementaria para la colonización sucesiva y la estabilidad de la población (Jackson, 1977). En el otro extremo están los organismos individuales, vágiles y de crecimiento limitado,

con ciclos de vida cortos, altas capacidades reproductivas, con larvas planctónicas y longevas, claramente r-estrategas. Son especies más efímeras que las anteriormente mencionadas y ocupan con éxito los sustratos que quedan libres.

Las variaciones estacionales es un fenómeno común en todos los ecosistemas marinos. Los cambios están controlados por procesos impulsados por el clima y el forzamiento antropogénico (Duarte *et al.* 1999). Los ciclos de vida de los organismos marinos muestran marcados patrones estacionales de crecimiento, reproducción y abundancia. En la columna de agua, estos ciclos estacionales están dirigidos por factores como el fotoperíodo, la intensidad de la luz, la disponibilidad de alimentos, el oxígeno, la salinidad y la temperatura. Todos estos factores influyen en el gasto energético de los organismos marinos tanto planctónicos como bentónicos. Por lo tanto, es un desafío integrar los efectos de múltiples factores, así como sus efectos interactivos, para determinar la estacionalidad en los ciclos de vida de los organismos bentónicos ya que son en gran manera dependientes de la llegada de alimento de la columna de agua.

Los sistemas marinos funcionan en base a pulsos de producción durante los cuales algunas especies se vuelven muy abundantes por períodos cortos. Las proliferaciones de fitoplancton, seguidas de las de zooplancton, son el motor de todos los sistemas marinos. Especialmente en aguas costeras, muchas especies planctónicas pasan la temporada adversa en el bentos como fases de resistencia (quistes). La depredación de la meiofauna en las etapas bentónicas de reposo del plancton podría desempeñar un papel clave en la regulación de la diversidad de pulsos de plancton (Pati *et al.* 1999). Muchos organismos planctónicos tienen etapas bentónicas y la dinámica de sus poblaciones depende de los procesos que sucedan en el bentos (Boero *et al.*, 2008). Estos aspectos cruciales del acoplamiento pelágico bentónico aún están muy inexplorados y representan una nueva frontera en la ecología marina. También tienen un papel crucial en la gestión de las comunidades bentónicas, ya que su alteración influirá también en los ciclos de producción en la columna de agua.

En aguas poco profundas, se demuestra que la variabilidad ambiental estacional tanto en la columna de agua como cerca del fondo está estrechamente relacionada y determina los procesos biológicos. La sedimentación, la resuspensión, la mezcla vertical y los flujos de nutrientes conducen el acoplamiento entre el plancton y los sistemas bénticos. Al mismo tiempo, los organismos bentónicos tienen una gran influencia en la dinámica de la columna de agua aportando nutrientes provenientes de los procesos de remineralización en zonas someras y estuarinas (Valiela, 1995). Sin embargo, en comunidades más profundas, el acoplamiento bentónico-pelágico es estacionalmente asimétrico con los eventos de superficie, aunque los procesos ecológicos siguen vinculados con la producción biológica en las capas superficiales (Grebmeier Parry, 1991).

La estacionalidad en las profundidades del mar puede ser menos pronunciada, pero puede evidenciarse fácilmente por el aumento de la afluencia estacional de detritos en estas áreas. Con la excepción de algunos ambientes extremos como las surgencias frías, la mayoría de los ecosistemas profundos dependen completamente de aportes orgánicos e inorgánicos alóctonos (Cartes *et al.*, 2004). El 10 % del carbono de las aguas superficiales se exporta a 1000 m de profundidad en el Mediterráneo occidental, pero solo entre el 2 % y el 3 % en el Mediterráneo oriental, y las concentraciones bacterianas en el lecho marino son cuatro veces superiores en las primeras que en las segundas (Danovaro *et al.*, 1999).

Esto tiene profundas implicaciones en términos de acoplamiento bentónico-pelágico.

La conclusión general de la investigación realizada en estos ambientes, principalmente en aguas profundas del NW del Mediterráneo, indica que los picos estacionales de producción primaria o materia orgánica particulada se traducen en picos estacionales de producción secundaria en aguas profundas.

La mayoría de los hábitats en las regiones templadas exhiben picos estacionales en la abundancia de algas a finales de la primavera durante todo el verano y con mínimos en invierno (Murray y Littler, 1984). Estos patrones estacionales implican cambios en la estructura de la comunidad. Sin embargo, este escenario cambia cuando las comunidades sufren el efecto de la depredación de peces y erizos, que modifican las comunidades bentónicas y afectan la composición, abundancia y dinámica de las comunidades algales sublitorales someras. A altas densidades y durante la fase de producción de las algas, los herbívoros muestran una actividad de sobrepastoreo que reduce la biomasa de algas debido a la distribución irregular de las algas y al efecto de la actividad trófica de erizos y peces. En casos extremos de depredación, los herbívoros reducen totalmente el estrato erecto de algas carnosas, resultando en un conjunto monótono de algas incrustantes y en una reducción de la estructura y biodiversidad de las comunidades de algas (Sala *et al.*, 1998). En el Mediterráneo, los peces no son los depredadores dominantes y tienen menos efecto sobre la abundancia de algas y la variabilidad estacional que los erizos

Sin embargo, el sobrepastoreo de las poblaciones de macroalgas erectas carnosas por parte de los peces facilita el aumento de la biomasa de conjuntos de especies de animales sésiles, que cambian con su diversidad y abundancia los patrones naturales de la comunidad (Sala y Boudouresque, 1997). En las praderas de macroalgas y fanerógamas marinas, los cambios estacionales en la estructura

Figura 6. Pradera de poseidonia.

Fuente: ICM-CSIC.

de la pradera, la densidad de los brotes o la superficie de las hojas y la biomasa tienen una influencia en la composición de las especies y la abundancia de la fauna vágil asociada, como los crustáceos y peces.

Los componentes sésiles de las comunidades bentónicas están asociados a las características morfológicas y físicas del fondo marino. Estas características determinan periodos estacionales de crecimiento alternados con periodos de inactividad y latencia (Coma *et al.*, 2000). Por el contrario, gran parte de la fauna que vive cerca del fondo exhibe diversos grados de movilidad, desde moluscos gasterópodos rastreros, estrellas de mar y erizos de mar hasta misidáceos y peces de gran movilidad. Estos organismos realizan migraciones estacionales a través de un gradiente vertical, evitando las altas temperaturas en verano y buscando alimento durante el invierno en hábitats menos profundos. Otro grupo que se desplaza estacionalmente son los peces de fondo y sus migraciones están ligadas a determinados tipos de hábitat, e incluso a diferentes áreas regionales (García-Rubies y Macpherson, 1995). Tal variación en el uso del hábitat puede atribuirse a diferentes etapas de la historia de vida. Los juveniles excavan en el sustrato para evadir la depredación, pero los adultos utilizan una gama más amplia de

hábitats, como grandes rocas o cuevas (Planes *et al.*, 2000).

Por otro lado, las etapas larvales de muchas especies de invertebrados y peces utilizan hábitats transitorios como área de refugio y alimentación. Muchos de estos hábitats se sitúan en comunidades de fondos duros asociadas a las especies sésiles que cubren temporalmente los sustratos. Los tipos más comunes de hábitats son lechos de macroalgas y praderas marinas donde los ejemplares adultos también encuentran refugio (Bruno y Bertness, 2001). Durante los períodos de alto crecimiento de la masa vegetal, las praderas de macroalgas brindan refugio y protección a diferentes etapas de muchas especies marinas que son más vulnerables a la depredación. Dichos hábitats son esenciales para explicar los ciclos de vida de las especies y también las variaciones estacionales e interanuales de las poblaciones que sincronizan sus estadios larvarios con los factores que afectan las oportunidades de colonizar hábitats efímeros.

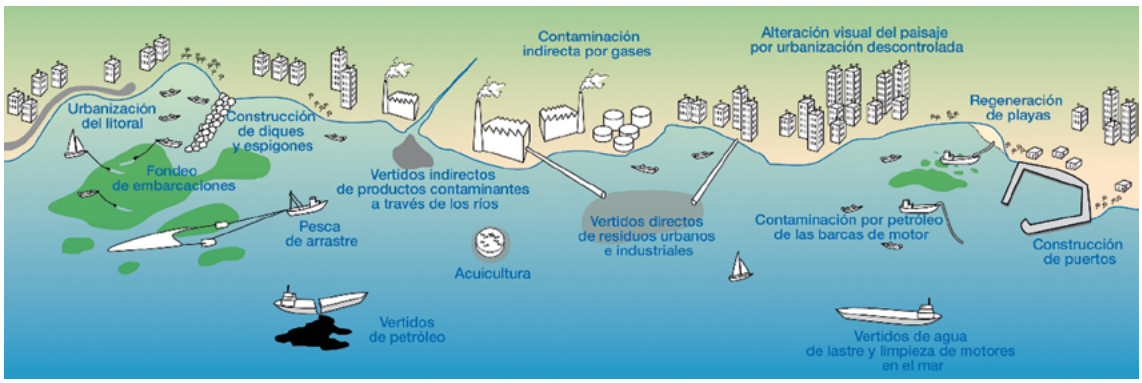
El aporte estacional de alimentos a las zonas más profundas da como resultado recursos más escasos, una gran partición de alimentos, dietas muy diversificadas y redes tróficas muy complejas. También se puede observar una tendencia hacia una disminución de la intensidad de alimentación con la profundidad para decápodos y peces, lo que sugiere una reducción de la actividad metabólica a medida que aumenta la profundidad (Fanelli Cartes, 2004).

Hay grandes diferencias en los cambios temporales en la estructura y la dinámica entre comunidades dominadas por algas y dominadas por animales. Las comunidades de algas poco profundas muestran los mayores cambios temporales, aunque es difícil establecer un patrón estacional claro. Cuando el área de cobertura se divide entre algas y animales, ambos encuentran condiciones favorables para crecer en el período de primavera a verano para las algas y de otoño a invierno para los animales (Garrabou *et al.*, 2009). En comunidades más profundas, dominadas por animales, se han observado pocos cambios estacionales estructurales y estos podrían detectarse solo en los parámetros fisiológicos de las poblaciones animales, como los períodos de reproducción o los patrones de crecimiento lento (De Caralt *et al.*, 2008). En estas comunidades dominadas por animales, la abundancia de organismos efímeros y la ecología trófica de los perennes están estrechamente relacionadas, en respuesta a la escasez de alimentos de la columna de agua en verano y finales de otoño (Rossi *et al.*, 2006). La ingesta y la asimilación pueden variar estacionalmente con la concentración y calidad del seston (nieve marina), dependiendo de la estrategia de alimentación (Coma *et al.*, 2000).

En general, la producción de energía principal coincide con el período reproductivo al final del período de alimentación más exitoso, especialmente en primavera y principios de otoño (Coma *et al.*, 1998). El efecto de las fluctuaciones estacionales en la cantidad y calidad del seston (alimento disponible) era evidente en los valores de concentración tisular de proteínas, carbohidratos y lípidos (Rossi *et al.*, 2006). Otros enfoques incluyen el cambio de la asignación de recursos a mecanismos defensivos por especies que crecen en comunidades altamente competitivas. En las esponjas, una mayor presión competitiva en el ambiente sombreado da como resultado una mayor inversión en estructuras defensivas/de apoyo (minerales y orgánicas) y una menor inversión en el crecimiento somático y el rendimiento reproductivo de las larvas (Uriz *et al.*, 1995).

La presencia de estados de reposo es un mecanismo común en los organismos marinos, los cuales pueden permanecer inactivos por largos períodos, actuando como reservorios de biodiversidad. Estos estados son tanto en

Figura 7. Impactos.



Fuente: ICM-CSIC.

formas adultas (colonias o individuos) como en formas reproductoras enquistadas. La importancia de la dinámica del ciclo de vida en la estructuración de las comunidades marinas contribuye a explicar las fluctuaciones estacionales no solo en las especies bentónicas sino también en las comunidades fitoplanctónicas y zooplanctónicas (Boero *et al.*, 1996).

PRESIONES Y RIESGOS AMBIENTALES Y ANTROPOGÉNICOS

Las zonas costeras de todo el planeta son uno de los puntos calientes de biodiversidad más importantes con muchas especies y generadoras de recursos naturales diferentes (Gray, 1997). Las presiones humanas sobre estas están aumentando la destrucción de hábitats y especies hasta convertirse en un tema prioritario para los responsables de la formulación de políticas. Por ejemplo, el mar Mediterráneo ha sido identificado como un punto crítico de los efectos del calentamiento del mar, la acidificación de los océanos, la invasión de especies exóticas y otras perturbaciones humanas directas e indirectas, siendo considerablemente más afectado que otros lugares del mundo (Durrieu de Madron *et al.*, 2011). La creciente evolución demográfica y económica hace complejo el panorama general de las comunidades bentónicas, ya que varios factores actúan sinérgicamente a nivel de población y de comunidad. Un fenómeno reciente –pero que de cada día se hace más relevante– es la modificación, construcción e industrialización de las zonas costeras. Los puertos alteran el medio físico, desde corrientes a procesos sedimentarios, que impactan sobre la biodiversidad litoral (Frenzen *et al.*, 2021). Las pérdidas de biodiversidad son evidentes y aún pueden ser de mayor envergadura con grandes construcciones industriales, como los parques eólicos (Lloret *et al.*, 2022).

Actividad pesquera y explotación comercial

La actividad pesquera en aguas españolas se caracteriza por la multiespecificidad de las capturas y la ausencia de grandes stocks únicos, especialmente en régimen demersal[10] (Farrugio *et al.*, 1993). Aunque las flotas y artes artesanales constituyen las pesquerías más importantes, en la actualidad existe una tendencia al desarrollo de flotas semiindustriales,

10. La zona de demersal es la parte del mar o del océano que comprende la columna de agua que está cerca del fondo del mar y del bentos.

principalmente de pesca de arrastre. La pesca de arrastre de fondo muestra el menor grado de selectividad con el impacto de mayor alcance en diferentes organismos del ecosistema debido a la destrucción y modificación del hábitat (Demestre *et al.*, 2000), y presenta los mayores impactos en algunas especies objetivo demersales y grupos no objetivo (es decir, pequeños organismos descartados y juveniles de especies vulnerables como rayas y tiburones demersales). En la actualidad, la pesca de arrastre constituye probablemente el problema directo más agudo para los hábitats detríticos y de fondos blandos, pero fue una fuente evidente de destrucción en otras comunidades como las praderas de fanerógamas. Junto a especies como la merluza o el rape y otros peces demersales, las capturas más habituales de los arrastreros de fondo son los crustáceos. En este caso, especies como la cigala y la gamba roja son capturadas por redes de arrastre que han de considerar un mínimo impacto sobre los hábitats bentónicos –especialmente los fondos fangos ricos en materia orgánica– y siguiendo las directrices internacionales (FAO, 2011).

Las prácticas ilegales habituales en la pesca de arrastre en el Mediterráneo incluyen el uso de redes con una abertura de malla inferior a la permitida, la pesca en zonas y fondos prohibidos y el uso de motores con una potencia superior a la declarada oficialmente. Sus capturas también incluyen abundantes capturas accesorias y descartes. Aunque teóricamente sería sencillo analizar la intensidad de la pesca de arrastre utilizando la trayectoria de navegación de la flota con sistemas de posicionamiento, la realidad es que no existen datos o no están disponibles. Los estudios en el mar del Norte mostraron que el área de arrastre de estos barcos cada año es equivalente al tamaño de todo ese mar (Depestele *et al.*, 2016), y esta cifra podría ser similar para las plataformas continentales españolas. El impacto de la pesca de arrastre en las comunidades bentónicas se puede categorizar en dos factores básicos: la selectividad de las técnicas de pesca, con respecto a las especies objetivo, y a la captura de peces jóvenes y otros animales marinos que no corresponden a las especies objetivo; y la destrucción del hábitat, consecuencias físicas y biológicas de las artes de pesca en el fondo.

El impacto físico de la pesca de arrastre de fondo en los ecosistemas también es muy alto, lo que reduce la complejidad de las comunidades bentónicas (Auster, 1998). Todos los componentes que intervienen en la pesca de arrastre tienen la capacidad de afectar al fondo marino, la red, las cadenas, los pesos y, especialmente, las puertas. Estos pueden penetrar varios centímetros en el fondo marino (hasta 30 cm de profundidad) dependiendo del sedimento y la técnica utilizada, dañando los ecosistemas bentónicos (de Juan *et al.*, 2011). Todos los componentes de la red de arrastre muestran un gran impacto en los ambientes de fondos blandos, lo que produce menos selectividad de especies que otras técnicas de pesca, daña el sustrato y sus especies sésiles y aumenta su lenta recuperación. La reducción de invertebrados (equinodermos, poliquetos y moluscos) en las zonas de arrastre alcanza hasta un 65 % en comparación con las zonas donde no se ha practicado este tipo de pesca (Bergman Hup, 1992).

La pesca de arrastre puede crear también efectos similares a la eutrofización, aumentando la presencia de especies oportunistas en ambientes bentónicos. La reducción de biomasa en estas zonas, en comparación con un área donde no se ha practicado la pesca de arrastre, puede ser diez veces mayor, especialmente en lo que respecta a las especies de peces. Además, los descartes de arrastre pueden dar lugar a episodios de anoxia en el fondo marino, aumentando la mortalidad de las especies objetivo y provocando cambios en la estructura y composición de estas

comunidades (Tillin *et al.*, 2006). La pesca de arrastre también afecta la columna de agua y el ecosistema en general por cambios en la biogeoquímica y los efluentes de nutrientes causados por la resuspensión de sedimentos, nutrientes y contaminantes, así como daños a los invertebrados que se encargan de remover, compactar y oxigenar el fondo marino (Schwinghamer *et al.*, 1996).

En general, la pesca de arrastre en hábitats de fondos blandos afecta más a las especies epibentónicas[11] longevas y menos a las de la infauna[12]. En consecuencia, las especies más longevas son las más escasas en las zonas de arrastre, mientras que las especies más jóvenes y de vida más corta son las más abundantes (Tuck *et al.*, 1998). La pesca de arrastre puede tener un impacto muy alto en hábitats importantes y únicos de formación a largo plazo, praderas de macroalgas y fanerógamas, hábitats de maërl y arrecifes de coral profundos. En aguas profundas, el impacto de la pesca de arrastre en los conjuntos de especies podría ser aún mayor. Debido a que estas áreas no están sujetas regularmente a cambios naturales con tanta frecuencia como en aguas menos profundas son más vulnerables a cambios inducidos artificialmente (Langton y Auster, 1999).

Las praderas de macroalgas son las especies bentónicas más explotadas, especialmente en zonas litorales de todo el mundo (Zhu *et al.*, 2021). Se ha llegado a desarrollar una gran industria –incluso en las costas españolas–, que en muchos casos está actualmente causando, en diferentes zonas, un gran impacto sobre las comunidades bentónicas, ya que representa la destrucción del hábitat (Sfriso *et al.*, 2020). Una buena gestión de esta extracción continuada es imprescindible para reducir la inevitable pérdida de biodiversidad. Otro caso son las esponjas comerciales y el coral rojo son las especies animales más afectadas por el impacto directo sobre sustratos de fondo duro (Tsounis *et al.*, 2010) que se han explotado durante miles de años. Sin embargo, el período de recolección más intenso se centra en los dos últimos siglos. Las esponjas también sufrieron una devastadora enfermedad que redujo drásticamente los desembarques y la comercialización de estas especies. Otras especies de esponjas se han identificado recientemente como animales de interés farmacológico, amenazando el recurso para extraer los metabolitos objetivo (Pronzato y Manconi, 2008). Otras actividades importantes de recolección que pueden causar un impacto directo o indirecto severo en los conjuntos de invertebrados bentónicos rocosos y su hábitat, como en el caso de los erizos de mar (Sala *et al.* 1998) y los moluscos bivalvos (como el dátil de mar) cuya explotación representa la destrucción de la roca donde se asienta (Guidetti *et al.*, 2003).

Una actividad que causa graves impactos sobre la biodiversidad bentónica es la extracción de arenas de zonas algo alejadas de la costa para restaurar las playas que han sido destruidas por los temporales. Las extracciones de toneladas de sedimentos conllevan la destrucción del hábitat y la eliminación de la biodiversidad natural (de Schipper *et al.*, 2021). Una vez instaladas las arenas en la costa, la recuperación de la biota es muy lenta y raramente se alcanza la biodiversidad natural, en gran parte debido a que los sedimentos son desplazados por las corrientes en los episodios recurrentes de temporales costeros.

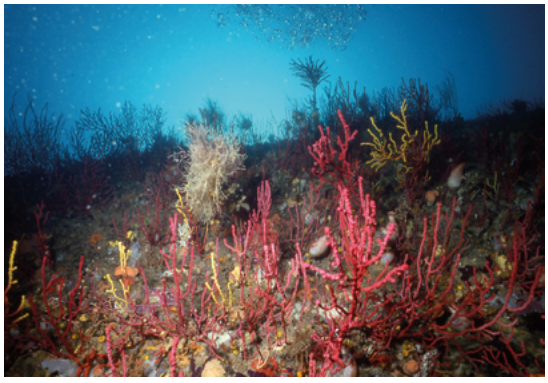
11. La epifauna la forman el conjunto de organismos que viven sobre el fondo acuático. Estos organismos pueden vivir sobre el sedimento arenoso o sobre suelo rocoso duro. Algunos viven anclados al suelo, mientras que otros se desplazan sobre él. Fuente: https://curiosoando.com/infauna-y-epifauna.

12. La infauna, también llamada endofauna, es la comunidad de organismos bentónicos que viven enterrados en el sedimento de los fondos acuáticos. Fuente: https://curiosoando.com/infauna-y-epifauna.

Impactos por el buceo

El incremento de la actividad turística debido al buceo ha generado, en diferentes zonas, que la sobrefrecuentación de escafandristas conlleve graves impactos sobre la biodiversidad bentónica. Son frecuentes las colonias de organismos sésiles (como gorgonias o corales) que disminuyen las poblaciones locales por el impacto de los buceadores e incrementan las lesiones sobre organismos muy sensibles y frágiles que tardan décadas a recuperarse (Linares *et al.*, 2012). El buceo puede redirigirse a un comportamiento de buceo más respetuoso y apropiado, especialmente en las áreas marinas protegidas y en los hábitats especialmente sensibles (Bramanti *et al.*, 2011). Otros daños no tan evidentes en los conjuntos de comederos colgantes son los causados por la pesca con anzuelo, que puede afectar a más del 30 % de las gorgonias y otros organismos sésiles en zonas muy frecuentadas por aficionados o profesionales. También se ha registrado estrés mecánico, dañando colonias, que pueden romperse parcial o totalmente. Este tipo de lesiones tienen un efecto en la producción gonadal y en la capacidad de almacenamiento de energía de las gorgonias que pueden producir menos reclutas potenciales (Tsounis *et al.*, 2012). Otros impactos locales negativos son los realizados sobre las praderas de fanerógamas marinas por el fondeo de embarcaciones de recreo que provocan daños mecánicos y pérdida de hábitat (Lloret *et al.*, 2008).

Figura 8. Corales.



Fuente: ICM-CSIC.

Invasiones

Las invasiones biológicas en los hábitats marinos representan uno de los principales factores de los cambios globales inducidos por el hombre (Occhipinti-Ambrogi y Savini, 2003). El Mediterráneo ha sido objeto de introducciones de especies no autóctonas por el tráfico marítimo y la acuicultura desde hace varios siglos, pero ha sido durante los últimos cien años cuando estos impactos se han ido acelerando (Galil, 2000), además de la apertura del canal de Suez en Egipto. Asimismo, la proliferación de estructuras duras artificiales ha sido un factor clave para la expansión de muchas especies (Duarte *et al.*, 2013), así como la transformación de comunidades bentónicas por diferentes intrusiones de especies por acciones humanas directas o indirectas (Coma *et al.*, 2011). Recientemente, por ejemplo, excluyendo las microalgas, las especies exóticas han aumentado notablemente la riqueza total de especies del Mediterráneo en un 5,9 % (Zenetos *et al.*, 2010). La presencia de especies invasoras indica que se han propagado, se están propagando o han demostrado su potencial para propagarse a otros lugares y tienen un efecto adverso sobre la diversidad biológica, el funcionamiento de los ecosistemas, los valores socioeconómicos y/o la salud humana en las regiones invadidas. Una gran parte de estas especies invasoras son especies bentónicas. En bastantes casos –lo que facilita las intrusiones y asentamientos de especies invasoras–, no son tan solo los factores ambientales –como la temperatura–, sino que también la reducción de especies depredadoras o competidoras actóctonas (Coma *et*

al., 2011). Hay casos de prácticamente todos los grupos de marinos, desde algas a corales, esponjas, equinodermos, etc. En general, las primeras etapas de colonización y la capacidad de supervivencia durante el proceso de asentamiento se han observado como factores clave para comprender mejor el éxito de las especies exóticas en sustratos de fondo duro (Rius *et al.,* 2009).

Eutrofización

Las enfermedades y la formación de mucílagos[13] son fenómenos que se atribuyen directamente al aumento de nutrientes en el mar. El fenómeno del mucílago ha estado afectando a diferentes áreas del Mediterráneo noroccidental durante las últimas décadas (Giuliani *et al.,* 2005). Este fenómeno, en el que diferentes algas forman una proliferación que cubre las comunidades bentónicas, tiene un efecto directo sobre las especies sésiles suspensívoras, tapando durante un tiempo prolongado sus estructuras de alimentación. Sin embargo, al igual que en las mortalidades masivas por olas de calor (Coma *et al.,* 2009), también se observó la recuperación de las colonias después de dos años del evento (Mistri y Ceccherelli, 1996). También se observa un efecto indirecto de hipoxia (e incluso anoxia) debido al agotamiento de oxígeno por la respiración bacteriana (Schiaparelli *et al.,* 2003). No está claro cuál es el origen del mucílago, ni si está relacionado con la contaminación local (alta concentración de nutrientes), pero sí es cierto que tiene efectos sobre el funcionamiento pelágico y bentónico (Pusceddu *et al.,* 2009). Otro fenómeno relacionado con el ataque microbiológico o viral en especies sésiles de fondo duro ha sido descrito en esponjas (Gaino *et al.,* 1992). La enfermedad, aparentemente producida por bacterias, producía profundas alteraciones en el esqueleto.

Calentamiento global

El aumento de temperatura observado en las últimas décadas en el océano también se ha observado en el litoral español, especialmente en el mar Mediterráneo. Se han detectado varios episodios de muertes masivas significativas por ola de calor (Garrabou *et al.,* 2009). En estos eventos de mortalidad masiva, las poblaciones de animales sésiles se vieron afectados en los primeros 10-50 m de profundidad en un amplio rango (más de 1000 km de costa en la segunda ola de calor), matando parcial o totalmente gorgonias, corales, esponjas o briozoos. Las colonias afectadas también registraron enfermedades causadas por microorganismos (protozoos y hongos) (Cerrano *et al.,* 2000). Las altas temperaturas anómalas, las restricciones energéticas asociadas con las condiciones de estabilidad de la columna de agua y el desarrollo de patógenos, fueron las causas más probables de mortalidad. Los efectos de los episodios de calentamiento han afectado a las especies, causando mortalidad parcial tanto en colonias como en poblaciones, en la reducción de la capacidad de reproducción (Linares *et al.* 2008). Estos episodios han estado seguidos de otros de recuperación parcial de las poblaciones (Fava *et al.,* 2010) aunque el incremento en la frecuencia e intensidad del calentamiento reduce la capacidad de resiliencia de las especies en las zonas afectadas. Un reciente caso muy ilustrativo de la conjunción de efectos –tanto debido al calentamiento global como al impacto de microorganismos– es el de la nacra en las costas mediterráneas españolas que ha llevado a casi la extinción de la especie (Vázquez-Luis *et al.,* 2017).

13. Sustancia viscosa, de mayor o menor transparencia, que segregan partes de algunos vegetales. También se forman por aglomeración de materia orgánica debido a la actividad de microorganismos. https://www.biodic.net/

Acidificación del océano

Otro impacto menos conocido pero probable que sufrirán las comunidades béntonicas debido al cambio climático serán los efectos de la acidificación de los océanos. Se predice que la acidificación de los océanos impactará en todas las áreas de los océanos y afectará a una variedad de organismos marinos (Durrieu de Madron *et al.,* 2011). La diversidad de respuestas entre especies impide predicciones claras sobre el impacto de la acidificación a nivel de ecosistema. Ciertos organismos (como poliquetos o anfípodos) parecen no verse afectados por el futuro panorama de acidificación, pero los decápodos o gasterópodos pueden sufrir severos impactos en sus esqueletos calcáreos (Kroeker *et al.,* 2011). Por ejemplo, en briozoos, la exposición prolongada a pH bajo aumenta el enriquecimiento de Mg en las capas externas, aumentando la vulnerabilidad del esqueleto a la disolución. En cambio, en otros organismos no parece que ocurra un efecto tan drástico. Pero sí que hay una tendencia a que las tasas de calcificación se verán afectadas por la acidificación del océano en todos los organismos calcificadores y los hará más débiles a los cambios relacionados con el cambio climático (Rodolfo-Metalpa *et al.,* 2010).

Temporales

En los últimos años se ha visto un incremento de las tormentas y temporales en las zonas costeras. Un ejemplo ha sido el temporal Gloria en el Mediterráneo (Amores *et al.,* 2020). El efecto inmediato de estas tormentas es una perturbación mecánica directa sobre la fauna y la flora bentónicas. Las poblaciones de algas plurianuales pueden verse muy afectadas por las tormentas de otoño, pero su recuperación depende de la estructura del tamaño de la población local, la mortalidad y el reclutamiento (Navarro *et al.,* 2011). Los cambios producidos en la composición de algas y animales sésiles, así como en la abundancia de organismos que se mueven por estas comunidades, pueden ser cruciales para la supervivencia de los niveles tróficos superiores. Pero también hay otro efecto menos evidente de las tormentas en las comunidades bentónicas. Las tormentas afectan la resuspensión modificando la composición de la fracción orgánica de las partículas sedimentadas, disminuyendo la fracción lábil de materia orgánica particulada (Grémare *et al.,* 2003). La tormenta puede resultar en un aumento transitorio de la abundancia de partículas finas en la interfase agua-sedimento, recubriendo estas partículas con materia altamente refractaria. Si bien en la plataforma costera profunda y en los cañones submarinos tales tormentas pueden movilizar partículas adecuadas para los organismos bentónicos (Sardà *et al.,* 2009), en las zonas poco profundas cercanas a la costa pueden provocar escasez de alimentos debido a la alta resuspensión y al transporte activo de partículas. La mayor carga de partículas inorgánicas y una mayor velocidad de transporte de las orgánicas aumenta el nivel de estrés alimentario en los organismos sésiles (Rossi *et al.,* 2006).

CONCLUSIONES

En resumen, las comunidades bentónicas han sido perturbadas y modificadas por las actividades humanas desde el comienzo de la civilización. Con el aumento progresivo de la población humana en la zona costera, el impacto se ha incrementado especialmente en la costa, pero también a lo largo de la plataforma continental. Hoy en día, se pueden ver signos de perturbaciones causadas por las actividades del ser humano en casi todas las regiones de las costas y mares de la península ibérica. Tanto la pesca de arrastre como la contaminación afectan drásticamente la

pérdida de diversidad y la reducción del hábitat bentónico. A los efectos antropogénicos hay que sumar los producidos por el calentamiento global, que afectan especialmente a las poblaciones someras y pueden favorecer la proliferación de especies invasoras. La conservación del Mediterráneo requiere medidas urgentes como las áreas marinas protegidas y un cambio adecuado en su gestión, basado en un conocimiento científico riguroso (Rield, 1980; Sala, 2004). Las comunidades bentónicas, especialmente aquellas dominadas por animales, han sido injustamente ignoradas en los planes de manejo y conservación en todo el mundo (Arntz *et al.,* 1999).

BIBLIOGRAFÍA

Amores A, Marcos M, Carrió DS, Gómez-Pujol L (2020). Coastal impacts of Storm Gloria (January 2020) over the north-western Mediterranean. Natural Hazards and Earth System Sciences 20:1955-1968 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.5194/nhess-20-1955-2020.

Arntz WE, Gili JM, Reise K (1999). Unjustifiably ignored: Reflections on the role of benthos in marine ecosystems. Gray, J.S., Ambrose, W.& Szaniawska, A. (Eds.), Biogeochemical Cycling and Sediment Ecology, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 105-124 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-4649-4_5.

Auster PJ (1998). A conceptual model of the impacts of fishing gear on the integrity of fish habitats. Conservation Biology. 12, 1198–1203 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.0120061198.x.

Baillon S, Hamel JF, Wareham VE, Mercier A (2012). Deep cold-water corals as nurseries for fish larvae. Frontiers in Ecology and the Environment. 10, 351-356 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1890/120022.

Ballesteros E (1994). The deep-water Peyssonnelia beds from the Balearic Islands (western Mediterranean). Marine Ecology. 15, 233–253 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1994.tb00055.x.

Ballesteros E (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. Oceanography and marine biology: an annual review. 44, 123-195 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.taylorfrancis.com/chapters/mono/10.1201/9781420006391-7/mediterranean-coralligenous-assemblages-synthesis-present-knowledge-gibson-atkinson-gordon.

Bergman MJN, Hup M (1992). Direct effects of beamtrawling on macrofauna in sandy sediment in the southern North Sea. ICES Journal of Marine Science. 49, 5-11 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1093/icesjms/49.1.5.

Bianchi CN, Morri C (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems, and prospects for future research. Marine Pollution Bulletin. 40, 367–376 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00027-8.

Boero F, Belmonte G, Fanelli G, Piraino S, Rubino F (1996). The continuity of living matter and the discontinuities of its constituents: do plankton and benthos really exist? Trends in ecology & evolution. 11, 177-180 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)20007-2.

Boero F, Bouillon J, Gravili C, Miglietta MP, Parsons T, Piraino S (2008). Gelatinous plankton: irregularities rule the world (sometimes). Marine ecology progress series. 356, 299-310 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3354/meps07368.

Bramanti L, Vielmini I, Rossi S, Stolfa S, Santangelo G (2011). Approaching recreational scuba divers to emblematic species conservation: the case of red coral (Corallium rubrum). Journal of Nature Conservation. 19, 312–318 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1617138111000331.

Bruno JF, Bertness MD (2001). Habitat modification and facilitation in benthic marine communities. Bert-

ness, M.D., Gaines, S.D. & Hay, M, E, (Eds) Marine community ecology. Sinauer Associates, Sunderland. 201-218 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://johnfbruno.web.unc.edu/wp-content/uploads/sites/1927/2011/11/Bruno-Bertness-2001.pdf.

Canals M, Puig P, Durrieu de Madron X, Heussner S, Palanques A, Fabrés J (2006). Flushing submarine canyons. Nature. 444, 354–357 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.nature.com/articles/nature05271.

Cartes JE, Maynou F, Sardà F, Company JB, Lloris D, Tudela S (2004). The Mediterranean deep-sea ecosystems: an overview of their diversity, structure, functioning and anthropogenic impacts. In: The Mediterranean deep-sea ecosystems: an overview of their diversity, structure, functioning and anthropogenic impacts, with a proposal for conservation. IUCN/Málaga WWF, Rome [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2004-052.pdf.

Cerrano C, Bavestrello G, Bianchi CN, Cattaneo-Vietti R, Bava S, Morganti C, Morri C, Picco P, Sara G, Sciaparelli S, Siccardi A, Spogna F (2000). A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (northwestern Mediterranean), summer 1999. Ecology letters. 3, 284-293 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2000.00152.x.

Coma R, Ribes M, Gili JM, Zabala M (1998). An energetic approach to the study of life-history traits of two modular colonial benthic invertebrates. Marine Ecology Progress Series. 162, 89-103 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en: https://www.int-res.com/abstracts/meps/v162/p89-103/.

Coma R, Ribes M, Gili JM, Zabala M (2000). Seasonality in coastal benthic ecosystems. Trends in ecology & evolution. 15, 448-453 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en: https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01970-4.

Coma R, Ribes M, Serrano E, Jiménez E, Salat S, Pascual J (2009). Global warming-enhanced stratification and mass mortality events in the Mediterranean. Proceedings of the National Academy of Sciences. 106, 6176-6181 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1073/pnas.0805801106.

Coma R, Serrano E, Linares C, Ribes M, Díaz D, Ballesteros E (2011). Sea urchins predation facilitates coral invasion in a marine reserve. PLoS One 6, e22017 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0022017.

Danovaro R, Company JB, Corinaldes C, D'Onghia G, Galil B, Gambi C, Gooday AJ, Lampadariou N, Luna GM, Mirigi C, Olu K, Plymenakou P, Ramirez-llorda E, Sabbatini A, Sardà F, Sibuet M, Tselepides A (2010). Deep-sea biodiversity in the Mediterranean: the known, the unknown and the unknowable. PLoS One 5, e11832 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0011832.

Danovaro R, Dinet A, Duineveld G, Tselepides A (1999). Benthic response to particulate fluxes in different trophic environments: a comparison between the Gulf of Lions-Catalan Sea (western Mediterranean) and the Cretan Sea (eastern Mediterranean). Progress in Oceanography. 44, 287-312 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0079-6611(99)00030-0.

De Caralt S, Uriz MJ, Wijffels R (2008). Grazing, differential size-class dynamics and survival of the Mediterranean sponge Corticium candelabrum. Marine Ecology Progress Series. 360, 97-106 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3354/meps07365.

de Juan S, Cartes J (2011). Influence of environmental factors on the dynamics of macrobenthic crustaceans on soft-bottoms of the Ebro Delta continental shelf (northwestern Mediterranean). Scientia Marina. 75, 691–700 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/1292.

de Schipper MA, Ludka BC, Raubenheimer B, Luijendijk AP, Schlacher T (2021). Beach nourishment has complex implications for the future of sandy shores. Nature Reviews Earth & Environment. 2, 70-84 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.nature.com/articles/s43017-020-00109-9 .

Demestre M, Sanchez P, Kaiser MJ (2000). The behavioural response of benthic scavengers to otter trawling

disturbance in the Mediterranean. Kaiser, M.J. & de Groot, S.J. (Eds), The effects of fishing on non-target species and habitats. Blackwell Scientific, Oxford. 121-129 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/285315820_The_behavioural_response_of_benthic_scavengers_to_otter-trawling_disturbance_in_the_Mediterranean.

Depestele J, Ivanović A, Degrendele K, *et al.* (2016). Measuring and assessing the physical impact of beam trawling. ICES Journal of Marine Science. 73 (suppl_1), i15-i26 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv056.

Duarte CM, Agustí S, Kennedy H, Vaqué D (1999). The Mediterranean climate as a template for Mediterranean marine ecosystems: the example of the northeast Spanish littoral. Progress in Oceanography. 44, 245-270 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0079-6611(99)00028-2.

Duarte CM, Pitt K, Lucas C, Purcell J, Uye S, Robinson K, Brotz L, Decker MB, Sutherland KL, Malej A, Madin L, Mianzan H, Gili JM, Fuentes V, Atienza D, Pagés F, Breitburg D, Malek J, Graham WM, Condon RH (2013). Is global ocean sprawl a cause of jellyfish blooms? Frontiers in Ecology and the Environment. 11, 91–97 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1890/110246.

Durrieu de Madron X, Guieu C, Sempéré R, Conan P, Cosa D, *et al.* (2011). Marine eco systems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean by the MerMex group. Progress in Oceanography. 91(2), 97-166 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.pocean.2011.02.003.

EUNIS (2019) European Nature Information System, [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://eunis.eea.europa.eu.

Fanelli E, Cartes JE (2004). Feeding habits of Pandalid shrimps in the Alboran Sea (SW Mediterranean): influence of biological and environmental variables. Marine Ecology Progress Series. 280, 227-238 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.int-res.com/abstracts/meps/v280/p227-238/.

FAO (2011) General Fisheries Comission for the Mediterranean task 1statistical bulletin. A synopsis of information on fleet segments andoperational units by GFCM geographical sun-areas [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en http://www.gfcm.org/gfcm/topic/17106/en.

Farrugio H, Oliver P, Biagi F (1993). An overview of his history, knowledge, recent and future research trends in Mediterranean fisheries. En: Lleonart, J. (Ed) Northwestern Mediterranean fisheries, Scientia Marina, 57, 105-119 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://archimer.ifremer.fr/doc/00193/30428/28848.pdf.

Fava F, Bavestrello G, Valisano L, Cerrano C (2010). Survival, growth, and regeneration in explants of four temperate gorgonian species in the Mediterranean Sea. Italian Journal of Zoology, 44-52 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1080/11250000902769680.

Franzen MO, Fernandes EH, Siegle E (2021). Impacts of coastal structures on hydro-morphodynamic patterns and guidelines towards sustainable coastal development: A case studies review. Regional Studies in Marine Science, 44, 101800 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101800.

Gaino E, Pronzato R, Corriero G, Buffa P (1992). Mortality of commercial sponges: incidence in two Mediterranean áreas. Italian Journal of Zoology, 59, 79-85 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1080/11250009209386652.

Galil BS (2000). A sea under siege-alien species in the Mediterranean. Biological Invasions, 2, 177–186 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1023/A:1010057010476.

García-Rubies A, Macpherson E (1995). Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. Marine Biology 124, 35–42 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/BF00349144.

Garrabou J, Coma R, Bensoussan N, *et al.* (2009). Mass mortality in north-western Mediterranean rocky

benthic communities: effects of the 2003 heat wave. Global Change Biology, 15, 1090–1103 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01823.x.

Gili JM, Bouillon J, Pagès F, Palanques A, Puig P, Heussner S (1998). Origin and biogeography of the deep-water Mediterranean Hydromedusae including the description of two new species collected in submarine canyons of north-western Mediterranean. Scientia Marina, 62, 113–134 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3989/scimar.1998.62n1-2113.

Gili JM, Murillo J, Ros JD (1989). The distribution pattern of benthic Cnidarians in the western Mediterranean. Scientia Marina 53, 19–35 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/236117798_The_distribution_pattern_of_benthic_Cnidarians_in_the_Western_Mediterranean.

Gili, JM, Sardá R, Madurell T, Rossi S (2014). Zoobenthos. En: Goffredo, S. & Dubinsky, Z. (Eds.), The Mediterranean Sea: Its History and Present Challenges. Springer Science, (pp. 213-236) [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://digital.csic.es/handle/10261/93757.

Gray JS (1997). Marine biodiversity: patterns, threats, and conservation needs. Biodiversity & Conservation 6, 153-175 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1023/A:1018335901847.

Grebmeier J, Barry JP (1991). The influence of oceanographic processes on pelagic-benthic coupling in Polar Regions: a benthic perspective. Journal of Marine Systems 2, 495-518 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/0924-7963(91)90049-Z.

Grémare A, Amouroux JM, Cauwet G, *et al.* (2003). The effects of a strong winter storm on physical and biological variables at a shelf site in the Mediterranean. Oceanologica Acta, 26, 407–419 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0399-1784(03)00029-X.

Guía Interactiva de Inventario de hábitats marinos Españoles (2018) [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/guia-interpretativa-habitats-marinos-espanoles.aspx.

Guidetti P, Frachetti S, Terlizzi A, Boero F (2003). Distribution patterns of sea urchins and barrens in shallow Mediterranean rocky reefs impacted by the illegal fishery of the rock-boring mollusc Lithophaga. Marine Biology, 143, 1135–1142 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s00227-003-1163-z.

Hiscock K, Mitchell R (1980). The description and classification of sublittoral epibenthic ecosystems. In: Price JH, Irvine DEG, Farnham WF (Eds) the shore environment, 2 ecosystems. Academic, London [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1890/120022.

Jackson JBC (1977). Competition on marine hard substrata: the adaptative significance of solitary and colonial strategies. The American Naturalist 3, 743–767 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1086/283203.

Kroeker KJ, Micheli F, Gambi MC, Martz TR (2011). Divergent ecosystem responses within a benthic marine community to ocean acidification. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108, 14515-14520 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1073/pnas.1107789108.

Langton, RW, Auster PJ (1999). Marine fishery and habitat interactions: to what extent are fisheries and habitat interdependent? Fisheries, 24, 14–21 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1577/1548-8446(1999)024<0014:MFAHI>2.0.CO;2.

Linares C, Coma R, Zabala M (2008). Effects of a mass mortality event on gorgonian reproduction. Coral Reefs, 27, 27–34 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s00338-007-0285-z.

Linares C, Garrabou J, Hereu B, Diaz D, Marschal C, Sala E, Zabala M (2012) Assessing the effectiveness of marine reserves on unsus- tainably harvested long-lived sessile invertebrates. Conservation Biology, 26, 88–96 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01795.x.

Lloret J, Turiel A, Solé J, Berdalet E, Sabatés A, Olivares A, Gili JM, Vila-Subirós J, Sardá R (2022). Unravelling the ecological impacts of large-scale offshore wind farms in the Mediterranean Sea. Science of the Total Environment, 153803 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153803.

Lloret J, Zaragoza N, Caballero D, Riera V (2008). Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). Ocean & Coastal Management, 51, 749–754 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.07.001.

Margalef R (1974). Ecología. Omega, Barcelona [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en http://www.ediciones-omega.es/ecologia/47-ecologia-978-84-282-0405-7.html.

Mistri M, Ceccherelli VU (1996). Effects of a mucilage event on the Mediterranean gorgonian Paramuricea clavata. I-Short term impacts at the population and colony levels. Italian Journal of Zoology, 63, 221-230 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1080/11250009609356137.

Murray SN, Littler MM (1984). Analysis of seaweed communities in a disturbed rocky intertidal environment near Whites Point, Los Angeles, California, USA. Hydrobiologia, 116/117, 374–382 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-94-009-6560-7_74.

Navarro L, Ballesteros E, Linares C, Hereu B (2011). Spatial and temporal variability of deep-water algal assemblages in the north- western Mediterranean: the effects of an exceptional storm. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 95, 52-58 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.08.002.

Occhipinti-Ambrogi A, Savini D (2003). Biological invasions as a com- ponent of global change in stressed marine ecosystems. Marine Pollutin Bulletin, 46, 542–551 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00363-6.

Pati AC, Belmonte G, Ceccherelli UV, Boero F (1999). The inactive temporary component: an unexplored fraction of meiobenthos. Marine Biology, 134, 419–427 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s002270050558.

Pérès JM (1985). History of the Mediterranean biota and the colonization of the depths. En: Margalef, R. (Ed) Key environments. Western Mediterranean. Pergamon Press, Oxford, (pp.198-232) [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://digital.csic.es/.

Planes S, Galzin R, Garcia-Runies A, Goni R, Harmelin JG, Le Diréach L, Lenfant P, Quetglas A (2000). Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. Environmental Conservation, 27, 126-143 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1017/S0376892900000175.

Pronzato R, Manconi R (2008) Mediterranean commercial sponges: over 5000 years of natural history and cultural heritage. Marine Ecology 29, 146–166 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1439-0485.2008.00235.x.

Pusceddu A, Grémare A, Escoubeyrou K, Amouroux JM, Fiordelmondo C, Danovaro R (2005). Impact of natural (storm) and anthropogenic (trawling) sediment resuspension on particulate organic matter in coastal environments. Continental Shelf Research, 25, 2506-2520 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/j.csr.2005.08.012.

Rield R (1980). Marine ecology – a century of changes. Marine Ecology, 1, 3–46 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1980.tb00220.x.

Rius M, Turon X, Marshall DJ (2009). Non-lethal effects of an invasive species in the marine environment: the importance of early life- history stages. Ecología, 159, 873–882 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s00442-008-1256-y.

Rodolfo-Metalpa R, Martin S, Ferrier-Pagès C, Gattuso JP (2010). Response of the temperate coral Cladocora caespitosa to mid- and long-term exposure to pCO2 and temperature levels projected for the year 2100 AD. Biogeosciences, 7, 289–300 [en línea] [consultado el

27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.5194/bg-7-289-2010.

Rossi S, Gili JM, Coma R, Linares C, Gori A, Vert N (2006a). Seasonal cycles of protein, carbohydrate, and lipid concentrations in Paramuricea clavata: (Anthozoa, Octocorallia): evidence for summer-autumn feeding constraints. Marine Biology, 149, 643–651 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s00227-005-0229-5.

Rossi S, Snyder MJ, Gili JM (2006b). Protein-carbohydrate-lipid levels and HSP70-HSP90 (stress protein) expression over an annual cycle of a benthic suspension feeder: useful tools to detect feeding constraints in a benthic suspension feeder. Helgol Mar Res 60:7–17.

Sala E (2004). The past and present topology and structure of Medi- terranean subtidal rocky-shore food webs. Ecosystems, 7, 333–340 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1007/s10021-003-0241-x.

Sala E, Boudouresque CF (1997). The role of fishes in the organization of a Mediterranean sublittoral community. 1. Algal communities. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 212, 25–44 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02745-1.

Sala E, Boudouresque CF, Harmelin-Vivien M (1998). Fishing, trophic cascades, and the structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. Oikos, 82,425–439 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.2307/3546364.

Sardá R, Rossi S, Martí X, Gili JM (2012). Marine benthic cartography of the Cap de Creus (NE Catalan Coast, Mediterranean Sea). Scientia Marina, 76, 159–171 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3989/scimar.03101.18D.

Schiaparelli S, Castellano M, Povero P, Sartoni G, Cattaneo-Vietti R (2003). A benthic mucilage event in North-western Mediterranean Sea and its possible relationships with the summer 2003 European heatwave: short term effects on littoral rocky assemblages. Marine Ecology, 28,341–353 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2007.00155.x.

Schwinghamer P, Guigne JY, Siu WC (1996). Quantifying the impact of trawling on benthic habitat structure using high resolution acoustics and chaos theory. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 53, 288–296 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1139/f95-277.

Sfriso A, Mistri M, Munari C, Buosi A, Sfriso AA (2020). Management and exploitation of macroalgal biomass as a tool for the recovery of transitional water systems. Frontiers in Ecology and Evolution, 8, 20 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00020.

Tillin HM, Hiddink JG, Jennings S, Kaiser MJ (2006). Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. Marine Ecology Progress Series, 318, 31-45 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.int-res.com/abstracts/meps/v318/p31-45/.

Tsounis G, Martínez L, Bramanti L, Viladrich N, Martínez A, Gili JM, Rossi S (2012). Effects of human impact on the reproductive effort and allocation of energy reserves in the Mediterranean octocoral Paramuriae clavata. Marine Ecology Progres Series, 449, 161-172 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.int-res.com/abstracts/meps/v449/p161-172/.

Tsounis G, Rossi S, Grigg R, Santangelo G, Bramanti L, Gili JM (2010). The exploitation and conservation of precious corals. Oceanography and marine biology: an annual review, 48, 161–212 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1201/EBK1439821169.

Tuck ID, Hall SJ, Robertson MR, Armstrong E, Basford DJ (1998). Effects of physical trawling disturbance in a previously unfished sheltered Scottish sea loch. Marine Ecology Progress Series, 162, 227–242 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.int-res.com/abstracts/meps/v162/p227-242/.

Uriz MJ, Turon X, Becerro MA, Galera J, Lozano J (1995). Patterns of resource allocation to somatic, defen-

sive, and reproductive functions in the Mediterranean encrusting sponge Crambe (Demospongiae, Pecilosclerida). Marine Ecology Progress Series, 124, 159–170 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://www.int-res.com/abstracts/meps/v124/p159-170/.

Valiela I (1995). Marine ecological processes. Springer, New York [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4757-4125-4.

Vázquez-Luis M, Álvarez E, Barrajón A, García-March JR, Grau A, Hendriks IE, Jimenez S, Kersting D, Moreno D, Pérez M, Ruíz JM, Sánchez J, Villalba A, Deudero S (2017). SOS Pinna nobilis: a mass mortality event in western Mediterranean Sea. Frontiers in Marine Science, 4, 220 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00220.

Zabala M, Ballesteros E (1989). Estrategias dependientes de la superficie y flujo de energia en comunidades bentónicas marinas o, porque no hay corales en el Mediterráneo. Scientia Marina, 53, 3–17.

Zenetos A, Gofas S, Verlaque M, *et al.* (2010). Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. Mediterranean Marine Science, 11, 381–493 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://digital.csic.es/handle/10261/55511.

Zhu X, Healy L, Zhang Z, Maguire J, Sun DW, Tiwari BK (2021). Novel postharvest processing strategies for value-added applications of marine algae. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101, 4444-4455 [en línea] [consultado el 27/10/2022]. Disponible en https://doi.org/10.1002/jsfa.11166.

PRINCIPALES INDICADORES DE LA ECONOMÍA AZUL EN ESPAÑA

Francesco Pititto

PESO DE LA ECONOMÍA AZUL

Definición

Se estima el potencial de los diferentes sectores de la economía azul en España, considerando la creación de empleo y de Valor Añadido Bruto (VAB) para diferentes actividades, en comparación con las tendencias en la UE.

Relevancia e interacciones

En 2019 la economía azul contribuyó con un 1,5 al Producto Interior Bruto (PIB) de la UE y al 2,3 % del empleo en los 27 países. La economía azul española emplea a más de 834 696 personas en 2019 y genera un valor añadido bruto (VAB) de 30 422,7 millones de euros (Figura 1). El 44 % del VAB y el 63 % de los empleos están relacionados con el turismo costero.

Los siete diferentes sectores establecidos tienen muchas interacciones y sinergia entre ellos (p.ej.: las actividades portuarias y el transporte marítimo) pero también, a veces, de competición por el espacio marítimo (p. ej.: las energías marinas renovables con la pesca y el turismo). Con el objetivo, entre otros, de reducir potenciales conflictos y aumentar las sinergias en la gestión del espacio, cada país de la UE ha preparado o está preparando sus Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM).

Evaluación y tendencias

En la última década se han registrado fluctuaciones en el número de personas empleadas y en el VAB, tanto en la UE como en España, más evidentes en la economía azul que en la economía general, y principalmente relacionadas con los patrones del turismo y de las crisis económicas. En 2020, por ejemplo, casi todos los sectores se han visto afectados por la crisis debida al COVID-19 y las primeras indicaciones muestran una tendencia a la recuperación (tasa de crecimiento europea estimada en + 3,1 % en 2022), aunque algunos ámbitos se ven muy afectados por la crisis debida a la guerra en Ucrania y al aumento del coste energético.

España es actualmente el país que crea más empleo y VAB en la economía azul y es líder en el ámbito turístico, en la pesca y acuacultura y en las actividades portuarias y transporte marítimo.

En la próxima década se abren, además, grandes oportunidades en sectores emergentes como las energías marinas renovables, actualmente en fase de experimentación en el sur de Europa, y las biotecnologías marinas con productos de alto valor añadido (p.ej.: principios activos en ámbitos cosméticos y farmacéuticos y aditivos alimentarios).

Situación

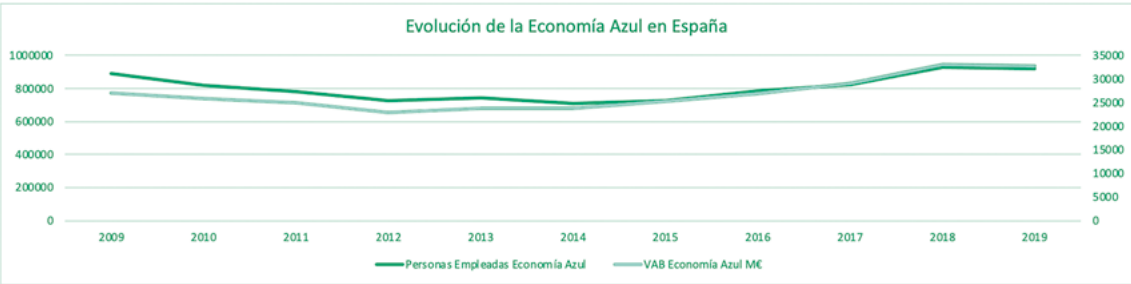
Según el Informe 2022 sobre economía azul en la UE, la economía azul española emplea a más de 834 696 personas en 2019 y genera

un valor añadido bruto (VAB) de 30 422,7 millones de euros (M€) (Figura 1). El sector dominante es el turismo costero, que contribuye alrededor de 21 273,5 M€ y 634 580 personas empleadas. En términos de VAB, otros sectores relevantes son la explotación de recursos biológicos (3696,2 M€) y las actividades portuarias (3531,2 M€).

España es el país europeo que más empleos crea (Figura 2) en el ámbito de la economía azul (834 696 en 2019) y lidera en particular los sectores Turismo marino y costero (634 580 empleos) y Recursos biológicos marinos (118 709). España también lidera la creación de VAB con 30 422 M€, por delante de Alemania (29 992 M€) e Italia (23 799 M€).

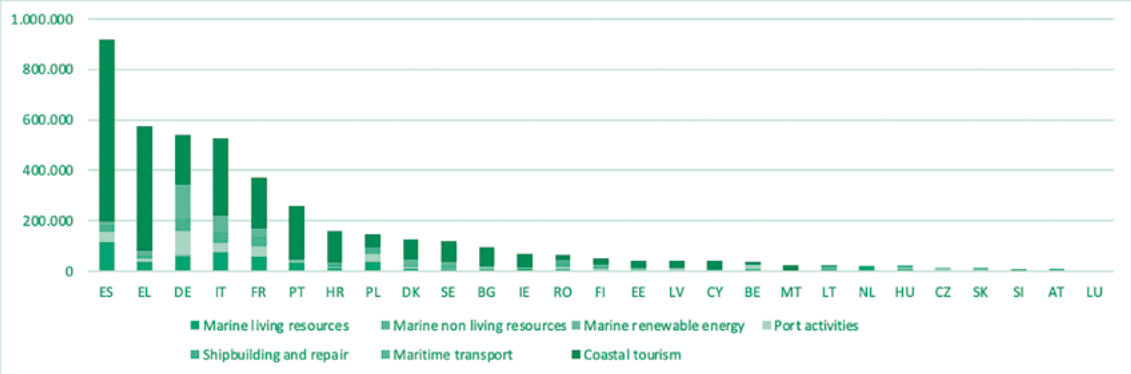
Entre las comunidades autónomas, Cataluña ha cuantificado el peso de los principales sectores de la economía azul en una cifra de negocios de 25 032 M€ (el 5,8 % de la producción catalana), con un VAB de 7295 M€ (el 3,4 % del VAB de la comunidad autónoma) y 215 364 personas empleadas. El turismo costero es el sector más relevante, seguido de la explotación de los recursos biológicos y el transporte marítimo (Figura 3). En Andalucía, la economía azul aporta alrededor de 17 000 M€ y representa el 10,5 % del PIB, con 300 000 empleos. En Canarias, el 2,4 % de los empleos totales se estima que estén relacionados con la economía azul.

Figura 1. Evolución de la economía azul en España entre 2009 y 2019.



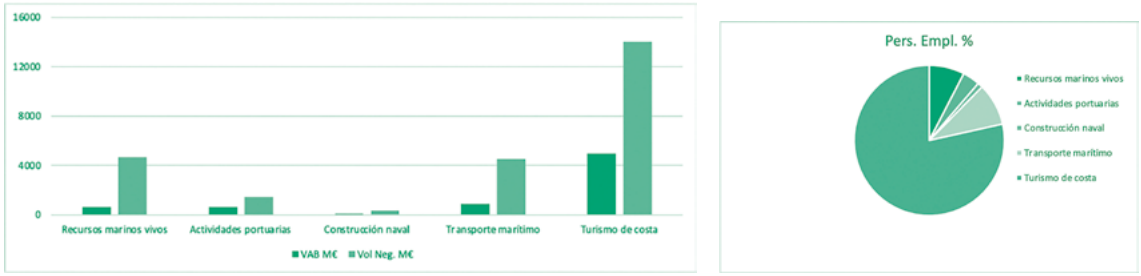
Fuente: Elaboración propia a partir de *Blue Economy Report 2022* y datos INE.

Figura 2. Empleos en los diferentes sectores de la economía azul, en los diferentes países de la UE.



Fuente: Elaboración propia a partir de *Blue Economy Report 2022*.

Figura 3. Peso económico y empleos según los principales sectores de la economía azul en Cataluña.



Fuente: Elaboración propia a partir de Sainz-Trapaga *et al.*, 2021.

Potencialidad de los sectores emergentes en la economía azul

Además de los siete sectores ya consolidados, la economía azul cuenta con unos sectores emergentes e innovadores, que tienen mucho potencial económico y también impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente.

En particular, se mencionan las energías renovables marinas no eólicas (p.ej.: energías generadas por las olas, las corrientes y el gradiente salino) para las que la UE tiene el objetivo de instalación de 1 GW de potencia para 2030, y las biotecnologías marinas, que podrán beneficiarse de sinergia con sectores como la acuicultura para un cultivo integrado multitrófico (*Integrated Multi Trophic Aquaculture*, en inglés).

Evaluación

La economía azul tiene un peso muy relevante en la economía general europea e incluye sectores estratégicos como la explotación de recursos marinos, los puertos y los transportes marítimos. La necesaria tendencia hacia prácticas más sostenibles y los objetivos europeos (p. ej.: alcanzar los objetivos de descarbonización previstos por el Pacto Verde Europeo o EGD) serán un objetivo para la modernización de todos los sectores, con posibilidad de optimización y mejoras de los objetivos económicos, y también permitirán la emersión de nuevos sectores innovadores (p.ej.: buques alimentados con carburantes a emisión cero y biotecnologías marinas) que conllevarán la creación de alto valor añadido, así como de empleos cualificados. Si bien en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia se han abierto solo algunas convocatorias específicas (p.ej.: en el sector pesquero o PERTE de la industria naval), la economía azul es un ámbito muy relevante y habrá varias convocatorias y oportunidades, aunque algunas menos especializadas (p.ej.: misiones del CDTI o proyectos de colaboración público-privado), para desarrollar empresas e ideas innovadoras –y de forma consecuente, empleos especializados y de alto valor añadido –en temas de crecimiento azul.

PERSPECTIVAS DE FINANCIACIÓN E INNOVACIÓN

Definición

Se analizan las oportunidades de financiación pública a nivel español y europeo y las principales herramientas a disposición para buscar financiación y crear sinergias transversales e

internacionales, así como nuevas soluciones sostenibles en los diferentes sectores de la economía azul.

Relevancia e interacciones

Para que la economía azul en el futuro desarrolle soluciones innovadoras y permita un crecimiento económico sostenible, en las próximas décadas será necesario invertir recursos económicos consistentes para fomentar la colaboración transversal de diferentes *stakeholders* a nivel local, nacional e internacional. En la UE hay diferentes herramientas a disposición, desde ayudas a préstamos, pero también inversiones de capital privado o público (p.ej.: ENISA y CDTI en España). Según el informe de la UE, invirtiendo hoy 1 € en una de las cuatro soluciones más prometedoras (producción de energías eólicas, acuacultura sostenible, descarbonización del transporte marítimo y conservación y restauración de los manglares) se podría tener un rendimiento neto de 5,55 € en 2050.

Evaluación y tendencias

En España hay varias fuentes de financiación para el desarrollo de nuevas tecnologías (p. ej.: CDTI, ENISA y AEI). Con la creciente demanda de soluciones sostenibles, también en ámbitos marinos, se ha ido desarrollando un entero ecosistema centrado en la economía azul. Ciudades como Barcelona, Málaga, Valencia y Vigo están agregando diferentes entidades (p.ej.: ayuntamientos, ONG, universidades y centros de investigación, *startups* y pymes, y fondos de inversión) para crear sinergias y dar soluciones a necesidades concretas. Todos los sectores de la economía azul están en "ebullición", aunque las tendencias indican que algunos sectores emergentes (p.ej.: energías marinas renovables, tecnologías digitales de observación y monitoreo por satélite y biotecnología azul) podrán captar más fácilmente una considerable cantidad de financiación, tanto pública como privada, y contribuir a la creación de soluciones viables económicamente y sostenibles desde un punto de vista medioambiental y social.

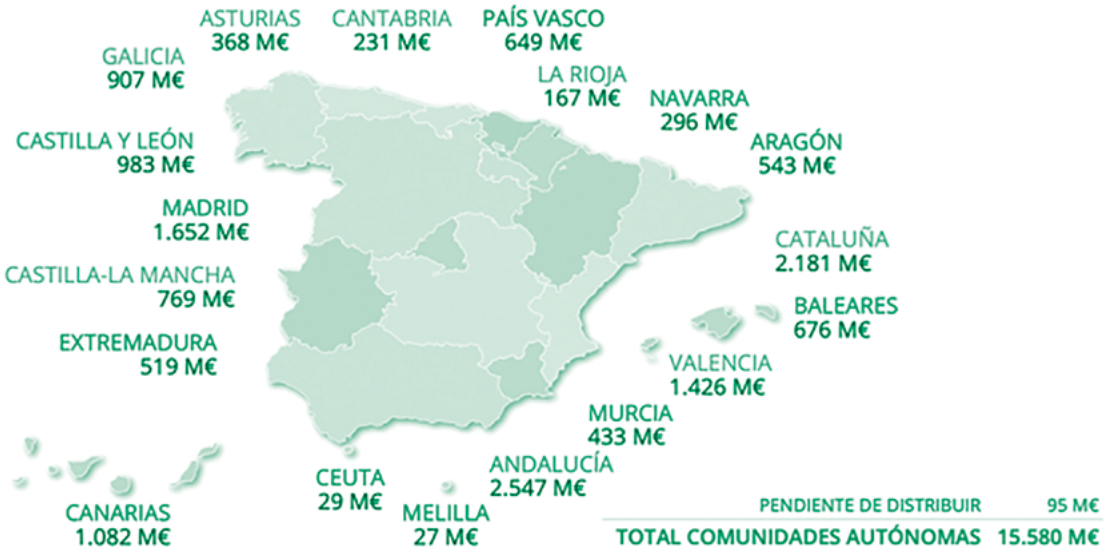
En el programa marco europeo Horizonte 2020 (2014-2020) se destinaron en total 2115 M€ a temas de economía azul. En los próximos años, el nuevo programa marco (Horizon Europe) y el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia ofrecerán un impulso considerablemente mayor a la economía azul (p.ej.: financiando tecnologías y desarrollo específico en temas de transición verde, I+D+i, medio ambiente y lucha contra el cambio climático, digitalización).

Situación

En España, los diferentes actores de la economía azul que quieran promover un proyecto innovador pueden acceder a diferentes fuentes de financiación (p.ej.: Fundación Biodiversidad, CDTI y ENISA), dependiendo del objetivo concreto que se quiera alcanzar y del tipo de entidad (p.ej.: centros de investigación, *startups*, pymes). Además, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (p.ej.: en el ámbito de transición verde, I+D+i, medio ambiente y cambio climático) o en el marco de los PERTE aprobados constituye otra oportunidad a tener en cuenta. La repartición actual de estos fondos está detallada en la Figura 4.

A nivel europeo, varias convocatorias (p.ej.: EMFAF y Horizon Europe) ofrecen oportunidades específicas para la economía azul (Figura 5). Además, la iniciativa BlueInvest ha contribuido a crear una comunidad alrededor de *startup* y pymes, empoderar a los miembros y facilitar la captación de financiación privada. España lidera la clasificación por número de empresas (26) que han parti-

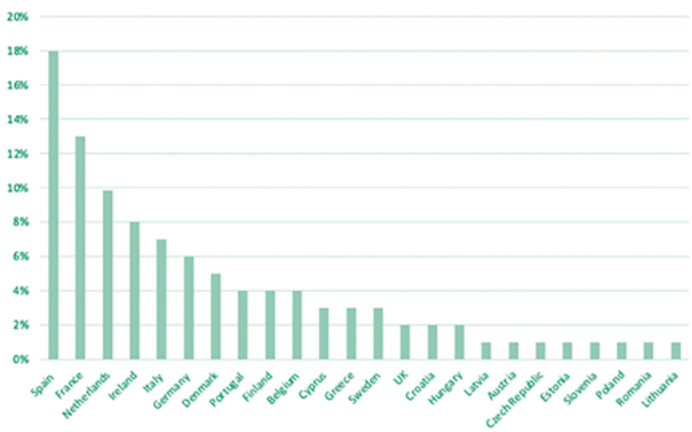
Figura 4. Repartición de recursos económicos por CC. AA. Actualizado a junio de 2022.



Fuente: planderecuperacion.gob.es

Figura 5. Fondos europeos dedicados a la economía azul en el marco del programa Horizon 2020 y estadísticas de participación a la iniciativa BlueInvest por países.

Sector	EU Funding (€ millions)
Ocean Observation	677
Blue Growth	448
Blue bioeconomy and biotechnology	345
Aquaculture	204
Marine biodiversity	114
Marine pollution	101
Marine litter	93
Fisheries	80
Coastal tourism	53



Fuente: Informe EU sobre la economía azul.

cipado en el programa Readiness Assessment, cuyo objetivo es preparar y ayudar a las empresas en la captación de capital privado.

En Galicia, el puerto de Vigo es un caso pionero en Europa de una implementación integral de la estrategia de crecimiento azul como resultado de un esfuerzo colectivo para promover la competitividad, la eficiencia y la sostenibilidad de todas las actividades, instalaciones y servicios. Con el proyecto Li-

vingPorts, liderado por la empresa Econcrete y financiado por la UE, se están creando infraestructuras más inclusivas con la naturaleza, creando espacios de regeneración de biodiversidad y generando oportunidades de comunicación y experiencias para el público (Figura 6).

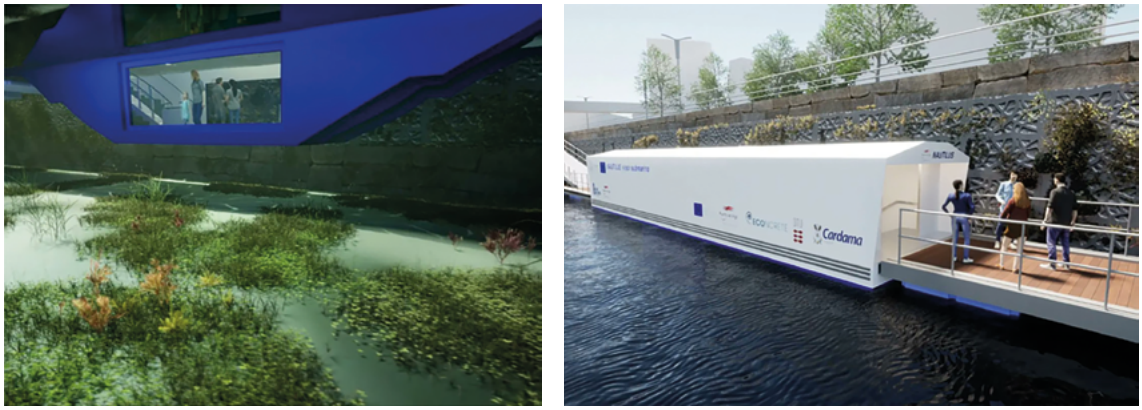
El crecimiento azul es un esfuerzo colectivo

Desarrollar una economía marina sostenible no puede ser una iniciativa individual y necesita un esfuerzo colectivo que reúne los mejores talentos y capacidades (*blue skills*) tanto en ámbito público como privado, para crear iniciativas transversales y multidisciplinares. Con el fin de facilitar la creación de las necesarias conexiones, nacen iniciativas como WestMed y Atlantic Strategy, BlueMed y el Joint Programming Initiative Healthy and Productive Seas and Oceans (JPI Oceans).

Evaluación

En todos los sectores de la economía azul, tanto los consolidados como los emergentes, hay una evidente necesidad de innovación para cumplir con objetivos fijados por la UE (p.ej.: EGD, EBD y OEM) y para mantener los niveles de competitividad creando nuevo valor añadido y empleos altamente cualificados. Tanto a nivel local y nacional español, como a nivel europeo, en los próximos años estará disponible una considerable cantidad de fondos destinados a diferentes actores (tanto públicos como privados). En el medio y largo plazo se prevé que sectores como las energías marinas renovables y las biotecnologías marinas tengan un peso económico relevante. Considerando tanto la capacidad de investigación e innovación como el ecosistema empresarial, España tiene todas las potencialidades para captar una cantidad considerable de financiación y posicionarse al frente del movimiento de innovación en temas de economía azul. Además de la inversión pública y de las oportunidades a nivel europeo, nacional y en las diferentes comunidades autónomas, en los últimos años se van desarrollando fondos de inversión privados especializados en economía azul. Por ejemplo, la UE, a través del Fondo Europeo de Inversión (EIF, European Investment Fund) ha lanzado un fondo de 75 M€ especializado en economía azul y movilizará 500 M€ más entre 2022 y 2026. Asimismo, en los últimos

Figura 6. Algunas instalaciones previstas en el marco del proyecto LivingPorts.



Fuente: Web del proyecto LivingPorts.

años han salido varios fondos de inversión privado (*ventur capital*) con el objetivo de fomentar proyectos de economía azul (p.ej.: Katapult y Ocean52).

ACTIVIDAD PORTUARIA Y TRANSPORTE MARÍTIMO

Definición

Se usan variables relacionadas con el transporte de pasajeros y con el volumen de mercancías en los puertos, como indicadores *proxy* de las actividades portuarias, incluyendo la construcción y reparación de embarcaciones, y del transporte marítimo: los puertos son un *cluster* de actividad (p.ej.: construcción y reparación, energía y turismo marino) y los patrones de crecimiento siguen tendencias parecidas y relacionadas con la economía mundial y local.

Relevancia e interacciones

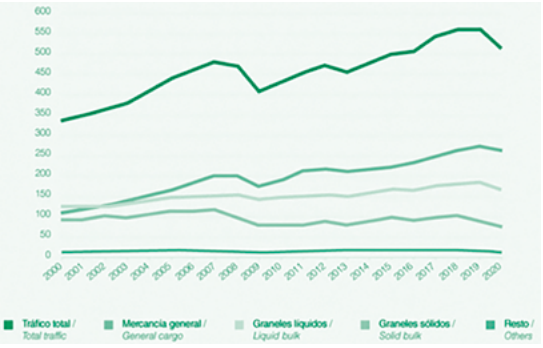
Las actividades portuarias y el transporte marítimo son sectores estratégicos para la economía azul y para el bienestar de un país. Hoy en día el 80 % de la mercancía mundial viaja por mar y llegan a puertos que siempre más son un *cluster* que agrega diferentes actividades como el turismo, la construcción y reparación de barcos, el transporte y la producción de energía (p.ej.: LNG, hidrogeno). Las actividades portuarias, incluyendo la construcción y reparación de embarcaciones, y el transporte marítimo crean en España un VAB de 5442,8 M€ y 81 309 empleos. El sector puede crear sinergias relevantes con otros ámbitos de la economía azul como la pesca y la acuicultura, el turismo costero, la explotación de recursos en el mar y las energías marinas renovables.

Evaluación y tendencias

Las actividades portuarias en Europa representan el 22 % de los empleos en economía azul y el 11 % del VAB. España es un país líder en los viajes de turismo marino y costero y con 5 puertos (Bahía de Algeciras, Valencia, Barcelona, Las Palmas y Bilbao) entre los 20 más importantes de Europa por tráfico de mercancía. En la última década el transporte de mercancía y de personas ha crecido constantemente, aunque con velocidad reducida en momentos de crisis (p.ej.: la crisis mundial de 2008-2009 de la UE de 2012). Asimismo, se ha experimentado una caída en 2020 debido a los efectos de la crisis pandémica del COVID-19, con el confinamiento y el paro de las actividades no esenciales, y con una recuperación que ha empezado ya en el último trimestre de 2020 y ha seguido en 2021 y 2022, donde las actividades portuarias y el transporte marítimo han vuelto a alcanzar y en algún caso superar los niveles de 2019.

Ambos sectores se enfrentan al reto de conciliar el aumento de la demanda con la necesidad de tener las actividades más sostenibles, participando en particular en un proceso de descarbonización y cumpliendo con los objetivos del Pacto Verde Europeo (PVE o *European Green Deal*, EGD). Generar un transporte marítimo y actividades portuarias más verdes es una prioridad, en particular por lo que concierne la contaminación del aire y del agua, la conservación de la biodiversidad y la emisión de gas con efecto invernadero. Para este último, el reto será que las tecnologías de cero emisiones (*zero emission fuel,* en inglés) alcancen un nivel de madurez que permita su comercialización, lo que supone un esfuerzo de inversión y un tiempo de desarrollo. Se prevé que los procesos de digitalización y automación (*smart ports*) puedan crear nuevas oportunidades juntos con una mayor sostenibilidad de la cadena de valores.

Figura 7. Evolución del transporte de mercancía en Mt (a la izquierda) y de pasajeros (en Millones) a la derecha.



Fuente: *Anuario Estadístico 2020 del Sistema Portuario Estatal.*

Finalmente, en las próximas décadas el sector podrá beneficiarse también del crecimiento de otros ámbitos, como las energías renovables marinas, para seguir creciendo de forma sostenible.

Situación

En la última década, en España, el transporte marítimo total de mercancías ha tenido un patrón creciente pasando de los 413 millones de toneladas (Mt) en 2009 a los 516 Mt en 2019. El transporte total de pasajeros ha registrado una tendencia parecida, pasando de 26,4 M de pasajeros en 2010 a 37,6 M en 2019 (Figura 7). En ambos indicadores se detecta una caída en 2020 debido al efecto de la crisis pandémica. En particular, la caída de pasajeros es relevante debido a los efectos del confinamiento, del paro de las actividades no esenciales y de las restricciones en la movilidad general.

A nivel europeo, el tráfico de pasajeros ha tenido una tendencia parecida a los reportados en Figura 7, con el Mediterráneo como destino preferido de los viajeros. Con respecto al transporte de mercancía (Figura 8), en los últimos 20 años se ha visto un crecimiento constante, si bien se ha ralentizado durante la crisis económica mundial (2009) y la crisis de la UE (2012).

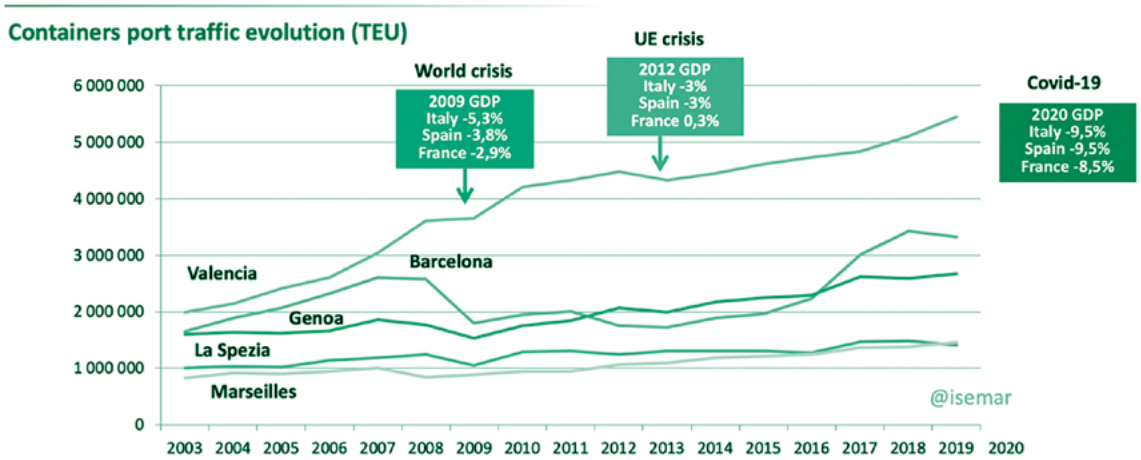
A nivel de tráfico por unidades portuarias, en España en 2019 la bahía de Algeciras superó las 107 Mt, seguida por Valencia (alrededor de 81 Mt) y Barcelona (67,6 Mt). Les siguen los puertos de Bilbao, Cartagena, Huelva y Tarragona, que superan cada uno las 32 Mt. El mapa de tráfico (Figura 9) también es un buen *proxy* para derivar informaciones sobre puntos calientes (*hot spot*) para el riesgo de contaminación por vertidos en el mar y para estimar el posible impacto del ruido en las comunidades marinas.

La sostenibilidad del sector

Las actividades portuarias y el transporte marítimo conllevan algunos riesgos para la sostenibilidad medioambiental. Un estudio[1] ha mostrado que en 2017 los 203 cruceros que operan en Europa han emitido 63 kt de SOx, 155 kt de NOx, 10 kt de PM10 y 10 286 kt de CO_2 con contaminaciones comparables a la totalidad de los coches circulantes en Europa. Un primer paso para alcanzar los objetivos del EGD (p.ej.: reducción del 50 % de las emisiones antes de 2030) es adoptar la política de emisiones

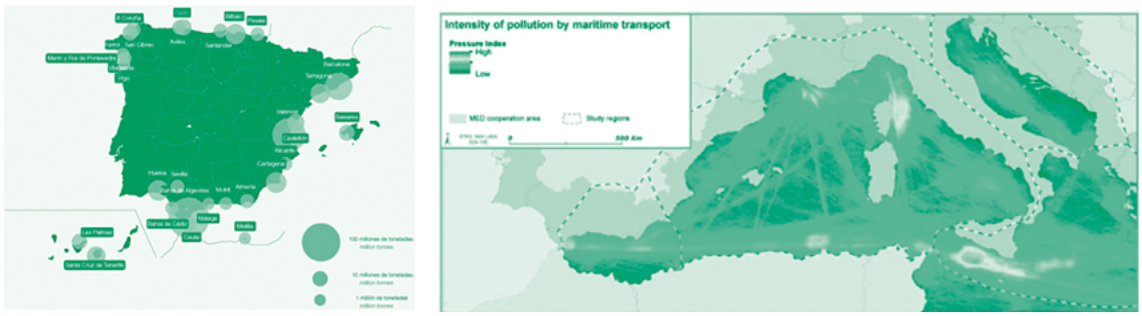
1. Transport & Environment 2019. One-Corporation-to-Pollute-Them-All_English.pdf

Figura 8. Crecimiento del tráfico de mercancía en algunos de los principales puertos del Mediterráneo.



Fuente: MedPorts Webinar 2020. The planetary pandemic: First Maritime Effects and Mediterranean dimension

Figura 9. Mapa del tráfico total por Autoridades Portuarias en 2019 y de intensidad de contaminación por transporte marítimo en el Mediterráneo.



Fuente: *Anuario Estadístico del Sistema Portuario Estatal 2020* y UfM *Blue Economy in the Mediterranean.*

cero en el puerto (*zero emission at berth*), pero se marcará realmente la diferencia cuando, junto a una movilidad más sostenible, estén listas para el mercado embarcaciones con combustibles a cero emisiones (*zero emission fuel*). Asimismo, será necesaria la introducción de buenas prácticas de economía circular (p.ej.: en la comida y la generación de residuos) que por un lado limiten la generación de basura y por el otro reduzcan los riegos de vertidos sólidos y líquidos al agua.

Evaluación

Las actividades portuarias y el transporte marítimos son ámbitos estratégicos de la economía azul. El sector está en constante crecimiento y se prevé que en las próximas décadas podrá también beneficiarse del crecimiento de otros ámbitos (p.ej.: la construcción y el desarrollo de las energías marinas renovables). El sector se enfrentará a retos relevantes de competitividad económica y de sostenibilidad social y ambiental (p.ej.: descarbonización, reducción

de la contaminación marina, de la producción de basura y de ruido). Se prevé que tecnologías actualmente en desarrollo (p.ej.: embarcaciones alimentadas con carburantes a emisiones cero podrán ayudar al sector a cumplir con los objetivos del PVE, con la necesidad de generar un sector más sostenible y creando alto valor añadido y puestos de trabajo altamente cualificados. Considerados los desafíos globales y la relevancia estratégica del sector portuario, tanto los marcos de financiación europeos como el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (p.ej.: Componente 6: Movilidad sostenible, segura y conectada) prevén masivas inversiones para potenciar el sector (p.ej.: logística y descarbonización).

ENERGÍAS MARINAS RENOVABLES

Definición

Análisis del sector que incluye las actividades (p.ej.: diseño, construcción e instalación, mantenimiento), el potencial y las tecnologías que permitan producir energía en el entorno marino (p.ej.: eólico, corrientes y mareas) de forma más limpia que las tradicionales fuentes energéticas.

Relevancia e interacciones

La energía marina renovable (MRE) es al mismo tiempo una necesidad para cumplir con las estrategias europeas de descarbonización[2] y una oportunidad relevante, siendo un sector en expansión con enorme potencial para la economía azul: a final de 2021 Europa tenía 16,3 GW instalados (el 61 % de la capacidad mundial) y en 2021 se han instalado 1,8 GW más, empleando directa o indirectamente un total de 77 000 personas y contribuyendo con 1,9 B€ de VAB (46 veces más que en 2009) y una facturación de 13,1 B€ a la economía de la UE. Aunque actualmente la casi totalidad de la producción se concentra en el Mar del Norte y el Mar Báltico, la MRE es una oportunidad futura muy relevante para el espacio marino español.

La MRE interactúa directamente con otros sectores de la economía azul y en particular con la explotación de recursos marinos, el turismo costero y el transporte marítimo. Por esto es muy relevante una ordenación espacial marítima apropiada, que además permita explotar las posibles sinergias (p.ej.: con actividades portuarias y construcciones).

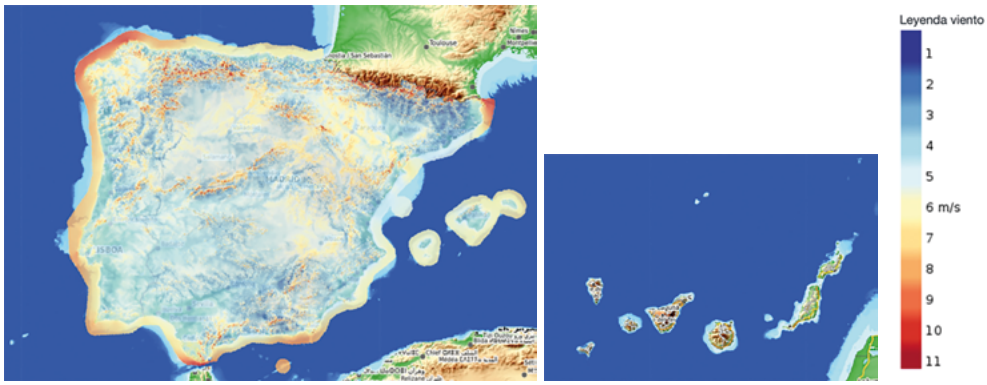
Evaluación y tendencias

La MRE es uno de los sectores de la economía azul de más rápido crecimiento. Actualmente, en la UE hay 838 empresas que se dedican directamente a temas de I+D en MRE. La UE quiere alcanzar el objetivo de 60 GW de potencia instalada en 2030 y de 300 GW en 2050[3]. Actualmente, la energía eólica es la única realmente lista para el mercado y la producción se concentra en el Mar del Norte y el Mar Báltico (99 %). Las infraestructuras (p.ej.: turbinas, conexiones en tierra y circularidad en la producción) están mejorando constantemente y se están diseñando estructuras flotantes viables para profundidades entre 50 y 1000 m, abriendo así oportunidades de mercado en España, Portugal, Francia, Grecia e Italia. Según WindEurope, la expansión del mercado alcanzará una inversión de 16 500 M€ en 2030, con el objetivo de bajar el actual CAPEX de 3,47 M€/MW a un alcance entre 2,05 y 2,7 M€/MW en 2050. El desarrollo del sector creará nuevas oportunidades de empleo cualificado en ámbitos que van de la investigación y desarrollo al diseño, de la construcción al mantenimiento y al desarrollo y análisis de nuevas políticas de gestión.

2. EGD.

3. Estrategia Marina Sobre las Energías Renovables

Figura 10. Mapa eólico de la Península Ibérica y Canarias.



Fuente: Atlas eólico IDAE.

En paralelo, en los próximos años se acercarán a la viabilidad en el mercado nuevas tecnologías de generación de energías marinas renovables y entre ellas, en particular, las que aprovechan la amplitud de marea, las corrientes de marea, las olas, el gradiente salino y el gradiente térmico. También se espera que parques fotovoltaicos flotantes (energía solar fotovoltaica) actualmente difusos casi exclusivamente en Asia (p.ej.: China y Japón) puedan encontrar aplicaciones en los mares de la UE.

Situación

Actualmente, en España ya hay en marcha algunos proyectos piloto y demostradores de eólicas marinas y están en fase de diseño y autorización varios proyectos en diferentes comunidades autónomas (p.ej.: Cataluña, Comunidad Valenciana y Galicia). Las potencialidades de desarrollo son relevantes considerando el potencial eólico (Figura 10) y el potencial de desarrollo industrial y de innovación del país (p.ej.: infraestructuras portuarias y de construcción, centros de investigación y empresas de ingeniería)[4].

Actualmente, en Europa, la potencia instalada (Figura 11) está ubicada sobre todo en el Mar del Norte (84 %) y el Mar Báltico (15 %). Sin embargo, hay mercados emergentes en el Mediterráneo y el Atlántico (p.ej.: Finlandia, Suecia, Portugal, España, Francia e Italia), con un total de 23 proyectos que se encuentran en fase de diseño y autorización. El objetivo es alcanzar una potencia de 70 GW en el sur de Europa antes de 2040[5].

En España, en los próximos 3 años seis proyectos –en su mayoría pilotos y demontradores experimentales– entrarán en producción (Figura 12) por una potencia total de alrededor de 75 MW. Canarias es la comunidad autónoma más activa, con 5 proyectos, de los cuales 3 se espera que entren en producción ya en 2022.

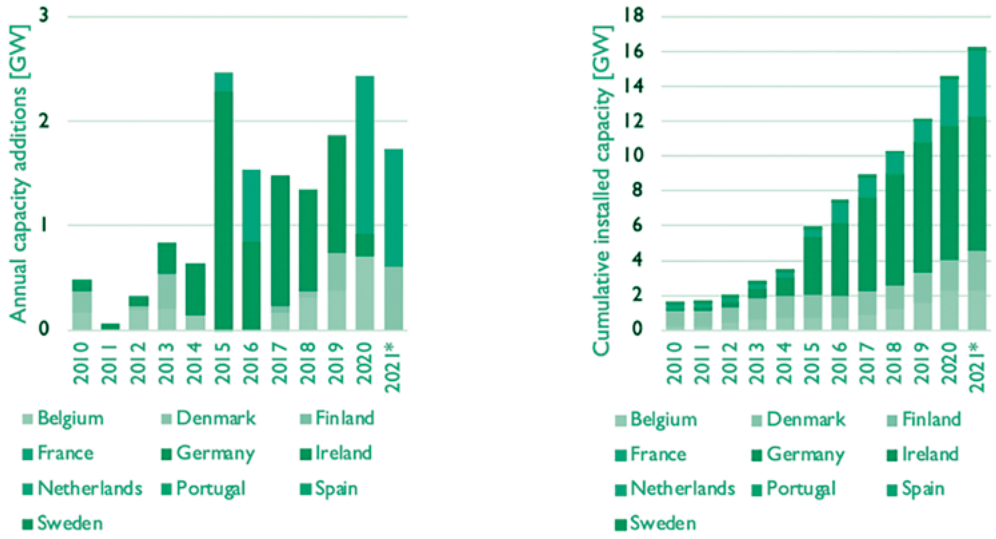
Otras fuentes de energías marinas renovables

Los océanos y los mares constituyen una fuente inmensa de recursos. Las energías del mar u oceánicas hacen referencia a la explotación de recursos energéticos marinos: las olas, las mareas, las corrientes, la diferencia de tem-

4. Hoja de ruta de las energías renovables

5. UFM 2019

Figura 11. Capacidad potencial e instalada en diferentes países europeos.



Fuente: *EU Blue Economy Report 2022.*

Figura 12. Proyectos de eólico flotante en España.

Project	Location	First Power	Capacity (MW)	Num de turbinas	Floating Concept
PivotBuoy - PLOCAN	Canarias	2022	0,225	1	Semi-Submersible
DemoSATH - BIMEP 1	Pais Vasco	2022	2	1	Barge
MULTIPLAT2	Canarias	2022	10	2	Semi-Submersible
Floating Power Plant - PLOCAN	Canarias	2023	5	1	Semi-Submersible
FLOCAN 52	Canarias	2024	50	4	Semi-Submersible
GOFIO	Canarias	2025	8	1	Semi-Submersible

Fuente: Elaboración propia a partir de *EU Blue Economy Report.*

peratura y de salinidad. En el futuro, estas tecnologías serán clave para una producción de energía más sostenible. En 2021, en Europa se había instalado una potencia de 46 MW con el despliegue de prototipos experimentales, muchos de los cuales ya se han desmantelado para seguir con el desarrollo técnico. También cabe mencionar que, en España, en 2011, se inauguraron las instalaciones de la planta undimotriz de Mutriku, la primera planta de olas en Europa, que comercializa la energía que genera y se ha convertido en un punto de interés turístico donde se puede generar concienciación en la sociedad.

La ambición de la UE es llegar a la instalación de 100 MW para 2025 y de 1 GW para 2030.

Evaluación

Si bien se espera que a largo plazo la MRE contribuirá a producir energía de forma más sostenible y a alcanzar los objetivos de descarbonización del Pacto Verde Europeo (PVE), actualmente los costes de construcción son muy altos y la tecnología no permite todavía una viabilidad económica para parques eólicos en alta mar (profundidad superior a

250-300 m), donde el impacto ambiental y paisajístico de los parques sería muy reducido y permitiría limitar los potenciales conflictos con otros sectores económicos y sociales (p.ej.: turismo costero, náutica y acuicultura). Para intentar regular estos usos, los diferentes países de la UE están incluyendo en sus Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM) las áreas a destinar futuros parques para generar energías marinas renovables. Finalmente, para agilizar la fase de autorización de las instalaciones, hará falta valorar el potencial impacto ambiental y social en el entorno marino y costero de los parques y los cables de conexión a la red.

Desde hace varios años, el tema energético es muy estratégico a nivel europeo y nacional. En el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en el marco de la Palanca III (Transición energética justa e inclusiva) se prevé destinar un presupuesto de 3165 M€ a la Componente 7 (Despliegue e integración de energías renovables).

TURISMO MARINO Y COSTERO

Definición

Se analiza el sector del turismo marino y costero considerando las variables económicas más relevantes y las necesidades futuras, así como los factores diferenciales que pueden contribuir a posicionar a España como líder en la UE.

Relevancia e interacciones

El turismo es el sector más grande de la economía azul en términos de valor agregado bruto y empleo con 23 655 M€ y 720 998 puestos de trabajo, respectivamente, en 2019. Europa representa alrededor del 40 % de las visitas turísticas mundiales. El 75 % de las visitas en Europa están relacionadas con el turismo marino y costero. Si bien la mayoría de los empleos son estacionales, la población empleada está constituida principalmente por personas jóvenes. Las actividades más relevantes para el turismo marino y costero se pueden repartir en actividades basadas en la costa (p.ej.: nadar, tomar el sol, caminar, observar la vida silvestre) y actividades en el mar (p.ej.: navegación y vela, submarinismo, esnórquel, cruceros).

El sector del turismo interactúa con otros sectores de la economía azul y, en particular, con el transporte marítimo y la pesca.

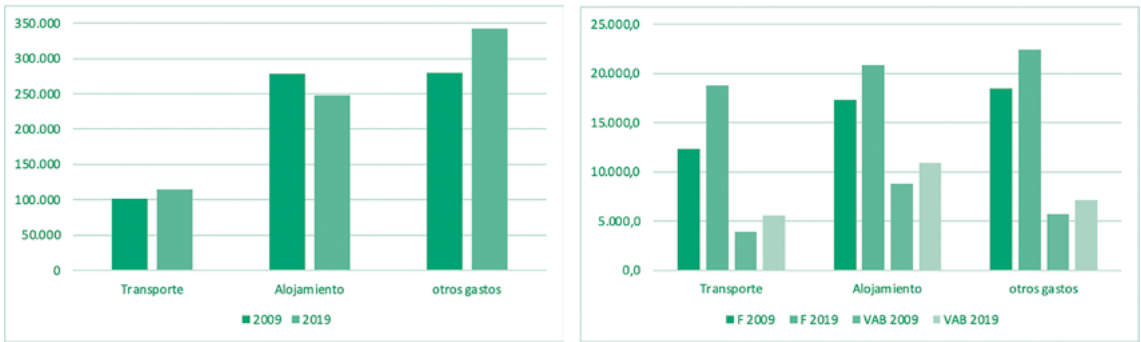
Evaluación y tendencias

Si bien el turismo es un sector que sufre inmediatamente en periodo de crisis (p.ej.: la crisis económica de 2008-2009 y la crisis pandémica de 2020), también se recupera rápidamente una vez que la situación se va normalizando. Los datos indican que el 2022 casi ha permitido alcanzar los niveles prepandémicos, aunque la guerra en Ucrania amenaza el sector, en términos de número de visitantes y de aumento de precios energéticos.

Dejando de lado los años 2020 y 2021, afectados por la crisis pandémica, las tendencias indican que el número de visitantes seguirá creciendo y que las islas del Mediterráneo, en particular, serán puntos calientes de impacto. Por lo tanto, el turismo marino y costero deberá en los próximos años responder a la creciente necesidad de prácticas más sostenibles. Entre otras, se necesitarán soluciones que limiten el impacto ambiental de las actividades (sobre todo en caso de turismo muy estacional y masificado) y que contribuyan a los objetivos de descarbonización del EGD.

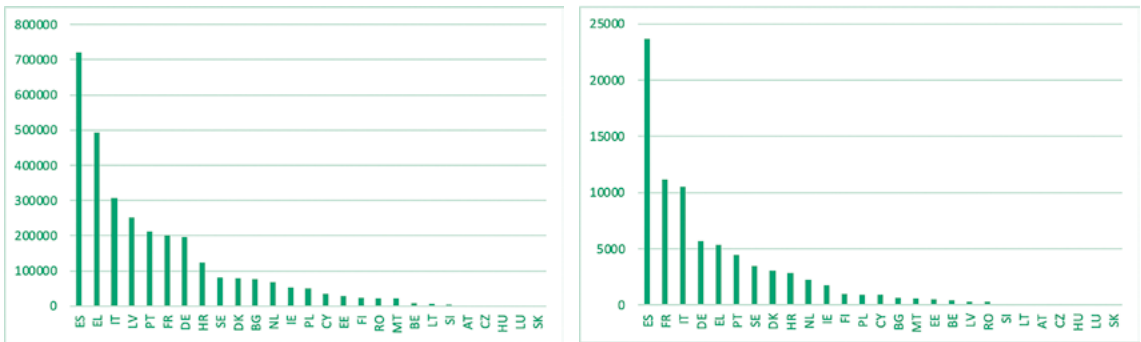
Finalmente hay que decir que las tendencias indican que en el futuro el turismo se beneficiará de la digitalización y de la tecno-

Figura 13. Empleos (izda.), facturación y VAB (dcha.) por principales subsectores del turismo marino y costero en España en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir del informe de la UE sobre economía azul.

Figura 14. Creación de empleo y VAB en el sector del turismo marino y costero en Europa en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir del informe de la UE sobre economía azul.

logía para ofrecer a los visitantes experiencias personalizadas y entretenidas que contribuirán a generar un sector más sostenible y con menos impacto ambiental (p.ej.: el caso de los destinos turísticos inteligentes).

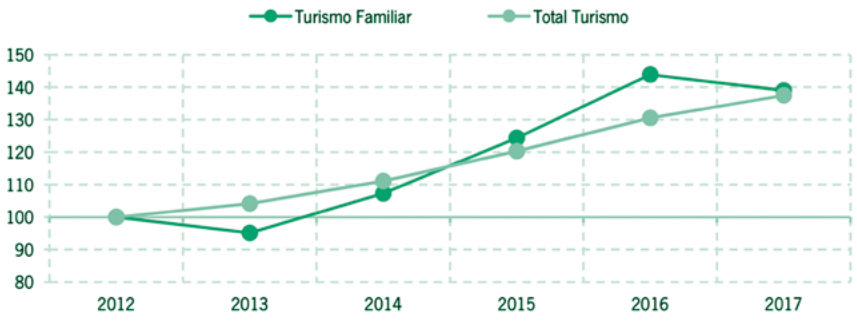
Situación

En España, en 2019 el turismo generó un total de 888 555 empleos con un VAB total de 32 770 M€ y una facturación de 100 382 M€. En comparación con 2009 (Figura 13), en el segmento de turismo marino y costero se registra un aumento medio del VAB del 17 %. Las actividades principales están relacionadas con el uso de la playa, la práctica de actividades deportivas y la observación de la naturaleza.

En 2019, España encabeza la clasificación europea en número de empleos generados (720 998) y VAB (23 655 M€) en el segmento marino y costero. En este último, en particular, dobla a Francia e Italia, que tienen un VAB de 11 168 y 10 522 M€, respectivamente (Figura 14).

En cuanto a las CC. AA., Andalucía se posiciona como referente en el turismo familiar, con una tendencia al alza en la última década (Figura 15). En 2017, el 19,1 % de todos los visitantes fueron turistas familiares (aproximadamente 5,7 millones de personas).

Figura 15. Evolución del turismo familiar en Andalucía.



Fuente: *Turismo Familiar en Andalucía 2017*.

El turismo familiar es bastante estacional y las principales actividades realizadas están relacionadas con el disfrute y el uso de la playa, la observación de la naturaleza, la práctica del deporte y otras actividades de entretenimiento. En Canarias, el 33 % de los turistas elige el destino porque considera muy importante el entorno ambiental[6], mientras que en la Comunidad Valenciana más del 90 % de los turistas elige el destino para el disfrute y el uso de la playa[7].

Turismo y tecnología: los destinos turísticos inteligentes

Los destinos turísticos inteligentes (DTI) son una alternativa que nace para responder a la creciente demanda del turista, que busca conocer nuevos lugares y tener experiencias personalizadas, beneficiándose también de las nuevas tecnologías. Los DTI son una nueva oportunidad de desarrollo y crecimiento tanto en el sector público como privado y tienen un potencial de impacto transformador en el lugar, contribuyendo a volverlo más sostenible, inclusivo y competitivo en el mercado (p.ej.: renovando destinos maduros).

A nivel nacional, ya han logrado este objetivo Benidorm, Gijón, la isla de Tenerife y Santander.

Evaluación

El turismo marino y costero representa un motor clave para la economía española y europea. Los datos indican que el turismo marino y costero seguirá creciendo en los próximos años. Será, por lo tanto, necesario encontrar soluciones concretas para gestionar la huella de carbono y los impactos ambientales generados por modelos de negocio no sostenibles y basados en el uso de los recursos naturales. Sin embargo, esto representa una considerable oportunidad para el sector turístico, ya que puede permitir la creación de nuevos productos y ofertas que capturen el valor basado en la biodiversidad marina y costera usando los recursos naturales de forma sostenible. Finalmente, el turismo del futuro será siempre más digital y las nuevas tecnologías (p.ej.: inteligencia artificial, realidad virtual y realidad aumentada) permitirán diferenciarse a los destinos que las adopten y ofrecer a los visitantes experiencias educativas y entretenidas al mismo tiempo. En

6. https://turismodeislascanarias.com/sites/default/files/promotur_islas_canarias_2019_0.pdf
7. https://www.turisme.gva.es/turisme/es/files/pdf/estadistiquesdeturisme/estudios_producto/Sol_y_playa_2020c.pdf

el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se prevé destinar 3400 M€ a la Componente 14 (Plan de Modernización y Competitividad del Sector Turístico).

PESCA, ACUICULTURA Y OTROS RECURSOS BIOLÓGICOS

Definición

Este indicador estima la extracción de recursos biológicos marinos conside rando el peso de las principales actividades económicas (pesca y acuicultura) y valorando otras explotaciones e innovaciones tecnológicas que pueden dar paso a nuevos sectores emergentes en el ámbito de la economía azul.

Relevancia e interacciones

La pesca y la acuicultura son motores esenciales de la economía azul y proporcionan oportunidad de empleo para 118 709 personas en España entre la producción, el procesamiento y la distribución, y tienen un papel significativo en el desarrollo de muchas zonas costeras y fluviales españolas. En Europa, la pesca y la acuicultura provén el 12 % de los empleos en economía azul[8], el 11 % del VAB y el 10 % de los beneficios. Los empleos españoles representan el 22 % del sector y el 19 % del VAB. El sector interactúa directamente con otros ámbitos clave de la economía azul, como el transporte marítimo, la explotación de recursos, la ordenación espacial marítima y el turismo costero.

Evaluación y tendencias

En los últimos 20 años el sector pesquero se ha enfrentado a cambios importantes que en general han producido una modernización y profesionalización en el ámbito económico, ambiental y social. El número medio de embarcaciones ha ido constantemente disminuyendo en los últimos 10 años, alcanzando 8839 en 2020, con una edad media de las embarcaciones de 31 años. En 2022 el sector se ha enfrentado a una crisis muy relevante debido al aumento del precio del gasóleo. En la próxima década, además, se enfrentará a retos, como la progresiva escasez de tripulantes y el relevo generacional, la antigüedad de la flota pesquera, la sostenibilidad económica, social y ambiental del sector, considerando la competición con otros mercados y la necesidad de proteger los *stocks* de pesca de la sobreexplotación (actualmente estimada en el 87 % de las especies) y los hábitats marinos.

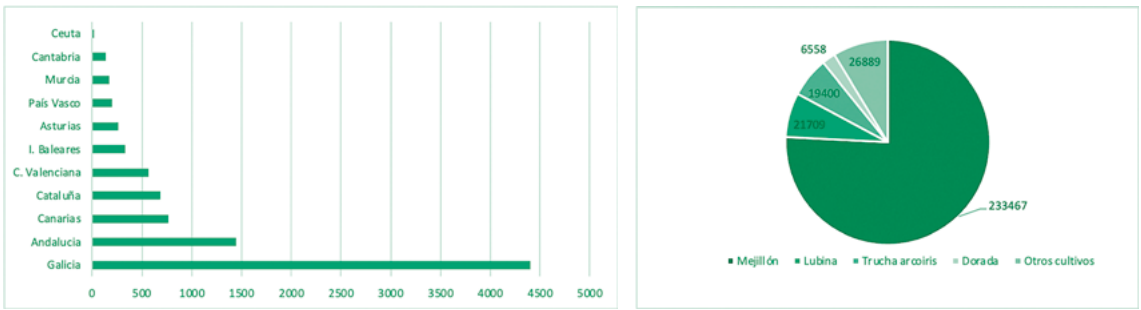
Por otro lado, la acuicultura creó en 2019 en España 15 134 puestos de trabajo directos en 5262 establecimientos y se estima que cree 37 834 empleos indirectos. El mercado está dominado por China y otros países asiáticos, que suman el 91,6 % de la producción mundial. España es el primer país de la UE con 308 033 producidas en 2019.

Situación

En España, la flota pesquera contaba en 2020 con un total de 8839 embarcaciones, número que ha ido disminuyendo a lo largo del tiempo. Galicia lidera el sector con el 49 % de las embarcaciones totales, seguida muy de lejos por Andalucía y Canarias (ver Figura 16). Con respecto a la acuicultura, la Comunidad Valenciana en 2020 fue la mayor productora (16 353 t) seguida por Galicia (7999 t) y Canarias (7489 t). Las capturas totales en 2020 ascienden a 787 257 t, en neta disminución respecto a los años anteriores, correspondientes a un valor de 1554,41 M€ y a un VAB de 862,24 M€. Las especies más pescadas son atunes, bonitos y agujas; mientras que las

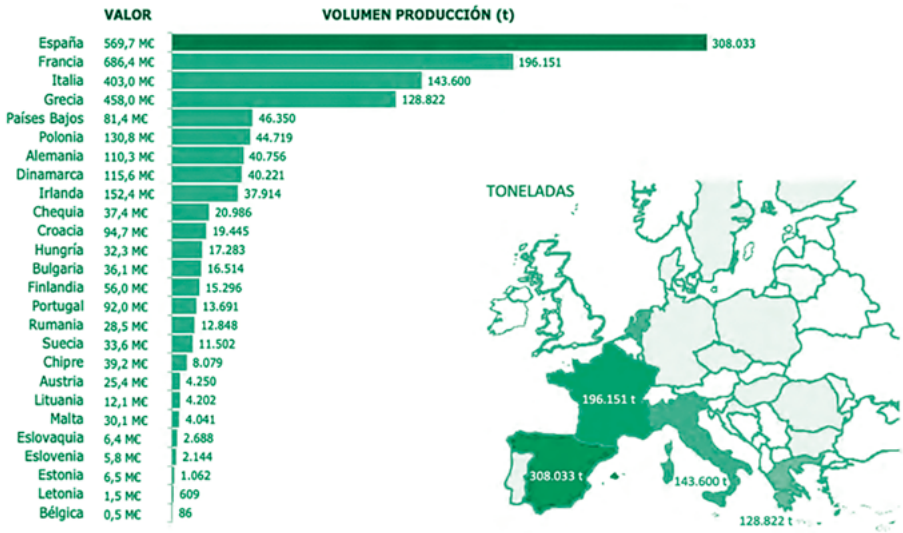
8. Informe de economía azul de la UE 2022.

Figura 16. Flota de pesca española por comunidad autónoma y principales producciones de acuicultura en 2020. Entre otras especies, las principales son corvina, lenguado, atún rojo, seriola y besugo.



Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas oficiales MAPA.

Figura 17. Distribución de la producción de acuicultura en la UE.



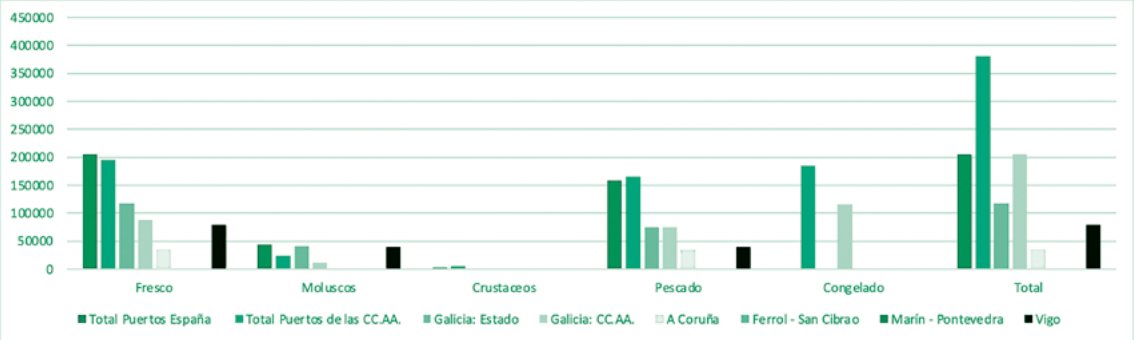
Fuente: *Informe APROMAR 2021*. FIG.

especies más cosechadas en acuicultura son mejillones y lubinas.

La flota pesquera europea cuenta en total con 74 806 embarcaciones en 2020 para unas capturas totales de 4,1 M t. España es el Estado de la UE con más alta producción de acuicultura, con 308 033 t (el 27 % del total) en 2019 (Figura 17), seguida por Francia, Italia y Grecia. Sin embargo, si se considera el valor de la producción, España se clasifica segunda, detrás de Francia, con 596,7 M€.

Las capturas efectuadas en Galicia corresponden casi a la mitad del total español. En 2019, se capturó un total de 322 186 t de pescados y mariscos, entre frescos y congelados (Figura 18). El puerto pesquero con mayores capturas es Vigo (79 803 t), seguido por A Coruña (35 924 t). En 2020, en Andalucía se capturaron alrededor de 54 500 t de pescado y marisco, mientras en Canarias se vendieron en lonja alrededor de 10 300 t.

Figura 18. Detalle de las capturas de pesca en Galicia en 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos MAPA, IGE y el *Informe APROMAR 2021*.

Explotación de otros recursos biológicos

Además de la pesca y la acuicultura tradicionales, están saliendo al mercado nuevas y grandes oportunidades innovadoras de explotación de recursos biológicos marinos, sobre todo como aditivos alimentarios, aditivos para pienso, biorremediación y uso farmacéutico o cosmético. Bacterias, hongos, algas e invertebrados marinos parecen los candidatos más prometedores para que madure el sector de la biotecnología marina (*blue biotechnology*, en inglés). En Europa, existen ya más de 450 empresas distribuidas en 13 países, entre los cuales España, Francia, Irlanda y Noruega lideran actualmente por presencia.

Es muy probable que algún nuevo cultivo pueda operar en sinergia con los actuales en el marco de una acuicultura integrada multitrófica, incrementando así la creación de valor añadido y la competitividad.

Evaluación

España está entre los países europeos líderes en el ámbito de la pesca y de la acuicultura. Ambos sectores se enfrentan a nuevos retos de innovación para producción a pequeña escala, de competitividad a nivel internacional y de producciones más sostenibles. Los datos actuales sobre la investigación, innovación y nuevas empresas indican que España tiene las potencialidades para para posicionarse competitivamente también en los nuevos sectores emergentes (p. ej.: biotecnologías marinas) y buscar sinergias (p.ej.: acuicultura integrada multitrófica) con los sectores tradicionales. De esta forma, se pueden crear productos de alto valor añadido que puedan ayudar a alcanzar los objetivos del EGD y de la estrategia "De la granja a la mesa" (*Farm to Fork*, F2F) y, además, atraer inversiones para generar más innovación, una prioridad incluida también en Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (Componente 3), con un presupuesto de 1051 M€.

EXTRACCIÓN DE RECURSOS NO VIVOS

Definición

Este indicador analiza las actividades económicas que utilizan recursos marinos no vivos, considerando los datos de producción, la riqueza que generan y las presiones que ocasionan en el medio ambiente.

Relevancia e interacciones

La extracción de recursos no vivos contribuyó en 2019 con 0,2 % de los empleos europeos (10 060 personas), el 2,5 % del VAB y una bajada del 58 % respecto al 2009. En España se han descubierto yacimientos de petróleo y gas en varios campos, también en el mar (p.ej.: golfo de Valencia, mar Cantábrico y golfo de Cádiz). En 2019 la producción interior de crudo fue de 40 000 t y la de gas natural sumó 1502 GWh, lo que supuso un grado de autoabastecimiento del 0,07 % y del 0,38 %, respectivamente, sobre el consumo nacional.

Por lo que respeta otros minerales marinos, en España solo está permitida la extracción de arena para regeneración de playas o dragados. Con respecto a la desalinización de agua marina, en España la producción ha aumentado constantemente en los últimos años, convirtiéndose en el país del mundo que más agua desalinizada utiliza en agricultura.

Evaluación y tendencias

La explotación de los mares y océanos europeos para la extracción de recursos no vivos ha crecido en la última década y las proyecciones indican que seguirá creciendo en la próxima, si bien en general sectores maduros de extracción de gas y petróleo llevan unos años bajando –debido a las presiones hacia el EGD y a la disminución de la producción y un aumento de los costes– se cree que la guerra en Ucrania puede volver a aumentar el número de exploraciones para la búsqueda de gas y petróleos en Europa. Sin embargo, actualmente en España está prohibido otorgar nuevas concesiones de exploración y explotación de hidrocarburos en el territorio nacional, como disposición de seguridad para la protección del medio marino.

En 2016, la actividad de extracción de arena empleó a 3121 personas con una tendencia decreciente respecto a 2009 y un VAB generado de 127,6 M€. Con respecto a la extracción de agua, España es uno de los países con mayor capacidad instalada de desalación a nivel mundial y cuenta con un sólido sector industrial. La capacidad potencial de desalación instalada es aproximadamente de 5 millones de m^3 /día y podría suministrar agua para una población de 34 millones de habitantes[9]. Esos recursos hídricos no convencionales (p.ej.: desalación y reutilización) se han convertido en un complemento imprescindible para la planificación hidrológica y la situación podría agravarse debido a los efectos del cambio climático. España es el país que más agua desalada usa en agricultura (21 %) del total, debido a un déficit hídrico estructural en muchas áreas.

Situación

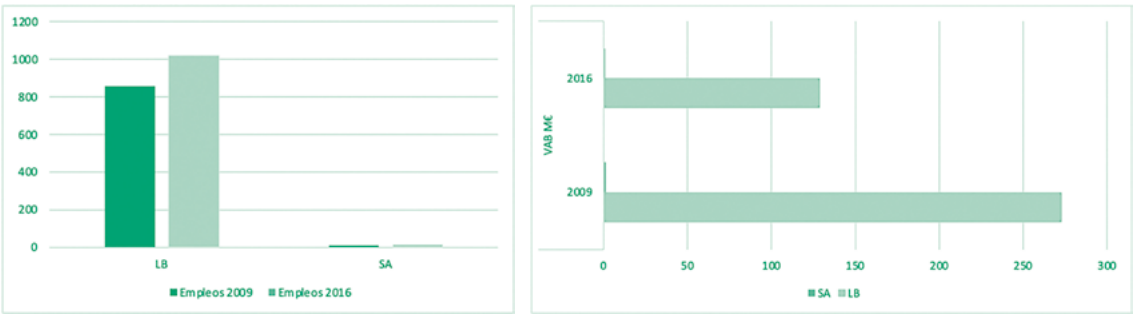
En España se registran actividades de extracción de petróleo y gas solo en dos demarcaciones, la levantino-balear (LB) y la sudatlántica (SA). En general, las actividades tienen patrones decrecientes de producción y de VAB, si bien el número de empleos ha aumentado ligeramente entre 2009 y 2016. El VAB de la demarcación SA representa un poco menos del 1 % del valor en la demarcación LB (Figura 19).

Para la actividad de extracción de minerales, que en el caso de España queda restringida a la extracción de arena, los datos disponibles están agregados a nivel nacional. En 2016 la actividad de extracción empleó a 3121 personas con una tendencia decreciente respecto a 2009 (4666 personas) y una reducción de un 30 % menos de empleos en 7 años (FIGG). El VAB generado por la extracción de minerales fue de 127,6 M€ en 2016, con un decrecimiento de 57,9 M€ respecto al 2009 (Figura 20).

Con respecto a la extracción de agua, se puede estimar la magnitud y el crecimiento

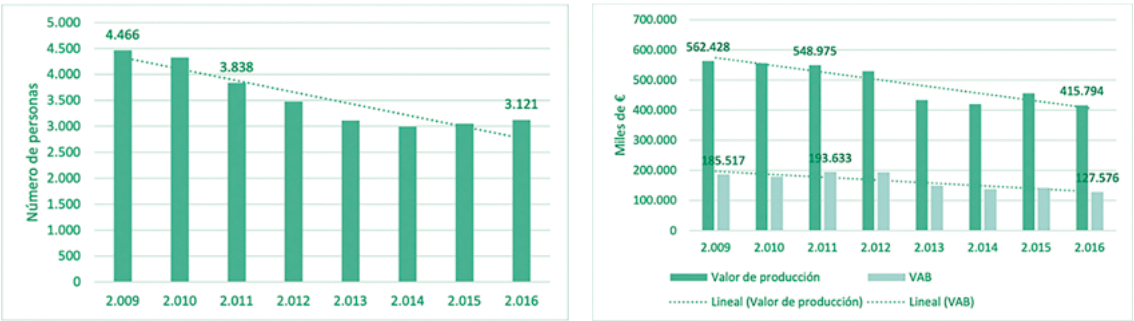
9. FEDEA Estudios sobre la economía española 20/22.

Figura 19. Empleos y VAB en las dos demarcaciones españolas en las que se registran actividades de extracción.



Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de Estrategias Marinas de España.

Figura 20. Evolución del empleo y del VAB en la extracción de arena en el ámbito marino español.



Fuente: Elaboración propia a partir de los informes de Estrategias Marinas de España.

de esta actividad observando la producción de las grandes desaladoras de agua de mar de Acuamed. La producción destinada a agua potable ha crecido de los 59,50 Hm^3/año en 2009 hasta los 103 Hm^3/año en 2018. Asimismo, la producción de agua para uso en agricultura ha pasado de los 7,37 Hm^3/año en 2009 a los 135 Hm^3/año en 2018. En el mismo periodo, la producción para uso industrial (I) ha pasado de 0,53 a 2,14 Hm^3/año (Figura 21).

Salinas y parques naturales

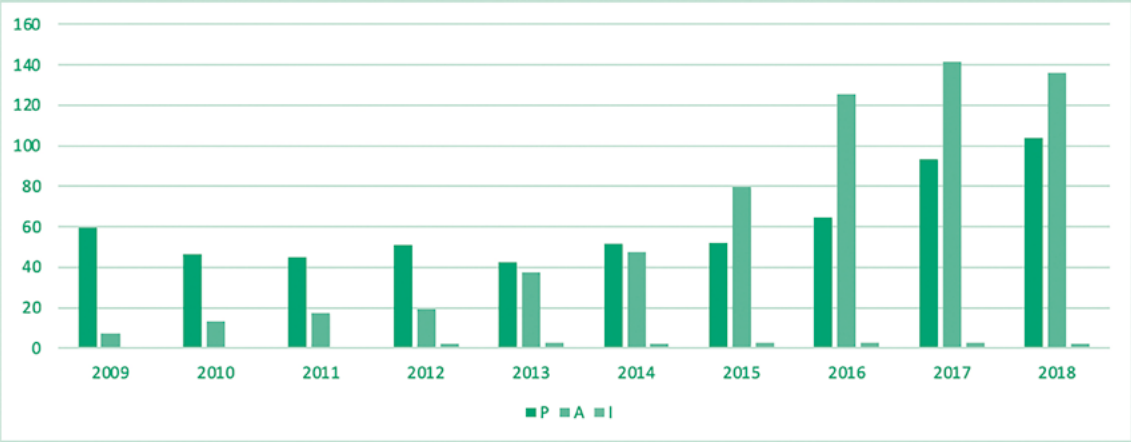
La sal es otro recurso marino no vivo extraído en España, aunque la producción y la rentabilidad económica han bajado respecto al pasado.

Muchas salinas han sido abandonadas y ahora constituyen un entorno natural privilegiado para la observación y la conservación de la naturaleza. Las aguas salobres crean un hábitat para especies que toleran gradientes de salinidad y constituyen zonas húmedas que juegan un papel muy relevante como punto de descanso en la migración de las aves. Por esta razón, muchas salinas han sido incluidas en el listado de espacios protegidos (p.ej.: en la red Natura2000 y según el convenio de RAMSAR).

Evaluación

Actualmente la extracción principal de recursos marinos no vivos se refiere a actividades relacionadas con la producción de petróleo y gas, arena

Figura. 21. Evolución de la extracción de agua para desalación en España.



Fuente: Elaboración propia a partir de FEDEA: Estudios sobre la economía española 20/22.

para regeneración de playas y agua salada para uso potable, industria o agricultura. Aunque la crisis energética debida a la guerra en Ucrania podría cambiar las políticas europeas y españolas, en un futuro inmediato no se prevé incrementar las exploraciones y extracciones de petróleo y gas, mientras se espera que la extracción de agua siga creciendo en los próximos años.

ESPACIOS MARINOS PROTEGIDOS Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO MARINO

Definición

Se analizan el número de espacios marinos protegidos en España y su superficie en comparación con los objetivos europeos de protección de la biodiversidad marina y de ordenación del espacio marítimo.

Relevancia e interacciones

Los espacios marinos protegidos corresponden a zonas de alto valor ecológico que se decide proteger según un punto de vista holístico y gestionar, a diferentes niveles, de acuerdo con el enfoque ecosistémico. El objetivo es encontrar un compromiso que permita gestionar de forma sostenible los recursos naturales, para poder preservar en el tiempo los bienes y servicios ecosistémicos (o sea, la riqueza) que estos recursos proveen a las personas.

La protección de un espacio normalmente implica unos vínculos de gestión y uso que pueden ir desde la limitación de algunas actividades a la restricción total de uso de una zona marina. Esto puede conllevar algún conflicto con otros sectores de la economía azul (p.ej.: el turismo náutico, la pesca o, más recientemente, las energías eólicas marinas).

Evaluación y tendencias

La protección de espacios terrestres lleva una considerable ventaja respecto a los ámbitos marinos y costeros, que solo en las últimas dos décadas han empezado a considerarse como una continuación natural del entorno más que un ambiente diferente. A pesar del retraso, en los últimos años ha aumentado de forma considerable el número de espacios protegidos un poco en todo el

mundo. En España, la ley de medio ambiente establece diferentes tipologías de espacios marinos protegidos en base a criterios nacionales o internacionales, dependiendo de los objetivos de conservación y los hábitats presentes.

El objetivo de incluir estos espacios protegidos en el marco de la ordenación espacial marítima es crear un marco de gobernanza que pueda encontrar soluciones sostenibles, coherentes y sinérgicas a las necesidades de desarrollar actividades humanas en el medio marino y, al mismo tiempo, gestionar los impactos en los hábitats, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La estrategia de la UE sobre la biodiversidad pretende además alcanzar un 30 % de superficie marina protegida y un 10 % de superficie protegida de forma estricta en 2030. Hoy en día, en España está protegido solamente un promedio del 12 % del espacio marino, distribuido de forma no homogénea en las cinco demarcaciones marinas.

Situación

Para cumplir con la ordenación del espacio marítimo (OEM), en España la ley 41/2010 del 29 diciembre estableció preparar cinco diferentes Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), uno para cada demarcación marina identificada (Figura 22): demarcación levantino-balear, demarcación del Estrecho y Alborán, demarcación canaria, demarcación sudatlántica, demarcación noratlántica. En Europa, la implementación de los POEM[10] se está produciendo a velocidades distintas: hay un grupo de países del norte de Europa que ya han presentado sus planes y algunos países que van con mucho retraso. España se encuentra en una posición intermedia, al tener ya en un estadio muy avanzado la preparación de sus POEM y la definición del Buen Estado Ambiental (BEA).

Figura 22. Las 5 demarcaciones del espacio marítimo español.

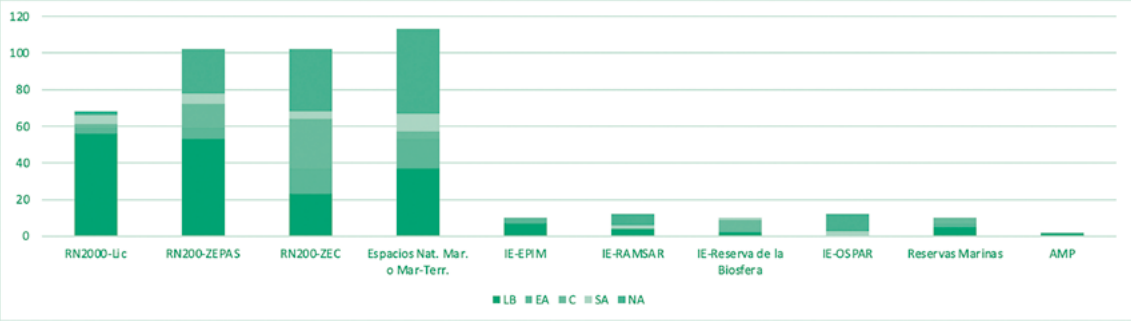
Fuente: MITECO. Estudio ambiental estratégico.

En España, la demarcación levantino-balear (LB) es la que tiene el mayor número de espacios marinos protegidos (188), seguida por la noratlántica (NA) con 122, canaria (C) con 55, Estrecho y Alborán (EA) con 45 y sudatlántica (SA) con 31 (Figura 23). En cuanto a las distintas figuras de protección, los espacios naturales marinos o marino-terrestres son los más numerosos (113), seguidos por las Zonas Especiales de Protección para las Aves (ZEPAS) y las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) con 102 y los Lugares de Interés Comunitarios (LIC) con 68.

La demarcación LB tiene el máximo de superficie protegida con 23 296 085 hectáreas que representan alrededor de un 30 % de la superficie total (Figura 24). En términos de porcentaje de cobertura, la demarcación SA, la más pequeña de las cinco, es la que mayor porcentaje de superficie protegida tiene, un 41,18 %.

10. Comunicación al Parlamento Europeo sobre la implementación de la OEM

Figura 23. Distribución de los diferentes espacios marinos protegidos por demarcación y por tipología de protección.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MITECO.

Figura 24. Superficie de los espacios marinos en hectáreas (izquierda) y porcentajes protegidos (derecha) por cada demarcación.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MITECO.

¿Por qué proteger un espacio marino? El caso de la posidonia oceánica

La posidonia oceánica es una fanerógama marina endémica del Mediterráneo y protegida para la Directiva Hábitat (94/43/CEE). Crea extensas praderas submarinas que al mismo tiempo protegen la costa, son un punto importante de biodiversidad, producen oxígeno y secuestran CO_2. La planta tiene un ciclo vital lento (crece con un ritmo máximo de alrededor de 1 cm/año) y está bajo presión antrópica (p.ej.: turbidez del agua). El turismo náutico puede impactar también de forma relevante las praderas submarinas debido a la destrucción física de plantas por las anclas. Por esto, en muchos espacios naturales ya se ha regulado el anclaje con boyas de amarre.

La planta se ha beneficiado también de un proceso de digitalización que ha permitido en muchas comunidades autónomas crear una aplicación informática (p.ej.: PosidoniaMaps en Formentera) con el mapa de distribución de las praderas, de manera que los navegantes pueden evitar anclar encima de este hábitat protegido.

Evaluación

Los POEM de las cinco demarcaciones establecidas en España están en fase avanzada de desarrollo y aprobación. Por cada demarcación ya se han analizado las presiones y los impactos existentes con el objetivo final de definir y luego alcanzar el Buen Estado Ambiental (BEA). La definición y creación de espacios marinos

–según la Estrategia Europea para la Biodiversidad 2030– tiene el objetivo de cumplir con un mínimo de protección del 30 % en 2030 y que por lo menos el 10 % del espacio tenga protección estricta. En este sentido, en todas las demarcaciones todavía queda mucho trabajo para poder cumplir con los objetivos y al mismo tiempo garantizar las sinergias y la convivencia sin conflictos de las diferentes partes interesadas. La conservación del medio marino es una prioridad reflejada en la Componente 4 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, con un presupuesto estimado de 1642 M€.

TALENTO AZUL

Definición

Se estima la importancia de captar y retener talento para la economía azul española y en particular para los sectores emergentes y más innovadores. También se considera la creación de nuevas estructuras para fomentar iniciativas empresariales en temas de economía azul.

Relevancia e interacciones

El peso de la economía azul y de los puestos de trabajo vinculados ha crecido en los últimos 10 años. Si bien actualmente el turismo, el transporte marítimo y la pesca son los sectores que más empleo generan, hay sectores emergentes (p.ej.: la biotecnología y las energías marinas renovables) que tienen incluso más potencial para crear nuevos puestos de trabajo especializados, innovadores y de alto valor añadido.

Aunque no hay datos estadísticos desagregados, el mercado laboral tiene dificultad desde hace años (y la tendencia podría ser parecida también en la próxima década)[11] en encontrar las personas trabajadoras adecuadamente cualificadas en el mundo universitario. Este fenómeno supone un coste relevante para las empresas a la hora de captar talento y de formarlo, y también para los jóvenes y las mujeres que están entrando en el mercado laboral.

Evaluación y tendencias

Según un informe de la UE[12], hay cinco sectores con el mayor potencial de creación de empleos de calidad y para la innovación relevante a lo largo de la cadena de valor: energía azul (que podría representar 300 000 puestos de trabajo para 2030), acuicultura (se esperan 80 000 nuevos empleos para 2030), turismo marino, marítimo y costero, extracción de recursos marinos no vivos y biotecnología azul.

La brecha entre las habilidades profesionales y las necesidades del mercado sigue siendo una limitación importante para las empresas desde hace casi una década, en particular en lo que respeta el desarrollo de la tecnología y la innovación. Además, se registra, por un lado, una falta de comunicación y cooperación entre el mundo de la educación y la industria, y por el otro, una falta de atractivo y de concienciación hacia ciertas carreras profesionales relacionadas con la economía azul y con la alfabetización oceánica (*ocean literacy*). El grupo de trabajo de la UE sobre habilidades y desarrollo profesional en la economía azul ha identificado tres áreas de importancia relevante: cooperación entre la educación y la industria, alfabetización oceánica, programas de aprendizaje a lo largo de toda la vida, movilidad y educación[13], y se han empezado a movilizar recursos en convocatorias especializadas (p.ej.: Erasmus+, Lifelong Learning Programme) con

11. UE, Blue Economy Report 2022.

12. Communication to the European Parliament COM (2012) 494 final: Blue Growth opportunities for marine and maritime sustainable growth.
13. Vincx *et al.*, 2018. Training the 21st century marine professionals

el objetivo de contribuir a llenar este vacío. En paralelo, destacan también dos fenómenos muy relevantes: (1) muchas universidades y centros de alta formación van incorporando la alfabetización oceánica en sus programas; (2) en muchas ciudades españolas (p.ej.: Málaga, Cádiz, Valencia, Barcelona y Canarias) están surgiendo incubadoras y programas de aceleración para favorecer la emergencia del talento y la transferencia al mercado del conocimiento científico y de la tecnología disponible.

Situación

Muchos expertos están de acuerdo en considerar que el problema de la captación y sobre todo de la formación de las personas trabajadoras (p.ej.: personas jóvenes o posiciones intermedias y senior que puedan necesitar *upskilling* y *reskilling*) requiere una estrategia de cooperación internacional y transversal. La industria y el mundo de la educación formal son claramente los actores principales (Figura 25). En particular, por ejemplo, los currículos universitarios no consiguen estar al día con la innovación tecnológica y los nuevos requerimientos del mercado, lo que hace menos competitivas a las empresas que tienen que formar a las personas trabajadoras y penaliza a las personas trabajadoras más frágiles (jóvenes y mujeres).

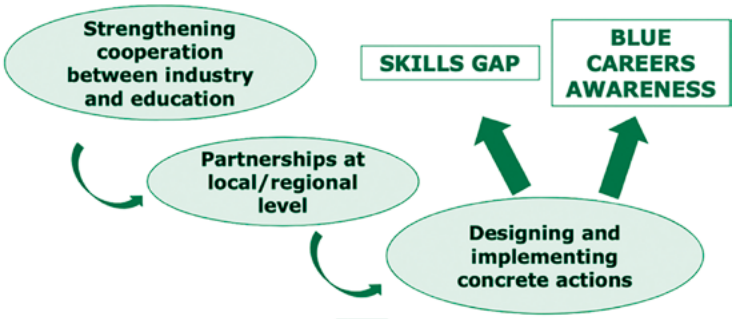
A nivel europeo, la UE fomenta proyectos de cooperación entre empresas e instituciones educativas. Por ejemplo, en el marco de la convocatoria EMFF Blue Careers in Europe se han financiado 18 proyectos de formación específicos para la economía azul. También se han realizado proyectos centrados en el talento azul en Erasmus+ e Interreg, o a través de la plataforma EU4Oceans. La Tabla 1 resume algunos de los principales proyectos europeos e iniciativas enfocados en el talento azul y en los que por lo menos había un socio español.

A nivel estatal, en España hay varias oportunidades de financiación pública (Tabla 2) para la captación del talento. Si bien no hay convocatorias especializadas en la economía azul, sobre todo para sus sectores tecnológicos emergentes, se trata de oportunidades muy útiles y viables. Además, las empresas pueden mirar las oportunidades locales ofrecidas por la comunidad autónoma en la que residen.

Iniciativas empresariales y para la emergencia del talento azul

En los últimos años se está asistiendo en España al nacimiento de numerosas iniciativas enfocadas al fomento de proyectos empresariales de economía azul y a la

Figura 25. Marco de la convocatoria Blue Career (EMFF, ahora EMFAF).



Fuente: *Blue skills thematic meeting of the Knowledge of Seas network 2016.*

Tabla 1. Principales proyectos e iniciativas europeas en temas de talento azul y con socios españoles.

Proyecto/Iniciativa	Objetivos
Blue Skills	Promover oportunidades para carreras "azules", en ámbito marino y marítimo, mediante el desarrollo de habilidades, y el intercambio de conocimiento
Deep Blue	Desarrollar habilidades y capacidades a través de la mejora del diálogo geopolítico y la cooperación científica internacional (diplomacia científica) en la región del Mediterráneo occidental
BlueMED	Promover una visión compartida para un mar Mediterráneo más saludable, productivo, resistente, mejor conocido y valorado
HOMERe	Promover la movilidad entre los países mediterráneos y, en particular, entre estudiantes de alto perfil en su último año de estudios antes de graduarse
MedNC	Abordar el reto de la integración socioprofesional de los jóvenes y, en particular, movilizando y fortaleciendo la cooperación en el Mediterráneo

Fuente: UfM, *Towards a sustainable blue economy in the Mediterranean Region, 2021.*

Tabla 2. Principales ayudas estatales útiles para la captación de talento azul.

Ayuda	Entidad	Presupuesto 2021
Programa Torres Quevedo	AEI	15 M€
Programa Doctorados Industriales	AEI	4 M€
Proyectos Estratégicos/Líneas Estratégicas	AEI	70 M€
Misiones Ciencia e Innovación	CDTI	70 M€

Fuente: Elaboración propia.

emergencia del talento. Casi todas las comunidades autónomas ya tienen programas de aceleración especializados en economía azul. Además, universidades y centros de investigación están intentando fomentar la transferencia de conocimiento hacia el mercado organizando eventos (p.ej.: *hackathons* y retos), redes de *networking* e intentando captar ayudas públicas que fomenten la transferencia de conocimiento.

En definitiva, se está creando un entero ecosistema relacionado con la economía azul, a lo largo de la cadena de valor, con un fenómeno parecido a otros ámbitos (p.ej.: tecnológico en Londres o Berlín y biomédico en Barcelona).

Evaluación

El talento es uno de los pilares de todas las actividades innovadoras y también de la economía azul. Considerando el potencial de crecimiento de los sectores tradicionales y sobre todo de los emergentes, la necesidad de cerrar la brecha existente entre el mercado y la educación es probablemente uno de los retos

principales para el éxito del sector. Si bien de momento no existen datos estadísticos desagregados o estimaciones viables, ni a nivel nacional ni europeo, sobre el impacto de esta brecha en los nuevos sectores de la economía azul, es urgente buscar soluciones para que las empresas no pierdan de competitividad respecto a otros mercados (p.ej.: Asia y América).

Las soluciones en la mesa principalmente son relativas a formaciones más allá de la educación formal, a la creación de formaciones específicas entre *stakeholders*, a mantener abierto el diálogo para identificar nuevas necesidades de mercado, pero pasa necesariamente por ajustes y agilidad en la formación de las personas trabajadoras y, en particular, de las personas jóvenes y de las mujeres. La captación de talento en ámbitos innovadores es tradicionalmente un problema para el mercado laboral. En el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, la Palanca VII (Educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades) destinará 7317 M€ a fomentar las competencias digitales, dar impulso a la formación profesional y modernizar el sistema educativo.

CAPITAL NATURAL MARINO

Definición

Se estima el potencial del capital natural marino como fuente de servicios ecosistémicos, y, por lo tanto, de riqueza y bienestar, como base para el desarrollo de todas las actividades humanas relacionadas con la economía azul.

Relevancia e interacciones

Los ecosistemas y recursos marinos están sometidos a presiones antrópicas considerables como consecuencia de las actividades humanas (p.ej.: impactos directos y cambio climático). Esto puede afectar al capital natural marino (el conjunto de activos que producen bienes y servicios ecosistémicos y, por lo tanto, sustentan las actividades económicas). Todas las actividades de la economía azul se basan en el capital natural marino y, para que sean sostenibles, tienen que consumir activos naturales (p.ej.: agua y biodiversidad) más lentamente de lo que tardan los ecosistemas en recuperarlos.

La contabilidad del capital natural aporta una mayor y mejor comprensión sobre los recursos naturales existentes y su gestión sostenible, ya que permite una toma de decisiones informada y la creación de políticas basadas en las tres áreas de sostenibilidad: económica, social, medioambiental, tanto de las existencias (*stocks*) como de los flujos, en términos monetarios y físicos.

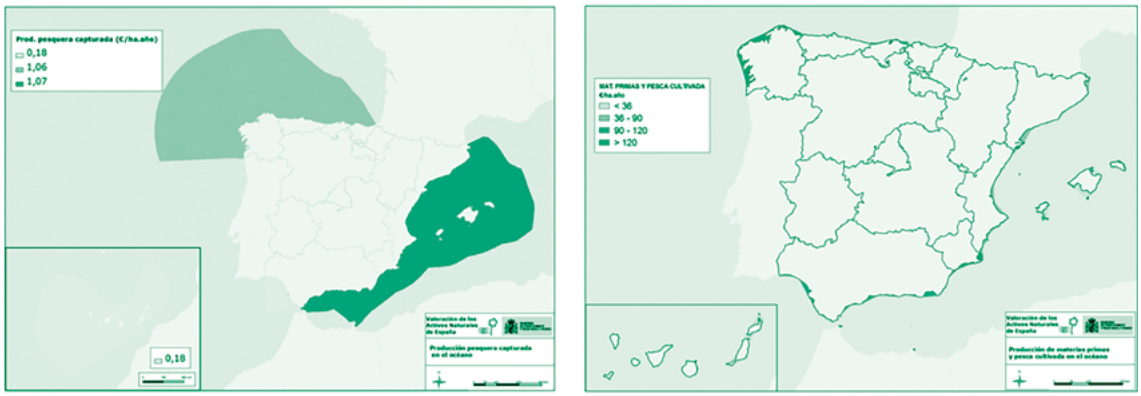
Evaluación y tendencias

Los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en: servicios de aprovisionamientos, que la naturaleza provee directamente (p.ej.: pesca y recolección de productos del mar), servicios de regulación, basados en procesos ecológicos y físicos (p.ej.: capacidad de autodepuración de las aguas marinas) y servicios culturales, que complementan y contribuyen al desarrollo cultural humano (p. ej.: actividades de educación y recreacionales). Solo valorando correctamente estos servicios es posible un desarrollo realmente sostenible de la economía azul.

Aunque ya se hayan propuesto marcos internacionales de referencia, por ejemplo, el System of Environmental and Economics Accounting – Experimental Ecosystem Accounting (SEEA-EEA)[14] definido por la ONU, en el entorno marino hay una falta relevante de datos (p.ej.: extensión y estado de conservación de hábitats y servicios ecosistémicos)

14. https://seea.un.org/

Figura 26. Mapa de valor de producción pesquera capturada (izda.) y valor de pesca y materias primas cultivadas en el océano (dcha.) en € ha^{-1} $año^{-1}$



Fuente: MITECO. Proyecto VANE.

que permitan una valoración escalable y viable en grandes áreas. Sin embargo, visibilizar la interdependencia entre las aguas marinas, los hábitats, el bienestar social y la economía es una parte esencial para garantizar un futuro sostenible. Muchos grupos de investigación están trabajando a nivel nacional e internacional para permitir escalar el enfoque de capital natural, en relación con la ordenación del espacio marítimo, para garantizar un crecimiento sostenible de las actividades económicas en el entorno marino y costero. Entre ellas, la ONU acaba de lanzar –en colaboración con el Basque Center for Climate Change (BC3)– una plataforma tecnológica (ARIES for SEEA) para facilitar el uso iterativo de la contabilidad de capital natural.

Situación

Una primera valoración de los activos naturales de España se ha realizado en el marco del Proyecto VANE (2008). Aunque sea una primera aproximación, con datos fragmentarios y no homogéneos, se ha podido realizar una primera estimación de algunos servicios ecosistémicos marinos (Figura 26). En el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES, se han evaluado y valorado con mayor detalle tres servicios de los ecosistemas marinos: actividades recreativas, secuestro de carbono marino y extracción pesquera, de la Red Natura 2000 de España. Los resultados indican que al menos el 57,6 % del suministro total de esos servicios (recreación 47 %, carbono 82 %, pesca 44 %) se dan dentro de la Red Natura 2000, aunque esta represente solo el 7,9 % del dominio marítimo del país[15].

A nivel europeo, el Proyecto INCA ha propuesto un sistema integrado para la contabilidad del capital natural, basado en el *System of Environmental Economic Accounting – Experimental Ecosystem Accounting*[16]. Sin embargo, la valoración de los diferentes servicios ecosistémicos marinos y costeros se limita todavía a casos piloto, debido a la falta de información sobre la extensión y el estado de los diferentes hábitats y servicios, fundamental para desarrollar cualquier análisis o modelo. En particular, parte de esta estimación se puede basar en el valor económico (p.ej.: valor de

15. Santos Martin F *et al.*, 2020. Evaluación y valoración de los servicios de los ecosistemas marinos de la Red Natura 2000 de España.
16. INCA Project. 2021. *Accounting for ecosystems and their services in the European Union.*

Tabla 3. Valoración económica de algunos de los servicios ecosistémicos marinos.

Especie/Habitat/Unidad	Precio 2020	Fuente
Tonelada de CO_2 equivalente	38 €/ton	Santos Martín *et al.*, 2020
Merluccius (Mediterráneo)	5,09 €/kg	Santos Martín *et al.*, 2020
M. merluccius (Atlántico)	4,18 €/kg	Santos Martín *et al.*, 2020
Thunnus thynnus (Mediterráneo)	9,59 €/kg	Santos Martín *et al.*, 2020
T. thynnus (Atlántico)	5,76 €/kg	Santos Martín *et al.*, 2020
Fondos duros sciáfilos	5,16 €/kg	Buonocore *et al.*, 2020
Fondos duros fotófilos	2,32 €/kg	Buonocore *et al.*, 2020

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes citadas en las tablas.

mercado) que puede tener un servicio determinado (Tabla 2), aunque hay que considerar que algunos servicios son más cualitativos y difíciles de medir (p.ej.: el valor recreativo de un parque natural).

La valoración económica de los servicios ecosistémicos marinos demuestra el alto valor del capital natural. Por ejemplo, se estima que el valor económico del secuestro de carbono de las praderas marinas de España pueda alcanzar los diez mil millones de euros (un 0,7 % del PIB nacional)[17]. Además, en Andalucía, en el marco del proyecto Life Posidonia, se ha detectado que las praderas aportan un beneficio económico de alrededor de 43 688 €/Ha/año de los que 22 500 € derivan del reciclado de nutrientes, 10 € de la pesca, 21 070 € del turismo y 108 € del sumidero de CO_2[18]. Otro proyecto, en la reserva marina de interés pesquero de Llevant de Mallorca, ha permitido estimar que por cada euro invertido en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos se generan beneficios por un valor de 10 €[19] (Figura 27).

Figura 27. Las praderas de fanerógamas marinas provén servicios ecosistémicos muy valiosos.

Fuente: Unsplash.com

ARIES. Potencialidad de los sectores emergentes en la economía azul

Para facilitar el uso iterativo de la contabilidad de capital natural, con datos espaciales relevantes, la ONU y el Basque Centre for Climate Change (BC3) de Bilbao han lanzado ARIES for SEEA[20], la primera tecnología de fuente abierta para realizar una contabilidad rápida del capital natural.

ARIES for SEEA es una herramienta rápida y fácil de usar que contribuye a: (1) una mejor toma de decisiones informadas (incorporando siempre los últimos modelos de capital natural); (2) escalar el intercambio de conocimiento; (3) reducir diferencias técnicas entre países con el uso de datos extensivos; y (4) crear informes más inteligentes, rápidos y transparentes gracias al uso de la inteligencia artificial (IA).

17. Santos Martin F *et al.*, 2020. Evaluación y valoración de los servicios de los ecosistemas marinos de la Red Natura 2000 de España.
18. Life+ Posidonia Andalucía Final Report. 2017
19. Zerbarini *et al.*, (2021). Contabilidad de Capital Natural – Estudio piloto en un área marina protegida en las Islas Baleares: 71 pp.
20. UN global platform.

Evaluación

Al ser el capital natural marino la suma de todos los activos que provén bienes y servicios ecosistémicos, para permitir un crecimiento sostenible de la economía azul es urgente poder conocer y gestionar de forma sostenible los activos naturales. Aunque todavía en el entorno marino europeo solo haya algunos casos piloto, debido sobre todo a la falta de datos sobre la extensión y el estado de los activos, los primeros resultados indican que la contabilidad del capital natural es una herramienta valiosa para preservar y gestionar los activos. Asimismo, si se alcanza a estimar también los servicios cualitativos, se podrá tener un retorno de inversión considerablemente más alto y sustentar la emergencia de nuevos modelos de negocio sostenibles, que generen riqueza y bienestar para los humanos. En el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia hay varias oportunidades relacionadas con el capital natural marino (p.ej.: objetivos específicos para la digitalización y el conocimiento del patrimonio natural o sistemas que integren nuevos procesos de conocimiento y gestión).

BASURA MARINA

Definición

Se estima el impacto de la basura marina en términos positivos (oportunidades) y negativos (limites) para el desarrollo de actividades económicas relacionadas con la economía azul.

Relevancia e interacciones

Bajo el término "basuras marinas" se incluyen todos los sólidos (p.ej.: plástico, metal, madera) de origen no natural presentes (desechados, transportados, abandonados o depositados) en entorno marinos y costeros. Los aportes continentales de basuras marinas (p.ej.: transportadas por los ríos) son considerables, aunque algunas actividades marítimas y costeras (p.ej.: turismo, transporte y construcciones marítimas) pueden ser relevantes.

Respecto al Mediterráneo, se estima que cada año llega al mar más de medio millón de toneladas de plásticos[21]. Los materiales plásticos son muy persistentes, se pueden fragmentar en microplásticos y pueden quedarse en entornos marinos hasta décadas o siglos. La basura marina es un problema estético, pero tiene también un impacto medioambiental (p.ej.: enredo e ingestión de basura por parte de los organismos marinos, degradación de los fondos marinos), socioeconómico (p.ej.: degradación de los caladeros, turismo y actividades recreativas) y de salud (p.ej.: amenazas de los microplásticos para la salud humana).

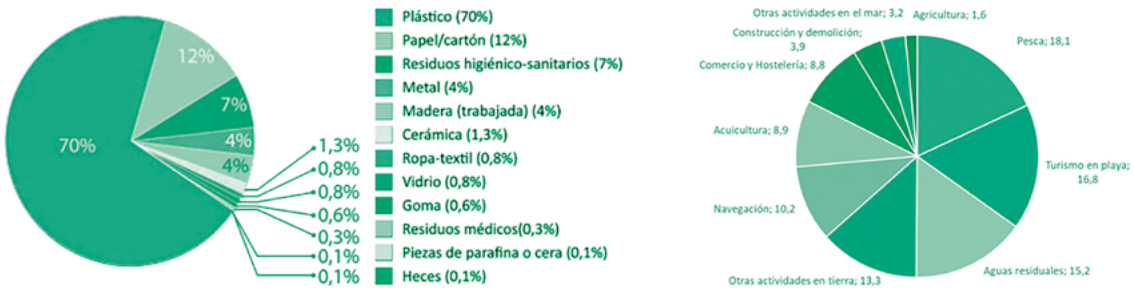
Evaluación y tendencias

Aunque la información disponible esté fragmentada, en el ámbito europeo, el mar Mediterráneo tiene concentraciones de basuras marinas (principalmente, plásticos y microplásticos) comparables con las áreas de más concentración de basuras marinas del planeta. Esto constituye actualmente una amenaza relevante para la conservación de la biodiversidad (p.ej.: tortugas y peces que ingieren basuras), para la salud humana (p.ej.: contaminación a lo largo de la pirámide alimentaria) y para las actividades económicas (p.ej.: afectación en el turismo y la pesca).

Si bien la producción de plásticos ha crecido de forma exponencial en las últimas décadas, políticas europeas como el Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción para la Economía Circular, en los próximos años contribuirán a limitar el

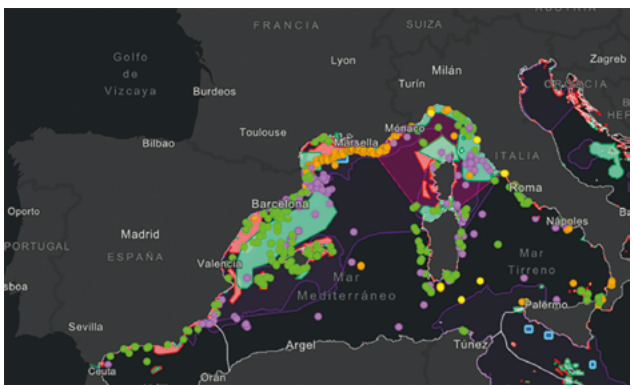
21. UfM, 2021. Towards a Sustainable Blue Economy in the Mediterranean Region.

Figura 28. Composición de macrobasura (izda.) y principal origen de la basura marina (dcha.) en la demarcación noratlántica en 2021.



Fuente: MITECO. Basuras Marinas y MITECO. Programa de seguimiento de basuras marinas en playas (2021).

Figura 29. Contaminación e impacto de la basura marina en los organismos animales.



Fuente: MedBioLitter, septiembre de 2022.

impacto debido a nueva contaminación, sensibilizando hacia buenas prácticas y políticas de gestión (p.ej.: reutilizar los productos y alargar su vida útil, fomentar buenas prácticas de producción, consumo y economía circular, diseñar nuevos productos más fácilmente reciclables y respetuosos con el medio ambiente).

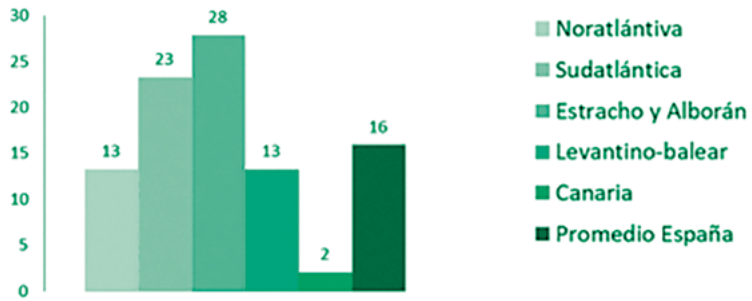
Las basuras marinas representan una gran oportunidad de innovación y de creación de nuevos modelos de negocios circulares, que ya necesitan, y aún más necesitarán en los próximos años, de nuevas capacidades (*skills*), por lo que contribuirán a crear nuevos puestos de trabajo de calidad, con alto valor añadido y utilizando recursos actualmente disponibles en el entorno.

Situación

En España, en 2014 se diseñó un Programa de Seguimiento para Basuras Marinas, en el marco de los programas de evaluación del estado ambiental del medio marino y su revisión de 2020 dio lugar a la actual Estrategia de Seguimiento de Basuras Marinas, que abarca las playas, el agua, los fondos marinos y las basuras ingeridas por especies marinas[22]. En el periodo 2013-2017 los plásticos, el papel/cartón y los residuos higiénico-sanitarios constituían el 89 % de los residuos (Figura 28).

22. MITECO. Programa de seguimiento de Basuras Marinas en playas. Informe de resultados 2021.

Figura 30. Resultados del plan de seguimiento de basuras marinas en España.



CAMPAÑA	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Total
Plásticos	315	319	278	195	1.107
Metal	7	5	7	10	29
Madera	105	113	90	71	379
Goma	10	11	6	5	32
Textil	18	9	10	9	46
Total Objetos	**455**	**457**	**391**	**290**	**1.593**

Fuente: MITECO. Programa de seguimiento de basuras marinas en playas (2021).

A nivel europeo, el mar Mediterráneo es una de las áreas más críticas, con concentraciones de basura marina comparables con las cinco grandes acumulaciones oceánicas de residuos plásticos. Las áreas de mayor concentración son el mar de Liguria, el área entre Cerdeña y Baleares, y el mar Tirreno central (Figura 29). Debido a los fenómenos de transporte, el mar catalán y el delta del Po están entre las áreas más contaminadas[23].

El programa de seguimiento de basuras marinas se desarrolla con 104 muestreos en 26 playas repartidas por las cinco demarcaciones del territorio español y se desarrolla con siete subprogramas (basura marina en la playa, basuras flotantes, basuras en el fondo marino, microplásticos en agua, sedimentos y playa, ciencia ciudadana) en la costa, la columna de agua y el fondo marino. En 2021 se contabilizaron un total de 28 691 objetos (un promedio de 276 objetos por muestreo) y 1593 objetos de más de 50 cm (Figura 30). De estos, la mayoría eran plásticos, seguidos por madera, textil, goma y metal. Por demarcaciones marinas, el promedio máximo fue de 28 objetos por muestreo registrado en el Estrecho y Alborán, mientras el mínimo se encontró en la demarcación canaria.

Basuras marinas como oportunidad para la economía azul

Respecto al tema de las basuras marinas, estamos en una temporada de ajustes importantes y en los próximos años se espera un cambio de paradigma que, bien gestionado, puede ser una fuente de riqueza y bienestar para la sociedad.

Las basuras marinas son una gran oportunidad para muchos ámbitos de la economía azul. En particular, sectores como la gestión de residuos, la prevención de los desechos en el mar, la necesidad de una economía circular (p.ej.: en el diseño y el uso de materiales y productos) serán una fuente considerable de nuevos puestos de

23. UFM, 2021. Towards a sustainable blue economy in the mediterranean region.

trabajo de alto valor añadido que generarán un impacto positivo no solo en la economía sino también a nivel social y en el medio ambiente. Además, se espera que surjan iniciativas de economía circular que usen la basura marina como recurso, que tengan el impacto positivo y hagan viables económicamente los procesos de limpieza de la contaminación existente.

Evaluación

Las basuras marinas son un problema relevante que afecta directamente a los organismos y los hábitats marinos y, consecuentemente, a las actividades humanas y la salud. Si bien las principales fuentes de basuras marinas son terrestres (p.ej.: residuos, envases, falta de prácticas de economía circular), también hay fuentes marítimas relevantes (p.ej.: redes fantasma y residuos en el transporte marítimo o cruceros). A nivel europeo, limitar la contaminación y los impactos debidos a las basuras marinas son una prioridad de la Estrategia Marítima (Descriptor 10) y también una oportunidad de innovación para generar riqueza mientras se produce un impacto positivo en el medio ambiente. Respecto al Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, la economía circular es unos de los pilares presentes en todas las componentes (p.ej.: pesca) y dará la oportunidad de desarrollar actividades innovadoras también en temas de basuras marinas.

OBSERVACIÓN DE LOS OCÉANOS

Definición

Se define el estado y la necesidad de observaciones para recopilar la información necesaria para valorar el estado del medio ambiente, los posibles impactos antrópicos (p.ej.: vertidos de petróleo) y sus efectos y consecuencias (p.ej.: cambio climático).

Relevancia e interacciones

La observación de los océanos es una tarea muy importante para garantizar el monitoreo y el seguimiento del estado medioambiental y valorar eventuales impactos antrópicos. Hasta hace poco, la mayoría de las observaciones marinas se hacían desde barcos y con personal técnico especializado. Por lo tanto, las observaciones eran muy caras y se limitaban a áreas de estudios pequeñas. En los últimos años, la tecnología ha permitido, por un lado, automatizar estaciones de muestreo en tierra y en el mar (*ground stations*) y, por el otro, desarrollar técnicas de observación de la Tierra (*Earth Observation Systems*, EOS) por remoto. Esta última es una fuente muy importante de información y datos para el monitoreo y la creación de modelos de procesos oceánicos, atmosféricos y terrestres.

La EOS tiene un potencial relevante para la economía azul, ya que permite estudiar en grandes áreas temas como la gestión de riesgos y desastres naturales en entornos marinos y costeros, la conservación de la biodiversidad y la mitigación de los efectos del cambio climático. La EOS permite investigar grandes superficies y áreas remotas del planeta, detectar, modelar y prevenir fenómenos que son un desafío clave de nuestra sociedad (p.ej.: el cambio climático y los desastres naturales o debidos a la acción del ser humano). Se estima que, entre 2017 y 2035, solo el Programa Copernicus de la UE genere entre 67 y 131 B€ en beneficios para la sociedad europea (lo que representa un retorno de inversión de 10 a 20 veces el coste del programa). El 80 % de los beneficios se esperan de sectores económicos diferentes del sector espacial (p.ej.: agricultura y acuicultura, pesca, seguros y calidad del aire y del agua).

Figura 31. Gas natural saliendo del gaseoducto North Stream en septiembre de 2022.

Fuente: https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6982252199179370496/

Evaluación y tendencias

En las últimas décadas se han detectado desafíos clave de nuestra sociedad (p.ej.: el cambio climático y el aumento de desastres naturales) que pueden ser también una gran oportunidad de negocio en el ámbito de la economía azul. Actualmente, tanto en Europa como en España, el monitoreo del medio marino es esencial y obligatorio de forma periódica y rutinaria, pero también cuando se realicen actividades (p.ej.: construcciones de gaseoductos o puertos) que puedan tener un impacto negativo en el ambiente marino y sus hábitats. Se estima que alrededor del 85 % de los costes de monitoreo son relativos a los costes de barcos, equipamientos y técnicos especializados.

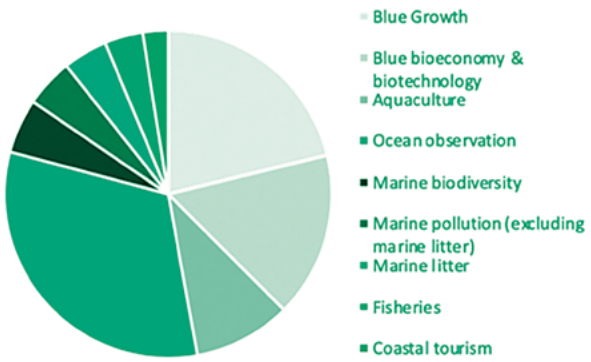
En la próxima década se espera que, por un lado, crezca el mercado de EOS (fue valorado en 2744 M€ en 2019 y se espera que alcance los 4427 M€ en 2025), mientras que, por el otro, se pueda incrementar la calidad de las observaciones, reduciendo costes, con el uso de vehículos submarinos autónomos no tripulados. Actualmente, se estima que solo el gasto público a nivel europeo para las observaciones marinas ascienda a más de 2000 M€ cada año (que no incluye las observaciones realizadas por privados).

Situación

La UE ha puesto en marcha el Programa Copernicus[24] para fomentar el uso de la observación terrestre y aportar beneficios a los ciudadanos. El programa provee información en seis áreas temáticas: atmósfera, ambiente marino, Tierra, cambio climático, seguridad, emergencias. Se recopilan los datos a través de satélites de la familia Sentinel y otros satélites comerciales y públicos. Los datos están disponibles 30 minutos después del pasaje del satélite y se integran con datos locales adquiridos por estaciones en tierra (*ground stations*) que proveen información de una multitud de sensores. Los servicios de Copernicus son gra-

24. https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus

Figura 32. Destinación de fondos en el Programa marco Horizonte 2020.



Sector	EU Funding (€ millions)
Ocean Observation	677
Blue Growth	448
Blue bioeconomy and biotechnology	345
Aquaculture	204
Marine biodiversity	114
Marine pollution	101
Marine litter	93
Fisheries	80
Coastal tourism	53

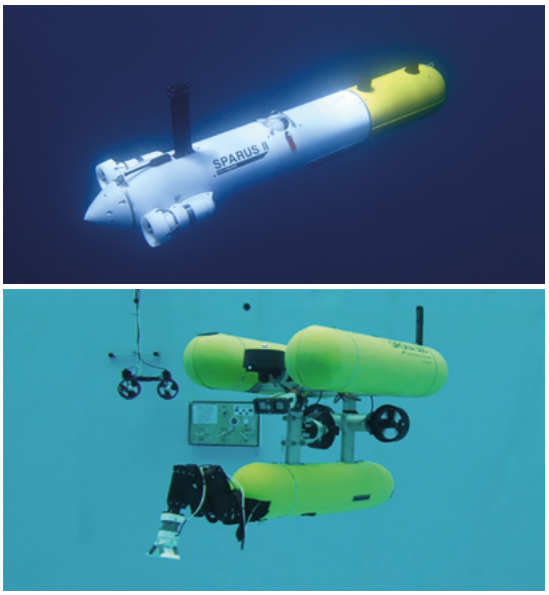
Fuente: Blue Economy Report 2022.

tuitos y abiertos, y permiten crear modelos de negocios escalables donde el cliente paga para elaboraciones de alto valor añadido (p.ej.: el análisis del gas natural salido por la plataforma North Stream en septiembre de 2022, Figura 31).

El gran interés por el tema de la observación de los océanos se ha traducido en que en el Programa marco Horizonte 2020 la mayoría de los recursos dedicados a temas de economía azul fueron destinados a proyectos de observación oceánica (sobre todo respecto a basuras marinas y contaminación), seguidos por proyectos de crecimiento azul y de biotecnología marinas (Figura 32).

En temas de vehículos autónomos para la exploración oceánica, hay en España varios centros punteros en el desarrollo de nuevas herramientas. Por ejemplo, la Universidad de Girona tiene un departamento puntero de robótica marina y tratamiento de datos con más de 20 años de recorrido. La Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN) ha participado en proyectos europeos de robótica marina (p.ej.: EU Marine Robots) y muchas universidades (p.ej.: las universidades politécnicas de Madrid y de Valencia), el CSIC y varias empresas del país tienen expertos y proyectos en temas de robótica marina y sensórica (Figura 33).

Figura 33. Dos vehículos submarinos autónomos que ayudan en la exploración oceánica.



Fuente: https://cirs.udg.edu/auvs-technology/auvs/

El mercado espacial, una gran oportunidad para las empresas españolas

Además de los siete sectores ya consolidados, la economía azul cuenta con unos sectores emergentes e innovadores, que tienen mucho potencial económico y también impacto positivo en la sociedad y el medio

ambiente. El mercado de observaciones de la Tierra abre muchas oportunidades para España también en el sector espacial (p.ej.: en la construcción y lanzamiento de satélites y de sensores especializados). El sector se sitúa en la quinta posición en Europa con un impacto económico directo de 13 094 M€ (1,2 % PIB) en 2020, y genera 37 563 empleos directos[25,26].

Evaluación

La observación marina es uno de los requerimientos fundamentales para un adecuado seguimiento del estado del medio marino y para garantizar el desarrollo de actividades que garanticen un crecimiento azul. El desarrollo tecnológico está permitiendo, por un lado, realizar seguimiento en grandes áreas con un coste contenido (observaciones por satélite) y, por el otro, validar los datos integrando estaciones ubicadas en puntos relevantes de la costa o del entorno marino (*ground stations*). El mercado de la observación de los océanos está en constante crecimiento, ya que crece la necesidad de monitorear las actividades humanas. Por otro lado, la innovación tecnológica está permitiendo la emersión de nuevos modelos de negocio que, un poco como el tradicional *business intelligence*, provén grandes cantidades de información (*Big Data*) para fomentar un proceso de decisión inteligente, así como la creación de políticas más adecuadas y la optimización de las actividades económicas. La observación oceánica es una herramienta fundamental y transversal en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, con oportunidades específicas directas en el marco de la economía azul. Sin embargo, también puede beneficiarse del desarrollo de tecnologías por satélite previstas en otros sectores del PRTR (p.ej.: PERTE espacial).

25. PERTE Aerospacial. Marzo 2022
26. https://eos.com/es/blog/las-tendencias-del-mercado-de-observacion-de-la-tierra/

SEGUNDA PARTE
ANÁLISIS Y REFLEXIONES SOBRE LOS PRINCIPALES SECTORES

EL PAPEL DE LA PESCA EN LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL

Rocío Béjar Ochoa

LA IMPORTANCIA DEL SECTOR PESQUERO ESPAÑOL

España ha sido desde siempre una gran potencia pesquera. Los más de 7900 kilómetros de costa de nuestro país han llevado a las poblaciones cercanas a la orilla a buscar desde la Antigüedad su sustento en el mar. Ya en época de los romanos, se aprovechaba el paso del atún rojo por el estrecho de Gibraltar, siendo nuestra región una fuente de pescado para todo el Imperio.

En tiempos más recientes, la pesca española se expandió por todo el globo en busca de especies, como el bacalao, en aguas de Terranova, a las que se desplazaban barcos de vela en busca de tan preciado manjar.

En los años 60-70 se produce un importante crecimiento de la flota de altura con la incorporación del congelado a bordo, lo que permitía una mayor autonomía de los barcos y, por tanto, un desplazamiento hacia caladeros más lejanos. Hoy en día, España cuenta con barcos de pesca en todos los mares y océanos del mundo, y es uno de los sectores primarios más importantes dentro de la economía azul.

La pesca y la acuicultura, junto a todas las actividades de transformación y, por supuesto, la comercialización de productos vivos de la mar, se agrupan en lo que se conoce como el sector productor pesquero. Conforman uno de los principales elementos en la cadena de valor, que abarca a los productores primarios (armadores, pescadores, mariscadores, productores de acuicultura) y los secundarios (conserveros, procesadores, comercializadores y distribuidores).

Este sector se ha modernizado y profesionalizado hasta alcanzar la excelencia y convirtiéndose en un referente mundial en buenas prácticas y sostenibilidad.

LAS CIFRAS DEL SECTOR PESQUERO Y DE LA ACUICULTURA

En la actualidad, España cuenta con algo más de 8700 barcos, que faenan en aguas españolas, europeas, en alta mar y al amparo de acuerdos con terceros países. La Tabla 1 recoge los buques por caladero y modalidad.

El grueso de la flota opera dentro de nuestras aguas, siendo los buques que trabajan en caladeros más lejanos mucho menor en número, aunque son los que mayores capturas aportan por su tamaño. De hecho, estos buques son responsables del 60 % de las capturas totales de la flota española.

Por zonas de pesca, la mayor parte de la flota se concentra en aguas del Cantábrico y Noroeste, siendo el Mediterráneo el segundo caladero en importancia en cuanto a número de unidades. La Tabla 2 y Figura 1 recogen los buques activos por cada zona de pesca.

En los últimos años, la flota se ha visto inmersa en un proceso de reconversión para adaptar el esfuerzo a la realidad de los

Tabla 1. Tipología flota española por arte y zona de pesca.

ZONA	TIPO DE ARTE DE PESCA	N.º BUQUES	%
AGUAS ESPAÑOLAS	ARRASTRE	770	8,8 %
	CERCO PEQUEÑOS PELÁGICOS	527	6 %
	CERCO ATÚN ROJO	6	0,1 %
	ATUNEROS CAÑEROS	53	0,6 %
	PALANGRE DE FONDO	97	1,1 %
	RASCO	21	0,2 %
	VOLANTA	41	0,5 %
	ARTES MENORES	6814	78 %
AGUAS UE	ARRASTRE	45	0,5 %
	ARTES FIJAS	59	0,7 %
AGUAS INTERNACIONALES Y DE TERCEROS PAÍSES	PALANGRE FONDO CONGELADOR	4	0 %
	PALANGRE DE SUPERFICIE	191	2,2 %
	ATUNERO CERQUERO CONGELADOR	28	0,3 %
	ARRASTREROS CONGELADORES	76	0,9 %
	TOTAL BUQUES	8732	100 %

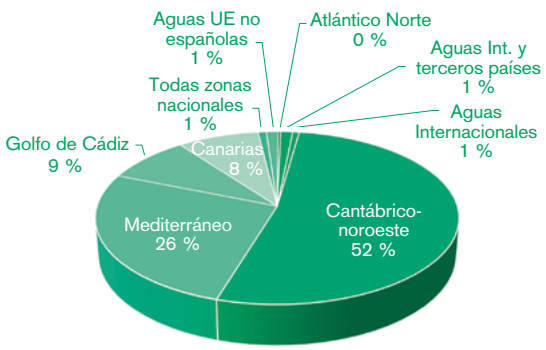
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA. Datos 2021.

Tabla 2. Buques por zonas de pesca.

ZONA	BUQUES	%
Cantábrico-noroeste	4 584	52,5 %
Mediterráneo	2 304	26,4 %
Golfo de Cádiz	759	8,7 %
Canarias	721	8,3 %
Todas zonas nacionales	74	0,8 %
Aguas UE no españolas	104	1,2 %
Atlántico Norte	23	0,3 %
Aguas Int. y terceros países	106	1,2 %
Aguas Internacionales	57	0,7 %

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA. Datos 2021.

Figura 1. Buques por zonas de pesca.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA. Datos 2021.

recursos pesqueros, traducida en posibilidades de pesca, en aras de una sostenibilidad medioambiental de la flota. En concreto, des-

Tabla 3. Evolución de la flota pesquera española 2006-2021.

AÑO	N.º BUQUES	ARQUEO GT
2006	13 331	482 513,82
2007	13 002	468 233,79
2008	11 247	453 864,47
2009	11 116	438 997,05
2010	10 847	414 268,61
2011	10 505	398 900,67
2012	10 116	384 795,73
2013	9871	372 617,02
2014	9635	357 556,35
2015	9409	342 568,58
2016	9299	337 678,90
2017	9146	333 812,81
2018	8972	331 457,57
2019	8884	332 444,64
2020	8839	329 571,86
2021	8732	326 846,06

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

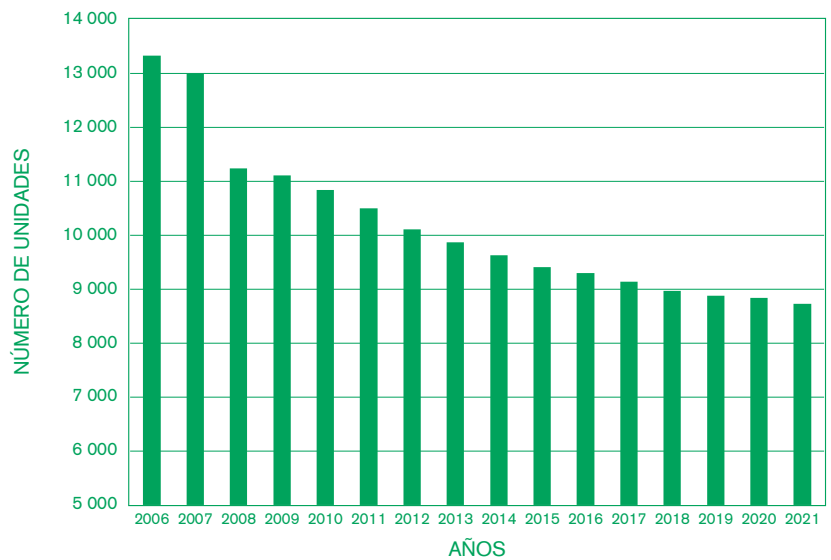
de 2006 hasta ahora la flota se ha reducido en un 34,5 % en número de unidades y un 32 % en términos de capacidad. La Tabla 3 y la Figura 2 reflejan esta evolución a la baja.

Esta reducción de capacidad ha permitido que una gran parte de los recursos que pesca la flota española en aguas nacionales y europeas esté correctamente gestionado y dentro de los parámetros del rendimiento máximo sostenible (RMS), como veremos más adelante.

En referencia a nuestros socios europeos, la flota española supone algo más del 10 % en términos de unidades, y el 21,5 % en términos de capacidad, al disponer de una flota de altura de cierta consideración.

En cuanto a la producción pesquera, la flota española captura anualmente en torno a 800 000-900 000 toneladas, cifra más o menos estable a lo largo de estos últimos 16 años, a pesar de la reducción del número de buques. Esto ha sido posible gracias a una mejora sustancial en los rendimientos al haberse recuperado de forma significativa muchos de los recursos que pesca.

Figura 2. Evolución del número de buques de pesca de España 2006-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

Dentro del total europeo, que son unos 4 millones de toneladas anuales, España ocupa el primer puesto con algo más del 20 % de la producción en volumen. Nos situamos como líderes de la Unión Europea en cuanto a producción se refiere.

La Tabla 4 y la Figura 3 recogen la evolución reciente de capturas en peso y en valor, teniendo en cuenta que 2020, como consecuencia de la pandemia mundial de COVID-19, fue un año excepcional.

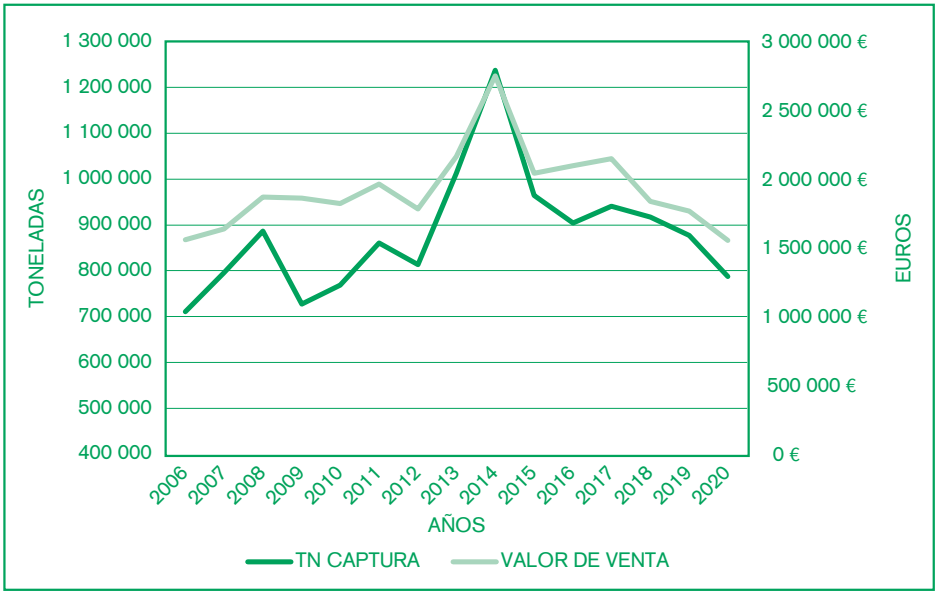
En lo que se refiere al tipo de producto y presentación, el pescado congelado es el que mayor volumen presenta, siendo seguido por el pescado freso. El primero es capturado por las flotas de gran altura, sobre todo por buques de cerco dedicados al atún tropical, buques de palangre de superficie y buques arrastreros congeladores, que faenan en aguas internacionales y de terceros países. El grueso del pescado fresco se corresponde con las capturas de las flotas que operan en aguas nacionales o en aguas europeas y, en

Tabla 4. Evolución de las capturas y valor de venta de la flota española.

AÑO	TONELADAS	EUROS
2006	710 896	1 559 955,00 €
2007	795 461	1 638 978,32 €
2008	886 912	1 868 869,00 €
2009	727 993	1 863 530,59 €
2010	768 691	1 822 250,66 €
2011	860 221	1 965 059,55 €
2012	813 197	1 784 430,54 €
2013	1 012 434	2 165 361,92 €
2014	1 237 307	2 750 204,66 €
2015	964 554	2 043 456,85 €
2016	904 032	2 095 551,39 €
2017	940 633	2 147 014,11 €
2018	917 012	1 839 877,98 €
2019	877 212	1 767 392,17 €
2020	787 258	1 554 414,55 €

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

Figura 3. Capturas y valor de venta de la pesca en España.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

menor medida, en terceros países al amparo de acuerdos pesqueros.

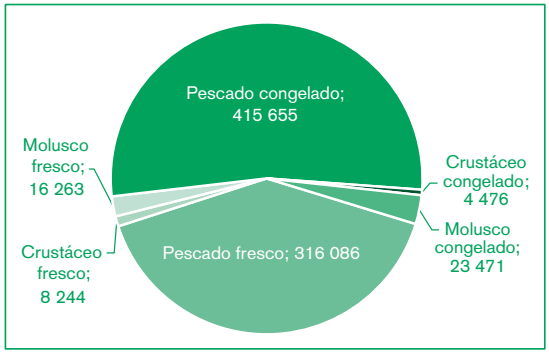
La Tabla 5 y la Figura 4 recogen las capturas de la flota por tipo y presentación.

Tabla 5. Capturas de la flota española por tipo y presentación.

Grupo	Toneladas
Pescado fresco	316 086
Crustáceo fresco	8 244
Molusco fresco	16 263
Pescado congelado	415 655
Crustáceo congelado	4 476
Molusco congelado	23 471

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA. Datos 2020.

Figura 4. Capturas de la flota española por tipo y presentación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA. Datos 2020.

Para terminar, hay que indicar que el sector pesquero español da empleo directo a más de 24 000 personas (en términos de Unidad de Trabajo Anual, que equivale a un puesto de trabajo a jornada completa en cómputo anual), si bien una parte importante del empleo es a tiempo parcial por lo que el número real de personas que vive de la actividad pesquera es mayor. Se estima que por cada empleo directo se crean cinco empleos indirectos relacionados con la actividad de la pesca.

La Tabla 6 y la Figura 5 recogen la evolución desde 2016 hasta 2020.

Tabla 6. Variación del empleo en el sector pesquero en España.

AÑO	N.º EMPLEO UTA
2006	33 387
2007	35 258
2008	31 386
2009	36 707
2010	35 076
2011	33 213
2012	31 438
2013	29 575
2014	29 544
2015	31 128
2016	30 240
2017	29 203
2018	27 061
2019	27 804
2020	24 522

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

Por otro lado, España es el principal mercado de productos pesqueros de la Unión Europea, con unas importaciones en 2021 de 1 768 457 toneladas con un valor de 7 483 114,89 €. Asimismo, nuestro país, como principal productor europeo, exportó

Figura 5. Empleo en el sector pesquero.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de estadísticas pesqueras del MAPA.

en 2021 un total de 1 168 710 toneladas, con un valor de 4 701 477,01 €.

La industria extractiva de recursos pesqueros se complementa con la actividad de acuicultura marina que genera al cabo del año una producción 313 274 toneladas en 2020 (27,0 % del total de la Unión) con un valor de 510,9 millones de euros, según datos del informe 2021 *La Acuicultura en España* de APROMAR. Esta industria primaria de cultivos marinos genera el empleo de unas 6700 personas, según los datos consolidados de 2019 del MAPA. El mejillón cultivado en batea es la principal especie comercializada, con un 79 % del volumen total, aunque tan solo supone el 19 % del valor de las ventas. En 2019 estaban en funcionamiento y con producción en España un total de 5262 establecimientos de acuicultura. De ellos, 4980 lo eran de moluscos en acuicultura marina, consistentes sobre todo en bateas en los que se realizan cultivos verticales de mejillones y otros moluscos.

Todo este entramado de producción primaria alimenta una importantísima industria de transformación, siendo España uno de los principales productores de conservas y procesados de pescado de Europa. España cuenta con 606 industrias de transformación de pescado (datos de 2017), lo que supone el 17 % de todas las empresas de la UE y su volumen de negocios supone el 18,6 % con 6050 millones de euros anuales. Aproximadamente un 50 % de las empresas son de pequeño tamaño y cuentan con menos de 10 empleados, y tan solo un 14 % son empresas de tipo grande con más de 50 empleados, si bien estas últimas generan más del 80 % del volumen de negocio. Todas ellas generan un empleo de 20 367 personas, siendo el empleo femenino mayoritario, con un 62 % del total.

LA SOSTENIBILIDAD DE LA PESCA ESPAÑOLA

La Política Común de Pesca (PCP), regulada por el Reglamento 1380/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2013, establece que la actividad extractiva debe de ser sostenible ambientalmente a largo plazo y gestionarse de forma coherente con los objetivos de generar beneficios económicos, sociales y de empleo, y debe contribuir a la disponibilidad de productos alimenticios.

La sostenibilidad en materia ambiental se basa en dos principios básicos: el criterio de precaución y el enfoque ecosistémico.

La sostenibilidad bajo el principio de precaución implica realizar una actividad que no ponga en peligro el futuro de las poblaciones de peces explotadas. Para ello, se propone una explotación de los recursos biológicos marinos vivos que restablezca y mantenga las poblaciones de especies capturadas por encima de los niveles que puedan producir el rendimiento máximo sostenible (RMS). Una explotación que garantice a futuro unos rendimientos maximizados al tiempo que el recurso está sano.

El enfoque ecosistémico supone explotar esos recursos garantizando que las actividades pesqueras tengan un impacto negativo mínimo en el ecosistema marino y que eviten la degradación del medio marino.

Explotación en el rendimiento máximo sostenible

Para medir el grado de adecuación a una explotación precautoria, se ha fijado como meta que la mortalidad por pesca F sea inferior a la mortalidad por pesca que llevaría al RMS (Frms). La PCP fijaba 2020 como el año en el que se debería alcanzar ese valor para todos los recursos explotados en aguas de la Unión, si bien, para el caso del Mediterráneo, esta fecha se aplazó hasta 2025 en el marco de un plan de gestión de los recursos demersales.

Por lo que se refiere a los recursos del Atlántico europeo, la Comisión reconoció en su última comunicación al Parlamento y al Consejo sobre orientaciones para los TAC de 2023, que en 2020 el coeficiente global de mortalidad por pesca se redujo por debajo de 1 en el Atlántico nororiental por primera vez. Es decir, la gran mayoría de los recursos explotados en aguas atlánticas lo hacen por debajo de Frms, garantizando su sostenibilidad a largo plazo. En cuanto al Mediterráneo, el mismo documento señala que por primera vez desde 2003 el valor de F/Frms fue inferior a 2, indicando que la senda emprendida con la puesta en marcha del plan de gestión de los recursos demersales y las demás medidas adoptadas en esta cuenca está dando resultados positivos y en la línea indicada.

La flota española que opera en aguas atlánticas lo hace en dos áreas bien definidas. La principal son las aguas en torno a nuestras costas (golfo de Vizcaya y aguas ibéricas) siendo hoy en día una de las zonas con mayor número de *stocks* bien gestionados. En 2003 había nueve *stocks* cuyo valor de explotación era superior a Frms y, por tanto, mal gestionados. En 2020, ese valor descendió a tan solo un *stock* explotado fuera de los valores de referencia de un total de 13 *stocks* con evaluación completa, lo que viene a demostrar que el 92 % de los stocks están siendo gestionados de manera sostenible y adecuada al objetivo de RMS.

En cuanto a las aguas europeas del mar Celta, el conocido como caladero del Gran Sol, tan importante para la flota española, el valor de *stocks* mal gestionados ha pasado de 16 en 2006 a tan solo seis en el año 2020 de un total de 25 *stocks* con evaluación completa, lo que supone que el 76 % están siendo bien explotados.

La Figura 6 muestra esa evolución de *stocks* fuera de valores adecuados para ambos caladeros atlánticos explotados por la flota española.

Figura 6. N.º de *stocks* explotados por encima de FRMS.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del informe STECF-Adhoc-22-01.

Para aquellos *stocks* en los que no existe una evaluación completa que permita conocer los puntos de referencia de biomasa y mortalidad respecto al RMS –los denominados *stocks* de categoría 3– la efectividad de las medidas se calcula en función de la evolución de las biomasas o sus índices de abundancia. En este sentido, hay que señalar que, desde 2003, el valor de biomasa de esos *stocks* categoría 3 ha aumentado hasta un valor 1,5, por lo que su explotación está siendo adecuada, al permitir un crecimiento de la biomasa total.

Por lo que respecta al estado de los *stocks* en aguas del Mediterráneo occidental, el valor de F sigue siendo alto (F2020/Frms: 2,31), si bien la biomasa ha aumentado de forma significativa hasta alcanzar un valor de 1,30 (SSB2020/SSBrms), lo que demuestra que el camino emprendido hace unos años va en la dirección correcta.

Recientemente, Eurostat realizó un informe sobre los cumplimientos de la UE en cuanto a los Objetivos de Desarrollo. En el mismo se señala que la evolución del OD14, "conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible", en lo que respecta a la explotación de los recursos pesqueros, resultaba muy positiva en la tendencia de los stocks tanto a largo plazo como a corto plazo.

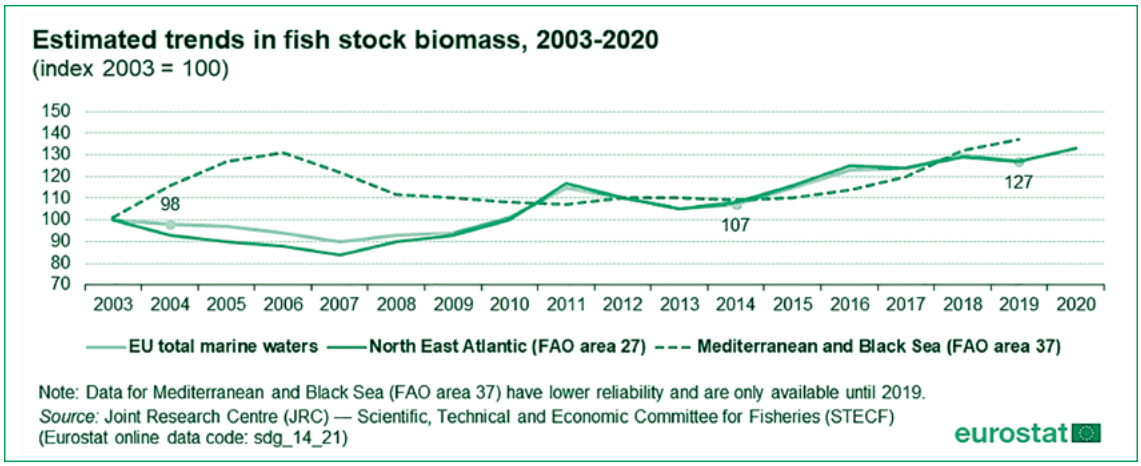
Las Figuras 7 y 8 obtenidas de ese trabajo muestran que las biomasas de los *stocks* europeos han aumentado desde 2003 hasta la fecha casi un 30 %.

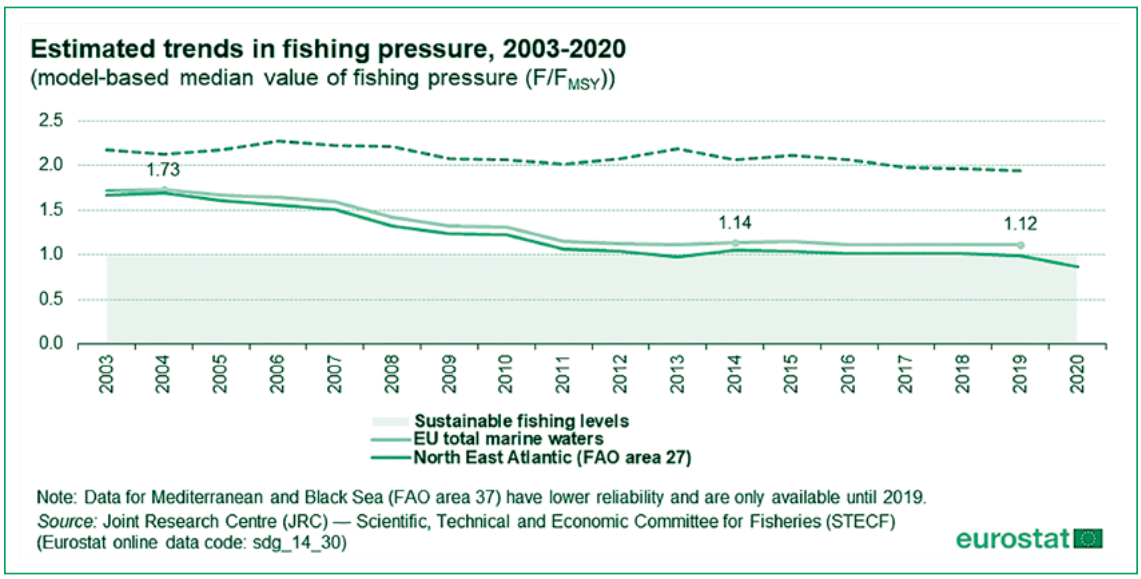
Mientras que el esfuerzo pesquero total se ha reducido hasta alcanzar los niveles óptimos para el Atlántico, y mucho más para el Mediterráneo y el Mar Negro, nos encontramos que todavía está fuera de los rangos objetivos.

Estos datos demuestran que las políticas y la gestión que se está aplicando en las aguas europeas es la adecuada, que los recursos cada día cuentan con mayores poblaciones y que su explotación está en línea con el objetivo de RMS.

Es importante señalar además que el 99 % de los recursos desembarcados en aguas at-

Figuras 7 y 8.





lánticas, del mar Báltico y el mar del Norte, que son gestionados de manera exclusiva por la Unión Europea, proceden de *stocks* correctamente gestionados (62 de 68). Por ello, se puede concluir que la mayoría de los recursos pescados por la flota española en aguas atlánticas lo son de manera plenamente sostenible.

Por último, y en cuanto a la situación de los *stocks* a nivel mundial, el último Informe de FAO 2022 (SOFIA 2022), nos muestra que el 82,5 % del pescado desembarcado a escala global en 2019 procedió de poblaciones en niveles de sostenibilidad biológica, lo que supone un incremento del 3,8 % respecto a 2017 y que el 64,6 % de los stocks pesqueros disfrutaban de este mismo nivel. Este último porcentaje resulta de la suma de los *stocks* que se pescan dentro de los niveles de Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y los stocks subexplotados, que representan el 57,3 %, y

el 7,2 %, respectivamente. Por su parte, las poblaciones sobreexplotadas se sitúan en un 35,4 % en 2019, (34,22 % en 2017).

La FAO destaca y califica como señal alentadora que las poblaciones capturadas de forma sostenible representen el 82,5 % del volumen total de desembarques en 2019, una progresión que indica que las poblaciones más numerosas se están gestionando de forma más eficaz.

El enfoque ecosistémico

El segundo pilar para la gestión sostenible de la pesca y la contribución a un mejor estado medioambiental marino es el desarrollo de una actividad que tenga el menor impacto posible en el resto del ecosistema. La actividad pesquera es esencial en la obtención de proteínas saludables y con menor impacto en la huella de carbono. Sin embargo, esta labor no se puede producir si al mismo tiempo se genera un daño irreparable en el medio ambiente o en los ecosistemas y especies que comparten el mar con los recursos pesqueros.

Instaurado en 1995, en la segunda conferencia de las partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), el enfoque ecosistémico consiste en una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica en forma equitativa.

En el caso pesquero, existen dos tipos de impactos en la gestión de la actividad que deben ser tenidos en cuenta: los relativos al impacto en los fondos y el ecosistema y los relativos al impacto en las especies no objetivo de la pesquería.

Dentro de los primeros, encontramos el posible daño de las artes de pesca en su contacto con el fondo marino o la contaminación que producen los buques pesqueros cuando trabajan, bien por la quema de combustibles fósiles o por los desperdicios que se pudieran generar.

En el segundo de los impactos estaría la captura de juveniles de talla no reglamentaria, la de especies pesqueras de bajo o nulo valor comercial o la de la captura accidental de especies de mamíferos, aves y tortugas marinas capturadas o enredadas en los artes de pesca.

Por lo que se refiere a la eliminación de las capturas no deseadas de ejemplares de talla no reglamentaria, las normativas europea y española, contienen muchas regulaciones técnicas que garantizan que no se capturen esos ejemplares juveniles. El principal reglamento, que regula a nivel europeo este problema, es el Reglamento (UE) n.º 2019/1241 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, sobre la conservación de los recursos pesqueros y la protección de los ecosistemas marinos con medidas técnicas, y por el que se modifican los Reglamentos (CE) n.º 1967/2006 y (CE) n.º 1224/2009 del Consejo y los Reglamentos (UE) n.º 1380/2013, (UE) 2016/1139, (UE) 2018/973, (UE) 2019/472 y (UE) 2019/1022 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan los Reglamentos (CE) n.º 894/97, (CE) n.º 850/98, (CE) n.º 2549/2000, (CE) n.º 254/2002, (CE) n.º 812/2004 y (CE) n.º 2187/2005 del Consejo, conocido como reglamento de medidas técnicas.

Este reglamento regula la forma en la que se pueden capturar y desembarcar los recursos biológicos marinos, la forma en la que se deben utilizar los artes de pesca y las medidas a adoptar para minimizar la interacción de las actividades pesqueras con los ecosistemas marinos. Establece los tamaños de malla y las limitaciones en el uso de las distintas redes, de forma que se garantiza que no se produce una captura significativa de recursos biológicos marinos juveniles. Fija normas de actuación ante la captura de especies no deseadas y protegidas como los mamíferos marinos,

aves marinas y reptiles marinos. Regula la actividad sobre hábitats sensibles, incluidos los ecosistemas marinos vulnerables. Y por último, establece las tallas mínimas de referencia a efectos de conservación.

Conviene mencionar, asimismo, que la reglamentación básica en materia de pesca, el Reglamento (UE) n.º 1380/2013, incluía en su artículo 15 como novedad la obligación de desembarcar todas las capturas de especies sometidas a TAC, de manera que se incentivaba a los armadores a dejar de pescar con artes que capturasen cantidades importantes de juveniles.

Recientemente, con la introducción en nuestro marco normativo de la obligación de desembarque de todas las capturas realizadas por la flota, se produce un avance, aún mayor, en este campo.

Dentro de la reglamentación española, habría que mencionar como un hito importante en aras de la protección de las especies no objetivo la aprobación en enero de 2022 del Plan Nacional para la Reducción de las Capturas Accidentales en la Actividad Pesquera. Este plan viene a reforzar las actuaciones ya emprendidas a nivel estatal en años previos, tales como las medidas incluidas en la regulación del palangre de superficie, Orden AAA/658/2014, de 22 de abril, o las incluidas en la Orden APA/1200/2020, de 16 de diciembre, por la que se establecen medidas de mitigación y mejora del conocimiento científico para reducir las capturas accidentales de cetáceos durante las actividades pesqueras.

Algunos ejemplos de éxito en la recuperación de especies pesqueras importantes para España

Antes de pasar a analizar los retos del sector primario a la hora de contribuir a la economía azul, es bueno detenerse en algunos ejemplos de lo que es posible hacer para que la actividad pesquera sea más sostenible y aporte mucho más valor al conjunto de la sociedad.

El atún rojo sería la primera de las especies que ha tenido una evolución significativa en los últimos años, pudiendo calificar su recuperación como exitosa. En efecto, en 2006, en la reunión anual de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA/ICCAT), se estableció un plan de recuperación para el atún rojo del Este y Mediterráneo que fue reforzado mediante modificaciones en años sucesivos. Este ambicioso plan supuso una reducción inicial de los TAC desde las 32 000 toneladas hasta situarlo en 2010 en tan solo 12 900 toneladas, tras esquivar su inclusión en el anexo II de CITES en ese mismo año. El citado plan incluía muchas medidas tanto de reducción de capacidad como de mejora sustancial en el control de la pesquería y el engorde de atún en jaulas. Como consecuencia de todas esas medidas y el esfuerzo del sector pesquero y la administración, el recurso ha visto aumentada su biomasa hasta niveles nunca vistos, entrando desde 2019 en plan de gestión con una cuota de 36 000 toneladas. En el futuro próximo, cuando se finalicen los trabajos de elaboración de una regla de control de capturas robusta, el nivel de capturas podrá seguir aumentado en línea con la biomasa reproductora que es hoy 3,5 veces mayor que al principio de la aplicación del plan.

El segundo caso de recuperación significativa es de la anchoa del mar Cantábrico. En los años 2005 y 2006 la situación de la anchoa era crítica con capturas muy por debajo de la serie histórica y unos datos de biomasa preocupantes. Durante los siguientes 3 años se cerró por completo la pesquería para dar tiempo a la recuperación de la especie. Poco a poco se fueron aumentando las posibilidades de captura y se diseñó un plan de gestión que ha conseguido llevar a la especie a máximos

históricos de biomasa. Mientras que en 2005 la biomasa estaba por debajo de 20 000 toneladas hoy el valor es de más de 300 000 toneladas, muy superior incluso a los valores previos al colapso.

El tercer caso de éxito es el de la sardina ibérica, especie capturada por la flota española y portuguesa. El exceso de pesca en los años 80, 90 e inicios de este siglo llevaron a la biomasa de esta especie a niveles muy bajos del orden de las 100 000 toneladas. Un estricto plan de recuperación acordado por España y Portugal ha permitido en muy pocos años aumentar la biomasa hasta niveles seguros por encima de las 390 000 toneladas, y ofrecer, de este modo, posibilidades de pesca mejores para la flota.

Estos ejemplos demuestran que una buena gestión es la mejor herramienta para garantizar la sostenibilidad de los recursos pesqueros, muestran la ruta a seguir para la recuperación de todos los stocks pesqueros y hacer de la actividad pesquera un pilar de la economía azul.

LA NECESIDAD DE UNA MEJORA PERMANENTE PARA ALCANZAR UNA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y JUSTA

Para que la economía pesquera contribuya de manera decisiva y justa a la economía azul debe seguir con el proceso de transformación ecológica y mejora emprendida hace ya varios años. En concreto, será necesario responder a los siguientes retos:

1. Producción de proteínas saludables en línea con los objetivos de la estrategia comunitaria "De la granja a la mesa".

2. Desarrollo de un sector en armonía con el medioambiente en línea con los objetivos de la Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad de aquí a 2030.

3. Integración de las distintas políticas con la política pesquera y viceversa.

Procederemos, a continuación, a detallar cada uno de estos retos.

Retos de la producción sostenible de proteínas de origen marino

La estrategia "De la granja a la mesa" lanzada por la Comisión en mayo de 2020, es una de las iniciativas clave en el marco del Pacto Verde Europeo. Pretende contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050 y la evolución hacia un sistema alimentario de la UE que sea sostenible.

En materia pesquera, la estrategia promueve un cambio sustancial hacia una producción más sostenible de productos pesqueros, lo que debería redundar en una mejora de los rendimientos económicos del sector productor.

Para alcanzar esa producción más sostenible se invita a la Comisión y a los estados a conseguir el objetivo de rendimiento máximo sostenible para todos los *stocks*. En especial será necesario hacer esfuerzos en aguas del Mediterráneo, donde todavía el nivel de explotación de los recursos es excesivo. Es de esperar que el plan de recuperación de los recursos demersales aprobado en 2019 permita alcanzar antes de 2025 ese buen estado de estos.

Además, a lo largo de 2022 se debería evaluar el riesgo que supone para el ecosistema y los recursos pesqueros el cambio climático.

Uno de los pilares que se pretende usar para esta mejora es la revisión de las normas y regulaciones de control de la pesca que debería ayudar a luchar contra la pesca ilegal, y mejorar en la lucha contra el fraude y la trazabilidad.

Desde el punto de vista de los recursos, ya hemos visto que el trabajo en aguas del At-

lántico está prácticamente terminado. Si bien todavía quedan algunos *stocks* que necesitan una mejora en los próximos años, el grueso de las capturas ya se obtiene de recursos gestionados de forma adecuada.

En el Mediterráneo, la reducción de hasta un 40 % en el esfuerzo pesquero de la flota de arrastre hasta 2025 que se estableció mediante el plan de gestión con el reglamento (UE) 2019/1022 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de junio de 2019, por el que se establece un plan plurianual para la especies demersales en el Mediterráneo occidental y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 508/2014, debería ser suficiente para mejorar el patrón de explotación y recuperar los recursos demersales. De hecho, como ya hemos visto, las biomasas de esos recursos mediterráneos ya han experimentado un aumento significativo.

A pesar del enorme esfuerzo de ajuste que ya ha realizado la flota española en los últimos años para adecuar su capacidad a la realidad de los recursos pesqueros disponibles, es necesario seguir ahondando en esa reconversión retirando más unidades obsoletas, muy especialmente en el Mediterráneo donde el desajuste es mayor. Para ello, se deberían habilitar las líneas de ayuda al desguace que tiene prevista el Fondo Europeo Marítimo de Pesca y de Acuicultura (FEMPA).

Hacia una pesca más sostenible medioambientalmente

Ya hemos visto que la sostenibilidad de la actividad pesquera no se basa solamente en la explotación de los recursos objetivo, sino también en el respeto de una actividad que tenga en cuenta el resto del ecosistema.

La Comisión Europea, también dentro del marco del Pacto Verde Europeo, publicó la Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad de aquí a 2030, con el objeto de "reintegrar la naturaleza en nuestras vidas". Como bien reconoce la Comisión, la recuperación de las poblaciones marinas podría suponer un aumento de los beneficios al sector de los productos pesqueros en más de 49 000 millones de euros anuales. Se trata, por tanto, de una estrategia que al tiempo que protege nuestra naturaleza generará unos beneficios para el propio sector pesquero y para la economía azul.

Además, la biodiversidad es fundamental para salvaguardar la seguridad alimentaria, en especial la procedente de proteína marina, como es el pescado, que es de las más saludables y una de las que menor huella de carbono tiene para su producción.

El principal objetivo de esta Estrategia es garantizar que en 2050 todos los ecosistemas europeos se hayan recuperado, sean resilientes y estén adecuadamente protegidos, siendo 2030 el primer escalón en ese camino. Por lo que respecta a la actividad pesquera y a los ecosistemas marinos, la Estrategia tiene como primer punto, la ampliación de los espacios protegidos en la UE hasta alcanzar un 30 % de la superficie marina de la que al menos el 10 % deberá contar con una protección estricta. España ya cuenta con más del 12 % de su superficie marina protegida, lo que es una cifra importante. Además, se ha comprometido a alcanzar en 2025 un 25 % de la superficie protegida, avanzando al máximo la consecución del objetivo fijado para 2030. Esta ampliación de áreas protegidas va a significar una reducción de las zonas de trabajo de la flota pesquera, que tendrá que desplazarse a otros caladeros, debe tener una buena base científica para su designación, acompañarse de los estudios de impacto socioeconómico correspondientes y del diseño de unos planes de gestión adecuados.

No obstante, el efecto beneficioso de la protección de una zona ya se ha demostrado con creces en las Reservas Marinas de Interés

Pesquero. Las doce Reservas Marinas de competencia estatal, complementadas con las de competencia autonómica, ayudan de manera significativa a la recuperación del ecosistema en su entorno y los recursos biológicos presentes, al tiempo que recuperan los caladeros en los que está inserta por efecto de la dispersión de las especies cuya reproducción se ha protegido en la misma.

La Estrategia europea invita a reforzar la aplicación de un enfoque de gestión ecosistémica con arreglo a la legislación de la UE, de manera que se reduzcan los efectos negativos de la pesca, las actividades extractivas y otras actividades humanas, muy especialmente sobre las especies sensibles (mamíferos marinos, aves marinas, tortugas marinas y otras especies protegidas como ciertos tiburones y rayas) y sobre los hábitats de los fondos marinos.

La Comisión debe sacar en breve un plan de acción para conservar los recursos pesqueros y proteger los ecosistemas marinos que, entre otros fines, buscará medidas para limitar el uso de los artes de pesca que más impactan sobre el medio marino, en particular, en los fondos marinos.

Uno de los mayores problemas que tiene la actividad pesquera es el uso de artes que, en contacto con el fondo, pueden resultar dañinos. Esos mismos artes, utilizados de manera adecuada y sobre fondos donde no existan ecosistemas vulnerables, son una manera óptima de obtener proteína de calidad. Así, el arrastre realizado sobre fondos de arena o fango permite la pesca de especies tan importantes como la gamba o el lenguado, mientras que ese mismo arrastre sobre fondos de fanerógamas marinas o coralígenos, supone una degradación del ecosistema que, hoy en día, no puede ser aceptada.

En este sentido, conviene señalar que el sector pesquero, junto con organismos científicos de reconocido prestigio, como es el Instituto Español de Oceanografía, y las administraciones pesqueras, ha ayudado en los últimos años a cartografiar los mares para identificar las zonas vulnerables y, en algunos casos, la propia flota europea ha sido proactiva a la hora de cerrar zonas a la pesca cuando ha sido necesario. Esto también ha contribuido a identificar zonas sostenibles para la pesca de fondo. Como resultado, hoy en día las flotas operan sobre todo en hábitats de fondos marinos arenosos y con un alto impacto de oleaje, que son capaces de soportar este tipo de esfuerzo pesquero.

Por otro lado, en los años más recientes, el sector pesquero ya ha estado trabajando en proyectos que ayuden a minimizar el impacto del arrastre mediante el uso de puertas voladoras y redes más ligeras que minimizan el contacto con el fondo marino. Con este tipo de arte mejorado se consigue una reducción del impacto en los fondos, al mismo tiempo que se ahorran costes de operatividad al reducir el combustible necesario para arrastrar un arte más ligero, mejorando la eficiencia energética de los motores de los barcos.

España cuenta con 770 buques de arrastre en aguas españolas y otros 45 en aguas de la UE. Esta flota debe de seguir trabajando en la búsqueda de soluciones a los impactos que producen sobre el fondo y garantizar en el futuro que su actividad se realiza tan solo sobre aquellos lugares en los que el impacto sea mínimo. Además, una adecuada capacidad pesquera significa que los tiempos de arrastre en una misma zona se reducen, dando tiempo a la recuperación de esta antes de volver a tener un impacto. En el caso del tipo de arrastre mayoritariamente usado por la flota española (arrastre de puerta OTB), el tiempo necesario para que una zona se recupere de los efectos del arrastre es menor que el que se produce con otras artes más agresivas.

Para seguir avanzando en este objetivo, el sector pesquero cuenta con líneas especí-

ficas dentro del Fondo Europeo Marítimo y de Pesca que tienen como objetivo apoyar la transición hacia técnicas de pesca más selectivas y menos perjudiciales.

Por otro lado, la política europea y nacional, además de la Estrategia 2030, preconizan que se debe eliminar las capturas incidentales de especies en peligro de extinción y las capturas incidentales de otras especies sensibles o, si esto no es posible, reducirlas a un nivel que permita una recuperación total y no se pongan en peligro sus poblaciones. El gobierno de España, como ya se ha comentado, ha aprobado en marzo de 2022 un Plan Nacional para la Reducción de las Capturas Accidentales en la Actividad Pesquera. Este plan tiene como objetivo reducir al máximo las capturas accidentales de cetáceos, aves y tortugas marinas que caen accidentalmente en los artes de pesca de la flota española, no solo en las aguas nacionales sino también en todas las aguas donde operen.

A lo largo de los últimos años, el sector ya ha venido modificando la forma de trabajar o de usar los artes de pesca que han tenido un impacto positivo en la reducción de la captura accidental. Por ejemplo, la flota de palangre del Mediterráneo ha cambiado su modo de trabajo hacia un palangre de mayor profundidad, lo que ha supuesto una significativa reducción de la captura accidental de tortugas marinas hasta unas 3000 frente a valores de unas 9000 en los inicios del presente siglo, pero, sobre todo, ha supuesto una reducción muy significativa de la mortalidad asociada. Por su parte, la flota de palangre de superficie en aguas internacionales aplica desde hace varios años una serie de medidas contenidas en el artículo 19 de la Orden AAA/658/2014, de 22 de abril para mitigar la captura de aves y tortugas marinas.

Más recientemente, mediante la Orden APA/1200/2020, de 16 de diciembre, por la que se establecen medidas de mitigación y mejora del conocimiento científico para reducir las capturas accidentales de cetáceos durante las actividades pesqueras, se han implantado en las flotas del Cantábrico y Noroeste la obligación del uso de dispositivos acústicos para la reducción de las capturas de delfines, que venían presentando un repunte en la mortalidad por pesca.

Sin embargo, todavía queda trabajo por hacer para reducir las capturas accidentales de especies tan emblemáticas como la marsopa ibérica (*Phocoena phocoena*), la pardela balear (*Puffinus mauretanicus*) –ambas en peligro de extinción–, o el cormorán moñudo (*Phalacocorax aristotelis*) –en la categoría de vulnerable–.

Ese trabajo deberá de hacerse sobre la base de la mejor información científica y tras probar los distintos dispositivos que ayuden a reducir la mortalidad y el daño a las especies sensibles, sin que por ello supongan una pérdida significativa de los ingresos de los pescadores. Una tarea compleja pero necesaria para dotar de sostenibilidad a la actividad en su más amplio sentido

Por otro lado, es necesario que se apliquen medidas de gestión de la pesca en todas las zonas marinas protegidas con arreglo a objetivos de conservación claramente definidos y sobre la base de los mejores dictámenes científicos disponibles. España cuenta para ello con un proyecto LIFE, denominado INTEMARES, liderado por la Fundación Biodiversidad y en el que participan el sector pesquero (CEPESCA), las ONG, científicos y las administraciones Estatal y de la Junta de Andalucía. Este proyecto, persigue conseguir una red de espacios marinos Natura 2000 gestionada de forma eficaz, con la participación activa de los sectores implicados y la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones. Los cinco ejes de trabajo son: investigación, conservación, seguimiento y vigilancia, participación y formación y,

por último, comunicación, sensibilización y educación ambiental.

Es necesario dotar a todos los espacios marinos protegidos de unos planes de gestión adecuados y con unos sistemas de vigilancia y seguimiento que los conviertan en verdaderas herramientas en la protección del medio marino y no en simples zonas protegidas en el papel, pero no en la realidad.

Para poder acometer un futuro sostenible, las actividades humanas deben de ser circulares en el sentido de reducir, reutilizar y reciclar los materiales que le son propios. En la actividad pesquera se utilizan muchos materiales en la construcción de las redes que, si son eliminados o perdidos en el medio marino, pueden suponer un serio problema para el medioambiente y la fauna marina. Según los últimos estudios, unas 100 000 toneladas anuales de plásticos procedentes de las redes de pesca de la flota industrial acaban perdidos en el mar. Esta cantidad parece pequeña si se la compara con los 4,8-1,7 millones de toneladas procedentes de fuentes terrestres que terminan en los mares, pero los esfuerzos en evitar estas prácticas no deben menoscabarse.

Así, el sector pesquero español ya se encuentra trabajando en proyectos para minimizar el impacto de las artes usadas y continúa apostando por la economía circular. A finales de 2020, la Confederación Española de Pesca (CEPESCA) puso en marcha el proyecto RED-USE, que se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y cofinanciado por el FEMP, con un triple objetivo: fomentar la transición del sector pesquero a los retos de la directiva europea sobre plásticos de un solo uso (SUP), impulsar el ecodiseño de las artes de pesca y definir una propuesta de sistema de gestión para la recogida, tratamiento y procesamiento sostenible de los residuos derivados de las artes y aparejos de pesca, recogidos en la actual Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular.

Gracias a esta iniciativa, se ha desarrollado el primer diagnóstico de país sobre gestión de artes y aparejos que existe, contemplando toda la diversidad de flotas y caladeros. Por otro lado, se ha conseguido establecer el potencial de reciclaje de redes presentes en las principales modalidades y un protocolo de gestión de estos residuos.

En la actualidad se está llevando a cabo el proyecto RED-USE II, que da continuidad al anterior y con el que se avanza en la implantación de estos protocolos en puertos españoles, así como se trabaja en dar una segunda vida a los residuos recogidos, con su conversión en mobiliario urbano, entre otros. Así, se ha firmado un acuerdo de colaboración entre GRAVITY WAVE y CEPESCA para avanzar en el tratamiento y revalorización posterior de las redes y aparejos de pesca al final de su vida útil para transformarlos en productos de diseño como mobiliario urbano o muebles con larga vida útil y alto valor sostenible, a través de un proceso de economía circular.

Asimismo, algunas flotas de España y Portugal colaboran con varios proyectos como MARES CIRCULARES, de Coca-Cola, o Upcycling The Oceans, de Ecoalf, en la recogida de residuos de los fondos marinos o en el proyecto Fishing For Litter, dentro del proyecto Europeo BLUE NET, en el Golfo de Vizcaya.

No podemos dejar de mencionar el impulso que han adquirido en los últimos años las certificaciones privadas y normas estandarizadas, como herramientas útiles para garantizar la sostenibilidad medioambiental de determinadas pesquerías y, además, poner en valor esos productos pesqueros que compiten en un mercado cada vez más globalizado. En muchos casos se va incluso más allá de los

aspectos puramente ambientales, abordando también aquellos que tienen que ver con las condiciones higiénico-sanitarias, laborales y el control de la actividad pesquera.

Para terminar, conviene analizar el papel de la pesca en la lucha contra el cambio climático y la reducción de la huella de carbono. Por un lado, estaría el impacto en los sumideros de carbono que pueden producir las actividades pesqueras como el arrastre al remover los fondos marinos. Por otro, el uso de combustibles fósiles lleva a la producción de CO_2, que contribuye al aumento de las emisiones.

Respecto al primer problema, el desarrollo de artes de arrastre más ligeros y que eviten el contacto profundo con los fondos podrá ayudar a reducir ese impacto en los sumideros de carbono. Es importante señalar que la pesca es una de las formas de obtener proteína animal con una menor huella de carbono. Dependiendo de la especie y el arte de pesca, el valor de toneladas de CO_2e/por tonelada de pescado varía desde las 0,55 tCO_2e/toneladas de pescado para la caballa con arrastre hasta las 25 tCO_2e/Tn. para la cigala con ese mismo arte (datos obtenidos del estudio de Ibarren y colaboradores). Para la pesca de atún, que supone un 25 % de las capturas de la flota española, la huella varía entre las 1,1 y las 5,27 tCO_2e/Tn. para la pesca con grandes pesqueros congeladores. En líneas generales, la huella de carbono del pescado es bastante menor que la de otras proteínas de origen animal, como la carne de vacuno o el cordero, y similar a la del pollo.

Los objetivos que Europa pretende alcanzar de reducir el 55 % de los niveles de emisión de gases de efecto invernadero de aquí a 2030 se han cumplido ya en gran medida por el sector pesquero, ya que las emisiones se han reducido en un 48 % desde los años 90 con la mejora de la eficiencia de los motores y la reducción en el número de unidades, y el consumo de combustible se ha reducido en un 17 % de 2009 a 2017.

Los costes de combustible suponen por término medio un 40 % de los costes de explotación de las empresas pesqueras, si bien en la situación actual de crisis energética llega a alcanzar el 60 % de los mismos, por lo que el incentivo para su reducción está ya dentro del ADN del sector.

La flota pesquera es un segmento de muy difícil descarbonización, al margen de lo conseguido hasta ahora, debido a la gran autonomía que precisa su actividad, que solo es posible hoy en día con el uso de hidrocarburos de alta densidad energética. El desarrollo de combustibles alternativos está muy retrasado en cuanto a su producción, distribución y tecnología necesaria para su almacenamiento. Todos los que se están estudiando (hidrógeno, LNG, LPG, amoníaco, metanol, etanol, etc.) necesitan instalaciones especiales, que requerirían el diseño de nuevos buques pesqueros específicos para cada tipo de energía, lo que resulta inviable actualmente, sobre todo en el caso de los buques de menor tamaño, que no cuentan con el espacio necesario para ese tipo de instalaciones a bordo. Se necesita un esfuerzo mayor por parte de las administraciones para incentivar las inversiones de las empresas pesqueras en mejorar la eficiencia energética de los motores y las inversiones en el desarrollo de tecnologías que permitan el uso de combustibles más neutros, como los biocombustibles.

En el caso español, ya se están realizando pruebas para probar velas rígidas que ayuden a la navegación y reduzcan el consumo de gasoil, al menos en los desplazamientos, gracias a un proyecto con financiación de la UE, a través del Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP) y tiene como objetivo cumplir los objetivos de la reducción del impacto medioambiental de la actividad pesquera.

La pesca y el resto de las actividades en el campo de la economía azul

La actividad pesquera es una de las muchas que se desarrollan en el medio marino. Una de las más conocidas y que comparte espacio con otras como el transporte marítimo, la producción de energía, la minería o el turismo, por citar solo algunas de ellas. En el Informe de la economía azul de la UE 2021 la pesca se engloba dentro del sector de recursos marinos vivos, como subsector de producción primaria, y junto con otros subsectores, como son el procesamiento y la distribución de los productos pesqueros. En dicho informe se señala que, si bien la economía azul en España está liderada por el turismo costero, que contribuyó con el 78,6 % de empleos y el 72,3 % de GVA ("Valor Agregado Bruto", en español) en 2018, el sector de recursos vivos es también un importante contribuidor con el 12,5 % de empleos y el 11 % de GVA.

Y dentro de la UE, España lidera el primer puesto en el ranking en términos de GVA en cuanto al sector de recursos marinos y el turismo costero, generando el 19 % y 30 % del total de la UE, respectivamente.

En la Tabla 7 se muestra la evolución de los distintos sectores en España desde 2009 hasta 2018 en términos de miles de personas empleadas y de GVA.

En muchos casos, unas actividades pueden tener efectos negativos en otras y en no pocas ocasiones se dan casos de sinergias entre ellas. Por ejemplo, dentro de las negativas, conviene señalar la instalación de cables submarinos, parques eólicos o derrames de crudo en plataformas, que durante su transporte pueden afectar a los caladeros donde faena la flota (como cuando se produjo el desastre del Prestige en 2002). Entre las positivas, se puede mencionar la sinergia entre la pesca costera y el turismo, siendo actividades que se complementan.

Para que exista una correcta cohabitación es necesaria una ordenación del espacio marítimo liderada por las autoridades competentes, mediante el análisis y organización de las distintas actividades humanas en las zonas marinas con el fin de alcanzar objetivos ecológicos, económicos y sociales que sean beneficiosos para todos los sectores.

España ha publicado recientemente el documento *Planes de Ordenación del Espacio Marítimo*, cuyo objetivo es el de establecer los objetivos específicos de ordenación en cada demarcación marina, teniendo en cuenta los objetivos ambientales de las Estrategias Marinas y los objetivos de la planificación sectorial. Todo ello teniendo presentes los aspectos económicos, sociales y medioambientales para apoyar el desarrollo y el crecimiento sostenibles en los sectores marítimos, aplicando un enfoque ecosistémico, que promoverá la coexistencia de las actividades y usos pertinentes y el reparto socialmente equitativo del acceso a los usos. Además, esos planes deberán contribuir al desarrollo sostenible de los sectores marítimos, entre otros, la pesca, la acuicultura, el turismo, el patrimonio histórico, el transporte marítimo, y los aprovechamientos energéticos y de materias primas en el mar, sin menoscabo de la conservación, protección y mejora del medio ambiente marino, incluida la resiliencia a los efectos del cambio climático (conforme al art. 5 del Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo).

Desde el punto de vista de la pesca, el documento fija como objetivo el garantizar una actividad pesquera socioeconómicamente rentable a largo plazo, teniendo en cuenta los aspectos medioambientales (enfoque ecosistémico de la pesca) y el mantenimiento del sector pesquero profesional, en especial el segmento artesanal, en las poblaciones donde se asientan, con el objetivo secundario de garantizar el suministro de proteína y fijar

Tabla 7. Evolución de los sectores establecidos en la economía azul.

España	Periodo									
Personas empleadas (en miles)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Recursos vivos	139,9	134,4	126,8	119,5	115,3	114,6	114,2	113,8	116,5	115,9
Recursos materiales	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Energía marítima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Actividades portuarias	51,8	45,5	43,2	40,2	38	37,5	38,9	37,3	39,7	41,7
Astilleros	28,5	25,6	24,3	23,6	21	21,5	22,7	23,8	24,9	26,5
Transporte marítimo	13	12,7	12,4	12,2	12	11,8	12,1	12,7	13,2	14,4
Turismo costero	660,3	602,4	575,9	528,9	555,4	523,4	539,6	597,1	629,9	729,7
Empleo en la economía azul	888,6	820,7	782,7	724,5	741,9	708,9	727,4	784,8	824,3	928,4
Empleo nacional	18 957	18 574	18 271	17 477	17 022	17 211	17 717	18 183	18 649	19 136
Economía azul (% respecto empleo nacional)	4,7 %	4,4 %	4,3 %	4,1 %	4,4 %	4,1 %	4,1 %	4,3 %	4,4 %	4,9 %
GVA (millones de euros)	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Recursos vivos	3088	3125	3207	2930	3063	3332	3239	3501	3678	3650
Recursos materiales	10	13	13	18	40	27	14	14	14	10
Energía marítima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Actividades portuarias	3596	3428	3346	3236	3015	2990	3116	306	3278	3518
Astilleros	1253	14468	1182	1159	862	1135	945	884	830	1043
Transporte marítimo	783	826	728	744	727	757	872	949	978	930
Turismo costero	18 370	16 971	16 510	14 855	16 065	15 506	17 037	18 537	20 263	23 940
GVA de la economía azul	27 100	25 832	24 986	22 941	23 772	23 745	25 224	26 944	29 040	33 092
GVA nacional	1 002 045	985 479	980 239	948 339	932 448	939 949	978 496	1 010 688	1 053 191	1 087 968
Economía azul (% de empleo nacional)	2,7 %	2,6 %	2,5 %	2,4 %	2,5 %	2,5 %	2,6 %	2,7 %	2,8 %	3,0 %

población. Además, para la acuicultura, el documento indica que se debería simplificar el marco legal y administrativo para reducir los plazos de otorgamiento de las nuevas autorizaciones, reforzar la competitividad del sector a través de la I+D+i, e incrementar la producción acuícola española a partir de la mejora de la planificación sectorial y selección de nuevos emplazamientos.

Uno de los objetivos de ordenación, por lo que respecta a la actividad pesquera, es el de minimizar la afección de las diferentes actividades humanas sobre los caladeros y zonas de pesca, con especial atención a las pesquerías tradicionales. En este sentido, hay que señalar el conflicto que desde hace poco tiempo enfrenta al sector de la energía con el de la actividad pesquera en aguas del Cantábrico-Noroeste y del Mediterráneo ante los nuevos proyectos de desarrollo eólico marino, tan importantes en su papel de alcanzar la neutralidad en materia energética.

En efecto, los proyectos presentados hasta la fecha lo han sido en zonas tradicionales de pesca y sin apenas diálogo con el sector pesquero, lo que ha exacerbado el problema. En el futuro va a ser necesario mucho diálogo para evitar que estos proyectos de energía renovable, tan necesarios para España, se puedan hacer en zonas que no impacten a la actividad pesquera tradicional, o al menos que el impacto sea mínimo.

Pero el reto propuesto por la UE es muy importante. Con el objetivo de convertirse climáticamente neutral en 2050, la UE estima que la energía eólica marina debería aportar el 30 % de la demanda eléctrica de los Estados miembros, con un incremento desde los 12 GW actuales de capacidad eólica marina hasta un objetivo de 300 GW en 2050. Esto supondría multiplicar por 15 el espacio marino dedicado a la energía eólica.

Por su parte, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico tiene entre sus metas que, para 2030, haya hasta 3 GW de potencia instalada en eólica marina. Su instalación en aguas del Cantábrico-Noroeste necesariamente se deberá hacer en una plataforma continental muy estrecha donde trabaja la flota pesquera, siendo el espacio disponible muy escaso y con una intensa actividad pesquera (4584 unidades, que suponen el 52,5 % de la flota española, opera en este caladero). La flota afectada ha firmado en noviembre de 2021 un manifiesto en Burela en el que los pescadores reconocen su apoyo a la descarbonización y la implementación de energías renovables limpias que reduzcan las emisiones de CO_2, pero indican que los proyectos de implantación de energía eólica marina propuestos en esa zona no son compatibles con los usos existentes.

Y lo mismo ocurre en el Mediterráneo, donde hay que añadir la peculiaridad de que se trata de un mar semicerrado con una gran biodiversidad y, a la vez, una gran fragilidad ecológica, debido a que se encuentra sometido a múltiples presiones humanas y en el que desarrollan en el litoral español un número de 2304 barcos, que suponen el 26 % de la flota española. La principal flota afectada firmó en enero de 2022 también un manifiesto en el que reclama que cualquier medida que se adopte debe respetar la biodiversidad y la actividad pesquera en sus condiciones actuales, garantizando la no afección a caladeros históricos y tradicionales.

Queda, pues, mucho trabajo para poder compaginar en el medio marino la necesidad de desarrollo de la energía renovable con la actividad pesquera.

CONCLUSIONES

La actividad pesquera es uno de los pilares fundamentales de la economía azul. Tan solo podrá tener futuro si es una actividad medioambientalmente sostenible, socialmen-

te justa y económicamente viable. El sector pesquero es el primer interesado en garantizar la sostenibilidad de los recursos, pues de ello depende su actividad.

Ya se ha realizado un enorme esfuerzo en los últimos años para conseguir que los recursos pesqueros estén dentro de los parámetros de la sostenibilidad medioambiental, al tener la mayoría de los *stocks* explotados por la flota española dentro del rango de RMS. Todavía hay que trabajar en los recursos que aún están fuera de los valores de seguridad, como ocurre sobre todo en los del Mediterráneo. Para ello, será necesario continuar avanzando en la búsqueda de artes más selectivas, que eliminen la captura de inmaduros, y en el ajuste de la capacidad de flota en aquellas áreas de pesca que así lo requieran.

En cuanto a la sostenibilidad del ecosistema, a lo largo de los próximos años se deberá potenciar el dialogo entre los diversos actores en la economía azul para alcanzar una superficie marina protegida que llegue el 30 % de los mares. El proyecto LIFE INTEMARES, cuya finalización está prevista para 2024, debería tener una continuidad para afianzar todo el trabajo realizado y completar la enorme tarea de compaginar el crecimiento azul en materia de pesca y acuicultura y la protección efectiva del medio ambiente.

En materia de captura accidental de especies protegidas, aunque se ha mejorado, es necesario llevar a cabo un trabajo conjunto entre los pescadores, las ONG, los científicos y la administración pesquera y medioambiental para identificar los problemas existentes y las potenciales soluciones. Para ello, se deberá desarrollar en todo su potencial el recientemente aprobado Plan Nacional para la Reducción de las Capturas Accidentales en la Actividad Pesquera.

Desde el ámbito científico se debe seguir con la búsqueda de nuevas técnicas pesqueras que minimicen el impacto. Por ejemplo, mediante el incremento de los buques que utilicen redes de arrastre más ligeras y con puertas pelágicas. Con el diseño de cebos artificiales que eviten el uso de recursos pesqueros para la captura en las flotas de palangre. Con el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación para evitar el impacto en zonas protegidas. Con el uso de boyas inteligentes que permiten diferenciar las especies y dispositivos de agregación de peces biodegradables, etc.

Por lo que se refiere a los residuos marinos, el sector debe de seguir trabajando en la solución al problema de los artes perdidos y en la recuperación mediante reciclaje de los que lleguen al final de su vida útil. Para ello se debería potenciar el Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca que dispone de una línea específica para alentar la economía azul sostenible de 14 460 000 €.

La descarbonización del sector es, quizás, el problema de mayor complejidad dentro de la transición ecológica del sector. Es un campo en el que la investigación debe de seguir avanzando para conseguir cuanto antes fuentes de energía limpias a coste razonable y que no supongan un cambio sustancial en las dimensiones de la flota. Tan solo con un decidido apoyo público a la I+D+i en este campo se podrá alcanzar esa meta tan ambiciosa de la neutralidad en 2050.

En materia de energía, será necesario conciliar las posturas antagónicas que hoy en día existen entre el sector primario de la pesca y el desarrollo de la eólica marina para que los proyectos de generación energética marina tengan en cuenta las necesidades de espacio para la generación de proteínas de primera calidad como el pescado y el marisco.

BIBLIOGRAFÍA

European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Facts, and figures on the common fisheries policy: basic statistical data: 2020 edition. Luxemburgo: Publications Office of the European Union; 2020.

Cifras EUROSTAT 2020 [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20201016-3

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). The EU Fish Processing Sector. Economic Report (STECF-19-15). Luxemburgo: Publications Office of the European Union; 2019.

COM(2022) 253 final COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO. Hacia una pesca más sostenible en la UE: situación actual y orientaciones para 2023.

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). Monitoring of the performance of the Common Fisheries Policy (STECF-Adhoc-22-01). Luxemburgo: Publications Office of the European Union; 2022. ISBN 978-92-76-51702-3.

Eurostat (2022). Sustainable development in the European Union. Monitoring report on progress stowards the SDGs in an EU context. 2022 edition; 2020 [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/ks-09-22-019.

Comunicación de la comisión al parlamento europeo y al consejo. Hacia una pesca más sostenible en la UE: situación actual y orientaciones para 2021. COM (2020) 248 final.

FAO. Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma: FAO; 2022.

Goñi R, Quetglas A, Reñones O (en prensa). Spillover of lobster Palinurus elephas (Fabricius 1787) from a Western Mediterranean marine reserve. Marine Ecology Progress Series; 2006;308:207-219.

Hiddink JG, Jennings S, Sciberras M, Szostek CL, Hughes KM, Ellis N, Rijnsdorp AD, Kaiser MJ. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. PNAS. 2017;114:8301-8306.

Báez JC, García-Barcelona S, Camiñas JA, Macías D. Fishery strategy affects the loggerhead sea turtle mortality trend due to the longline bycatch. Fisheries Research. Abril 2019;212:21-2.

Kuczenski B, Poulsen CV, Gilman EL, Musyl M, Geyer R, Wilson J. (2021). Plastic gear loss estimates from remote observation of industrial fishing activity. Fish and Fisheries. 2022;23:22-33.

Jambeck JR, Andrady A, Geyer R, Narayan R, Perryman M, Siegler T, Wilcox C, Lavender Law K. Plastic waste inputs from land into the ocean. Science. 2015;347:768-771.

Iribarren D, Vázquez-Rowe I, Hospido A, Moreira MT, Feijoo G. Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). Science of the Total Environment. 2010;408(22):5284-5294.

Tan R, Culaba A. Estimating the Carbon Footprint of Tuna Fisheries. WWF Bin Item. 2009.

Poore J, Nemecek T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science. 2018;360:987-992.

European Commission. The EU Blue Economy Report. 2021. Publications Office of the European Union. Luxemburgo. 2021.

NUEVO PARADIGMA DEL TURISMO COSTERO EN LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL

Lluís Miret Pastor

Es empezar con una obviedad decir que el turismo costero ha jugado y juega un papel determinante en la economía española, incluso si afirmo que su papel va más allá de las cifras de empleo o de la riqueza generada. El auge del turismo costero supuso un cambio cultural, demográfico, social, paisajístico… En especial en el Mediterráneo y en las Canarias, la llegada del turismo masivo supuso una transformación que dejó pocas familias y lugares sin cambiar. Sin embargo, en muchas zonas, el inicio de esta transformación se produjo hace más de sesenta años y desde entonces el sector turístico costero no ha parado de crecer y de consolidarse. Junto a indudables aspectos transformadores y positivos, el turismo costero, como modelo paradigmático del turismo de masas, ha venido acompañado también de excesos y de problemas sociales y ambientales que ni siquiera eran considerados en sus inicios.

El sector turístico es un sector en continua evolución, pero los cambios parecían haberse acelerado, como mínimo, desde mediados de los noventa, empujados en buena medida por la aparición y popularización de nuevas tecnologías. En el momento actual, la sensación de cambio de ciclo es incluso mayor por la reciente crisis del COVID-19, cuyas consecuencias coyunturales fueron dramáticas, pero cuyas consecuencias estructurales aún están por ver. Es más que posible que una crisis de esta magnitud marque un antes y un después para el sector turístico.

El turismo costero está en plena transformación. Hace unos años, hubiésemos hablado de turismo de sol y playa, o incluso hubiésemos nombrado aquello del turismo de las tres "s", refiriéndonos a *sun* y *sand*, para luego discutir si la tercera se la asignábamos a la sangría o al *sex*. Este modelo turístico por supuesto no ha desaparecido, sigue estando presente tanto en nuestras costas, como en el imaginario de mucho turista europeo. Sin embargo, lo cierto es que el turismo de costa español lleva años tratando de adaptarse a un cambio de paradigma. Una adaptación que pasa por conceptos como "calidad", "sostenibilidad" o "inteligencia turística", pero también por la apertura a nuevos mercados y a nuevos productos turísticos. Este cambio ha imbuido toda la política turística de los últimos años, es más, hay que situarlo en un intento de cambio de modelo productivo auspiciado por las políticas europeas.

El turismo de sol y playa hoy queda enmarcado en el turismo costero; pero el turismo costero a su vez queda enmarcado en la llamada "política marítima integrada". Un enfoque cada vez menos sectorial y más holístico. Lo mismo que sucede con estrategias como la de "crecimiento azul" o conceptos como la "economía azul". En todo caso, hay que entender estas políticas y estrategias en el

marco de la denominada transición ecológica y del Pacto Verde Europeo.

Desarrollo y sostenibilidad van de la mano en todo este tipo de políticas y estrategias, en las que el turismo costero es explícita y continuamente nombrado tanto por su importancia en términos absolutos de empleo y riqueza, como por sus evidentes impactos medioambientales. De hecho, el turismo costero ha sido objeto de múltiples análisis. La Comisión Europea (2014) establece que los tres principales retos que debe afrontar son:

1. Estimular el rendimiento y la competitividad.
2. Fomentar las capacidades y la innovación.
3. Reforzar la sostenibilidad.

En este último reto, el informe de la Comisión señalaba algunos de los principales desafíos ambientales a los que el turismo costero debía dar respuesta. El turismo costero depende en buena medida de contar con un entorno natural cuidado, atractivo y en buen estado. Las actividades turísticas suelen concentrarse, geográficamente, en zonas densamente pobladas y, temporalmente, en periodos muy concretos; y esto acaba provocando incrementos insostenibles de la demanda de agua, del volumen de residuos o de las emisiones por parte del transporte, a lo que se suma el riesgo de sellado del suelo, de la degradación de la biodiversidad o de la eutrofización. Sin embargo, el carácter multisectorial del turismo siempre dificulta especificar y cuantificar sus efectos medioambientales.

Llegados aquí es preciso realizar una matización conceptual. Estrictamente hablando, podríamos considerar que turismo costero es aquel que se realiza en la costa (el turismo de sol y playa, por ejemplo), pero habría que considerar que aquel que se realiza principalmente en el mar debería ser considerado turismo marítimo (el turismo de cruceros o el náutico, por ejemplo). En realidad, esta diferenciación teórica no tiene excesiva importancia práctica y en las estadísticas se consideran conjuntamente ambos tipos de turismo. Así pues, en este análisis y siguiendo la estela de otros anteriores, englobamos el turismo marítimo dentro del turismo costero.

Este capítulo tratará de abordar el nuevo paradigma del turismo costero en la transición ecológica y el desarrollo de la economía azul. Con este objetivo, iniciamos el análisis describiendo el papel que juega el turismo costero dentro de la economía azul; a continuación, nos centramos en la necesidad del turismo costero de avanzar hacia la sostenibilidad; posteriormente, nos centramos en su necesaria transición ecológica y digital, para lo cual analizamos tres conceptos clave: el turismo inteligente, la economía circular y la huella de carbono; por último, analizamos el cambio en el turismo costero desde el punto de vista de los productos turísticos, donde nos centramos en dos: el turismo de cruceros y el turismo pesquero. A partir del análisis propuesto, se plantean las conclusiones del informe.

EL TURISMO COSTERO DENTRO DE LA ECONOMÍA AZUL

La Comisión Europea, en sus informes anuales sobre economía azul (EC, 2022), enumera lo que denomina los siete sectores consolidados de la economía azul:

1. Recursos vivos marinos.
2. Recursos no vivos marinos.
3. Energía marina renovable.
4. Actividades portuarias.
5. Construcción y reparación naval.
6. Transporte marítimo.
7. Turismo costero.

Hay que indicar que la propia UE completa la lista de sectores de la economía azul con

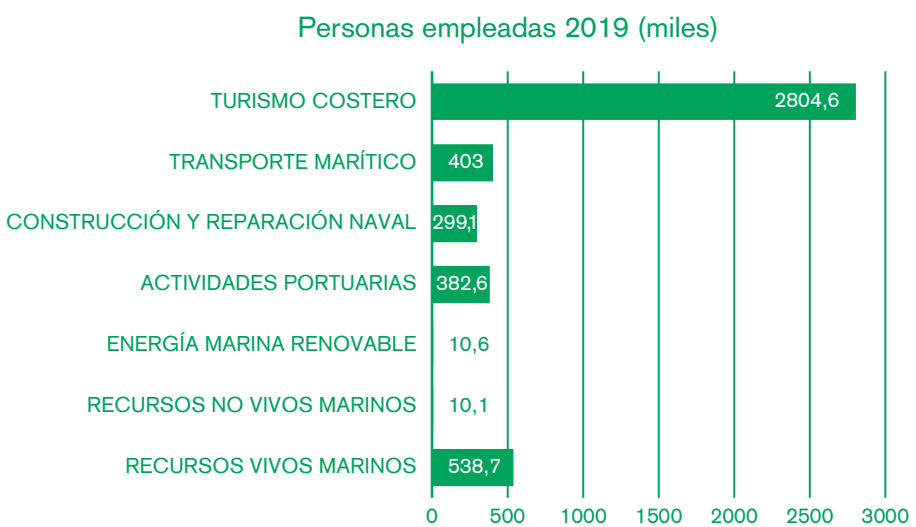
los llamados sectores emergentes, entre los que estarían la biotecnología y bioeconomía marina, la energía oceánica, los minerales marinos, la desalinización, la defensa marina, la investigación y educación, y las infraestructuras y trabajos marinos, tales como el cableado submarino o la robótica.

Sin embargo, el hecho de que el turismo costero aparezca simplemente como uno más de los siete sectores consolidados de la economía azul puede llevar a engaño. Un simple vistazo a los datos permite cuantificar rápidamente la importancia del turismo costero dentro de la economía azul. A nivel europeo, en 2019 el turismo costero generaba el 63 % del empleo existente en la totalidad de los sectores considerados en la economía azul y suponía el 44 % de la riqueza generada por los mismos (EC, 2022). Cualquier análisis cuantitativo sobre la economía azul en su conjunto viene muy condicionado por un sector cuantitativamente mucho más potente que cualquiera de los otros. Cierto que en empleo le sigue el sector de los "recursos vivos", que aúna pesca y acuicultura, y que supone el 12 % del total de empleo; mientras que en riqueza le sigue el "transporte marítimo", que supone el 18 % del PIB generado; pero otros sectores, como el de los "recursos no vivos marinos" o la "energía marina", apenas suponen alrededor del 0'2 % del empleo.

Así pues, queda claro que la economía azul es mucho más que turismo costero; pero, por su importancia, cualquier análisis cuantitativo sobre economía azul en Europa vendrá muy marcado por los datos del turismo costero. Obviamente, estos datos a nivel europeo se confirman, si no se refuerzan, a nivel español.

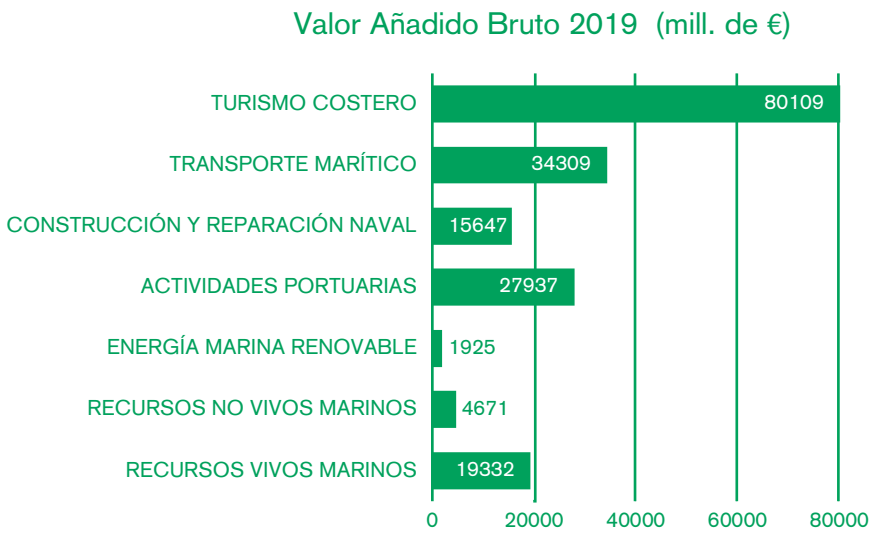
También debemos señalar que la importancia y el peso del turismo costero no solo afecta a los análisis de la economía azul, sino que también se debe tener en cuenta a la hora

Figura 1. Personas empleadas en los sectores de la economía azul en la UE (2019).



Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Europea (2022).

Figura 2. Valor Añadido Bruto de los sectores de la economía azul en la UE (2019).



Fuente: Elaboración propia a partir de Comisión Europea (2022).

de realizar análisis sobre turismo en general. Por dar un simple dato: en España, más del 80 % de las plazas hoteleras están en provincias costeras (INE, 2022).

El potencial de crecimiento de muchos de los sectores considerados en la economía azul es grande, pero los datos actuales de empleo y riqueza de la economía azul vienen muy marcados por un sector de mucho peso y muy maduro: el turismo costero. Estas cifras de empleo y riqueza son ilustrativas de la importancia económica y laboral del turismo costero, pero obviamente tienen implicaciones que van más allá de la economía y el mercado de trabajo. Si hablamos de sostenibilidad, debemos hablar también de sostenibilidad social y ambiental, y en ambos casos las repercusiones sociales y ambientales del turismo costero deben estar muy presentes, puesto que tiene impactos muy significativos.

Una economía azul que refuerce la transición ecológica y que se base en el desarrollo sostenible debe necesariamente centrar buena parte de sus esfuerzos en trabajar la sostenibilidad del sector turístico costero.

HACIA UN TURISMO COSTERO SOSTENIBLE

Los datos expuestos evidencian que la sostenibilidad de la economía azul pasa por un turismo costero sostenible. Ambos objetivos están estrechamente relacionados y, en esta línea, la Unión Europea indica que los agentes del turismo costero y marítimo deben desarrollar un turismo sostenible en consonancia con el nuevo enfoque de la economía azul (EC, 2021).

Hay que tener en cuenta que el turismo sostenible no es un producto turístico, sino una forma de gestionar que debe aplicarse a cualquier tipo de producto y destino turístico. La sostenibilidad debe impregnar toda la estrategia turística, que debe basarse en los principios del desarrollo sostenible, teniendo

en cuenta la sostenibilidad económica, ambiental y social.

La sostenibilidad ambiental es posiblemente la primera que nos venga a la mente. El turismo costero tiene un impacto muy fuerte en los ecosistemas marinos y sobre todo costeros, en buena parte por su estrecha relación con la construcción, pero también por otros impactos muy ligados a su carácter de turismo masivo y muy intensivo en el uso del territorio. Sin necesidad de ser exhaustivos, son evidentes sus impactos sobre la calidad y el uso de las aguas, la emisión de gases contaminantes, la generación de residuos, etc.

La sostenibilidad social, por su parte, ha sido posiblemente la gran olvidada durante mucho tiempo. No obstante, ya antes de la crisis del COVID-19 dio muestras de ser un aspecto clave para el futuro del turismo. Conceptos como "turismofobia" eran impensables hace tan solo unos años; sin embargo, los movimientos sociales contrarios al turismo se vienen multiplicando. Una parte considerable de la sociedad, así como del movimiento asociativo, se empieza a plantear si las ventajas aportadas por el turismo superan a sus molestias y desventajas. La lista es larga y variada: vecinos ruidosos e incontrolados, masificación, tráfico, suciedad, inflación o falta de vivienda para residentes… En esta línea, buena parte de las estrategias a seguir en el sector turístico pasan por la creación y el fomento de una gobernanza eficaz y colaborativa, que tenga en cuenta al residente y a todas las partes y grupos interesados.

Por último, la sostenibilidad económica del modelo turístico también se debe tener en cuenta, puesto que posiblemente la fortaleza económica del sector se ha dado por descontada durante demasiado tiempo. La crisis del COVID-19 y, en especial, las restricciones a la movilidad y a la hostelería pusieron contra las cuerdas a toda la industria turística, y las consecuencias financieras de esta crisis se dejarán notar aún durante mucho tiempo. En todo caso, hay problemas estructurales que también deben considerarse. El primero es un cambio en el paradigma del turismo que es especialmente importante en el turismo costero. Ya hace años que se pasó de lo que algunos autores llamaban un modelo turístico fordista a un modelo posfordista, pero el turismo no ha parado de transformarse en los últimos años. La crisis de los turoperadores solo es uno de los signos más evidentes de los cambios que está experimentando el turismo de sol y playa. En todo caso, tampoco hay que perder de vista teorías como la del ciclo de vida del producto. El turismo costero en España es un sector muy potente y consolidado en muchos mercados, pero no deja de ser un destino maduro; los cambios en los patrones de consumo o la aparición o refuerzo de nuevos competidores, en especial en el Adriático o en Turquía, exigen al sector turístico español un continuo esfuerzo de renovación de su oferta turística.

En todo caso, aunque haya que tener en cuenta las tres dimensiones de la sostenibilidad, no hay que perder de vista que las tres se encuentran cada vez más interrelacionadas. Una encuesta del Eurobarómetro de octubre de 2021 indica que el 82 % de los europeos están dispuestos a cambiar sus hábitos de viaje por prácticas más sostenibles, como el consumo de productos de origen local, la reducción de los desperdicios y del consumo de agua, los desplazamientos fuera de temporada o a destinos menos visitados y la elección de opciones de transporte en función de su impacto ecológico (Eurobarómetro, 2021). La sostenibilidad ecológica (pero también la social) está empezando a ser condición necesaria para la sostenibilidad económica. De hecho, el aumento de la concienciación ecológica del turista puede ser una amenaza o una oportunidad para el turismo español de costa, en buena parte dependiente de mercados

emisores europeos. Factores como el cambio climático, que empieza a influir en una mejora de los veranos en el norte, la alerta por la huella de carbono causada por los viajes en avión o el auge del turismo de proximidad pueden estar detrás del aumento del turismo interno que, incluso antes de la pandemia, se detecta en diversos países del centro y el norte de Europa. A modo de ejemplo, Alemania lograba su noveno récord consecutivo de turismo interno en 2018 (Destatis, 2019). Por otra parte, la mayor conciencia social y ecológica del turista también puede ser un arma competitiva para aquellas empresas y destinos que elaboren, implementen y transmitan una estrategia de sostenibilidad.

LA NECESARIA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y DIGITAL

El sector turístico empieza a considerar la sostenibilidad como una pieza fundamental en su estrategia competitiva. También las administraciones turísticas la sitúan en el centro de la planificación turística. De hecho, la propia Unión Europea marca el camino, al señalar que la sostenibilidad implica una transición hacia un nuevo modelo de turismo, en concordancia con el Pacto Verde Europeo y en lo que la Comisión Europea denomina una doble transformación ecológica y digital (EC, 2022).

Una doble transformación en la línea de dos conceptos que vienen marcando la planificación turística en los últimos años: el turismo sostenible y el turismo inteligente.

Buena parte de la estrategia turística nacional ha ido y va en esta línea, tendencia que parece haberse reforzado con la llegada de los fondos europeos.

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) se marca como una de sus diez políticas palanca (en concreto la quinta), la "modernización y digitalización del tejido industrial y de la Pyme, recuperación del turismo e impulso a una España nación emprendedora", lo que se materializa, por lo que respecta al sector turístico, a través del Componente 14, el Plan de Modernización y Competitividad del Sector Turístico.

Este Plan se financiará con 3400 millones de euros procedentes de los fondos europeos *Next Generation*, y "persigue la modernización del sector turístico español desde una perspectiva integral, incluyendo diferentes ámbitos estratégicos de actuación, como la sostenibilidad de los destinos y productos turísticos, el fomento de la eficiencia energética y la economía circular en el sector y con ello su descarbonización…" (Gobierno de España, 2022). Dentro del mismo PRTR se enmarca igualmente la Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destino.

Una vez más, se incide en que la sostenibilidad turística y la innovación no son dos conceptos diferentes, sino que van de la mano. La misma Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destinos se marca dos objetivos generales y el primero de ellos es "apoyar a los destinos turísticos españoles, cualquiera que sea su escala y el tipo de demanda al que responda, en su proceso de transformación hacia *hubs* o polos de innovación turística capaces de integrar en su oferta la sostenibilidad medioambiental, socioeconómica y territorial, y de desarrollar estrategias de resiliencia frente a los nuevos retos del ecosistema turístico, desde el cambio climático, hasta la sobredemanda turística o las crisis sanitarias y de seguridad" (Gobierno de España, 2021).

En la misma línea, el Gobierno de España, a través de la Secretaría de Estado de Turismo, está elaborando la Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030 o el proyecto de Destinos Turísticos Inteligentes, impulsado por la misma Secretaría de Estado de Turismo a través de SEGITTUR.

La Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030 pretende ser una agenda na-

cional de turismo para afrontar los retos del turismo a medio y largo plazo, impulsando la sostenibilidad. El objetivo es sentar las bases de la transformación del turismo español hacia un modelo de crecimiento sostenido y sostenible, que permita mantener su posición de liderazgo mundial. El nuevo modelo está apoyado en la mejora de la capacidad competitiva y rentabilidad de la industria, en los valores naturales y culturales diferenciales de los destinos, y en la distribución equitativa de los beneficios y las cargas del turismo (Secretaría de Estado de Turismo, 2019).

Como se puede observar, la planificación y la gestión de buena parte del sector turístico vienen apostando por una transición ecológica y digital del turismo que van de la mano y que se complementan. Si hablamos de avanzar hacia un "nuevo modelo", vale la pena analizar con más detalle tres conceptos que están marcando buena parte de la deseada y necesaria transformación del turismo costero: la inteligencia turística, la economía circular y la descarbonización del sector.

EL TURISMO INTELIGENTE

Precisamente, en la inteligencia turística se ha basado buena parte de la planificación turística de los últimos años (con el obvio y obligado paréntesis del COVID-19). Desde 2012, y a partir del Plan Nacional e Integral de Turismo 2012-2015, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo apuesta por el concepto de "destino turístico inteligente" (DTI), en la línea iniciada ya hace años por el concepto de ciudad inteligente.

En 2016 SEGITTUR publicaba el libro blanco *Destinos Turísticos Inteligentes: construyendo el futuro*, que era un recopilatorio del proyecto de destinos turísticos inteligentes hasta 2015 y que recogía las buenas prácticas de algunos proyectos piloto,

SEGITTUR define un destino turístico inteligente como "un destino turístico innovador, consolidado sobre una infraestructura tecnológica de vanguardia, que garantiza el desarrollo sostenible del territorio turístico, accesible para todos, que facilita la interacción e integración del visitante con el entor-

Figura 3. Los cinco ejes de la Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030.

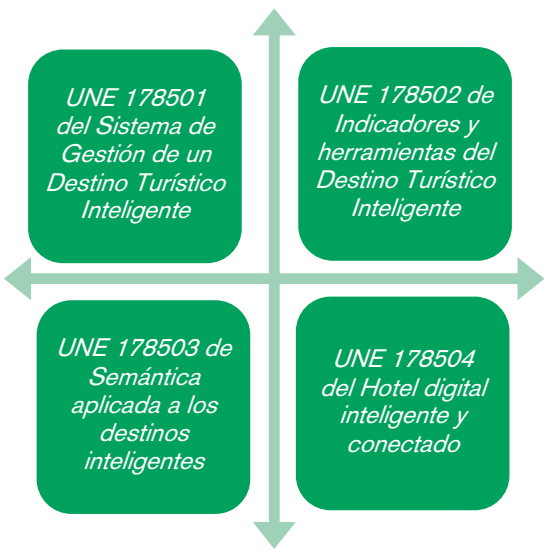
Fuente: Elaboración propia a partir de la Secretaría de Estado de Turismo. 2019.

no e incrementa la calidad de su experiencia en el destino y mejora la calidad de vida del residente". De hecho, los cinco ejes estratégicos de un DTI son la gobernanza, la innovación, la tecnología, la accesibilidad universal y la sostenibilidad.

Con el objetivo de implementar el modelo DTI en los destinos turísticos españoles, se creó la Red de Destinos Turísticos Inteligentes (Red DTI), coordinada por la Secretaría de Estado de Turismo y SEGITTUR y que busca "liderar desde la sostenibilidad el desarrollo del sector turístico a través de la innovación y la tecnología" (SEGITTUR, 2022). Actualmente, la Red DTI cuenta con 483 miembros, de los que 328 son destinos, 63 instituciones, 89 empresas y 3 observadores.

De manera paralela, se ha trabajado desde la propia SEGITTUR en la normalización de los destinos turísticos inteligentes con el objetivo de crear un marco homogéneo y creando el Subcomité 5 Destinos Inteligentes dentro del Comité Técnico de Normalización AEN/CTN (SEGITTUR, 2022). Hasta el momento se han publicado cuatro normas, que son las únicas que existen a nivel internacional en el ámbito de los DTI:

Figura 4. Normas UNE sobre destinos turísticos inteligentes.



Fuente: Elaboración propia a partir de SEGITTUR 2022.

Estas normas permiten ligar dos de las políticas que han guiado la política turística española de los últimos años, la inteligencia turística y la gestión integrada de la calidad. La normalización hay que enmarcarla en un esfuerzo para incrementar y estandarizar la calidad en el sector turístico; de hecho, hoy en día, existen 27 normas UNE de Calidad Turística.

En esta línea, en los últimos años, tanto las empresas del sector como los destinos han incrementado notablemente el uso de certificados de todo tipo (ISO, EMAS, Q…), estos certificados de calidad buscan facilitar el reconocimiento y el mensaje de la calidad a través de la estandarización del mensaje externo y de los procesos internos. Cabe destacar el papel jugado por el Sistema de Calidad Turístico Español (SCTE), que se define a sí mismo como un conjunto de metodologías que relacionan estrechamente los conceptos de calidad, competitividad y sostenibilidad y que viene impulsando iniciativas como la Q de calidad turística o el Sistema Integral de Calidad Turística en Destinos (SICTED).

LA ECONOMÍA CIRCULAR

El concepto de economía circular ha irrumpido con fuerza en la economía actual y el turismo no es una excepción. Prueba del éxito de este concepto es que podemos encontrar más de 100 definiciones distintas, entre la que podríamos quedarnos con la de la Fundación Economía Circular que la define como un "concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo los residuos".

La fundación Ellen McArthur señala que la economía circular se basa en tres principios:

1. Eliminar residuos y contaminación desde el diseño.
2. Mantener productos y materiales en uso.
3. Regenerar sistemas naturales.

La economía circular es igualmente conocida por utilizar la denominada estrategia de las siete "r": rediseñar, reducir, reutilizar, renovar, reparar, reciclar y recuperar. Frente al patrón de fabricación lineal, basado en extraer-fabricar-usar-tirar, la economía circular permite a las empresas mejorar sus resultados económicos a la vez que generan impactos positivos en el medio ambiente y la sociedad (Pacto Mundial de Naciones Unidas España, 2021).

La Comisión Europea adoptó en 2020 el nuevo Plan de Acción para la Economía Circular (Comisión Europea, 2020) con el objetivo de lograr la neutralidad climática en 2050; y en esta misma línea, hay que situar la Estrategia de Economía Circular en España (MITECO, 2020), donde precisamente se señala el turismo como uno de los sectores prioritarios por el uso intensivo que hace de los recursos hídricos y por la elevada generación de residuos.

A nivel internacional y nacional existen diversas iniciativas que vienen estudiando la aplicación de los principios de la economía circular al turismo. A nivel europeo destaca la European Circular Economy Stakeholder Platform, que dedica una de sus líneas de actuación a la economía circular aplicada al turismo sostenible. Por su parte, a nivel nacional se podría citar el grupo de trabajo Interplataformas de Economía Circular, formado por un total de 25 plataformas tecnológicas y de innovación españolas; o desde el ámbito público-privado, CONAMA, fundación española que promueve el desarrollo sostenible en España y en Iberoamérica, y en el marco de la cual se creó en el año 2018 el grupo de trabajo Innovación en proyectos con visión de economía circular. En esta línea, se puede consultar el informe COTEC 2019 *Situación y Evolución de la Economía Circular en España 2019*, donde se citan toda una serie de iniciativas en economía circular.

En los análisis académicos realizados (Segarra-Oña *et al.*, 2021) se reconoce el potencial de la economía circular para lograr que el sector turístico contribuya a lograr el uso sostenible de los recursos, mejorar la eficiencia del sector y potenciar el desarrollo sostenible del turismo. Sin embargo, se señala que es difícil lograr todo esto sin la legislación y las políticas pertinentes necesarias para apoyarlo. El modelo tradicional de gestión del turismo debe cambiar y será necesaria la colaboración entre la tecnología y la gestión para que se implemente con éxito.

En una línea parecida, y a través de un estudio pionero sobre las necesidades del sector turístico para la transición a la economía circular, se analizaron junto a profesionales del turismo los diferentes aspectos que dificultan la implantación de la economía circular en el contexto turístico actual.

Los expertos indicaban como primera dificultad que la transición a la economía circular requiere recursos financieros y de gestión, mientras que muchas empresas del sector son de reducido tamaño; la segunda dificultad o barrera tiene que ver con una sensación de desamparo, tanto frente a otras empresas, que no aplican medidas medioambientales, como frente a proveedores en la cadena de valor que les transfieren sus propios residuos; por último, se señalaba como tercer aspecto la falta de cultura en economía circular y la necesidad de formación a todos los niveles (Innoecotur, 2022).

En definitiva, se podría concluir que la economía circular es un concepto atractivo

de enorme valor para el sector turístico en general y para el costero en particular. Un concepto que debe impregnar la política pública y empresarial turística y guiar buena parte de las actuaciones en materia turística. Sin embargo, más allá de declaraciones de interés y de la manifestación de voluntades, es necesario un mayor apoyo por parte de la Administración a aquellas empresas pioneras que están dando pasos en esta línea, así como una mayor formación y concienciación para que realmente pase de ser un goteo de iniciativas individuales a un cambio de paradigma en la gestión turística.

LA HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono se alinea con el objetivo 13 (Acción por el clima) de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la ONU: *Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos;* pero, además, se puede convertir en un factor clave para la competitividad de los destinos.

La huella de carbono (HDC) hace referencia al "conjunto de emisiones de gases de efecto invernadero producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas", y nace como una medida de cuantificar y generar un indicador del impacto que una actividad o proceso tiene sobre el cambio climático.

Esta huella de carbono es el rastro de gases de efecto invernadero (GEI) que dejan las actividades humanas. Es, por tanto, un indicador que mide tanto las emisiones directas como indirectas de compuestos como el metano (CH_4), el óxido de nitrógeno (N_2O), los hidrofluorocarburos (HFC), los perfluororcarburos (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y, sobre todo, el dióxido de carbono (CO_2).

En los últimos años la preocupación por la huella de carbono y, en concreto, por la huella de carbono generada por el turismo, es uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta el sector turístico.

Con anterioridad a la pandemia, los esfuerzos realizados por el sector turístico para reducir su huella de carbono quedaban rápidamente compensados por el aumento del turismo y, en especial, por el aumento de los viajes. Así, entre 2009 y 2013, la huella de carbono global del turismo se incrementó de 3,9 a 4,5 $GtCO_2$, suponiendo alrededor del 8 % de las emisiones de gas invernadero (Lenzen *et al.,* 2018). En el caso español, las estimaciones indican que la huella de carbono generada por el turismo es alrededor del 15 % del total, por encima de ese 8 % que suponen de media a nivel mundial. Del total de huella de carbono generada por el turismo español, aproximadamente el 29 % sería importada (Cadarso, 2021).

En especial es controvertido el papel del transporte, y más específicamente del transporte aéreo, en la generación de gases de efecto invernadero. El transporte emite aproximadamente el 27 % de todas las emisiones, pero lo más grave es que desde 1990 el resto de los sectores más contaminantes (generación de electricidad, residuos, agricultura, industria y edificios) han conseguido reducir sus emisiones entre el 20 % y el 40 % mientras que el transporte las ha elevado un 25 %, (De las Heras, 2021). La huella de carbono de la aviación está en el punto de mira de ONG, científicos, gobiernos, etc. En 2018 las emisiones de CO_2 de la aviación comercial se estiman en torno a los 665 millones de toneladas (*Global Sustainable Tourism Dashboard*, 2019).

En este sentido, la industria aeronáutica asegura que el sector solo causa el 2,1 % de las emisiones globales (ATAG, 2020), aunque la Agencia Europea de Medio Ambiente concluye que el transporte aéreo representa el 3,4 % de las emisiones globales en este terri-

torio (Parlamento Europeo, 2019). Es cierto que las emisiones del transporte terrestre son mayores (estarían alrededor de un 20 % del total) pero, por supuesto, el número de pasajeros que utilizan el avión es mucho menor. De media, las emisiones producidas por los vuelos comerciales en 2019 se estimaron en 90 g de CO_2 por pasajeros-kilómetro (ICCT, 2020).

Frente a esta situación, hay voces (De las Heras, 2021) que reclaman un aumento de la fiscalidad aplicada a los vuelos (con el objetivo de desincentivarlos); directamente, prohibir los vuelos cortos o apostar por nuevas tecnologías como la electrificación, el hidrógeno renovable o los biocombustibles, tecnologías que hoy siguen pareciendo muy lejanas.

Las aerolíneas son las primeras interesadas en invertir e investigar para mejorar la eficiencia energética de sus vuelos, que, por otra parte, es uno de sus mayores costes, y de hecho se ha marcado las cero emisiones netas de CO_2 como objetivo del sector para 2050 (IATA, 2021), pero las buenas intenciones no han impedido un creciente movimiento de rechazo hacia el transporte aéreo, un fenómeno que surgió en los países nórdicos conocido como *flygskam* y cuya traducción sería "vergüenza a volar". Las consecuencias de la consolidación o expansión de este movimiento podrían ser impredecibles para el turismo costero español, muy dependiente de los vuelos cortos o medios (los más criticados). En esta línea, la misma UE está empezando a promover los desplazamientos en tren frente a los tradicionales desplazamientos en avión en algunas convocatorias como las Erasmus.

La misma UNWTO reconoce el impacto de las emisiones provocadas por el turismo y propone trabajar en dos líneas: la primera, en la promoción de viajes cortos basados más en el transporte público y menos en el avión; la segunda, en la promoción de la eficiencia energética y la descarbonización entre los operadores turísticos, especialmente a través de incentivos basados en el mercado (UNWTO, 2008).

LA BÚSQUEDA DE NUEVOS PRODUCTOS EN EL TURISMO COSTERO

Tal y como indicábamos en el inicio del capítulo, el turismo costero se ha identificado durante mucho tiempo con el turismo de sol y playa. Es cierto que el sol y playa es el producto estrella de buena parte de la costa española (en especial de la mediterránea y la canaria), pero hace tiempo que los destinos turísticos empezaron a trabajar nuevos productos turísticos por muchas y variadas razones. Los nuevos productos turísticos ayudan a mejorar la imagen y la calidad del destino, ayudan a atraer a un turista de más poder adquisitivo o a penetrar en nuevos mercados, permiten complementar y/o diversificar la oferta principal y son una herramienta útil a la hora de afrontar uno de los grandes objetivos de todos los gestores turísticos de destinos costeros: la desestacionalización.

Un vistazo a cualquiera de las páginas web de los destinos tradicionales de playa bastan para hacernos una idea de la variedad del portfolio ofrecido. A modo de ejemplo, la web de la Costa Blanca hace referencia explícita a playas, *sports*, fiestas, actividades acuáticas,

estudiar español, turismo accesible, *cycling*, interior, golf, MICE, LGBT, *shopping*, *birding*, kayak, gastronomía, cultura, salud y bienestar, ocio… y aún se echa de menos alguno de sus productos estrella, como es el turismo senior.

Además, debemos aquí indicar la importancia que para la costa tiene el llamado "turismo residencial". Gran parte del turismo vacacional de la costa acaba con el tiempo convirtiéndose en turismo residencial. De hecho, aquí no incidiremos en el debate sobre si el turismo residencial se ajusta o no a la definición de turismo. Lo que es cierto es que sea "turista" o "residente" tiene unas características propias y juega un papel demográfico, social y económico muy importante en muchas comarcas costeras. El impacto ecológico del turismo residencial viene determinado por su evidente conexión con las promociones urbanísticas. De hecho, no es fácil desligarlo de una lógica ideológica desarrollista. Romper esta conexión es uno de los grandes retos del turismo costero, en especial, porque el auge del teletrabajo abre grandes expectativas. Por poner un ejemplo concreto, Canarias trata de posicionarse como "la oficina con el mejor clima del mundo" y es que el archipiélago canario recibió un total de 46 224 teletrabajadores en 2021, según datos de Nomad List, y las perspectivas son de un continuo crecimiento en este sector de los llamados *remote workers* (Hosteltur, 2022).

En todo caso, y como afirma la propia Comisión Europea refiriéndose al turismo costero, los tiempos en que el mar, la playa y el sol lo eran todo parecen haber terminado (EC, 2000). Los destinos tratan de trabajarse un amplio portfolio de productos turísticos, que posiblemente se repitan demasiado de uno a otro destino y se eche en falta una mayor especialización. En todo caso, no es la intención hacer un listado exhaustivo de los productos turísticos ofrecidos en la costa española ni analizarlos uno a uno. Dada la limitación de espacio, me limitaré a analizar con más detalle dos productos turísticos con características prácticamente opuestas, pero igualmente conectados con la economía azul, y sobre los cuales están puestas muchas de las miradas que analizan la sostenibilidad del turismo costero: el turismo de cruceros y el turismo marinero.

EL TURISMO DE CRUCEROS

El turismo de cruceros, por su volumen, crecimiento e impactos, es un sector que merece un análisis específico. Lo primero que llama la atención de este mercado es que está repartido entre 20 compañías pertenecientes a solo cuatro grandes grupos. En la actualidad, el Caribe y el Mediterráneo son los mercados líderes mundiales y en su conjunto superan más del 50 % de la cuota de mercado mundial. Este mercado ha tenido tasas de crecimiento muy altas a nivel mundial y español. Entre 2008 y 2018, gran parte de los puertos españoles se remodelaron para acoger la actividad crucerista y en 2019 llegaron más de 10 millones y medio de cruceristas a España. Barcelona y Palma de Mallorca se reparten el 32 % y el 27 % del total; y, junto a los puertos de Las Palmas, Santa Cruz de Tenerife, Cádiz, Málaga y Valencia, aglutinan el 91 % del tráfico en España (Parra *et al.*, 2021). Hay que apuntar que el puerto de Barcelona contabilizó 3 137 918 cruceristas provenientes de 838 cruceros turísticos en el año 2019 y fue, en cuanto al transporte de pasajeros de cruceros, el mayor puerto del Mediterráneo, y el sexto del mundo.

El turismo de cruceros es, por tanto, un gran producto turístico que aporta, según la patronal CLIA (Cruise Lines International Association), unos 2800 millones de euros al PIB español (alrededor del 1'81 % del PIB turístico). Existen diversos estudios que demuestran el fuerte impacto económico de los

cruceros. La Autoridad Portuaria de Baleares (APB) publicó en 2017 el *Estudio sobre el impacto económico de los cruceros en las Islas Baleares 2015* y en la misma línea se puede consultar el *Estudio de impacto económico de la actividad crucerista en Barcelona*, que cifraba para 2014 un impacto de 796 millones de euros y 6759 puestos de trabajo, mientras que para un segundo informe de 2016, ya aumentaba el gasto total hasta los 1083 millones de euros y la generación de puestos de trabajo a 9056 (unas cifras que suponían un impacto de 518 € por crucerista) (Vayá *et al.*, 2016).

Sin embargo, estas cifras no han impedido las críticas de diferentes colectivos que dudan que los cruceristas, normalmente en régimen de todo incluido, realmente dejen una parte considerable de su dinero en las ciudades que visitan y que, en cambio, resaltan las aglomeraciones causadas por el desembarco de miles de turistas durante unas pocas horas. En esta línea, es importante distinguir entre puertos base (aquellos utilizados como principio y/o final del itinerario) donde el impacto suele ser mayor, de los puertos tránsito (donde simplemente se realiza una parada) y donde el impacto suele ser menor.

En todo caso, la principal polémica que afecta a los cruceros tiene que ver con su sostenibilidad medioambiental. Aunque son varios los efectos de los cruceros sobre el medioambiente, los podemos clasificar en cuatro grandes grupos:

1. La contaminación atmosférica.
2. La generación de residuos.
3. El impacto sobre los ecosistemas marinos.
4. El elevado uso de agua.

Aquí nos centraremos simplemente en la contaminación atmosférica, que es el impacto ambiental más polémico causado por los cruceros y que se debe fundamentalmente al uso de fueloil pesado (HFO), que es el combustible residual utilizado mayoritariamente en los motores de los cruceros. Este petróleo contiene una gran cantidad de azufre y emite óxidos de azufre que tienen consecuencias muy perjudiciales no solo para el medio ambiente sino incluso para la salud humana (Lloret *et al.*, 2021). Otros importantes contaminantes son el óxido de nitrógeno o la emisión de partículas en suspensión (PM).

De una manera muy gráfica, la Federación Europea de Transporte y Medio Ambiente publicó un estudio que revelaba que el mayor operador de cruceros de lujo del mundo, Carnival Corporation, emitió casi 10 veces más óxidos de azufre alrededor de las costas europeas que los 260 millones de coches europeos en 2017 (Transport & Environment, 2019).

Frente a esta situación, en los últimos años se han tomado medidas como la reducción del contenido de azufre permitido en las emisiones, que ha pasado del 3’5 % al 0’5 % o el establecimiento de Zonas de Control de Emisiones (ECA), donde el límite se establece en 0’1 %. Aunque el Mediterráneo no sea actualmente una ECA, el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC), perteneciente a la Organización Marítima Internacional (OMI), pretende considerar el mar Mediterráneo como una Zona de Control de Emisiones en diciembre de 2022 (IMO, 2022). Con el nuevo límite de azufre instaurado, se prevé un descenso del 77 % en el total de las emisiones de óxidos de azufre procedentes de los barcos, lo que supone un descenso de 8,5 millones de toneladas métricas anuales de óxidos de azufre.

Como se puede observar, el turismo de cruceros se encuentra en una encrucijada importante, no solo por su sostenibilidad económica, que se vio muy comprometida durante el periodo de la pandemia, sino sobre todo por las dudas existentes en cuanto a su sostenibilidad ambiental. Se trata de una industria bajo el escrutinio no solo de orga-

nizaciones ecologistas sino también de organismos internacionales y gobiernos. El sector dice encontrarse en un proceso de reconversión a través del cambio a nuevos combustibles, como el gas natural licuado, o hacia medidas de eficiencia energética. De hecho, las navieras de CLIA se han comprometido a alcanzar las emisiones netas cero en carbono en 2050 (CLIA, 2021). El sector de los cruceros se juega su futuro en la implantación de estas medidas medioambientales, que pueden tener un impacto importante en la sostenibilidad de los mares y las zonas costeras.

EL TURISMO MARINERO

Turismo y pesca han compartido espacio durante largo tiempo. Sin embargo, en muchos lugares ambos sectores han vivido de espaldas el uno al otro, o incluso no han faltado tensiones entre pesca profesional y turismo náutico. El concepto de economía azul engloba ambos sectores y les da un papel protagonista. De hecho, las sinergias entre ambos son evidentes. La pesca se encuentra sumida en una grave crisis económica, social y medioambiental, y necesita urgentemente abordar problemas como la sobrepesca, el relevo generacional o la falta de ingresos. La solución no es sencilla, pero el sector y la Administración tienen parte de sus esperanzas en la denominada diversificación pesquera, la cual en buena medida se basa en el turismo. Por su parte, como ya se ha expuesto, el turismo se encuentra en una fase de cambios importantes. El actual concepto de turismo costero trata de cambiar el paradigma tradicional del monocultivo del turismo de sol y playa estandarizado, masificado y estacional. El nuevo modelo turístico busca nuevos productos que apuesten por la autenticidad, la calidad y la sostenibilidad. En este contexto, conceptos como turismo pesquero, turismo marinero o pesca-turismo han surgido con fuerza.

En todo caso, lo primero es clarificar conceptos y contextualizarlos en el actual marco normativo. La Ley 33/2014, de 26 de diciembre, por la que se modifica la Ley 3/2001, de 26 de marzo, de Pesca Marítima del Estado, introducía los conceptos de “diversificación pesquera y acuícola”, así como los de “turismo pesquero o marinero”, “turismo acuícola” y “pesca-turismo”.

Turismo pesquero o marinero son el mismo concepto y se define como “la actividad desarrollada por los colectivos de profesionales del mar, mediante contraprestación económica, orientada a la valorización y difusión de las actividades y productos del medio marino, así como de las costumbres, tradiciones, patrimonio y cultura marinera, que por ello trasciende la mera actividad extractiva y comercial”. El turismo acuícola es un concepto que no da lugar a equívocos; sin embargo, la confusión llega muchas veces de la mano del concepto de pesca-turismo, que es aquel que se circunscribe al realizado a bordo de embarcaciones de pesca profesionales.

Obviamente, el turismo pesquero o marinero es el más desarrollado en los últimos años. En realidad, el concepto de turismo marinero parece incluso haber sobrepasado el ámbito conceptual que le otorga la legislación pesquera, puesto que un sinfín de iniciativas

turísticas ligadas con el mundo pesquero se han sucedido a lo largo de la costa española, algunas desarrolladas por colectivos de profesionales del mar y otras muchas por administraciones públicas u otras iniciativas privadas ajenas a la pesca. Existen diversos ejemplos: museos, visitas organizadas, rutas, alojamientos pesqueros, etc.

En este sentido, cabe destacar el papel jugado por los fondos europeos de pesca. El Fondo Europeo de Pesca (FEP, 2007-2013) y el Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP, 2014-2020) incorporaron el denominado eje 4 (UP4 en el FEMP) que se marcaba como objetivo el desarrollo económico y la creación de empleo en zonas pesqueras. Se trataba de incorporar una visión territorial en un fondo sectorial, y para ello se crearon los Grupos de Acción Local Pesquera (GALP), que en la actualidad ya están presentes en todas las regiones costeras españolas. Se trataba de fomentar una estrategia de desarrollo endógeno a través de proyectos que partiesen desde el propio territorio y siguieran una metodología de "desarrollo local participativo". A lo largo de los dos primeros periodos, los GALP han financiado más de 2000 proyectos, de los cuales aproximadamente un tercio han sido de diversificación (para un análisis de temático de estos proyectos y su relación con el turismo se pueden consultar Miret *et al.,* 2018; Piñeiro *et al.,* 2019 o Miret *et al.,* 2020 a, b).

El actual Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura (FEMPA, 2021-2027) sitúa esta estrategia en la llamada Prioridad 3: Permitir una economía azul sostenible en las zonas costeras, insulares e interiores, y fomentar el desarrollo de las comunidades pesqueras y acuícolas. Como puede observarse ya desde la propia formulación, se priorizan las acciones encaminadas a permitir una economía azul sostenible. Es, por tanto, una oportunidad de promover no solo el turismo pesquero, sino también otras muchas formas de economía azul que reviertan positivamente en las comunidades costeras.

Por último, hay que hacer referencia a la pesca-turismo. Como ya se indicaba, esta actividad implica el embarque de turistas en embarcaciones de pesca profesional. El sector pesquero y la misma Administración han mostrado desde hace tiempo y reiteradamente su interés por esta actividad que podría generar ingresos extras, atraer jóvenes a la pesca, reducir el esfuerzo pesquero o valorizar el producto, pero su implementación ha resultado muy lenta y compleja por la falta de una normativa que la regulara. Este ejemplo es significativo de las dificultades burocráticas a las que se enfrenta la implementación de actividades costeras y, sobre todo, marítimas. Han sido necesarios 18 años desde la publicación de una ley, que recogía y fomentaba teóricamente esta actividad, y la publicación de una normativa que la regulara a nivel nacional (el Real Decreto 239/2019). Mientras tanto, algunas regiones regularon por su cuenta y algunas iniciativas surgieron sin la deseada cobertura legal, muchas veces al albur de la Capitanía Marítima de turno. Este es un ejemplo muy significativo de la dificultad de regular actividades marítimas, por la multitud de administraciones, regulaciones y organismos implicados, y contiene valiosas enseñanzas que deben tenerse en cuenta a la hora de ir más allá del diseño de políticas de fomento de la economía azul.

CONCLUSIONES

La primera conclusión que destacar hace referencia no al turismo costero sino a lo que las cifras nos indican sobre la economía azul en España. Nuestro país es una auténtica potencia europea en el campo de la economía azul (en España la economía azul tiene un peso de aproximadamente el 5 % de empleo, mientras

que, por poner algún ejemplo, en Francia es el 1'4 %, en Italia el 2'3 % o en Reino Unido el 3'2 %). Sin embargo, las cifras no deben llevarnos a engaño. Si lo somos es porque los dos principales sectores de la economía azul son el turismo costero y los recursos vivos marinos (que juntos son responsables de generar tres de cada cuatro empleos). Estos sectores engloban la pesca, la acuicultura y el turismo, en los que España lleva años siendo líder u ocupando posiciones destacadas a nivel europeo o incluso mundial. En todo caso, no hay que olvidar que, especialmente la pesca y el turismo, son dos sectores muy maduros y con un potencial de crecimiento limitado. Es cierto que, si realmente se quiere avanzar en la economía azul, lo primero que debe hacer España es consolidar y mejorar los sectores en los que hemos demostrado tener una ventaja competitiva y un saber hacer de muchos años, pero sin olvidar que son sectores maduros e inmersos en un proceso de transformación en el que no juegan un papel menor las preocupaciones medioambientales. En todo caso, antes de centrarnos en el turismo costero, que es el objeto de este capítulo, hay que señalar que España no debe renunciar o menospreciar el resto de sectores que componen la economía azul, tanto el resto de los sectores consolidados (Recursos no vivos marinos; Energía marina renovable; Actividades portuarias; Construcción y reparación naval o Transporte marítimo), como también invertir y crecer en los sectores emergentes de la economía azul, es decir, la biotecnología y bioeconomía marina, la energía oceánica, los minerales marinos, la desalinización, etc. Estos sectores posiblemente sean los que mayor potencial de crecimiento tengan a largo plazo. Los quilómetros y el dinamismo de la costa española, así como la tradición y el saber hacer de muchos trabajadores del mar, deben ser un aliciente para invertir en estos sectores con un alto potencial de crecimiento, muchos de los cuales requieren fuertes inversiones tecnológicas y de I+D.

En todo caso, basándonos en las cifras actuales de empleo y riqueza, podemos afirmar que el turismo costero es de lejos el principal sector de la economía azul. Por tanto, buena parte de las políticas de fomento de la economía azul deben ir dirigidas a asegurar la sostenibilidad económica, social y ambiental del turismo costero. El modelo turístico en general, y el costero en particular, se encuentra en un momento de profunda transformación, movido por cambios económicos, sociales y tecnológicos, pero también por una creciente preocupación medioambiental. En todo caso, no hay que tratar cada aspecto de la sostenibilidad como un compartimento estanco, sino que la relación entre sostenibilidad social, económica y ambiental es evidente. La sostenibilidad social vendrá marcada por la capacidad del sector y de las administraciones públicas por escuchar todas las voces y por implicar a todos los afectados por el turismo en su gestión, lo que podemos resumir en el concepto de gobernanza. Precisamente, la gobernanza es uno de los cinco ejes estratégicos del llamado turismo inteligente (junto a la innovación, la tecnología, la accesibilidad universal y la sostenibilidad). Posiblemente sea en estos cinco ejes en los que hay que basar el necesario cambio de modelo turístico. Una transformación ecológica y digital en la que deben jugar un papel clave los principios de la economía circular. Precisamente, pocos conceptos ilustran mejor las amenazas y la urgencia de la transición ecológica que la "huella de carbono". Este concepto es a su vez un indicador medible y comparable, por lo que su empleo puede determinar cambios importantes en las elecciones del consumidor y puede acabar afectando muy negativamente a las empresas y destinos que no sean capaces de adaptarse a las nuevas exigencias ambientales del mercado y de la Administración.

En cambio, puede suponer una oportunidad para destinos y empresas que sepan adaptarse al nuevo paradigma del turismo costero. Por otra parte, el nivel de concienciación y de alerta social hacen inútiles, o incluso contraproducentes, las medidas superficiales o simplemente de mejora de imagen, que rápidamente pueden ser identificadas como *greenwashing*.

El sector se juega su futuro en lo que debería ser una verdadera transición ecológica, pero el cambio de paradigma también implica la transformación desde el producto turístico costero tradicional de sol y playa, hacia nuevos productos que complementen, diversifiquen la oferta. El sector, junto a las diferentes administraciones, lleva tiempo trabajando en esta línea. El turismo costero ha desarrollado diferentes productos: turismo náutico, gastronómico, de cruceros, marinero, deportivo, etc. De hecho, el turismo residencial también merece un análisis específico, su potencialidad es grande pero no hay que dejar de lado sus evidentes lazos con el desarrollo urbanístico y la construcción. Si se pretende afrontar la sostenibilidad del sector turístico, hay que afrontar igualmente los impactos ambientales y paisajísticos de la construcción. En todo caso, aquí hemos querido centrarnos en dos productos por su relación con la economía azul y por las enseñanzas que su desarrollo comporta.

El turismo marinero es un ejemplo paradigmático de lo que debe ser la economía azul, buscando sinergias entre diferentes sectores que viven del mar. Esta actividad puede ser útil tanto para el turismo como para la pesca, y puede hacerlo contribuyendo a la sostenibilidad de ambos. Los fondos europeos de pesca son una oportunidad para que aparezcan iniciativas locales, a partir de las cuales están surgiendo diferentes iniciativas a lo largo de la costa. Sin embargo, el turismo marinero (o pesquero), o más concretamente, la pesca-turismo, también es un ejemplo de cómo una actividad aparentemente deseada por todos puede llegar a complicarse por una maraña de administraciones, autoridades y normativas implicadas en la concreción o implementación de los reglamentos y los permisos. La pesca-turismo es un ejemplo concreto, pero sus enseñanzas pueden extrapolarse a muchas otras actividades de la economía azul. De bien poco pueden servir estrategias, planes o incluso leyes que pretendan fomentar la economía azul, si después su ejecución se ve dificultada o impedida por una maraña burocrática. El reto es conseguir un sistema que simplifique y clarifique los permisos, a la vez que garantice unos niveles de seguridad mínimos y un control efectivo sobre los impactos producidos sobre un bien común y frágil como es la propia costa y el mar.

Por último, hemos querido centrarnos en el turismo de cruceros, puesto que es un producto bajo la atenta vigilancia de instituciones públicas y colectivos ambientalistas. Los cruceros durante muchos años han sido un claro ejemplo de turismo con enormes impactos ambientales (e incluso sobre la salud). Es más que probable que este modelo sea insostenible por mucho más tiempo. La normativa está cambiando rápidamente y las mismas navieras aparentemente están tomando medidas. Las mejoras medioambientales, sobre todo en términos de emisiones, pueden ser muy considerables, pero, como suele ser habitual en estos procesos, la magnitud del cambio dependerá de la tecnología disponible, así como de la voluntad (o necesidad) de aplicarla. Las cifras de negocio o el empleo creado ya no parecen suficientes para garantizar su futuro, este se juega en el campo de la sostenibilidad. El caso de los cruceros es un ejemplo importante pero limitado; sin embargo, es un caso muy ilustrativo que resume las amenazas y los retos a los que se enfrenta el turismo en general y el costero en

particular. Aunque se trate de un sector con unas características muy especiales, no deja de tener aspectos comunes y paralelismos con otros retos ambientales que serán claves para el futuro a medio plazo del turismo costero, específicamente con los retos ambientales, tecnológicos y de imagen de la aviación comercial. Un sector, este sí, clave para el turismo costero español, que, como el sector en su conjunto, se juega su futuro en la capacidad que demuestre para afrontar una verdadera y compleja transición ecológica que garantice su sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

ATAG (2020). Facts and Figures [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.atag.org/facts-figures.html

Cadarso MÁ, Tobarra MÁ, García-Alaminos Á, Ortiz M, Gómez N, Zafrilla J. (2022). The Input–Output Method for Calculating the Carbon Footprint of Tourism: An Application to the Spanish Tourism Industry. En: Advances of Footprint Family for Sustainable Energy and Industrial Systems (pp. 35-57). Springer, Cham.

CLIA (2021). Environmental commitment, innovation and results of the cruise industry [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://cruising.org/en-gb/news-and-research/research/2021/november/environmental-commitment-innovation-and-results-of-the-cruise-industry

Comisión europea (2000). Por un turismo costero de calidad. Gestión integrada de la calidad de los destinos turísticos costeros.

Comisión Europea (2014). Una estrategia europea para un mayor crecimiento y empleo en el turismo costero y marítimo [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52014IR2645

Comisión Europea (2020). Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular, por una Europa más Limpia y más Competitiva [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX:52020DC0098

Comisión Europea (2021). Putting the Blue into the Green [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/ocean/blue-economy/sustainable-blue-economy_en

Comisión Europea (2022). Transition pathway for tourism. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/404a8144-8892-11ec-8c40-01aa75ed71a1

Comisión Europea (2022). The EU blue economy report 2022. Publications Office of the European Union. Luxemburgo [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://data.europa.eu/doi/10.2771/793264

De las Heras, E (2021). Descarbonización del Transporte en España. Fundación Alternativas [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.fundacionalternativas.org/storage/sostenibilidad_documentos_archivos/fa7702ab2746dba3965f185ffe1f186c.pdf

DESTATIS (2019*).* Internal tourism 2018: Overnight strays at record high for the ninth time in a row [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.destatis.de/EN/Press/2019/02/PE19_046_45212.html

Eurobarometro (2021). Attitudes of Europeans towards Tourism. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2283

Gobierno de España (2021, revisada en marzo de 2022). Estrategia de Sostenibilidad Turística en Destinos [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://turismo.gob.es/es-es/estrategia/V2022_Estrategia_Sostenibilidad_Turistica_Destino.pdf

Gobierno de España (2022). Plan de Modernización y competitividad del Sector Turístico [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://turismo.gob.es/es-es/estrategia/06_doc_CORTO_pmcst_abril_2022.pdf

Hosteltur (2022). Canarias refuerza su estrategia para atraer a teletrabajadores [en línea] [consultado el 31/10/2022].

Disponible en www.hosteltur.com/151289_canarias-refuerza-su-estrategia-para-atraer-a-teletrabajadores.html

IATA (2021). Cero emisiones netas de CO_2 en 2050. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.iata.org/contentassets/dcd25da635cd4c3697b5d0d8ae32e159/2021-10-04-03-es.pdf

ICCT. (2021). CO2 Emissions from Commercial Aviation: 2014, 2018 and 2019. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://theicct.org/publication/co2-emissions-from-commercial-aviation-2013-2018-and-2019/

IMO (2022). Reducción de las emisiones de GEI procedentes de los buques: trabajando hacia la revisión de la estrategia. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/pages/MEPC-78-.aspx

INE (2022). Encuesta de ocupación hotelera. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=5881&capsel=6765

Innecotur (2022). Informe de necesidades del sector turístico para la transición a la economía cirular. Redacción: De Miguel, Blanca; de Miguel, María; Santamarina, Virginia y Segarra-Oña, Marival. Universitat Politècnica de València [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en https://innoecotur.webs.upv.es/primer-informe-de-necesidades-del-sector-turistico-para-la-transicion-a-la-economia-circular/

Lenzen M, Sun Y, Faturay F, Ting YP, Geschke A, Malik A. (2018). The carbon footprint of global tourism Nature Climate Change, vol 8, pp. 522–528.

Lloret J, Carreño A, Carić H, San J, Fleming lE. (2021). Environmental and human health impacts of cruise tourism: A review. Marine Pollution Bulletin, 173, 112979.

Miret-Pastor l, Molina-García A, García-Aranda C, Herrera-Racionero P. (2018). Analysis of the fisheries diversification funds in Spain during the period 2007–2014. Marine Policy, 93, 150-158.

Miret-Pastor l, Svels K, Freeman R. (2020). Towards territorial development in fisheries areas: A typology of projects funded by Fisheries Local Action Groups. Marine Policy, 119, 104111.

Miret-Pastor l, Molina-García A, García-Aranda C, Herrera-Racionero P. (2020). The connection between recreational fishing and the traditional fishing sector in the emerging area of marine tourism: challenges and opportunities for diversification with the European Fisheries Fund (EFF). ICES Journal of Marine Science, 77(6), 2369-2374.

MITECO (2020). España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular. Madrid [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/

Pacto Mundial de Naciones Unidas España (2021). Modelos de negocio basados en la economía circular: cómo pueden las empresas pasar de la linealidad a la circularidad [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.pactomundial.org/biblioteca/whitepaper-economia-circular/

Parra Santiago JI, Camarero Orive A, Díaz Gutiérrez D. (2020). Estudio de la estrategia a seguir del mercado de cruceros español ante la crisis del Covid-19. Libro de actas del congreso Campus FIT 2020

Piñeiro-Antelo lÁ, Felicidades-García J, Lois-González RC (2019). Fisheries policy for sustainable development: coastal models and limitations derived from participation and power organisation in Atlantic FLAGs in Spain and Portugal. Sociologia Ruralis, 59(1), 44-65.

Secretaría de Estado de Turismo (2019). Directrices Generales de la Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.segittur.es/wp-content/uploads/2021/02/Directrices-Generales-de-la-Estrategia-de-Turismo-Sostenible-de-Espana-2030.pdf

Segarra-Oña M, Peiró Signes A, García Meseguer CA, Sánchez-Planelles J. (2021). Análisis de la eco-innovación, circularidad y acciones simbióticas. Una reflexión aplicada al sector turístico valenciano. Economía Industrial, 418, 89-96.

SEGITTUR (2022). Destinos turísticos Inteligentes [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.segittur.es/destinos-turisticos-inteligentes/

Transport & Environment (2019). Emisiones atmosféricas de los cruceros en Europa. [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/One%20Corporation%20to%20Pollute%20Them%20All_Spanish.pdf

UNWTO (2008). Climate Change and Tourism–Responding to Global Challenges [en línea] [consultado el 31/10/2022]. Disponible en http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/climate2008.pdf

Vayá E, García JR, Murillo J, Romaní J, Suriñach J. (2016). Impacto económico de la actividad de cruceros: El caso del puerto de Barcelona. In Proceedings of the XLII Meeting on Regional Studies–AECR. Santiago de Compostela, Spain (pp. 1-25).

ECONOMÍA AZUL, ACTIVIDAD PORTUARIA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Carlos Botana Lagarón

Yolanda Molares Montero

La economía azul como enfoque de desarrollo de las áreas marino-costeras surge por primera vez en la Conferencia de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas celebrada en Río de Janeiro en 2012, en la que se trató cómo construir una economía verde para alcanzar el desarrollo sostenible y luchar contra la pobreza. El rol de los océanos en el desarrollo sostenible, desde la perspectiva económica, social y ambiental, de los países insulares y en las áreas marino-costeras hizo concluir en la importancia de considerar de forma concreta la economía azul dentro de la mencionada verde.

En 2021 la Comisión Europea (2021)[1] refuerza su compromiso con la economía azul[2] indicando la necesidad de avanzar en su desarrollo al desempeñar esta un "papel principal en la consecución de los objetivos del Pacto Verde". El dinamismo de la economía azul y su potencial para promover innovación permitirá "impulsar la transición ecológica y reemplazar la expansión incontrolada por actividades limpias, resistentes al cambio climático y sostenibles que tengan un impacto mínimo en el medio marino". En esta misma línea, la Comunicación de referencia "exige que los operadores de la economía azul avalen los principios del Pacto Verde Europeo", y les informa de la hoja de ruta:

- Alcanzar los objetivos de neutralidad climática y contaminación cero.
- La promoción de la economía circular y la prevención de residuos, reduciendo el uso del plástico y su llegada al mar, y generando nuevos modelos de negocio basados en la circularización de la economía.
- La conservación y restauración de la biodiversidad y la inversión en la naturaleza.
- La resiliencia costera al cambio climático.
- La promoción de sistemas alimentarios responsables y competitivos.
- El refuerzo del conocimiento de los datos, generando datos fiables, de calidad y armonizados que sirvan de base para la transformación de la economía azul.
- Inversión azul en infraestructuras, innovación, desarrollo social y emprendimiento.

1. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, sobre un nuevo enfoque de la economía azul sostenible de la UE. Transformar la economía azul de la UE para un futuro sostenible.
2. El Banco Mundial define la economía azul como "uso sostenible de los recursos oceánicos para el crecimiento económico, la mejora de los medios de vida y el empleo, al tiempo que se preserva la salud del ecosistema". La FAO, basándose en la definición del Banco Mundial, incorpora dentro de su Estrategia para 2030, la necesidad de trabajar hacia una "transformación azul" reconociendo a los sistemas alimenticios acuáticos como conductores de empleo, crecimiento económico, desarrollo social y recuperación medioambiental, en el marco de la Agenda 2030. Por su parte, la Comisión Europea concreta el papel de la economía azul como "la economía que reconoce la importancia de los mares y los océanos como motores de la economía por su gran potencial para la innovación y el crecimiento".

- El refuerzo de capacidades y la promoción de empleos azules competitivos y adaptados a las exigencias del Pacto Verde y al enfoque de la economía azul.

- El fortalecimiento de la ordenación del espacio marítimo en el ámbito de la participación ciudadana y la creación de una cultura oceánica, las cuencas marítimas, seguridad marítima, la transferencia al exterior.

En el ámbito nacional, según datos de la Comisión Europea[3] se estima que en España el peso de la economía azul es del 5 % del empleo y del 3 % del valor añadido bruto, siendo el primer país generador de empleo en la economía azul en la Unión Europea por encima de países como Francia, Italia, Reino Unido y el tercero en términos de valor añadido teniendo por encima, al Reino Unido y a Alemania.

Siendo España uno de los países con más costa en la Unión Europea la oportunidad de desarrollo e impacto en los océanos es todavía mayor. En esta línea, el Gobierno de España apuesta por el desarrollo sostenible de la economía azul invirtiendo en el desarrollo de energías marinas, en la economía circular, en la resiliencia al cambio climático, entre otros. En los últimos años se ha trabajado a través de la participación de diferentes actores en el diseño de estrategias clave cuya implementación e impacto podremos observar en los próximos años.

Volviendo a la Comunicación de la Comisión Europea, el desarrollo de la economía azul precisa de la colaboración de todos los actores públicos y privados con relación directa e indirecta en los océanos. Más allá, la Comisión Europea en su Estrategia 2030 recuerda que las acciones que se desarrollen en el marco del desarrollo sostenible no deberán "dejar a nadie atrás".

Así, los puertos marítimos por su naturaleza cobran un papel clave en el desarrollo de la economía azul, y por índole de la transición ecológica. Los puertos se definen como "conjunto de espacios terrestres, aguas marítimas e instalaciones que, situado en la ribera del mar o de las rías, reúna condiciones físicas, naturales o artificiales y de organización que permitan la realización de operaciones de tráfico portuario y actividades comerciales portuarias (estiba, desestiba, carga, descarga, transbordo, almacenamiento de mercancías, tráfico de pasajeros y avituallamiento y reparación de buques) y sea autorizado para el desarrollo de estas actividades por la Administración competente"[4].

En definitiva, los puertos constituyen la puerta de conexión entre los espacios marítimos y terrestres, y a través de ellos se generan actividades económicas con impacto directo en el medioambiente. Es por ello por lo que los puertos se convierten, tal y como se especifica en la Comunicación de la Comisión Europea, una de las actividades económicas azules clave en la contribución al cumplimiento con el Pacto Verde y, por tanto, deben trabajar para que:

- Dejen de producirse emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050.

- El crecimiento económico esté disociado del uso de recursos.

- No haya personas ni lugares que se queden atrás.

En este marco, la Comisión Europea considera a los puertos como un agente clave en la descarbonización de la economía. Así, de

3. Disponible en: https://blueindicators.ec.europa.eu/access-online-dashboard.

4. Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (TRLPEMM, RDL 2/2011, de 5 de septiembre).

forma explícita y en relación a la hoja de ruta antes mencionada y establecida para lograr la transición ecológica el rol de los puertos, se plantea como sigue a continuación:

Hoja de ruta para la transición hacia una economía azul sostenible y cumplimiento con el Pacto Verde	Rol de los puertos de mercancía, pesqueros y deportivos
• Alcanzar los objetivos de neutralidad climática y contaminación cero	• La incorporación de nuevos combustibles como el hidrógeno • La renovación de la flota con motores más eficientes
• La promoción de la economía circular y la prevención de residuos, reduciendo el uso del plástico y su llegada al mar, y generando nuevos modelos de negocio basados en la circularización de la economía	• Evitar que los residuos lleguen al mar y contribuir a la recogida de basuras marinas • Concienciar a los operadores en la promoción de modelos circulares • Promover el emprendimiento a partir de nuevas ideas de negocios
• La conservación y restauración de la biodiversidad y la inversión en la naturaleza	• Restauración de ecosistemas marinos • Conservación de recursos marinos pesqueros a través de control de descarga y venta • Contribuir al cumplimiento de normativa en áreas protegidas en su área de influencia
• La resiliencia costera al cambio climático	• Promover la construcción de infraestructuras verdes
• La promoción de sistemas alimentarios responsables y competitivos	• Reforzar su rol en la estrategia de la granja a la mesa como operador de la cadena de valor de la pesca • Concienciar sobre el buen uso y gestión de recursos • Favorecer a la digitalización de los procesos
• El refuerzo del conocimiento de los datos, generando datos fiables, de calidad y armonizados que sirvan de base para la transformación de la economía azul	• Contribuir a la generación de conocimiento a través del aporte de datos y observación
• Inversión azul en infraestructuras, innovación, desarrollo social y emprendimiento	• Desarrollo de programas de emprendimiento basados en nuevas áreas de negocio en el ámbito portuario
• El refuerzo de capacidades y la promoción de empleos azules competitivos y adaptados a las exigencias del Pacto Verde y al enfoque de la economía azul	• Colaborar con entidades formativas para el refuerzo de capacidades
• El fortalecimiento de la ordenación del espacio marítimo en el ámbito de la participación ciudadana y la creación de una cultura oceánica, las cuencas marítimas, seguridad marítima, la transferencia al exterior	• Aplicar las estrategias marítimas y contribuir a la ordenación del espacio marítimo y dialogo entre actores

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se indican algunos ejemplos del rol de los puertos en la Hoja de ruta. No se trata de una relación cerrada.

EL AVANCE DE LOS PUERTOS HACIA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. INICIATIVAS ACTUALES

Tal y como hemos podido ver en el apartado anterior, en la actualidad los puertos juegan un rol fundamental en el avance hacia una transición ecológica y una transición energética justa. Su posicionamiento como puertos verdes, marcada no solo por un marco legal europeo cada vez más exigente, sino también por la necesidad actual del planeta de luchar contra el cambio climático.

El compromiso de las Autoridades Portuarias españolas con la Agenda 2030

Los puertos de interés general, siendo actualmente 46, dependientes de 28 Autoridades Portuarias, se comprometen con el desarrollo sostenible y trabajan en el diseño y puesta en marcha de iniciativas dirigidas, entre otras dimensiones a promover la transición ecológica, en los términos antes detallados.

Así, de forma concreta bajo la coordinación de Puertos del Estado, el conjunto del Sistema Portuario de Titularidad Estatal se compromete con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, a través de iniciativas concretas. Asimismo, algunas de las Autoridades Portuarias, Baleares, Barcelona, Cartagena y Vigo, se han adherido al Pacto Mundial, la Iniciativa de Naciones Unidas para promover la sostenibilidad empresarial. Se trata de un llamamiento a empresas y organizaciones, como las portuarias, para que alineen sus estrategias a los diez principios universales de derechos laborales, normas laborales, medioambiente y lucha contra la corrupción. Así de forma específica desde Puertos del Estado se diseña una estrategia propia que se comparte con las Autoridades Portuarias españolas como marco para su alineación con el desarrollo sostenible.

Para ello, es necesario conocer de forma profunda cada uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que conforman la Agenda 2030, y así poder realizar propuestas concretas de los puertos españoles para contribuir al alcance de las metas de sostenibilidad. A continuación, se realiza un análisis de las iniciativas y acciones propuestas para contribuir de forma directa a los ODS 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14. Este análisis permite a los puertos comprender cómo, desde su propia actividad, pueden contribuir a la Agenda 2030 y alinear así sus estrategias de crecimiento y desarrollo sostenible.

Con el fin de materializar estos compromisos, las Autoridades Portuarias avanzan en el desarrollo de sus propias iniciativas, incorporándolas en su Plan de empresa y Plan director. Más allá, algunas las Autoridades Portuarias –como las adheridas al Pacto Mundial– realizan esfuerzos adicionales en la divulgación y promoción de la Agenda 2030. A modo de ejemplo, se hace referencia a la exposición presentada por el Puerto de Valencia, en la que se ofrece un recorrido divulgativo por los ODS y la contribución de la comunidad portuaria a través de paneles y otros recursos didácticos. Otro ejemplo es el del Puerto de Cartagena, que ha creado un espacio virtual[5] en el que muestra un repositorio de buenas prácticas y alineación con los ODS de la comunidad portuaria –además de ofrecer fichas didácticas sobre cómo se puede contribuir a los ODS, por ejemplo, a la "acción por el clima" desde el puerto–. Por otro lado, se muestra el Puerto de Vigo, que alinea su estrategia con la Agenda 2030 a través del diseño e implementación desde 2016 del plan Blue Growth Atlantic Vigo, el cual promueve la identificación de proyectos y acciones y mide su impacto; asimismo, trabaja y colabora en acciones de divulgación en la Agenda 2030 a través de acciones concretas con la comunidad ciudadana.

5. Disponible en: www.ods.apc.es.

ODS	INICIATIVA	OBJETIVO	ACCIONES
	Optimizar la gestión y uso del agua en los puertos	Modernizar y mejorar el nivel de control de la red de distribución de agua de los puertos para optimizar su gestión, y minimizar su consumo	• Indicadores de consumo y de nivel de control de los consumos • Contratación y comercialización del suministro de agua para una gestión más eficiente • Inversiones en infraestructuras en control, distribución, riego y cisternas pluviales
	Mejora de la eficiencia energética e impulso al uso de las energías renovables	Reducir el consumo de energía, y de las emisiones ligadas a su producción, en edificios y servicios prestados por la Autoridad Portuaria	• Indicadores de consumo energético, y de nivel de control de los consumos • Guía de Gestión Energética en Puertos, de recomendaciones sobre medidas de eficiencia energética • Bonificación a la Tasa de Actividad de los operadores que firmen con la Autoridad Portuaria convenios de buenas prácticas • Mejora de la red de distribución y transformación del puerto • Generación de energía solar y eólica, aprovechamiento geotérmico para climatización y producción de agua caliente sanitaria
	Impulso al transporte ferroviario con origen y destino en puertos	Reducir las emisiones a la atmosfera ligadas al transporte terrestre con origen y destino en puertos, posibilitando y promoviendo el empleo del ferrocarril como alternativa al transporte por carretera	• Nuevos accesos ferroviarios a los puertos y mejora de la red ferroviaria de interés general • Reducciones en la Tasa a la Mercancía que entren o salgan del puerto por transporte ferroviario • Mejora de las pautas que rigen los 17 convenios de conexión firmados entre Puertos del Estado, las Autoridades Portuarias y ADIF a efectos de mejorar los procedimientos de adjudicación de la capacidad • Poner en contacto al cliente potencial con operadores especializados en la concentración de carga para garantizar la rentabilidad de este tipo de transporte
	Mejora de la movilidad de vehículos pesados en el entorno portuario	Reducir las emisiones de PM_{10}, NOx y SOx ligadas al tránsito de camiones por núcleos urbanos	• Nuevos accesos viarios que conecten al puerto directamente con redes viarias de alta capacidad • Extensión de la ventanilla única portuaria al transporte terrestre • Facilitar el acceso y salida de camiones trazando automáticamente el movimiento de la mercancía • Terminales automatizadas que permiten esquemas de carga/descarga más eficiente • Accesos automatizados de camiones al puerto mediante lectores de matrícula que evitan formación de colas en accesos • Gestión de movilidad en horas punta para limitar la entrada/salida del puerto por vehículos que no tengan finalidad comercial

	Control de emisiones difusas en la manipulación de graneles sólidos y líquidos	Reducir las emisiones a la atmosfera generadas en la manipulación y almacenamiento de graneles sólidos y líquidos en instalaciones portuarias	• Objetivos e indicadores dirigidos a reducir el número de superaciones de valores limites diarios, y el número de quejas por la calidad del aire en el puerto • Publicación de recomendaciones de buenas prácticas • Condiciones operativas y técnicas en la regulación administrativa de licencias, autorizaciones y concesiones dirigidas a reducir las emisiones a la atmosfera • Condiciones de operación dirigidas a reducir las emisiones en operaciones de carga/descarga, transporte y almacenamiento • Control de las condiciones de operación establecidas en licencias, autorizaciones y concesiones • Inversiones en equipamientos, en zonas de uso común para mitigar o controlar posibles emisiones de polvo
	Valorización de residuos de construcción	Estimular, en aquellos casos en los que sea técnicamente viable, el uso de residuos de construcción y demolición en rellenos portuarios	• Jornadas técnicas donde se analizarán casos de estudio y se expondrá el marco normativo que permite agilizar el uso de este tipo de materiales • Indicador de seguimiento en la Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad que permita recabar información sobre las iniciativas desarrolladas por las Autoridades Portuarias • Condición técnica el uso de este tipo de materiales para la contratación en proyectos
	Mejorar la trazabilidad y grado de valorización de los residuos portuarios	Prevenir el abandono de residuos en puertos, garantizar la adecuada gestión de los mismos y mejorar el porcentaje de residuos que siguen un proceso de valorización	• Incluir en los Planes de Empresa Portuarios los siguientes objetivos: – Implantación del sistema de gestión ambiental EMAS – Posesión del certificado ISO 14.0001 por parte de las empresas prestadoras de servicios portuarios y las concesiones con riesgo ambiental significativo – Aumento de recogida separada de residuos – Minimizar gastos ligados a recogida de residuos abandonados • Condiciones en la regulación administrativa de licencias, autorizaciones y concesiones dirigidas a garantizar la recogida, segregación, almacenamiento y entrega a gestor autorizado de los residuos producidos • Verificación periódica de la contabilidad de residuos de las empresas portuarias. • Servicios comerciales de recogida de residuos en el puerto, y servicios de recogida mancomunada • Habilitar puntos limpios

	Impulso a las energías alternativas en el transporte	Reducir las emisiones de CO_2, PM_{10}, SOx y NOx procedentes de buques mediante el despliegue de una infraestructura para proporcionar combustibles alternativos, con un impulso especial al uso del Gas Natural Licuado (GNL y OPS)	• Recogidas en el Marco de Acción Nacional de Energías Alternativas en el Transporte. Desarrolladas por los proyectos: – Core LNGas Hive – GAINN 4 SHIP INNOVATION – GAINN 4 MOS – Proyecto Cleanport – Proyecto OPS Masterplan • Bonificación de un 50 % en la Tasa del Buque para los barcos que utilicen como combustible GNL • Estandarización de la tecnología para garantizar la compatibilidad y seguridad de los sistemas de suministro • Desarrollar y evaluar soluciones tecnológicas ligadas a la distribución y uso de GNL, o de sistemas de *onshore-power-supply* • Invertir en innovación para el desarrollo de nuevas fuentes de energía y su aplicación a la logística portuaria, transporte marítimo y de pasajeros y de pesca (Hidrogeno, GNL, eléctrica OPS…)
	Contribuir a la transición verde a través de la descarbonización de las operaciones	Reducir las emisiones a la atmósfera derivadas de las operaciones marítimas	• Medición de huella de carbono. • Incorporación de energías renovables y puertos como *hubs* energéticos – Apostar por la inversión en infraestructuras verdes
	Optimizar la respuesta ante emergencias por contaminación marina	Lograr una respuesta temprana y eficaz ante posibles emergencias de contaminación marina ocurridos en la zona de servicio del puerto, minimizando el impacto de dichos sucesos para el entorno natural y para la operativa portuaria	• Inversión en equipamiento de lucha contra la contaminación marina, como son barreras absorbentes, barreras y *skimmers* • Ejercicios de simulacro para mejorar el protocolo de respuesta y la destreza del equipo de intervención • Convenios de colaboración con los operadores portuarios • Contratación de servicios que permitan actuar con rapidez en caso de emergencia
	Contribuir a mejorar la calidad del agua y de los sedimentos de los puertos	Reducir la contaminación del agua y sedimento de las dársenas originada por vertidos difusos procedentes de operativa portuaria y de vertidos canalizados procedentes de instalaciones	• Indicadores sobre nivel de cobertura de las redes de aguas residuales y pluviales, y la calidad de agua y sedimentos • Implantación progresiva de la recomendación ROM 5.1 desarrollada por puertos del estado para contribuir a lograr una mejor gestión de la “calidad de las aguas litorales en áreas portuarias”

			• Condiciones operativas y técnicas en la regulación administrativa de licencias, autorizaciones y concesiones dirigidas a dar adecuado tratamiento a agua residuales y pluviales, y a minimizar vertidos difusos • Condiciones de operación dirigidas a reducir los vertidos difusos en manipulación de mercancías, tareas de mantenimiento, y tareas de avituallamiento a barcos • Control de las condiciones de operación establecidas en licencias, autorizaciones y concesiones • Inversiones de la AP en: – Ampliar la cobertura de la red de recogida de aguas residuales – Desarrollar y ampliar la red de aguas pluviales, estableciendo recogida separada, y tratamiento – Desarrollo de superficies preparadas para el mantenimiento de maquinaria

Fuente: Elaborada a partir de información publicada por Puertos del Estado.

Todas estas prácticas se estructuran en las memorias de sostenibilidad de los puertos españoles, que son indicadas por Puertos del Estado, y se rigen en su estructura por una norma concreta.

El objetivo de esta práctica es doble. Por un lado, promover la reflexión en el ámbito portuario sobre la capacidad y desarrollo actual de prácticas sostenibles en el ámbito de la sostenibilidad desde las Autoridades Portuarias; por otro lado, hacer visible estas prácticas y generar el intercambio de buenas prácticas entre las Autoridades Portuarias. Con ello se pretende, por tanto, reforzar la capacidad portuaria de generar un impacto positivo y de valor en la esfera ambiental, social y económica.

- Respecto a la dimensión económica, en la que se desarrollan sus logros y el estado de determinados aspectos, como el rendimiento de los muelles en activo, los ingresos por tasas de actividad con relación al Importe Neto de la Cifra de Negocio.

- En cuanto a la dimensión social, se desarrolla en ella, esencialmente, la política de recursos humanos y todo lo relativo a las personas trabajadoras, como el plan de igualdad y el de formación, las inversiones en material de seguridad en el trabajo y PRL, además de la puesta en práctica de la gestión por competencias.

- Respecto a la dimensión ambiental, se desarrolla la aplicación, estudios, retos y resultados del sistema de gestión, emisiones y vertidos, gestión de residuos y eficiencia energética durante el año.

Como referencia de algunos de los ejemplos de acciones concretas en el ámbito ambiental, y recogido en las memorias de sostenibilidad, se hace referencia a los siguientes:

- La Autoridad Portuaria de Valencia, en el marco de su plan estratégico para el desarrollo económico sostenible Valenciaport, viene llevando a cabo proyectos a favor de la producción de energías renovables con el fin de alcanzar el objetivo de emisiones cero, como son la planta de aerogeneradores del puerto de Valencia o la planta fotovoltaica, que estará ubicada en el puerto de Gandía. Además, tanto la Autoridad Portuaria de Valencia como la Fundación Valenciaport, colaboran con otras entidades en proyectos de esta índole, como el proyecto H2Ports, cuyo objetivo es llevar a cabo una evolución de una industria cimentada en el uso de combustibles fósiles hacia la consecución de un sector de bajas emisiones de GEI[6].

- En la misma línea, la Autoridad Portuaria de la Tenerife, Baleares y la Bahía de Cádiz, dentro del proyecto OPS MasterPlan promovido por Puertos del Estado, son las primera Autoridades Portuarias españolas en llevar a cabo el suministro de electricidad a buques y cruceros atracados en el puerto, con el objetivo de reducir las emisiones contaminantes, así como los ruidos, consecuencia de la quema de combustibles a través de sus motores[7].

- La Autoridad Portuaria del Puerto de Bilbao, ha elaborado una Guía de Eventos sostenibles, esto es, una hoja de ruta cuyo objetivo es la orientación para que la organización de eventos –ya sean deportivos, de ocio, culturales o congresos– se haga de forma respetuosa con el medioambiente, la sociedad en la que se desarrolla esa actividad y suponga una menor inversión económica[8]. Además, trabaja en colaboración con otros organismos, como es el Consorcio de Aguas de Bilbao Bizkaia (CABB), para llevar a cabo proyectos en materia de sostenibilidad, como el proyecto para la implantación de un sistema de saneamiento de aguas que consistirá en el transporte de las aguas residuales generadas en el puerto de Bilbao a la depuradora de Galindo.

- Por su parte, la Autoridad Portuaria de Barcelona coopera en proyectos en lo referente a la gasificación del transporte marítimo como vía para reducir el uso de las fuentes de energía más contaminantes, como el petróleo. De estos proyectos cabe destacar el proyecto RePort, liderado por el mismo puerto, y que consiste la transformación de los motores diésel en motores de doble combustión para que puedan funcionar mediante el uso de gas natural, funcionando así de manera más sostenible. Asimismo, destaca en otra índole el pacto que ha firmado con la ciudad de Barcelona para trabajar juntos en el desarrollo de la ciudad. Una experiencia similar de trabajo conjunto se realiza en el puerto de Castellón.

6. Disponible en la página web de la estrategia Valenciaport: www.valenciaport.com. De interés también: https://www.valenciaport.com/valenciaport-activa-la-planta-fotovoltaica-del-puerto-de-gandia/, https://www.valenciaport.com/autoridad-portuaria/sobre-valencia-port/plan-estrategico/ y https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Avance-memoria-ambiental-2020-def.pdf. Página web del Centro Nacional del Hidrógeno: www.cnh2.es y https://www.cnh2.es/cnh2/h2ports/.

7. Disponible en la página web de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz: www.puertocadiz.com. De interés también: https://www.puertocadiz.com/la-autoridad-portuaria-avanza-en-el-proyecto-de-suministro-electrico-a-cruceros-en-el-muelle-de-cadiz/. Noticia en el *Diario de Cádiz* relativa al caso: https://www.diariodecadiz.es/cadiz/Cadiz-Muelle-Alfonso-XIII-electrificado_0_1696331246.html.

8. Disponible en la página web del Puerto de Bilbao: www.bilbaoport.eus. De interés también: https://www.bilbaoport.eus/wp-content/uploads/2019/02/Guia_Eventos_APB.pdf y https://www.bilbaoport.eus/noticias/ura-la-autoridad-portuaria-de-bilbao-y-el-consorcio-de-aguas-bilbao-bizkaia-construiran-el-nuevo-sistema-de-saneamiento-que-llevara-las-aguas-residuales-del-puerto-hasta-la-depuradora-de-galindo/.

- Destaca la colaboración de la Autoridad Portuaria de Vigo con la Organización europea de Puertos (ESPO) como *Chairman* de la red de trabajo Blue Growth 2019-2022, desde la que se ofrece asesoramiento a la Comisión Europea en el desarrollo de la estrategia de crecimiento azul sostenible en los puertos; o la colaboración del Puerto de Vigo con FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). FAO tiene entre sus objetivos estratégicos para los próximos diez años el trabajar en pro de lograr una "mejor producción" y un "mejor medioambiente". Para ello es crucial el rol de los puertos pesqueros, siendo considerados parte de la cadena de valor mar-industria. En este marco, FAO toma como buena práctica de referencia en 2019 la iniciativa del Puerto de Vigo en el desarrollo del plan Blue Growth Vigo. Con esta referencia se impulsa la creación de la Iniciativa de Puertos Azules a través de la cual se pretende promover y generar capacidades en los puertos pesqueros a nivel global para lograr un impacto positivo en sus operaciones[9]. En este marco el puerto de Vigo, junto con Puertos del Estado y el Gobierno de España y Galicia han apoyado en 2022 la puesta en marcha de un programa de refuerzo de capacidades a través del cual se ha desarrollado un programa de formación enfocado en desarrollar capacidades y herramientas para "enverdecer los puertos azules". De forma concreta, el puerto de Vigo, que actuó como ponente, transfirió su experiencia a más de 20 puertos de África, Asia y LATAM sobre cómo incorporar en la estrategia portuaria la dimensión de medioambiente.

9. Disponible en: https://www.fao.org/in-action/globefish/news-events/details-news/en/c/1392282/.

LA MEDICIÓN DE IMPACTO A TRAVÉS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Como se expone en los capítulos anteriores, los puertos se han convertido en nodos de una red comercial mundial y en *hubs* integrales en los que convergen todas las actividades económicas ligadas al ámbito marítimo. Estas actividades tienen una influencia y un impacto, tanto directo como indirecto, en el desarrollo y crecimiento socioeconómico de las comunidades de su *hinterland*, o área de influencia, incluyendo el entorno natural en el que se desarrollan[10].

Incorporar iniciativas, programas y soluciones sostenibles que se puedan medir y evaluar es fundamental para disminuir el impacto negativo y potenciar el impacto positivo de las operaciones y actividades portuarias que permitan a los puertos construir una estrategia de mejora continua, implementar acciones que generen valor compartido para la entidad, los grupos de interés y el entorno natural y fomentar la transparencia.

Para medir el impacto de los puertos y su estrategia de sostenibilidad, es necesario identificar y definir los indicadores adecuados de evaluación y monitoreo económicos, sociales, ambientales, y de buen gobierno. Algunos de estos indicadores de medición

10. En el caso de los puertos en España, Puertos del Estado solicita a las Autoridades Portuarias la publicación de memorias anuales de sostenibilidad, basadas en la metodología GRI (Global Reporting Initiative), adaptando su reporte a la realidad de los entornos y actividades portuarias mediante indicadores de monitoreo y evaluación del impacto que tienen en cuenta las cuatro dimensiones:
- Económica: el impacto que tienen los puertos en la contribución al desarrollo en su área de influencia, asegurando la viabilidad económica a largo plazo.
- Ambiental: la optimización de la gestión de los recursos para asegurar la protección del entorno natural.
- Social: la contribución al desarrollo del capital humano y capital social, asegurando su bienestar.
- De gobernanza: la promoción de la trasparencia institucional y la gestión independiente y objetiva que permita alcanzar una relación equilibrada entre el puerto, la sociedad, el entorno natural y el mercado.

de impacto adaptados para los puertos pueden ser:

- Indicadores económicos:
  - Inversión en programas e iniciativas sostenibles.
  - Gasto e inversión en materia ambiental.
  - Gasto e inversión en materia social.
  - Número de proyectos de investigación desarrollados.
  - Número de *start-ups* o *spin-off* impulsadas.
  - Número de proyectos de innovación desarrollados.
  - Número de prototipos creados.
  - Número de trámites digitalizados.
  - Número de procesos logísticos y operativos mejorados.
  - Número de nuevas líneas de tráfico marítimo.
  - Incremento de toneladas de tráfico.

- Indicadores sociales:
  - Número de puestos de trabajo creados.
  - Número de empleados formados.
  - Número de personas externas formadas.
  - Número de horas dedicadas a formación.
  - Porcentaje del total de empleados, por género y categoría.
  - Porcentaje de hombres y mujeres en puestos de alto mando.
  - Número de alianzas creadas.
  - Número de iniciativas de cooperación al desarrollo.
  - Número de eventos realizados en materia de sostenibilidad.
  - Nivel de satisfacción de los ciudadanos con las iniciativas o actividades portuarias.
  - Grado de satisfacción de los usuarios del puerto.
  - Número de quejas o reclamaciones recibidas.
  - Número de proyectos de integración paisajística desarrollados.
  - Número de acciones de recuperación ambiental implementadas.
  - Superficie portuaria creada, liberada o aplicada a otros usos.

- Indicadores de gobernanza:
  - Número de personas involucradas en procesos participativos.
  - Porcentaje de mecanismos de gestión en los que se han incorporado aspectos de sostenibilidad.
  - Número de grupos de trabajo en los que participa.

- Indicadores ambientales:
  - Reducción del consumo eléctrico.
  - Cantidad de obras de mejora de la eficiencia energética.
  - Porcentaje de energía verde autogenerada.
  - Porcentaje de energía verde consumida.
  - Porcentaje de reducción de emisiones de GEI.
  - Número de vehículos eléctricos.
  - Número de punto de recarga eléctricos disponibles.
  - Volumen de carga movida con vehículos eléctricos.
  - Derrames significativos.
  - Ruido medio generado en el entorno portuario.
  - Volumen de agua consumida.
  - Porcentaje de reducción del consumo de agua.
  - Porcentaje de reducción del consumo de combustibles fósiles.
  - Toneladas de residuos recogidos, almacenados y gestionados.
  - Toneladas de residuos generados por buques recogidos, almacenados y gestionados.
  - Toneladas de basura marina recogida.

- Superficie de fondos de mar regenerada.
- Número de proyectos de investigación desarrollados para la mejora de la biodiversidad en el entorno portuario.
- Porcentaje de infraestructuras verdes.
- Cuerpos de agua afectados por vertidos de agua.

Pero medir el impacto va más allá de la recogida y elaboración de los indicadores; exige un compromiso y esfuerzo de la estructura de la Autoridad Portuaria para el análisis de la información del proceso y la sistematización del mismo.

Los indicadores se enfocan en la medición por un lado del desempeño de la estrategia, en cuanto a conocer el número de proyectos y acciones desarrolladas, el volumen de financiación público y privada atraído; por otro lado, el impacto de los proyectos y acciones que se desarrollan en la consecución de los objetivos, y de forma concreta de las metas establecidas en cuanto a porcentaje reducción de CO_2, porcentaje de superficie oceánica recuperada, incremento de empleo, entre otros.

El plan Blue Growth Vigo como proyecto emblemático de la economía azul en España

El Puerto de Vigo inicia en 2015 una reflexión sobre como incorporar el enfoque de economía azul en la gestión portuaria, con el fin de hacerla más sostenible en términos sociales, económicos y ambientales. En este sentido, la Autoridad Portuaria estaba convencida de la necesidad de comprender el papel que los puertos ejercen sobre su área de influencia como motores de desarrollo y, con especial interés, cómo maximizar su impacto.

Tras un proceso participativo de codiseño en el que se involucraron más de 250 personas de diferentes sectores y actividades de la economía azul, representando a la Universidad, sector privado, sociedad civil y administración, se establecen cuatro objetivos a los que habría que contribuir a través de 38 proyectos y diversas acciones. Estos cuatro objetivos se centran en convertirse en:

- Puerto Conectado: interno, con la implantación de una administración totalmente digitalizada (*paperless office*), y externo, con la búsqueda del máximo número de conexiones, especialmente las oceánicas, tras la apertura de las nuevas esclusas del canal de Panamá.

- Puerto Innovador: es decir donde la innovación tecnológica debe de tener una primacía absoluta integrando la innovación en todos los sectores, tanto en los más desarrollados como en los tradicionales.

- Puerto Verde: ligado al cumplimiento de Pacto Europeo Verde, además de una total integración con el entorno ambiental y social, y debe de dar ejemplo con la reducción del impacto ambiental y una total integración en el entorno.

- Puerto Inclusivo: con el desarrollo de las humanidades, la historia del puerto y la historia marítima general, pero donde además se asegure una formación a todos los niveles en empleos que son demandados y en los que el área formativa presenta graves carencias.

Después de seis años, la Autoridad Portuaria de Vigo hizo recuento positivo de los logros alcanzados a través de indicadores sociales, económicos y ambientales concretos. A partir de ello, en conjunto con los grupos de interés participantes en seis grupos de trabajo temáticos, se decide avanzar hacia un nuevo periodo 2022-2027 en el que se concentrasen los esfuerzos en innovación social,

en el *green deal*, la transición justa y la digitalización y el emprendimiento.

Este enfoque participativo va más allá de las fronteras del propio puerto de Vigo, bajo el entendimiento de que solo si se comparte y transfiere el conocimiento con otros puertos y administraciones se logrará la generación de sinergias y el trabajo complementario, que a la larga incidirá en el beneficio mutuo. En este esfuerzo el Puerto de Vigo ha logrado diversos reconocimientos y el refuerzo del trabajo con entidades bilaterales y multilaterales como IAPH, ESPO, FAO, UNESCO y Banco Mundial.

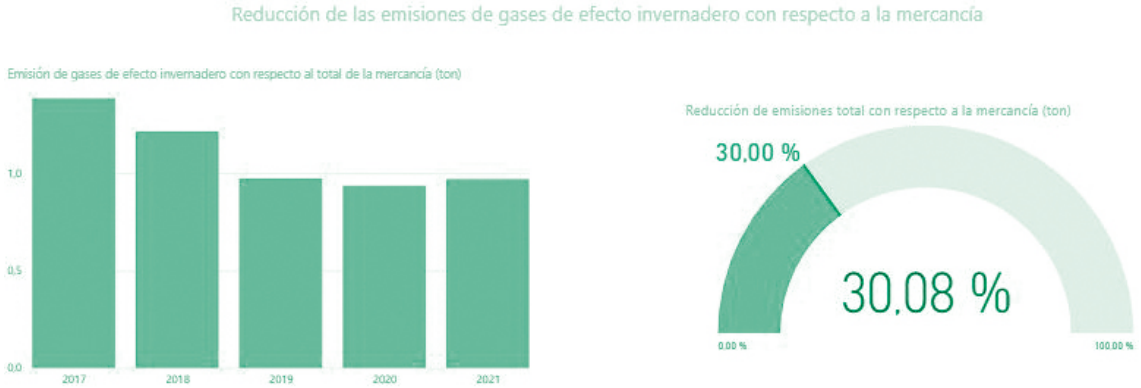
La sostenibilidad del plan Blue Growth se asegura, por tanto, a través de la involucración de las personas y entidades del ecosistema de innovación en la gestión del puerto de Vigo y su área de influencia. Pero, más allá, existe el convencimiento de que solo si se trabaja con una visión de participación inclusiva, holística e innovadora se logra ejercer un impacto permanente en el desarrollo del entorno del puerto de Vigo.

La base de toda esta estrategia reside en la capacidad de medir el impacto que ejerce sus proyectos y acciones en el desarrollo real de su entorno. Los esfuerzos realizados por la Autoridad Portuaria de Vigo en este marco se incorporan desde el proceso de diseño de la estrategia y se considera como eje vertebrador clave de su seguimiento y viabilidad. La medición de impacto permitirá conocer hasta qué punto la estrategia es exitosa y cómo reajustar aquellos aspectos que sean necesarios, tanto a los gestores de la misma como a todos los grupos de interés que forman parte de ella.

Así, desde Autoridad Portuaria de Vigo se definieron una serie de indicadores cuyo análisis continuo permite conocer y reflexionar sobre el avance de la estrategia. A modo de ejemplo se muestran la evolución de los siguientes indicadores sociales, económicos y ambientales.

En cuanto a la dimensión ambiental, se destaca el balance positivo en la evolución del indicador de reducción de emisiones de la Autoridad Portuaria de Vigo con respecto al total de toneladas de mercancías movilizadas en los últimos años, pasando de generar 1,38 toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2017 a generar 0,97 toneladas en 2021, lo que supone una reducción de emisiones del 30 %. Con esto, el puerto de Vigo ha logrado alcanzar su compromiso Our Ocean, asumido en 2017, de reducir en un 30 % sus emisiones (CO_2, SOx y NOx) para el 2022.

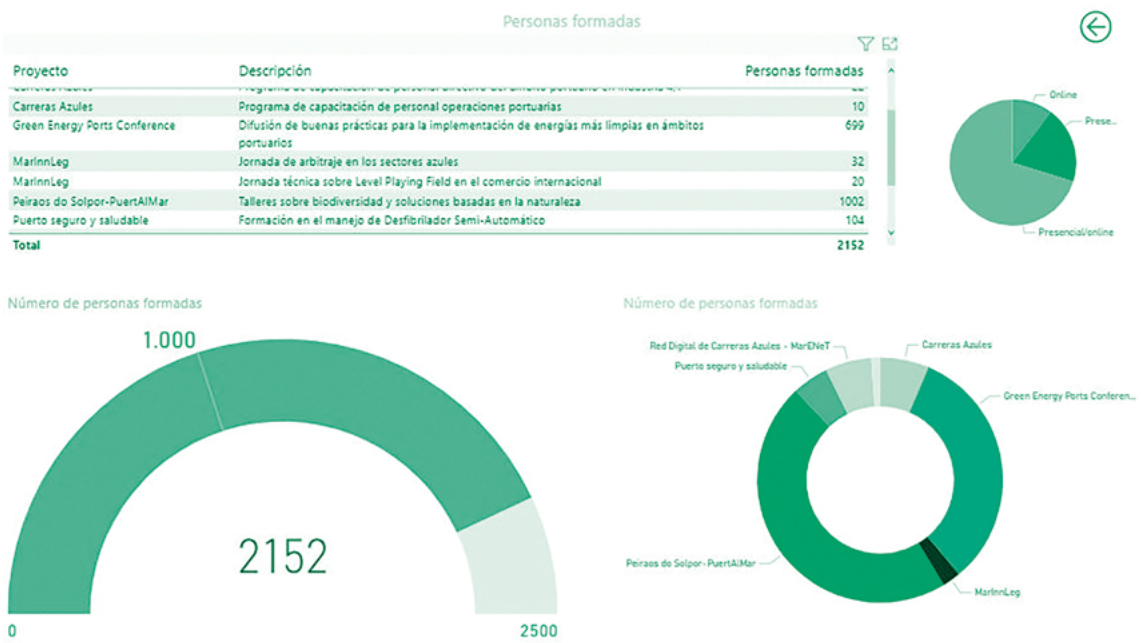
Esto se ha logrado gracias a las medidas implantadas por la Autoridad Portuaria de Vigo para controlar las emisiones contami-

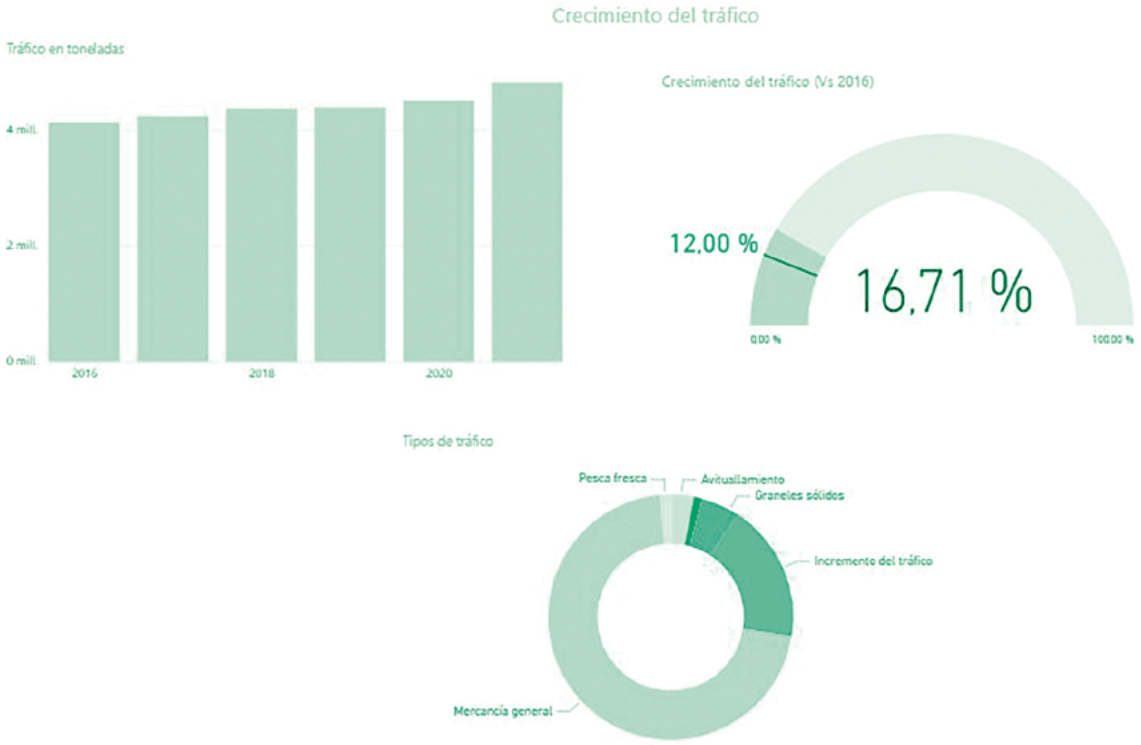


nantes del aire, como puede ser la mejora de viales interiores o accesos dirigidos a reducir el tránsito de camiones por núcleos urbanos, así como diversas iniciativas desarrolladas en el marco de su estrategia de crecimiento azul (Blue Growth). Entre estas iniciativas destaca la instalación de paneles fotovoltaicos en la sede de la Autoridad Portuaria, la instalación de energía fotovoltaica en las instalaciones del puerto pesquero como parte del proyecto Lonja 4.0, la flota de vehículos híbridos y eléctricos puros o la compra certificada de energía procedente de fuentes 100 % renovables, entre otros.

Sumado a esto, se está analizando la viabilidad de implementación de sistemas OPS en el puerto de Vigo, y se está trabajando en proyectos enfocados en la movilidad sostenible como el proyecto Green Bay para el desarrollo de embarcaciones sostenibles o proyectos de uso de combustibles alternativos como el proyecto Julio Verne, un proyecto de generación y dispensado de hidrógeno verde para aplicación en operaciones logísticas del puerto, consumo industrial, aplicaciones de movilidad terrestre, aplicaciones de movilidad marítima y *cold ironing* de cero emisiones en el área del puerto de Vigo.

Con respecto a la dimensión social, podemos destacar la evolución del indicador sobre el número de personas formadas, logrando alcanzar, en los últimos años, un total de 2152 personas formadas, duplicando el objetivo de mil personas formadas marcado para este indicador en el diseño de la Estrategia de Crecimiento Azul del puerto de Vigo. Esto se ha conseguido gracias, no solo a los contenidos formativos enfocados al desarrollo profesional de los trabajadores de la Autoridad Portuaria de Vigo, sino a los proyectos de formación dirigida a los sectores de azules y gracias, también, a las jornadas de sensibilización ambiental asociadas a proyectos de restauración de la biodiversidad en el entorno portuario y los programas de visitas educativas y técnicas para dar a conocer las





instalaciones, los tráficos y los servicios del puerto con el objetivo de crear conciencia de la importancia del mismo dirigidos a la sociedad general y haciendo especial hincapié en los más jóvenes.

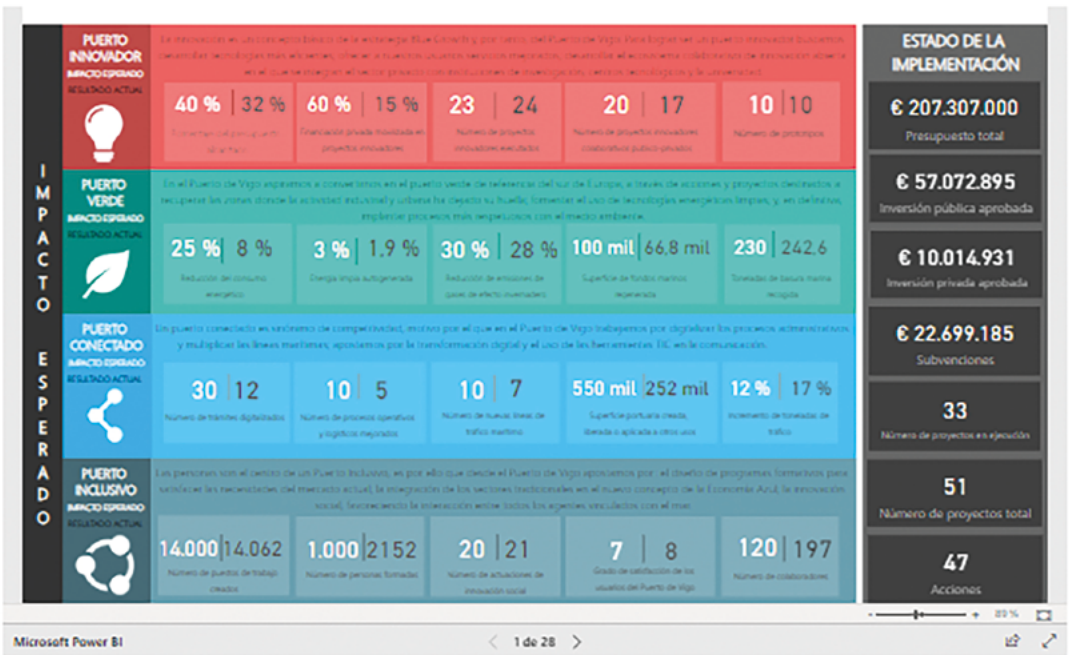
Dentro de la dimensión económica, podemos destacar la evolución del indicador de tráfico de mercancías movidas del puerto de Vigo que como se muestra en las gráficas a continuación, ha experimentado un incremento sucesivo desde el 2016 de más del 16 %, logrando incluso superar el objetivo del incremento del 12 % que se había marcado al inicio del plan Blue Growth Vigo.

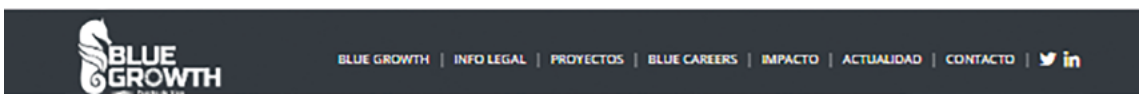
Esta evolución positiva se ha visto reflejada no solo en el total de toneladas movidas, sino también en el total de toneladas por grupos genéricos de mercancías y como porcentaje de cada uno de dichos grupos sobre el total.

El resultado de tráfico total en 2021 una vez añadidos los datos de avituallamiento y pesca fresca, alcanza las 4 809 152 toneladas, un aumento de 6,87 con respecto a 2020. El tráfico contenerizado ha presentado un gran resultado, marcando un récord histórico en toneladas movidas con un incremento del 7,41 con respecto a 2020. Por su parte, la mercancía general en convencional también obtiene un resultado muy positivo, con un incremento del 5,79 debido, sobre todo, al efecto de los tráficos de granito en bruto y pesca congelada.

Por último, uno de los elementos característicos del sistema desarrollado por el Puerto de Vigo es la creación de un cuadro de mando que permite la actualización continua e inmediata de datos y la visualización a través una plataforma digital en la página web del plan Blue Growth Vigo: http://bluegrowthvigo.eu/impacto.

Tipo de mercancía	2019		2020		2021	
Graneles líquidos	40 770	1,07 %	57 744	1,28 %	51 912	1,08 %
Graneles sólidos	297 778	6,79 %	300 986	6,69 %	337 330	7,01 %
Mercancía general	3 819 996	87,07 %	3 978 248	88,48 %	4 253 658	88,45 %
Avituallamiento	142 862	3,26 %	122 432	2,72 %	129 671	2,07 %
Pesca fresca	79 803	1,82 %	36 796	0,82 %	36 581	0,76 %
Tráfico interior	0	0 %	0	0 %	0	0 %
Total tráficos	**4 387 210**		**4 496 206**		**4 809 152**	
Mercancía en contenedores	**2 658 822**		**2 780 287**		**2986 304**	
Tráfico ro-ro	**1 116 655**		**1 017 610**		**1 071 527**	





BUENAS PRÁCTICAS EN EL DESARROLLO ACTUAL DE INICIATIVAS VERDES EN LOS PUERTOS ESPAÑOLES

Para enfrentar los diferentes retos en este sentido y siendo la transición verde un tema prioritario en la toma de decisiones de las autoridades portuarias en los últimos años, los puertos españoles han comenzado a desarrollar proyectos enfocados en la descarbonización a través del uso de combustibles alternativos sostenibles o la implementación de sistemas de electrificación, la restauración de la biodiversidad submarina y la mitigación de la huella de carbono. Algunos ejemplos los exponemos a continuación con el fin de poder visualizar el rol de los puertos en la transición ecológica y su capacidad de actuación.

En cuanto al uso de combustibles alternativos sostenibles para enfrentar el reto de la reducción de emisiones en el entorno portuario, podemos encontrar múltiples iniciativas en el entorno portuario Español, para la implementación de hidrógeno verde como el Proyecto H2Ports de la Autoridad Portuaria de Valencia o iniciativas para la implementación del gas natural licuado, como el proyecto Almacenamiento de GNL para transporte marítimo y generación de energía e hidrógeno verde de la Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife, el proyecto Julio Verne en el puerto de Vigo para generación de hidrógeno verde y su uso en el desarrollo de nuevos programas piloto para la movilidad marítima en la ría de Vigo.

Proyecto H2Ports, puerto de Valencia

El proyecto H2Ports tiene como objetivo proporcionar soluciones eficientes para impulsar la transición de una industria portuaria basada en combustibles fósiles hacia un modelo operativo efectivo de bajas emisiones de carbono/cero emisiones y seguro, pilotando, evaluando y demostrando nuevas tecnologías de pilas de combustible orientadas a aumentar la eficiencia energética, la descarbonización y la seguridad de las terminales portuarias.

La iniciativa propone el desarrollo de diferentes pilotos como un vehículo *reach stacker* alimentado con hidrógeno y probado en una terminal de contenedores del puerto, una cabeza tractora equipada con pilas de combustible para probar en una terminal ro-ro y una estación móvil de suministro de hidrógeno que garantice el combustible necesario para el correcto desarrollo de estas operaciones.

El resultado esperado del proyecto es la prueba y validación de la tecnología del hidrógeno verde en maquinaria portuaria con el objetivo de contar con soluciones que se puedan aplicar de forma real sin afectar a la correcta ejecución de las actividades portuarias repercutiendo en la reducción de las emisiones o la producción de emisiones cero de las actividades portuarias.

Proyecto Almacenamiento de GNL para transporte marítimo y generación de energía e hidrógeno verde, puerto de Santa Cruz de Tenerife

El proyecto Almacenamiento de GNL para transporte marítimo y generación de energía e hidrógeno verde, que comenzó su diseño durante el 2021 con el objetivo de reducir las emisiones del puerto, contempla la construcción de una planta de almacenamiento de Gas Natural Licuado (GNL) que permitirá el suministro a buques y la generación de electricidad mediante motores que admitan una proporción de hidrógeno en mezcla con gas natural.

La iniciativa permitirá la reducción de 9000 toneladas de CO_2 y 400 000 kilos de materiales contaminantes gracias no solo al almacenamiento de 50 000 metros cúbi-

cos de gas natural licuado para suministro a buques, sino también a la capacidad de generar 70 megavatios de energía eléctrica, que se podrán emplear no solo para cubrir las necesidades energéticas del puerto sino también para el suministro al buque durante el atraque.

Por otro lado, la electrificación de los puertos es uno de los grandes retos para la eficiencia energética y medioambiental del transporte marítimo. Para descarbonizar las actividades portuarias y mejorar la calidad del aire del entorno, se están desarrollando proyectos de implementación de sistemas OPS (*onshore power supply*) que permitan conectar los barcos a la red eléctrica general una vez estén atracados, utilizando energía limpia. Entre estas iniciativas podemos destacar el proyecto Nexigen de la Autoridad Portuaria de Barcelona o el proyecto BilbOPS de la Autoridad Portuaria de Bilbao.

Proyecto Nexigen, puerto de Barcelona

El proyecto Nexigen o Plan de Electrificación de Muelles de la Autoridad Portuaria de Barcelona tiene como objetivo la reducción de las emisiones de CO_2 de la actividad del puerto en un 50 % hasta 2030 y alcanzar las cero emisiones antes de 2050 a través de la conexión de los buques atracados a la red eléctrica general, utilizando energía certificada de origen 100 % renovable.

Con este proyecto, que comenzaba en enero de 2020 y que se encuentra actualmente en proceso de licitación del proyecto piloto para suministrar electricidad a los buques ferris que operan en la Terminal Ferry de Barcelona, se contempla la construcción de una nueva subestación de la Ronda Litoral, ubicada cerca del muelle Príncep d'Espanya que se llevará a cabo en los próximos dos años.

En 2030 se pretende que el puerto de Barcelona tenga electrificados Onshore Power Supply (OPS) todos los puntos de atraque de los cruceros, el muelle Prat, y las terminales de ferris de la dársena de Sant Bertran y el muelle de Costa, eliminando 66 000 toneladas de CO_2 y 1234 toneladas de NOx de las emisiones de la actividad portuaria.

Proyecto BilbOPS, puerto de Bilbao

El proyecto BilbOPS tiene como objetivo principal reafirmar la apuesta del Puerto de Bilbao por la transición energética y la descarbonización de la operativa portuaria a través del despliegue de tecnología OPS (Onshore Power Supply) que permita la reducción de un 40 % de los gases de efecto invernadero de los buques atracados mediante el acceso a la red general eléctrica y el apagado de sus motores auxiliares diésel durante su estancia en el puerto.

Esta iniciativa contempla las siguientes acciones, entre 2022 y 2023, para dotar a siete muelles de atraque de líneas regulares (contenedores, ro-ro, ro-pax, cruceros, y al nuevo muelle A5 de la primera fase del espigón central): la repotenciación de líneas eléctricas, instalación en los muelles de tres centros de distribución eléctrica, once centros de transformación y once puntos de conexión OPS para la repotenciación de las líneas eléctricas.

En paralelo a esto, se desarrollan acciones complementarias para que el suministro eléctrico de los buques atracados proceda de energía verde, como la creación de plantas de energía renovable en el propio espacio portuario.

Otro de los puntos fuertes en los que los puertos pueden contribuir para avanzar en la transición ecológica es la restauración de la biodiversidad marina y la mitigación de la huella de carbono de las actividades portuarias. Existen varias iniciativas desarrolladas en este ámbito en la actualidad como el proyecto Peiraos do

Solpor[11] de la Autoridad Portuaria de Vigo o el proyecto piloto de Reforestación Marina de la Autoridad Portuaria de Cartagena[12].

Proyecto Peiraos do Solpor, puerto de Vigo

El proyecto Peiraos do Solpor tiene por objetivo la transformación de infraestructuras "grises" del entorno portuario en infraestructuras verdes (estructuras que evocan procesos naturales en entornos artificiales) para contribuir a mejorar el provisionamiento de servicios ecosistémicos del entorno marino portuario y crear un sistema de fijación de CO_2 a través del diseño de unidades innovadoras de eco-ingeniería recreando los hábitats perdidos debido al desarrollo portuario.

El proyecto se desarrolla en tres fases secuenciales, siendo cada una de ellas clave para la siguiente etapa: (i) PuertaAlMar, (ii) Living Ports y (iii) Peiraos do Solpor.

Fase I. PuertAlMar (2019-2021). Se desarrolló con el objetivo diseñar estructuras colgantes bajo pantalanes diseñadas para maximizar la fijación de organismos marinos que sirvan de apoyo para la vida marina para la recolonización de zonas costeras que se han visto afectadas por las actividades industriales en el entorno portuario.

Fase II. Living Ports. Se desarrolla a partir de los resultados obtenidos en la Fase I y contempla el diseño e instalación de estructuras específicas para muros y paredes portuarias en el corazón del puerto, en A Laxe, facilitando la colonización de fauna y flora en los mismos, así como el diseño e instalación de arrecifes artificiales sumergidos. El proyecto está actualmente en ejecución con fondos europeos a través de la convocatoria FTI - H2020. Lo coordina la empresa israelí Econcrete, siendo socios el Puerto de Vigo, Cardama y la universidad Technical University of Denmark (DTU).

Fase III. Peiraos do Solpor. La última etapa integrará los diseños y tecnologías testados en las fases anteriores, incluyendo infraestructuras de uso recreativo para la divulgación e integración de puerto y la ciudad. De este modo, la intención es crear una reserva ecológica del puerto de Vigo que contará con arrecifes artificiales y piscinas intermareales orientadas a la biodiversidad, que recrearán las condiciones ambientales necesarias para la colonización de fauna y flora autóctona. Integrado con estos ecosistemas, se creará una zona de paseo educativa para el disfrute de la ciudadanía.

Proyecto Piloto Reforestación Marina (praderas de Posidonia Oceánica), puerto de Cartagena

El proyecto piloto de Reforestación Marina de la Autoridad Portuaria de Cartagena tiene como objetivo avanzar en la conservación y cuidado del ecosistema como medio para compensar la huella de carbono a través de la reforestación submarina, en el entorno portuario, de praderas de posidonia, alga endémica única en el Mar Mediterráneo que funciona como hábitat de más de 1400 especies, tanto vegetales como animales, y mantiene el agua marina limpia gracias a su gran capacidad filtradora.

Este proyecto de restauración de la biodiversidad marina se ha dividido en varias fases. En la primera fase, que comenzó a finales de mayo de 2021, se buscaron zonas favorables de plantación en cuyos fondos se encuentran los tres sustratos más favorables para la plantación –el balastro o grava, la arena y la mata muerta de posidonia cubierta de arena–, cumpliendo además con el requisito de

11. Disponible en: http://bluegrowthvigo.eu/proyecto/peiraos-do-solpor.
12. Disponible en: https://www.apc.es/webapc/publicaciones/noticias/detallenoticia/8a370196-28e8-47f7-96f9-5dbd6a1ddee8.

la transparencia y profundidad de las aguas, fundamentales para favorecer la función clorofílica de la planta.

En las siguientes fases se delimitarán las parcelas en el fondo marino para comprobar la afectación por la dinámica litoral y con los primeros temporales del otoño se recogerán esquejes y semillas arrastradas hasta la costa, que serán plantados en canastas con balastro y sumergidos en un punto vigilado a poca profundidad en el entorno del puerto.

Por último, hacemos referencia al compromiso con la promoción de un emprendimiento sostenible en los ámbitos portuarios. Las oportunidades de negocio en el ámbito portuario, bajo el prisma de sostenibilidad y de la transición justa, son innumerables. Su identificación y promoción revierte en el desarrollo de negocios verdes, pero también en la contribución a ofrecer soluciones a modo de productos y servicios a desafíos de desarrollo sostenible de los puertos. Para ello, crea el Fondo Tradetech de los Puertos Españoles Ports 4.0, un programa que han implementado los organismos Puertos del Estado, gestor del mismo, y las Autoridades Portuarias con el fin principal de atraer al sector logístico portuario, talento y emprendimiento, en aras de hacer de la innovación un componente de eficiencia, desarrollo sostenible, seguridad y protección en la evolución de este campo en dirección a la Economía 4.0.

A través de este proyecto se apoya económicamente –mediante subvención– la creación de empresas tecnológicas, *start-ups*, *spin-off*, así como otros formatos de negocio emergentes, e, incluso, los cambios de modelo negocio en empresas existentes, que se encarguen de crear e implementar servicios, productos o métodos de procesamiento innovadores para impulsar la evolución del sector. Se busca así potenciar la creación de un ecosistema *tradetech* para facilitar el desarrollo del sector logístico-portuario en el marco del comercio, la logística y el transporte de forma que se incremente su eficiencia y sostenibilidad.

CONCLUSIONES

Los puertos de mercancías y pesqueros son, por su situación fronteriza entre el mar y la tierra, enclaves estratégicos que deben ser considerados en las estrategias de ordenación del territorio y desarrollo sostenible. El compromiso con la Agenda 2030, bajo el liderazgo de Puertos del Estado, es cada vez más grande. Este compromiso se materializa de forma concreta a través de iniciativas que están convirtiendo a nuestros puertos en un referente de promoción de sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad que todos conocemos integra y concilia las dimensiones sociales, económicas y ambientales. Si bien no podemos considerar ninguna de ellas de forma aislada en este capítulo, nos hemos enfocado en el análisis concreto del impacto ambiental de los puertos en su área de influencia.

Este impacto es referido desde el cumplimiento con el Pacto Verde en el que, de forma concreta, los puertos tienen un papel relevante en la descarbonización de la economía y la lucha contra el cambio climático. El poder de los puertos en esta labor es sin duda enorme, y es por ello que desde la Comisión Europea, FAO, Banco Mundial, entre otros, se han abierto programas y líneas de inversión concretas que refuercen las capacidades de los puertos a nivel global en este marco.

Pero sin duda alguna, y es donde se encuentra la clave, el compromiso no es solo de la Autoridad Portuaria, esta no es más que el ente rector del espacio y un *hub* en el que se desarrollan diferentes actividades gestionadas por diferentes operadores económicos públicos y privados, además de tener espacios dedicados a reforzar el bienestar de las ciudades en las que se ubican.

El compromiso, por tanto, debe ser de todos los actores que intervienen en el desarrollo de las operaciones y de la economía azul costeras. Así, estas cobran un papel relevante no solo en la puesta en marcha de iniciativas, sino en la promoción de la cooperación entre los operadores y el impulso de iniciativas conjuntas. El liderazgo de las autoridades portuarias en su entorno en este sentido no es discutible, y es por ello que su papel de dinamizador de la economía azul tiene una mayor relevancia.

La economía azul sostenible, junto con la transición ecológica, el Pacto Verde, son todos ellos enfoques y líneas estratégicas de acción que debemos integrar dentro de los planes de gestión de las administraciones y empresas. Para ello, se debe integrar en la elaboración de presupuestos y en la planificación de las inversiones desde un prisma de la sostenibilidad en sus tres ejes –económico, ambiental y social–, debiendo incorporar factores de impacto económico, medioambiental y social. Solo así podremos navegar juntos hacia una transición justa en la que la sociedad pueda seguir disfrutando como lo hicieron nuestros ancestros de las maravillas y beneficios de los océanos, fuente de nuestra vida.

Así, los puertos se han convertido en *hubs* de la economía azul, en polos reales de la creación de empleo, de atracción de la innovación, y están dispuestos a tener un rol destacado dentro de la transición energética, ya que permiten el bajar las estrategias europeas y mundiales a realidades cercanas a las empresas y la economía.

En España, como en todo el mundo, encontramos dos tipos de puertos que van a tener un papel relevante:

- Puertos como *hubs* energéticos, debido a la existencia de recursos como el viento, las olas, o por ser cercanos a futuros parques *offshore*. Es el caso del puerto de A Coruña o el puerto de Bilbao. Además, estos puertos tendrán un papel importante en la trasformación de la energía y en su almacenaje para el suministro a empresas.

- Puertos como *hubs* del desarrollo industrial y apoyo a la trasformación de los sectores hacia la descarbonización con proyectos en materia de energía. En ambos enfoques con un objetivo donde actualmente está teniendo una mayor importancia la autosuficiencia energética. En este tipo de puertos nos encontramos el caso del puerto de Vigo o el puerto de Valencia.

BIBLIOGRAFÍA

Comisión Europea (2021). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES, sobre un nuevo enfoque de la economía azul sostenible de la UE. Transformar la economía azul de la UE para un futuro sostenible. Bruselas. COM (2021) 240 final.

Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante (TRLPEMM, RDL 2/2011, de 5 de septiembre).

Comisión Europea (2022). Blue indicators online dashboard [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://blueindicators.ec.europa.eu/access-online-dashboard.

Página web de la estrategia Valenciaport [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en www.valenciaport.com.

Valenciaport (21 julio 2022). Valenciaport activa la planta fotovoltaica del Puerto de Gandia [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.valenciaport.com/valenciaport-activa-la-planta-fotovoltaica-del-puerto-de-gandia/.

Valenciaport (2020). Avance del Informe ambiental del año 2020 [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.valenciaport.com/wp-content/uploads/Avance-memoria-ambiental-2020-def.pdf.

Fundación Valenciaport (2020). Plan Estratégico 2020-2025 [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.fundacion.valenciaport.com/wpcontent/uploads/2020/09/PEFV_Resumen-2.pdf.

Página web del Centro Nacional del Hidrógeno [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.cnh2.es/.

CNH2, Project H2PORT, Implementing fuel cells and Hydrogen technologies in PORTS [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.cnh2.es/cnh2/h2ports/.

Página web de la Fundación Valenciaport [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en www.fundacion.valenciaport.com.

Página web de la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en www.puertocadiz.com.

Puerto de la Bahía de Cádiz (19 febrero 2021). La Autoridad Portuaria avanza en el proyecto de suministro eléctrico a cruceros en el muelle de Cádiz [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.puertocadiz.com/la-autoridad-portuaria-avanza-en-el-proyecto-de-suministro-electrico-a-cruceros-en-el-muelle-de-cadiz/.

Joaquín Benítez (27 junio 2022). Cádiz contará con el Muelle Alfonso XIII electrificado de aquí a año y medio. Diario de Cádiz [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.diariodecadiz.es/cadiz/Cadiz-Muelle-Alfonso-XIII-electrificado_0_1696331246.html.

Bilbaoport (2017). Guía de eventos sostenibles [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.bilbaoport.eus/wp-content/uploads/2019/02/Guia_Eventos_APB.pdf.

Bilbaoport (30 mayo 2022). URA, la Autoridad Portuaria de Bilbao y el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia construirán el nuevo sistema de saneamiento que llevará las aguas residuales del puerto hasta la depuradora de galindo [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.bilbaoport.eus/noticias/ura-la-autoridad-portuaria-de-bilbao-y-el-consorcio-de-aguas-bilbao-bizkaia-construiran-el-nuevo-sistema-de-saneamiento-que-llevara-las-aguas-residuales-del-puerto-hasta-la-depuradora-de-galindo/.

Página web de GASNAM [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://gasnam.es/.

GASNAM (2022) Project CORE LNGas Hive [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://gasnam.es/project/core-lngas-hive/#:~:text=El%20objetivo%20del%20proyecto%20es,mar%C3%ADtimo%2C%20en%20la%20Pen%C3%ADnsula%20Ib%C3%A9rica.

Port de Barcelona, Proyecto RePort [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.portdebarcelona.cat/es/web/el-port/report.

Página web de Blue Growth Vigo [en línea] [consultado el 7/11/2022]. Disponible en https://www.Bluegrowthvigo.eu.

EL PAPEL DEL AMONIACO VERDE EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y SU PRODUCCIÓN EN PARQUES EÓLICOS MARINOS AISLADOS

César Vidal Pascual

INTRODUCCIÓN

Que el cambio climático es debido a causas antropogénicas ya es conocido como un hecho científicamente establecido.

Bajo la presión de este cambio, la sociedad humana se está enfrentando a una drástica reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG), que hasta ahora siguen en continuo aumento. Por ejemplo, como parte del European Green Deal[1], la Comisión Europea ha propuesto en 2020 el aumento del objetivo de reducción de emisiones de GHG para 2030 hasta al menos un 55 % de las emisiones en 1990, manteniendo el objetivo a largo plazo de neutralidad en emisiones para 2050.

Una de las alternativas al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía es la utilización de energías renovables. Una de las energías renovables con mayor desarrollo en la actualidad es la eólica marina. Según el Global Wind Energy Council (GEWEC)[2], el objetivo para 2030 es tener operativos parques eólicos en alta mar con una capacidad total de 270 GW, es decir, el 11 % de la potencia necesaria para la neutralidad de emisiones en 2050.

Las fuentes más abundantes de energía renovable (solar y eólica) son intermitentes y aleatorias, por lo que, para acomodarse a la demanda se requiere un cierto grado de acumulación de energía. Además, para la neutralidad de emisiones será necesario sustituir los combustibles fósiles que en la actualidad se utilizan en la agricultura, el transporte y en muchos procesos industriales. Por lo tanto, la producción sintética de combustibles mediante el uso de energías verdes es ineludible para alcanzar el objetivo de neutralidad de emisiones para 2050. En este sentido, la producción de amoniaco en parques eólicos marinos se está empezando a plantear como una alternativa a la producción de hidrógeno por su elevado contenido energético por unidad de volumen y su facilidad de almacenamiento y distribución directamente desde alta mar.

Sistemas de almacenamiento de energía

En la actualidad se cuenta con los siguientes sistemas de almacenamiento de energía[3]:

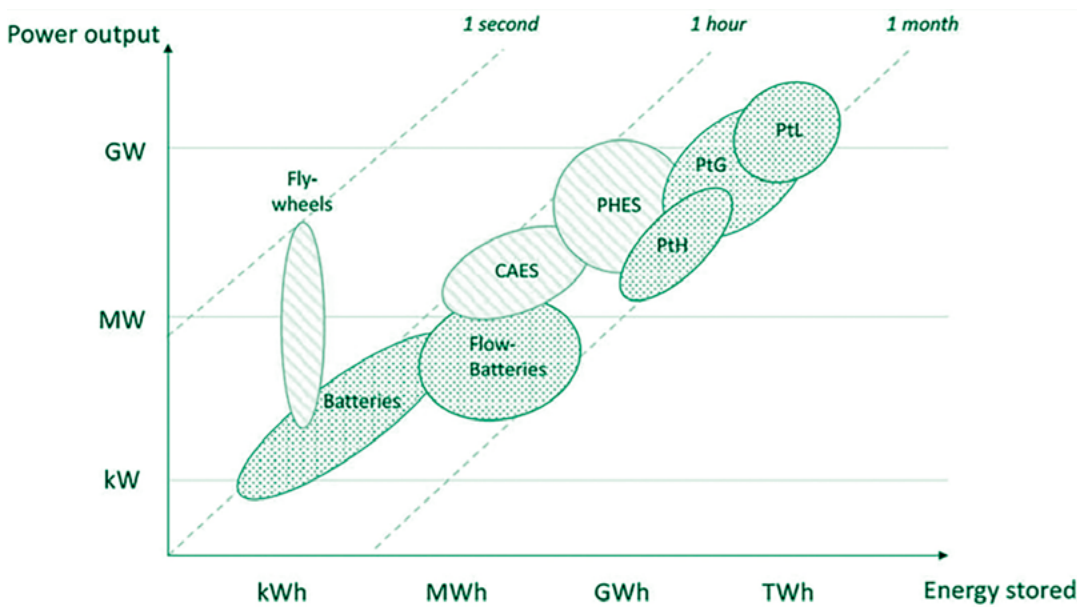
- Mecánica:
  - Embales hidráulicos con bombeo reversible (*Pumped Hydro Energy Storage*, PHES).
  - Depósitos de aire comprimido (*Compressed Air Energy Storage*, CAES).
  - Depósitos de aire líquido (*Liquid Air Energy Storage*, LAES).
  - Volantes de inercia.

- Eléctrica:
  - Condensadores y supercondensadores.
  - Bobinas superconductoras (*Superconducting Magnetic Energy Storage*, SMES).
- Electroquímica:
  - Baterías.
  - Baterías de flujo.
- Termal:
  - Baja temperatura (criogénico).
  - Alta temperatura.
- Química:
  - Hidrógeno (H_2).
  - Metano (CH_4).
  - Amoniaco (NH_3).
  - Metanol (CH_3-OH).
  - Adsorción química de H_2 en compuestos.
- Adsorción física.

La Figura 1[3] muestra la relación entre la energía almacenada y la potencia eléctrica restituida de los diferentes sistemas de almacenamiento de energía. Para pequeñas cantidades de energía (de 1 kWh a 1 MWh) y periodos cortos de descarga (segundos a horas), el almacenamiento en condensadores, volantes de inercia, baterías y baterías de flujo, es óptimo. Los almacenamientos CAES o PHES se diseñan para capacidades mayores (10 MWh a 100 GWh) y son capaces de proveer electricidad a regiones enteras durante horas o incluso días. Para mayores almacenamientos, hasta 100 TWh y mayores periodos de almacenamiento y producción (semanas o meses), la energía debe ser almacenada en forma de combustibles sintéticos, denominada *Power to X*, donde la X representa gas (PtG) o líquido (PtL) o, en general, *Power to Fuel* (PtF).

En realidad, todos los combustibles que se plantean para el almacenamiento PtF, salvo el hidrógeno (H_2), se consideran como siste-

Figura 1. Potencia eléctrica liberable en función de la energía almacenada para diferentes sistemas de almacenamiento de energía. Las rectas de trazos indican de forma aproximada el periodo de respuesta para el que se suelen diseñar los sistemas. Tomada de Limpens and Jeanmart[3].



mas de almacenamiento químico de H_2. Las ventajas del almacenamiento de largo plazo y gran capacidad de los sistemas PtF se explican por la elevada densidad de energía de los combustibles comparada con otras tecnologías de almacenamiento.

Además de las exigencias de almacenamiento requeridas para dar respuesta a las necesidades de la red eléctrica, hay múltiples sectores económicos (agricultura, industria, transporte, etc.) que demandan combustibles para la generación de energía y como materia prima en sus procesos. Aunque las baterías pueden llegar a ser económicamente viables en vehículos ligeros y camiones, es dudoso que puedan llegar a serlo en el transporte marítimo, transporte militar y transporte aéreo.

De las anteriores consideraciones se deduce que para el almacenamiento de medio y largo plazo de grandes cantidades de energía y para los sistemas móviles (tierra, mar y aire) la alternativa PtF es la más atractiva para el reemplazo de los combustibles fósiles, ya que las plantas químicas de producción de combustibles pueden ser instaladas en cualquier localización donde exista una elevada producción de energía renovable o exista un fácil acceso a red eléctrica de gran capacidad. Los combustibles producidos pueden entonces ser exportados utilizando cualquiera de los medios convencionales de transporte (ferrocarril, carretera, navegación y tubería). Para los transportes de gran capacidad (navegación o tubería), la opción de combustible líquido es la preferible, lo que pone el foco en los procesos que permiten generar líquidos de alta densidad energética a partir de energías renovables de una forma sostenible y económicamente aceptable.

El amoniaco como PtF

Existen en la actualidad multitud de combustibles que pueden ser sintetizados mediante la aportación de energía eléctrica. Entre los que mayor atención están recibiendo se encuentra el hidrógeno (H_2), diversos combustibles sintetizables a partir de CO_2 y agua (metano, metanol) y el amoniaco (NH_3). Dentro de este conjunto, el amoniaco ha emergido como candidato destacado a combustible renovable del futuro debido a las siguientes ventajas:

1. Las materias primas para su producción son agua y nitrógeno, abundantes y bien distribuidas globalmente.

2. Es el PtF más económico de producir en áreas aisladas.

3. Es un producto químico de amplia utilización en el mercado mundial –particularmente para la producción de fertilizantes–, por lo que tiene una red de distribución y protocolos de almacenamiento, transporte y utilización plenamente establecidos.

4. Puede ser utilizado en motores de combustión interna, turbinas, hornos y calderas y reconvertido en energía eléctrica mediante células de combustible directas, por lo que se puede considerar como un buen vector de almacenamiento de largo plazo de energía.

5. Su consumo como vector energético produce agua y nitrógeno.

6. Aunque su combustión a alta temperatura puede producir pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno (NOx), estos son fácilmente reducibles con tecnologías existentes.

La energía eólica marina y la producción de amoniaco

La energía eólica marina es una tecnología completamente establecida en Europa y está en plena expansión, tanto en Europa como en el

resto del mundo. Como ejemplo, el potencial eólico *offshore* instalado en aguas de la Unión Europea a finales de 2020 era de 25 014 MW[4], y en la actualidad se está empezando a instalar los primeros parques eólicos flotantes en áreas cada vez más alejadas de la costa.

Uno de los mayores retos técnicos a los que se enfrenta el desarrollo futuro de la energía eólica marina es la transmisión y el almacenamiento de la producción eléctrica. Cuando los parques eólicos se instalan a grandes distancias de la costa (más de 80 km), la transmisión de la energía eléctrica en corriente alterna deja de ser práctica. Una alternativa posible es la transmisión en corriente continua de alto voltaje, pero también existe la posibilidad de la utilización de la energía en el parque para la producción de combustibles sintéticos en plataformas fijas o flotantes anejas a los parques. El combustible producido puede entonces ser utilizado para el repostaje de barcos (*bunkering*) o descargado en buques tanque o gaseros para su distribución a cualquier lugar del mundo o enviado a tierra mediante tubería. Esta idea no es nueva. Por ejemplo, la Universidad Johns Hopkins investigó la producción de NH_3 utilizando la energía termal del océano (plantas OTEC) en 1970 y 1980[5,6]. Recientemente, Morgan *et al.*[7] han analizado la viabilidad tecnoeconómica de la producción de NH_3 en parques eólicos marinos, concluyendo que la producción de NH_3 a partir de energía eólica *offshore* es técnicamente factible con la tecnología actual y que puede ser competitiva en coste con la producción convencional de NH_3 si los precios del gas natural se incrementan en los próximos años.

Este artículo trata de analizar las ventajas y los retos que se pueden derivar de la producción de amoniaco a gran escala en granjas eólicas marinas situadas en alta mar, en aquellas zonas del océano donde la presencia de vientos moderados y persistentes permite optimizar el factor de utilización de los parques. En esta situación aislada, el amoniaco se presenta como ganador en la pugna entre los diversos PtF, ya que las materias primas para su fabricación –agua y aire– se encuentran disponibles *in situ*.

EL ALMACENAMIENTO QUÍMICO DE HIDRÓGENO

Existe un consenso general en que la transición energética futura deberá estar basada en el hidrógeno como combustible ya que no produce gases de efecto invernadero en su proceso para la obtención de energía. Para almacenar hidrógeno de una forma eficiente y económica se han planteado diversos métodos de almacenamiento directo (ver Tabla 1): H_2 comprimido (CH), H_2 líquido (LH), materiales portadores de hidrógeno: líquidos orgánicos y sólidos (hidruros metálicos) y, finalmente, compuestos químicos gaseosos o líquidos con alta concentración de hidrógeno: metano (CH_4), metanol (CH_3OH), etanol y amoniaco líquido (LNH_3) (Tabla 1).

H_2 comprimido (CH)

El CH es la manera más sencilla de almacenar hidrógeno. La densidad del hidrógeno a la presión atmosférica normal es muy baja (0,0899 kg/m^3), por lo que para un almacenamiento eficiente se requieren elevadas presiones. Sin embargo, el almacenamiento y transporte de CH en grandes volúmenes y/o masas se hace económicamente inviable, por el coste y peso de los depósitos. Además, la compresión del H_2 a 70 MPa consume de 2,7 a 6,4 kWh/KgH_2, es decir entre un 8 % y un 20 % del poder calorífico inferior (LHV) del H_2. Otros problemas asociados al almacenamiento a grandes presiones del hidrógeno son las posibles fugas (con elevado riesgo de explosión) y a la fragilización que el hidrógeno produce en algunos aceros.

Tabla 1. Comparación de las propiedades de almacenamiento del hidrógeno comprimido (CH), hidrógeno líquido (LH), metano, metanol y amoniaco líquido.

Propiedades	Unid.	CH	LH	CH_4	CH_3-OH	LNH_3
Almacenamiento		Gas	Líq.	Líq.	Líq.	Líq.
Temp. almacenamiento	°C	25	-252,9	-163	25	25
Presión almacenamiento	MPa	69	0,1	0,1	0,1	1
Densidad	kg/m^3	39	70,8	465	792	600
Explosión mezcla con aire	% vol.	4-75	4-75	5-15	6,7-36	15-28
Densidad gravimétrica de energía (LHV)	MJ/kg kWh/kg	120 33,33	120 33,33	50 13,9	20.1 5,58	18,6 5,17
Densidad volumétrica de energía (LHV)	MJ/l kWh/l	4,5 1,25	8,49 2,36	20,9 5,8	15,8 4,39	12,7 3,53
Contenido grav. de H_2	wt %	100	100	25	12,5	17,8
Contenido vol. de H_2	kgH_2/m^3	39	70,8	116,3	99	107
Energía extracción del H_2	$kJ/molH_2$		0,907	41,2	16,3	30,7

Hidrógeno líquido (LH)

El LH está considerado como una posible forma de almacenamiento de hidrógeno, debido su densidad (70,8 kg/m^3LH, Tabla 1), que se traduce en una elevada densidad volumétrica de energía (2359 kWh/m^3LH LHV). Sin embargo, para licuar el hidrógeno a presión atmosférica es necesario refrigerarlo hasta -253 °C, lo que implica un elevado consumo de energía (15,2 kWh/kg), según Züttel *et al.*[8], es decir el 46 % del LHV del H_2. Además, las pérdidas por conducción en los depósitos obligan a un consumo extra de energía para mantener la temperatura en los mismos. Por estas razones, el LH no es atractivo como modo de almacenamiento de hidrógeno a largo plazo.

Líquidos orgánicos portadores de H_2 (*Liquid Organic Hydrogen Carriers*, LOHC)

Los LOHC se pueden hidrogenar o deshidrogenar siempre que se requiera almacenar o liberar H_2. La densidades gravimétricas de H_2 de estos compuestos pueden alcanzar hasta el 6 wt % (0,06 kg-H_2/kg) y la eficiencia del ciclo de almacenamiento y liberación es superior a otras opciones de almacenamiento químico. Debido al bajo contenido de H_2 por kilogramo de portador, no se consideran adecuados para el transporte a grandes distancias.

Portadores de hidrógeno en estado sólido (*Solid Hydrogen Carriers*, SHC)

Al igual que los LOHC, los SHC pueden absorber y liberar hidrógeno de forma reversible. Aunque estos materiales muestran mayores capacidades de almacenamiento de hidrógeno que los LOHC (hasta 10 wt %), su hidrogenación y deshidrogenación es muy compleja y su reversibilidad es relativamente baja.

PtF

Metano

El metano (CH_4) es un PtF atractivo debido a su proximidad al gas natural (>80 % CH_4),

lo que hace que pueda utilizar sus infraestructuras de transporte y almacenamiento. Además, puede utilizar todos los sistemas de combustión basados en gas natural. La mayor desventaja de este gas es que se requiere CO_2 para su producción, gas que es devuelto a la atmósfera tras la combustión. Además, el metano es un gas con un potente efecto invernadero si se libera a la atmósfera.

Metanol

El metanol es un prometedor candidato para el almacenamiento químico del hidrógeno en aquellas situaciones donde se dispone de un buen suministro de CO_2. El metanol es un líquido a temperatura ambiente y, al igual que el metano, requiere CO_2 para su producción, por lo que la vía PtF para el metanol debe enlazarse con procesos industriales que produzcan elevadas emisiones de CO_2.

Amoniaco

El amoniaco es uno de los más firmes candidatos para el almacenamiento y transporte de H_2. Frente a los PtF con base de carbono, tiene la gran ventaja de que su síntesis se puede realizar mediante el N_2 atmosférico, por lo que las plantas de producción pueden situarse en cualquier lugar donde exista disponibilidad de energía renovable y agua. Como puede verse en la Tabla 1, el amoniaco es un gas a temperatura ambiente, pero puede almacenarse licuado a temperatura ambiente a baja presión (10 bares). El amoniaco líquido tiene una densidad de 600 kg/m^3 y contenidos gravimétrico y volumétrico de hidrógeno de 17,8 wt % y 121 kg-H_2/m^3, respectivamente. Asimismo, tiene elevadas densidades de energía, tanto gravimétrica (5,17 kWh/kg LHV) como volumétrica (3,53 kWh/l). Debido a su estabilidad, el amoniaco puede cubrir la demanda de almacenamiento de energía a largo plazo y el transporte a gran escala. Además, el amoniaco tiene una gran flexibilidad de utilización, desde su uso como combustible en motores de combustión interna, turbinas, calderas, hornos, etc., como en la producción de electricidad con células de combustible. El amoniaco se produce en la actualidad a partir del gas natural mediante el proceso de Harber-Bosh (HB) (amoniaco marrón), pero el gas natural puede sustituirse por hidrógeno producido con renovables (amoniaco verde).

EL AMONIACO COMO FUTURO VECTOR ENERGÉTICO

En la actualidad, la producción mundial de amoniaco es de unos 183 Mt[9] y se utiliza como fertilizante en la agricultura, gas refrigerante y en la producción de explosivos, pesticidas y otros productos químicos. Las infraestructuras para producir, almacenar, transportar y utilizar el amoniaco se distribuyen globalmente y su rendimiento económico está plenamente establecido (Figura 2)[10]. También están bien establecidos los procedimientos para un manejo seguro. La economía del amoniaco se ha analizado en numerosos estudios, incluyendo sistemas aislados[11,12].

Numerosos estudios han analizado las posibilidades de una economía basada en el amoniaco como principal vector energético y para la producción de fertilizantes y otros productos químicos, mediante la utilización de energías renovables[13]. Sin embargo, para la aplicación en el sector de la energía, el amoniaco todavía se enfrenta a varios retos, incluyendo las tecnologías para su producción y utilización y los posibles problemas ambientales que se deriven de su utilización a gran escala. La Figura 3[13], muestra una visión de una economía circular basada en el amoniaco e impulsada mediante energías renovables. Como puede verse en la figura, parte de la producción renovable se emplea-

Figura 2. Producción regional de amoniaco (gráfico) y exportaciones (mapa y gráfico) en 2017[10].

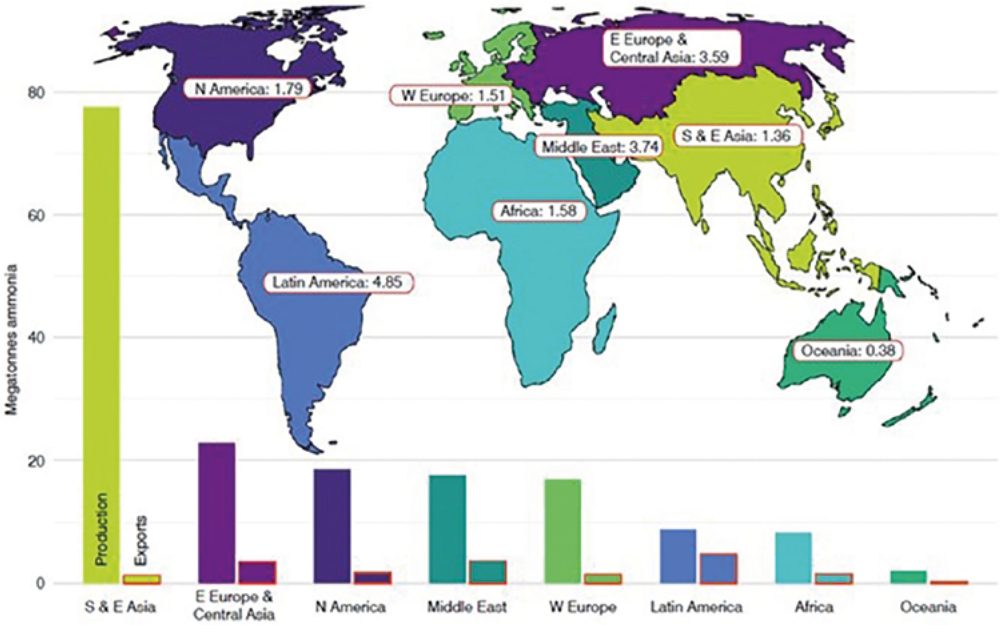
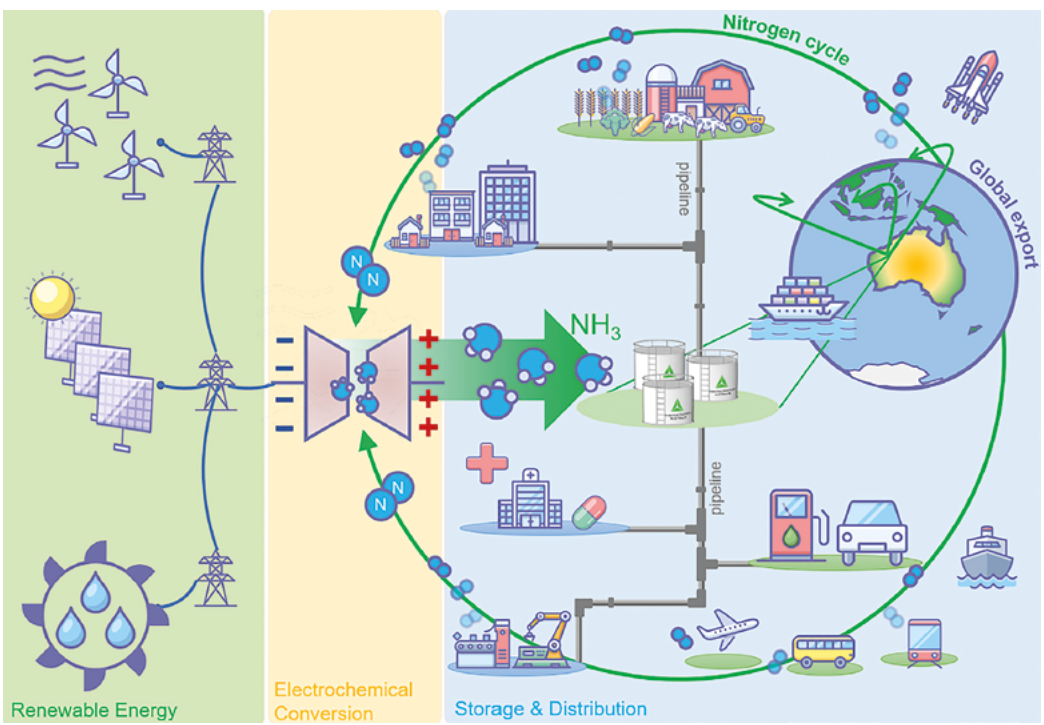


Figura 3. Visión de una economía basada en el amoniaco[13].



ría en la producción electroquímica de amoniaco utilizando N_2 y H_2O, dejando libre la mayor parte del oxígeno (una pequeña parte podría ser utilizada por la industria). El NH_3 producido se almacenaría a temperatura ambiente en depósitos de presión (10 bares) o refrigerado (-33 °C) a presión atmosférica. La distribución local para la agricultura, la industria y el transporte seguiría un modelo similar al actual, es decir, gasoductos y transporte líquido por ferrocarril o carretera. La distribución a las ciudades podría utilizar las redes de gas. La distribución a nivel global se realizaría principalmente en forma líquida por vía marítima. Una parte importante de la producción se emplearía en centrales eléctricas (turbinas de gas o células de combustible) para la alimentación y estabilización de la red. En los puntos de consumo, el amoniaco se combinaría con el oxígeno atmosférico en células de combustible para producir electricidad o en equipos de combustión (motores, turbinas, cohetes, hornos, calentadores), para formar de nuevo agua y liberar el N_2, cerrando el ciclo.

Producción del amoniaco

El proceso Harber-Bosh (HB) ha hecho posible la producción industrial de amoniaco y fertilizantes amoniacales que en la actualidad alimentan al mundo y que son la fuente de la mayoría de los productos químicos nitrogenados, como son los farmacéuticos o los explosivos. El H_2 y N_2 para la producción de amoniaco se obtiene a partir de la reacción de gas natural, agua y aire, emitiéndose a la atmósfera vapor de agua y anhídrido carbónico. El N_2 y H_2 reaccionan en un reactor a temperaturas superiores a 400 °C, presiones por encima de los 200 bares y con la presencia de un catalizador, para formar NH_3. Las emisiones de CO_2 de la producción actual de amoniaco son responsables del ~2 % de las emisiones globales de CO_2. Al amoniaco producido por este proceso se le denomina comúnmente "amoniaco marrón".

MacFarlane *et al.*[13] proponen las siguientes generaciones tecnológicas solapadas en la sustitución de los combustibles fósiles por amoniaco verde:

Generación 1 (amoniaco azul)

En este primer paso se mantiene el proceso de HB, pero realizando modificaciones en la planta para secuestrar el CO_2 emitido. Este proceso de secuestrado de CO_2 añade coste y complejidad a la planta HB. Se asume que esta solución será transicional, mientras el mercado de amoniaco se expande más allá del campo de los fertilizantes y la industria química.

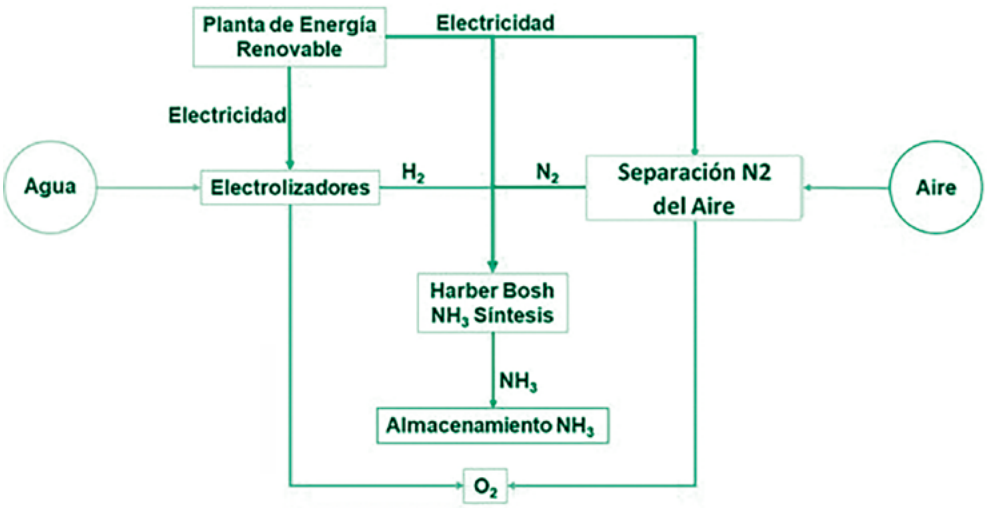
Generación 2 (amoniaco verde)

En esta etapa, el proceso HB se libera del uso del metano como fuente de H_2. Para eliminar las emisiones de CO_2, el H_2 deberá obtenerse a partir de la electrólisis del agua empleando energías renovables (Figura 4). El N_2 por su parte, se obtendrá a partir del aire, por destilación criogénica o separadores de membrana. Aunque el coste de la planta HB se reduce al desaparecer el reformador por vapor del metano, los costes se incrementan al añadir los electrolizadores y los separadores del N_2. Esto pone el foco en la reducción de los costes y en la mejora del rendimiento de los electrolizadores.

Generación 3 (amoniaco verde electroquímico)

Esta tercera generación en la producción de NH_3 sustituye el proceso HB por la producción electroquímica directa de NH_3. Las ventajas de esta tecnología son que es escalable (desde kW hasta GW), adaptable a la intermitencia en el suministro de energía, es

Figura. 4. Esquema de la generación 2 para la producción de amoniaco verde utilizando energías renovables, electrólisis del agua y el proceso HB.



menos sensible a la pureza del N_2 y tiene potencialmente mayor eficiencia energética que los procesos de la generación 2.

La Figura 5[13], muestra un diagrama de implementación de las generaciones de producción de NH_3. Se espera que la Gen2 alcance un nivel comercial (CRI3) antes de 2025, sustituyendo progresivamente al amoniaco marrón y azul. A partir de 2030, se espera que la producción electroquímica (Gen3) de amoniaco verde alcance el CRI3 y empiece a sustituir progresivamente a la Gen2 debido a las ventajas indicadas arriba.

Transporte y almacenamiento del amoniaco

La relativa facilidad de almacenamiento del amoniaco líquido, tanto comprimido como refrigerado, hace que sea una opción competitiva para el almacenamiento de energía libre de carbono y su transporte por gasoductos, ferrocarril, carretera o marítimo (Figura 6[14]). Como puede verse en la figura, el transporte del amoniaco por cualquier modo de transporte es considerablemente más económico que el transporte de H_2, tanto líquido como gaseoso.

La utilización del amoniaco en el transporte marítimo es especialmente ventajosa. A pesar de que la navegación es el medio de transporte más eficiente en términos de energía consumida por tonelada y kilómetro, la huella ambiental del transporte marítimo es enorme. Si el transporte marítimo fuera un país, estaría entre los seis mayores productores mundiales de GHGs: emite 1000 millones de toneladas de CO_2 anualmente y los diecisiete mayores buques del mundo producen tantas emisiones de sulfuros como todos los coches del mundo combinados[15].

En la Figura 7[16], se muestra una comparativa de costes de tres PtF: H_2, NH_3 y metanol. En estos costes se ha asumido que la producción, acopio y almacenamiento del H_2 es el mismo para los tres combustibles. Como puede verse, el coste del CH se dispara en los apartados de transmisión, distribución y dispensación. En el caso del metanol, los mayores costes son los derivados de la captura del CO_2, seguido del

Figura 5. Esperable implementación de las tecnologías de producción de Amoniaco[13]. CRI: *Commercial Readiness index*.

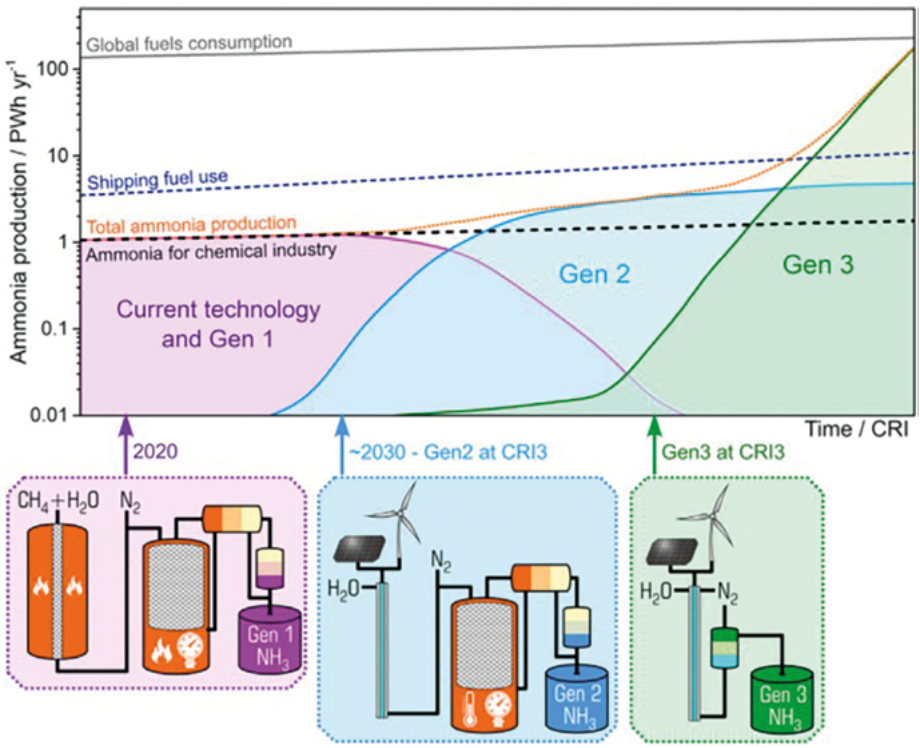


Figura 6. Costes estimados, en £/t/km de transporte de hidrógeno y amoniaco por carretera, ferrocarril y marítimo[14].

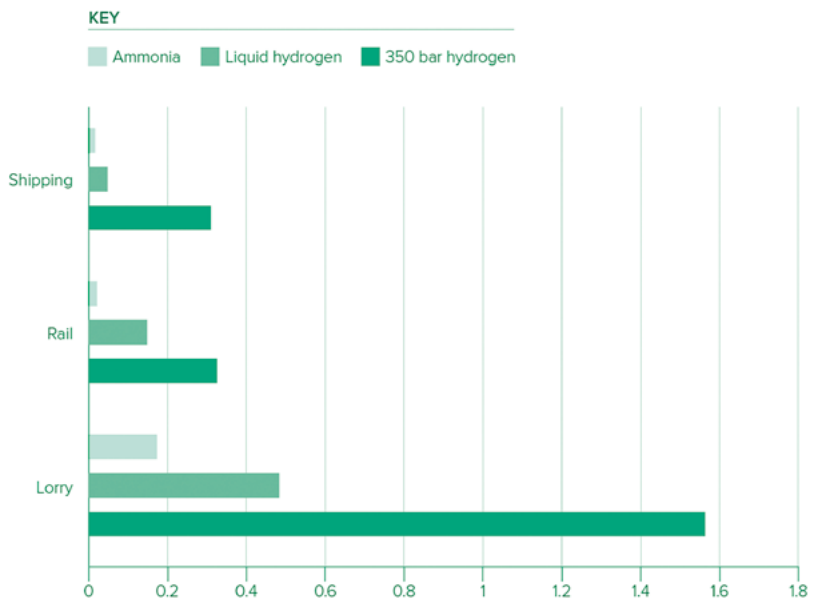
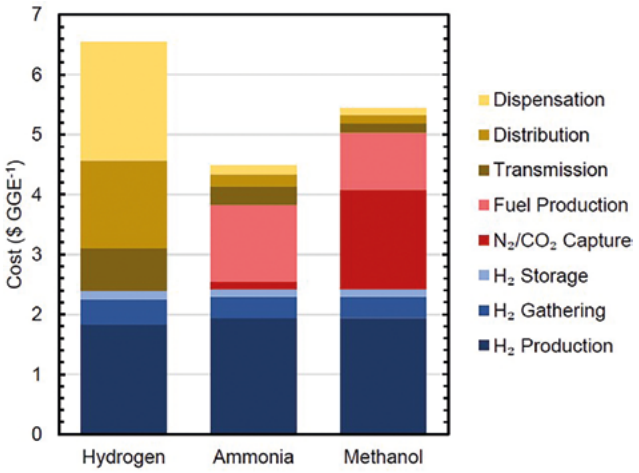


Figura 7. Comparación de costes fuente y depósito del hidrógeno y amoniaco verdes y del metanol con captura de CO_2[16]. GGE: *Gasoline Gallon Equivalent*.



proceso de producción. Finalmente, el amoniaco presenta los mayores costes en el proceso de producción, resultando como el combustible más atractivo de los tres desde el punto de vista del coste. Las ventajas del metanol y el NH_3 frente al CH mejoran si se tiene en cuenta que ambos pueden ser almacenados a un coste relativamente bajo para su ulterior distribución.

Resumiendo, las ventajas del amoniaco, especialmente comparado con otros métodos de almacenamiento del H_2 incluyen un coste de transporte y almacenamiento inferior, una red global de distribución y métodos de manejo y regulaciones bien establecidos, cubriendo tanto el almacenamiento como el transporte. Esto, unido a la posibilidad de producción a través de eólica marina, lo convierten en una alternativa muy atractiva para su utilización como combustible para el transporte marítimo.

Seguridad y aceptación social

Es inevitable que, desde el punto de vista de la seguridad, la utilización del amoniaco como fuente de energía produzca preocupación social. La razón básica para esta inquietud es el olor y la toxicidad del amoniaco. El umbral de percepción olfativa del amoniaco es muy bajo (5 ppm), por lo que genera la impresión de ser elevadamente tóxico. Sin embargo, el umbral de seguridad es 25 ppm y el inmediatamente peligroso para la vida o la salud (IDLH) es de 300 ppm[13]. El bajo umbral de percepción olfativa es precisamente un argumento a favor del amoniaco, en contraste con otros gases peligrosos como el H_2 o el gas natural. Al contrario que otros combustibles, como la gasolina, que contiene sustancias carcinogénicas como el benceno, el amoniaco no es carcinogénico.

Existen varios estudios cuyo objetivo es la evaluación cualitativa y cuantitativa de los riesgos de la utilización del amoniaco como combustible, resumidos por MacFarlane[13] y Valera-Medina[17], los cuales concluyen que el riesgo asociado a un escape accidental de amoniaco del depósito de un vehículo era comparable –y menor en algunos casos– al de un escape accidental de gas licuado de petróleo (LPG). En su utilización en motores marinos, una vez establecidas una tecnolo-

gía apropiada y las medidas de mitigación, la probabilidad de un fallo catastrófico era extremadamente baja. Además la naturaleza de autoalarma provocada por el olor del amoniaco significa que cualquier pérdida es rápidamente percibida en un estadio inicial, permitiendo reducir los posibles impactos resultantes.

Es evidente que la aceptación social del amoniaco como fuente de energía a gran escala es un tema de interés principal que requerirá: (1) investigación, (2) desarrollo de estándares y procedimientos y (3) esfuerzo intergubernamental a nivel de políticas.

Impacto en el ciclo global del nitrógeno

Un cambio sustancial de una economía que se sustenta en la energía fósil basada en el carbono a una economía basada en el amoniaco debe incluir una cuidadosa consideración sobre los impactos ambientales causados por la producción y la utilización de este nuevo combustible. El ciclo planetario del N_2 es complejo y todavía no bien entendido por completo. Es, por lo tanto, esencial que la humanidad no trate de evitar una crisis asociada a las emisiones de CO_2 creando otra crisis derivada de las emisiones de NH_3 y NOx.

Fowler *et al.*[18] y MacFarlane *et al.*[13] analizan la incidencia en el ciclo global del N_2 de una economía basada en el NH_3 para indicar la importancia relativa de las aportaciones antropogénicas de la producción de amoniaco. Uno de los mensajes clave derivados del análisis es que la fijación antropogénica del N_2 ya se ha doblado en los últimos 100 años desde la generalización de la utilización del proceso HB. Una fracción sustancial del N_2 fijo termina en forma de nitrato, que fluye a través de los sistemas acuáticos hacia los océanos y que en ellos hay N-ciclos que tienen escalas de tiempo muy largas (vida media t05~100 años), por lo que todavía no conocemos las consecuencias de esta duplicación. En particular, el impacto sobre los ecosistemas marinos de los incrementos de la concentración de nitratos en el agua oceánica es un tema que necesita una mayor atención.

Aunque la economía del amoniaco está enfocada completa y rigurosamente hacia el ciclo $N_2 \Rightarrow NH_3 \Rightarrow N_2$, su establecimiento dará lugar a pérdidas e ineficiencias inevitables que aumentarán las emisiones de NH_3 y NOx, aumentando la carga sobre el ciclo del nitrógeno. En MacFarlane *et al.*[13], se indica que el desarrollo de una economía basada en el amoniaco implica de forma vital un mayor seguimiento, investigación y comprensión de estos ciclos. El desarrollo de este conocimiento facilitará las barreras de seguridad, límites de velocidad de crecimiento y las ocasionales señales de parada.

PARQUES EÓLICOS MARINOS EN AGUAS PROFUNDAS PARA LA PRODUCCIÓN DE AMONIACO: UN CASO DE ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Los parques eólicos marinos han experimentado un continuo aumento en los últimos años, aprovechando las zonas favorables para la instalación de plataformas fijas al fondo. En Europa solamente en el año 2020 se añadieron 2,918 MW, totalizándose a finales del año una capacidad de 25 GW (Figura 8). A finales de 2020, ya existía financiación para la instalación de 7,1 GW adicionales[4].

Por lo que respecta a la situación global, en el año 2020 los nuevos parques totalizaron 6,1 GW. En el contexto global, China, con 3 GW de nuevas instalaciones, fue líder en este campo (Figura 9). La capacidad global instalada a finales de 2020 era de 35,3 GW. Según el Global Wind Energy Council (GWEC)[2], esta potencia instalada solo representa el 2 % de la potencia que será necesario instalar para alcanzar la neutralidad de emisiones en 2050.

Figura 8. Potencia instalada en parques eólicos marinos en Europa a finales de 2020[4].

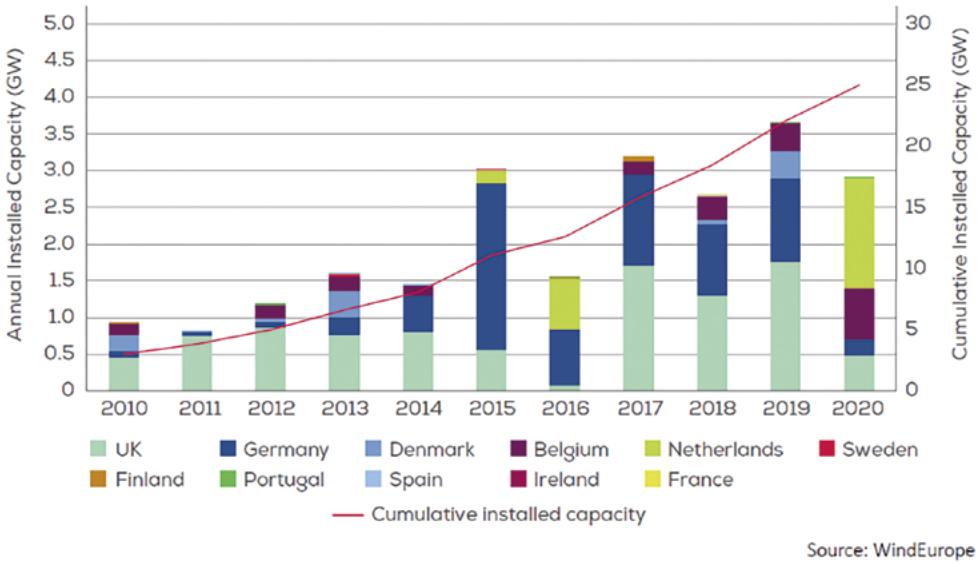
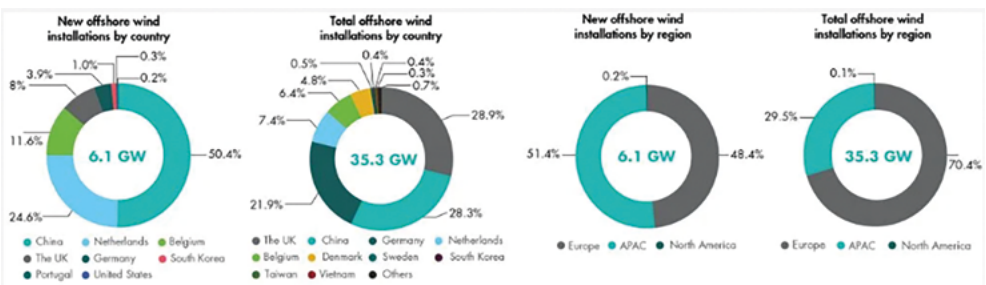


Figura 9. Instalaciones globales en parques eólicos marinos. De izquierda a derecha: nuevas instalaciones por países en el año 2020, potencia total instalada por países a finales de 2020, nuevas instalaciones por regiones en el año 2020, potencia total instalada por regiones a finales de 2020. APAC: región Asia-Pacífico. Tomada de GWEC[2].

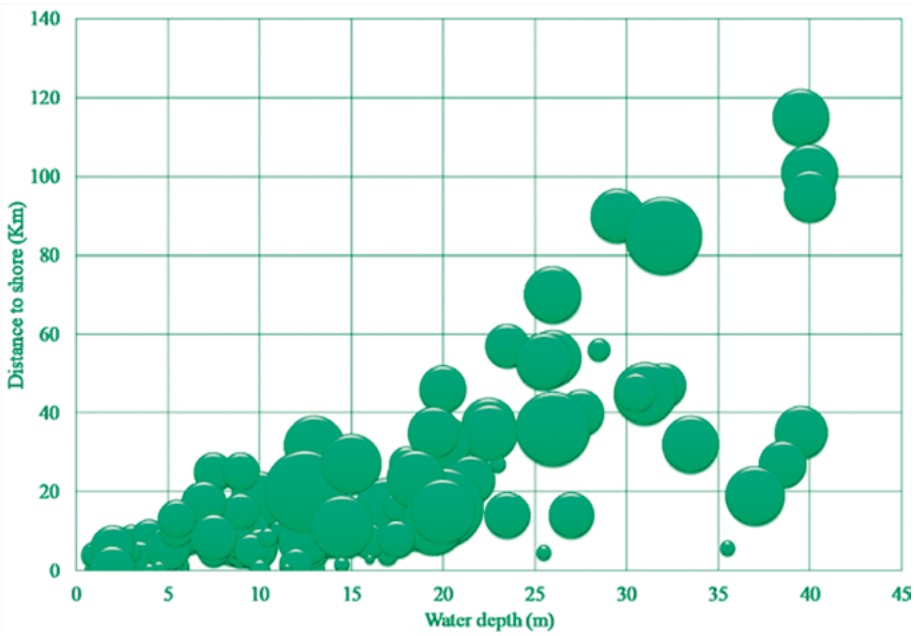


En la década de 2020-2030 se tiene previsto realizar la instalación de 235 GW. Al finalizar la década, los parques eólicos *offshore* generarán el 11 % de la energía necesaria para la neutralidad de emisiones en 2050.

La tendencia general en las nuevas instalaciones es a parques eólicos mayores, con turbinas de mayor potencia, a mayor distancia de la costa y a mayores profundidades. En el año 2020, el tamaño medio de las granjas eólicas marinas en Europa fue de 788 MW, 26 % mayor que en el 2019 y ya se está preparando una nueva oleada de parques con potencias del orden del GW[19]. En la Figura 10[20] se puede observar el continuo aumento de la profundidad y la distancia a la costa en los parques eólicos marinos fijos al fondo, donde el límite económico de profundidad se encuentra actualmente alrededor de los 40-50 m. A partir de esta profundidad comienzan a ser rentables las turbinas montadas sobre plataformas flotantes ancladas al fondo.

Los parques eólicos marinos con cimentación fija al fondo están limitados a las

Figura 10. Distancia a la costa y profundidad medias de los parques eólicos marinos instalados hasta 2020[20]. El tamaño de los círculos es proporcional a la potencia instalada de los parques.



zonas con plataformas continentales amplias y someras y fondos con características favorables. Los parques eólicos flotantes, sin embargo, tienen un potencial de crecimiento mucho mayor. Esta característica está produciendo un creciente interés de los gobiernos y empresas de todo el mundo en las tecnologías flotantes. Hacia mediados de 2022, la potencia instalada en parques eólicos flotantes en aguas europeas era de 113 MW[20]. Para 2024 se espera que estén en operación en Europa 330 MW en eólica flotante. El objetivo en Europa es alcanzar los 10 GW en 2030. Por lo que respecta a las instalaciones flotantes en el mundo, en abril de 2022 estaban en operación 124 MW, con 8 proyectos adicionales con un total de 165 MW en construcción. Según World Oil[21], se espera que en 2030 estarán operando 96 granjas eólicas flotantes, totalizando 14,5 GW.

Hasta ahora las granjas eólicas *offshore* transmiten directamente la energía a tierra mediante cables submarinos de alta tensión. A medida que aumente la participación de las energías renovables en la mezcla eléctrica, si las granjas se mantienen conectadas a la red, la estabilidad de esta obligaría a detener la producción renovable en determinas ocasiones al no poderse absorber la energía producida. La única alternativa para resolver este problema es el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía. Como ya se ha indicado, la producción de PtF es una de las posibles alternativas al almacenamiento de energía. Otras razones que avalan la conveniencia de desarrollar granjas eólicas aisladas de la red para la producción de combustibles sintéticos son:

- Las granjas eólicas *offshore* flotantes se situarán, progresivamente, en aguas más profundas y a mayores distancias de la costa, por lo

que la transmisión directa a tierra será cada vez más costosa.

- Muchas de las ubicaciones más favorables para el aprovechamiento eólico no disponen de zonas de tierra cercanas de infraestructuras de red capaces de transmitir las elevadas potencias de estos parques.

- Las grandes granjas *offshore* situadas a grandes distancias de la costa y dedicadas a la producción de combustibles pueden descargar la producción directamente en barcos para el transporte del combustible a cualquier puerto de demanda, como ya se hace en la actualidad en campos petrolíferos *offshore* servidos por buques FPSO (*Floating, Production, Storage and Offloading*). Estos FPSO también pueden realizar operaciones de reabastecimiento directo de combustible *bunkering* a barcos en ruta con motores adaptados a la utilización de amoniaco.

- Las granjas eólicas *offshore* flotantes aisladas pueden instalarse en zonas marinas de elevado y estable recurso eólico, mejorando su factor de utilización.

La idea del desarrollo de sistemas aislados de producción de combustible *offshore* no es nueva. En este sentido, Morgan *et al.*[22] estudiaron esta alternativa para el caso de granjas eólicas offshore conectadas a tierra o aisladas. Parmar[12] investiga la operación de una granja eólica flotante aislada de 300 MW dedicada a la producción de amoniaco.

Selección de las áreas de operatividad óptima para la instalación de granjas eólicas flotantes aisladas para la producción de NH_3

Además de un elevado recurso eólico, existen otros factores que pueden determinar la ubicación de las zonas más favorables para la instalación de granjas eólicas aisladas: la regularidad e intensidad del recurso, la intensidad del oleaje y otros factores, como son la profundidad y distancia a los centros de consumo. En este apartado se analiza la distribución global del viento y el oleaje y se determina aquellas zonas oceánicas con mayor potencialidad para la instalación de granjas eólicas marinas para la producción de amoniaco, basándose en un estudio del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria (IHCantabria)[23] con el objeto de determinar la operatividad de barcos propulsados a vela y dotados de turbinas hidro-cinéticas *Energy Ships* para la producción de amoniaco en alta mar.

Operatividad de granjas eólicas flotantes aisladas

Un aerogenerador marino típico comienza a producir energía con vientos de ~3 m/s, aumentando la potencia a medida que se incrementa la velocidad del viento hasta alcanzar la máxima potencia con vientos de ~14 m/s. A partir de esta velocidad de viento, el aerogenerador mantiene la potencia máxima mediante el control del ángulo de ataque de las palas hasta la velocidad de viento de corte de ~25 m/s, en la que se frena el aerogenerador y se detiene la generación.

Las condiciones de oleaje pueden afectar a las operaciones de descarga desde el FPSO al barco nodriza, tal como analizan Patel *et al.*[24] y Bowers[25]. Cuando se dan estas condiciones desfavorables, el barco nodriza debe esperar (generando un daño económico) y pueden darse posibles paradas del parque si los tanques llenos del FPSO impiden mantener la producción y almacenaje de combustible hasta que se produzcan las condiciones favorables para la descarga. Por lo que respecta a la operatividad de los aerogeneradores y del FPSO, solo está limitada por la velocidad del viento y las aceleraciones en las plataformas

eólicas flotantes generadas por el oleaje. Los grandes FPSO pueden ser diseñados para una operatividad prácticamente total en cada área de trabajo. Esto quiere decir que una granja eólica flotante operada por un FPSO tiene una operatividad limitada en la práctica por las calmas, las velocidades del viento superiores a 25 m/s y por los casos de oleajes extremos, que suponen un porcentaje muy pequeño del tiempo a lo largo del año y que además suelen coincidir con los episodios de vientos extremos.

En el estudio del IHCantabria[23] sobre la operatividad de los *Energy Ships*, se establecieron los rangos de operación basados en la velocidad del viento y la altura de ola significante, indicados en la Tabla 2.

Como puede verse en la Tabla 2, la zona de operatividad de los *Energy Ships* se establece para velocidades de viento entre 7 y 20 m/s y para oleajes menores de 6 m de altura significante. Estos rangos son mucho más estrechos que los que limitan la operatividad de una granja eólica flotante servida por un FPSO. A pesar de ello, los resultados obtenidos de operatividad global sirven para tener un primer esbozo de las áreas de los océanos y mares idóneas para la producción de NH_3 en granjas eólicas flotantes aisladas. Como ejemplo de alguno de los resultados obtenidos, en la Figura 11 se muestra la operatividad media anual.

A pesar del estrecho rango de operatividad de los *Energy Ships*, la Figura 11 nos muestra que hay extensas zonas de los océanos con operatividades muy elevadas, superiores al 60 %. Entre ellas destacan las áreas que se describen a continuación (Figura 12).

Tabla 2. Limitaciones para la operación de buques propulsados a vela (*Energy Ships*) para la producción de energía y NH_3[23].

	W (m/s)	Hs (m)
Óptimo	10 - 15	≤4
Sub-óptimo	7 – 10 10 – 15 15 - 20	≤6 4–6 ≤6
No operativo	<7 Cualquiera	Cualquiera >6

Figura 11. Operatividad media anual de los *Energy Ships*[23].

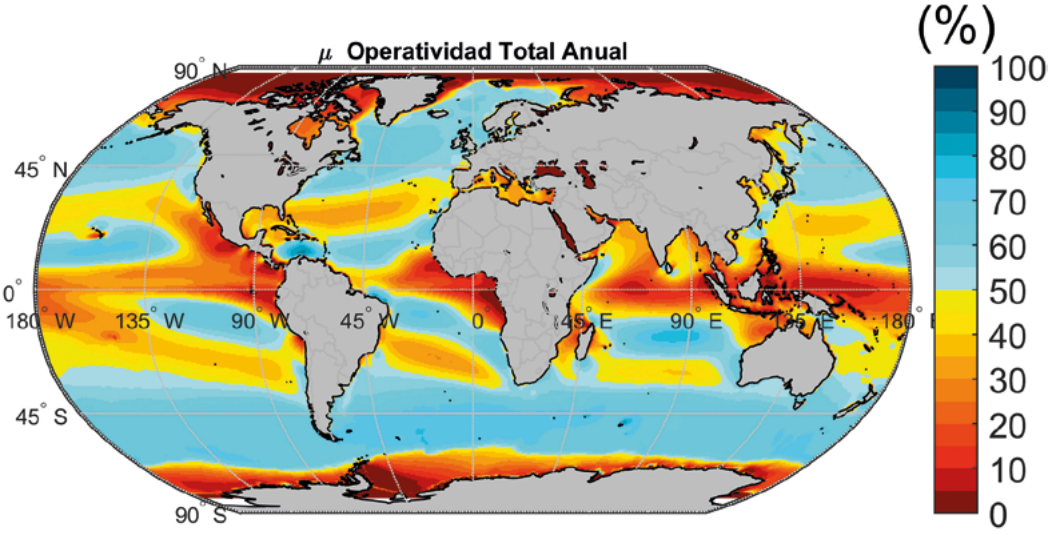


Figura 12. Zonas de elevada operatividad media anual. De izda. a dcha.: alisios del Índico, Caribe colombiano y noroeste de la costa de Brasil.

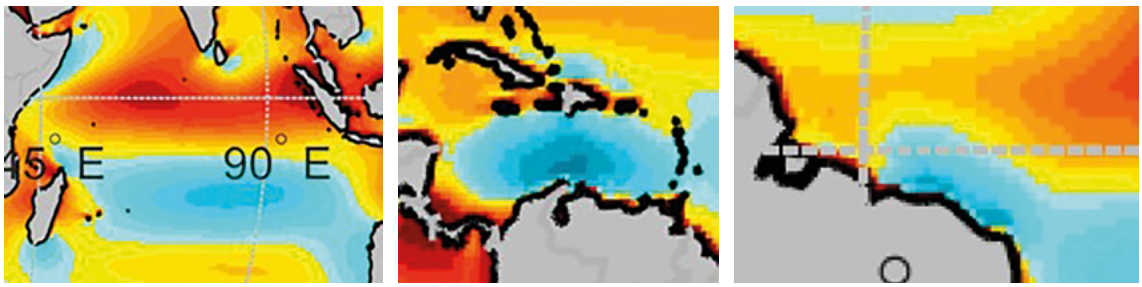


Figura 13. Composición de un parque eólico *offshore* de 1,2 GW servido por un FPSO.

Cinturones de los alisios

Las zonas que destacan por su operatividad son:

Zona de alisios del Índico, en una franja de 22º de longitud y 4º de latitud, centrada en 86ºE 15ºS. Operatividad media anual: 75-80 %.

El área Caribe, en una franja de unos 8º de longitud y 4º de latitud, centrada aproximadamente en 70ºW 14ºN entre la Guajira colombiana y la isla española. Operatividad media anual: 80-85 %.

Costa nordeste del Brasil en una franja de 900 km cercana y paralela a la costa entre el cabo San Roque y el parque nacional de los Lençóis Maranhenses. Operatividad media anual: 75-80 %.

El resto del área de los cinturones de los alisios muestra operatividades medias anuales entre 60 y 70 %.

Cinturones de los frentes polares

La operatividad de los *Energy Ships* en estas áreas se ve con frecuencia limitada por los vientos y oleajes extremos. Las regiones oceánicas comprendidas son:

a) Área del frente polar del Atlántico Norte. Comprende el área entre las costas europeas

y las americanas limitada por el norte por el sur de Groenlandia, Islandia y norte de Noruega, y por el sur por el norte de las islas Bermudas y Azores. La operatividad media anual en esta área es del orden del 60 %, con valores máximos del 65 % cerca de las costas de Norteamérica y en el mar del Norte.

b) Área del frente polar del Pacífico Norte. Esta extensa área muestra valores similares de operatividad que el área del frente polar del Atlántico Norte, con valores entre el 60 y el 65 %.

c) Área del frente polar del océano Austral. En esta área las limitaciones a la operatividad vienen frecuentemente determinados por los vientos y los oleajes extremos, con valores de la operatividad media anual entre el 60 y el 65 % entre los paralelos 40°S y 55°S. Entre la Patagonia y las islas Crozet existe una extensa área con más del 70 % de operatividad media anual.

Las costas de la península ibérica se encuentran en el límite sur del área del frente polar del Atlántico Norte. Dentro de esta área, destaca la extensión y relativamente elevada operatividad de las costas del noroeste de Galicia, con valores máximos de operatividad media anual en zonas cercanas a la costa entre el 55 y el 60 %. Alrededor de la península ibérica destaca también una pequeña área en las costas del mar de Alborán, entre el cabo de Gata y Motril, con operatividad entre el 50 y el 55 %. Las islas Canarias se encuentran en el borde nororiental del cinturón de los alisios del Atlántico norte. La operatividad media anual en las zonas situadas alrededor de Fuerteventura y Lanzarote y al sur de Gran Canaria muestran operatividades elevadas, entre el 55 y el 65 %, asociadas a vientos muy estables y a condiciones de oleaje moderadas.

Producción de amoniaco verde en granjas eólicas flotantes aisladas

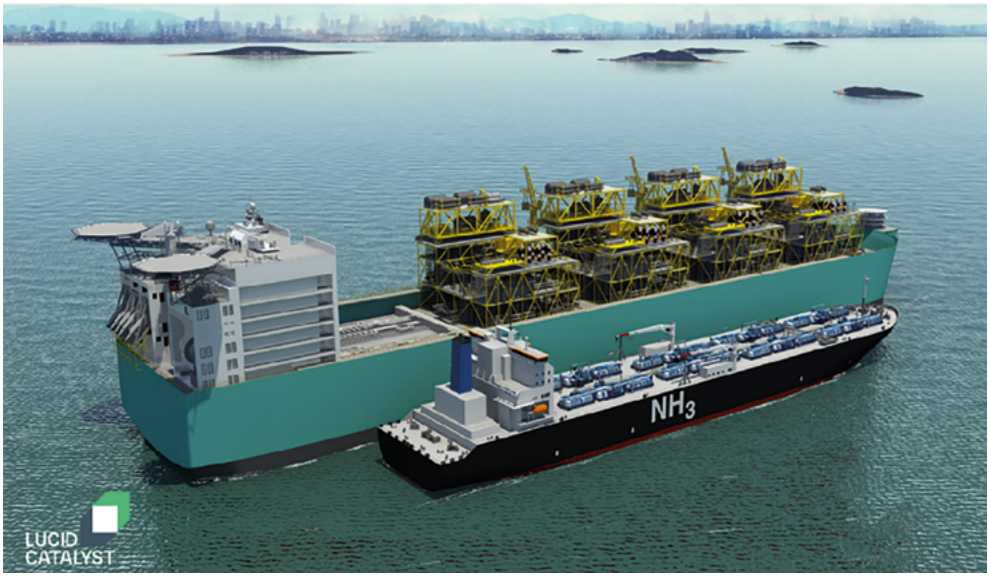
Dimensión

La gran distancia a la costa, la elevada disponibilidad de recurso eólico y la complejidad de los procesos a realizar en la factoría FPSO hacen que sea razonable asumir que los parques eólicos flotantes sean de gran tamaño. Un parque de 1,2 GW de potencia, compuesto por cien aerogeneradores de 12 MW, ocuparía un área de unos 500 km^2 (similar a cada una de las tres fases del Dogger Bank en el mar del Norte) (ver composición de la Figura 13).

Las granjas marinas actuales fijas al fondo en el mar de Norte tienen factores de utilización del orden del 40 %. Asumiendo que en los mejores sitios oceánicos los factores de utilización pueden llegar al 50 %, la producción eléctrica media de la planta sería de 14,4 GWh/día. Si se supone que la operación del FPSO no ligada a la producción directa del amoniaco (iluminación, control, hotel, etc.) consume 480 MWh/día, y teniendo en cuenta la eficiencia energética de una planta de producción de amoniaco de 9,1 kWh/kg NH_3[26], la producción de la granja sería de 1529 tNH_3/día o, expresado en volumen de amoniaco líquido a -34 °C, 2187 m^3 LNH_3/día.

Otra gran ventaja de las factorías FPSO flotantes de producción de amoniaco es la posibilidad de realización de operaciones de reabastecimiento de combustible de los barcos en ruta sin necesidad de entrada a puerto[27] (Figura 14). El transporte marítimo es responsable del 11,7 % de las emisiones de CO_2 del transporte global, lo que significa que emite el 3 % de la totalidad de emisiones de CO_2[28], por lo que en la actualidad las navieras se están planteando la utilización de amoniaco como combustible marino. En este sentido, los fabricantes de motores marinos ya están desarrollando las modifi-

Figura 14. Factoría FPSO en el proceso de carga de LNH3. Especificaciones: menos de 400 m de eslora, ~70 m de manga y ~30 de puntal, 1,2 Mtpa de NH3, 20-30 años fondeado (antes de volver a dique seco), 90 % de factor de capacidad, coste objetivo 250 USD/t NH_3[27].



caciones necesarias para su funcionamiento con amoniaco en motores de dos tiempos, turbinas de vapor, turbinas de gas y células de combustible[12,15,29].

La capacidad óptima de almacenamiento del FPSO y de los buques LNH_3 deberá determinarse mediante una simulación económica para cada ubicación determinada, en función del tamaño de la granja eólica, clima marítimo, modularidad de la planta química de NH_3 (electrolizadores, ASU, HB, etc.) y la distancia al puerto de descarga de combustible.

Producción de amoniaco verde en un sistema aislado

En un sistema aislado de producción de amoniaco verde, la energía producida por el parque eólico se emplea en el FPSO para:

- La producción electrolítica y el almacenamiento a presión de una reserva de H_2.
- La operación del sistema de separación del nitrógeno del aire (ASU) y el almacenamiento de una reserva de N_2.
- La producción de amoniaco mediante el proceso HB.
- El almacenamiento del amoniaco licuado (a presión o a baja temperatura).
- El mantenimiento de los sistemas generales del FPSO.

Nayak Luke *et al.*[30] realizaron una simulación numérica para la obtención del diseño óptimo y coste nivelado del amoniaco (LCOA) de una planta de producción de amoniaco verde, alimentada con energía solar y eólica en una zona aislada de Escocia. Esta planta sirve como ejemplo para ilustrar el modo de funcionamiento de una planta eólica aislada en la mar servida por una factoría flotante FPSO. El modelo es capaz de buscar el LCOA mínimo

alcanzable y de identificar las variables determinantes en el mismo. Utilizando las siguientes estimaciones para 2025/2030:

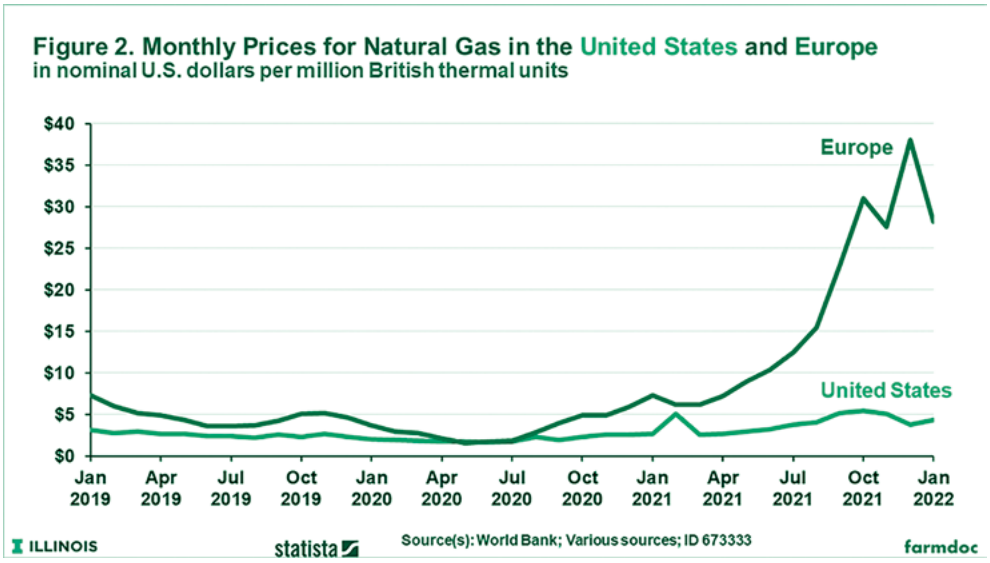
- $LCOE_{Solar}$: 52 £/MWh
- $LCOE_{Viento}$: 45 £/MWh
- Mix ER: 90 % viento; 10 % solar
- CAPEX electrolizador: 308 £/kW
- P_{MIN} = 0,2 PN ASU/HB
- Velocidad máxima de paso a nominal de la unidad ASU/Hb: 6 % PN ASU/HB/h

Los autores obtienen un LCOA de 659 €/tNH_3. Estos valores deben tomarse como conservadores, ya que no se ha tenido en cuenta el impacto del precio futuro de las emisiones de carbono.

Según Statista[31], el coste del amoniaco servido a los agricultores en USA era en 2020 de 447 USD/tNH_3, incrementándose a 746 para julio de 2021, 1000 en octubre de 2021 y 1503 el 23 de febrero de 2022, el día de la invasión de Ucrania. El 23 marzo de 2022 el precio era de 1516 USD/tNH_3, manteniéndose bastante estable a partir de este punto. La producción actual de amoniaco depende fuertemente del precio del gas natural. Como puede verse en la Figura 15, a partir de julio de 2020 el precio del gas en Europa comenzó a divergir del de USA. Uno de los mayores productores de amoniaco del mundo, la compañía noruega Yara, ha reducido su producción de NH_3 en un 30 % (Yara Ammonia Curtailment Volume Update) debido a los elevados precios del gas natural. Esta reducción y la de otros productores en Europa han incrementado los precios del amoniaco en todo el mundo. Este proceso se ha exacerbado a partir de la invasión rusa de Ucrania.

A la vista de los elevados costes del amoniaco, de la inestabilidad de los precios del gas natural y de la necesaria reducción de emisiones de carbono, queda claro que el

Figura 15. Precios mensuales del gas natural en los Estados Unidos y en Europa, en US$ por cada *millon of British Thermal Units* (1 Million BTU = 293,07 kWh)[32].



amoniaco verde tiene potencial en un futuro cercano para ser económicamente competitivo con los métodos convencionales de producción basados en gas natural.

Desafíos técnicos de los parques eólicos *offshore* en aguas profundas

Las plataformas para los parques eólicos flotantes para profundidades hasta el límite de las plataformas continentales (200–300 m) ya están en fase de comercialización, por lo que los retos técnicos que se plantean son la optimización de las plataformas, sistemas de anclaje y aerogeneradores con vistas a una reducción de costes de fabricación, instalación y mantenimiento.

Si se plantea una sustitución completa de los combustibles fósiles por NH_3, será necesario dar el paso a la instalación de parques en profundidades abisales (>2000 m). En la actualidad, la plataforma petrolífera situada en mayor profundidad es la plataforma Perdido, anclada en alrededor de 2500 m de profundidad (Figura 16) (la pila más profunda está a 2632 m). El FPSO anclado en mayor profundidad es el situado en el campo Stones a 2896 m de profundidad.

El sistema de anclaje de la plataforma Perdido consiste en nueve líneas tensas de anclaje (3 x 3) con una longitud media de unos 3,5 km, la mayoría de poliéster, salvo tramos de cadena en la unión al pilote y en la unión a la plataforma. El sistema está diseñado para soportar el huracán con 1000 años de periodo de retorno.

Las plataformas de los aerogeneradores flotantes son más pequeñas que estas grandes plataformas petrolíferas. La SPAR de Perdido tiene 170 m de longitud, 36 m de diámetro y pesa 22 000 t. Sobre ella van montados los puentes, grúas y torre con una altura adicional de 97 m y un peso adicional de 9500 t. Como contraste, cada uno de los once aero-

Figura 16. Plataforma SPAR El Perdido, anclada en 2450 m de profundidad en el golfo de México.

Fuente: Shell Global.

generadores SG-8MW-167-DD del desarrollo HYWIND Tampen irá montado sobre una SPAR de hormigón con la mitad de longitud y diámetro que la de Perdido y un peso total tres veces inferior (Figura 17). Además, los requerimientos de seguridad son menores, ya que no hay personal permanente a bordo de los aerogeneradores y los riesgos ambientales en caso de avería son mucho menores. Todo esto contribuye a reducir de forma notable las cargas sobre los anclajes y, en este caso, el anclaje se resolverá con tres líneas a pilotes de succión (profundidad 260 a 300 m). Los pilotes se comparten por varias plataformas, por lo que el número de pilas para las once plataformas será de 19, en vez de 33.

Figura 17. Aerogenerador flotante Hywind del campo Tampen. La SPAR es de hormigón postensado.

Fuente: Equinor.

Por otro lado, la producción en términos económicos de los aerogeneradores flotantes es muy inferior a la de las plataformas petrolíferas. La producción máxima de Perdido es de unos 100 000 barriles por día, que a 40 USD/barril supone 4 MUSD/día. Un aerogenerador de 12 MW produce un máximo de 31,6 t/día de amoniaco, que a 500 USD/t suponen 15 815 USD/día. Un parque completo de cien aerogeneradores de 12 MW a pleno rendimiento produciría alrededor de 1,6 MUSD/día en amoniaco.

CONCLUSIONES

La energía eólica marina está experimentando un desarrollo considerable y se espera que sea uno de los contribuidores esenciales para alcanzar la neutralidad de emisiones en el año 2050. Sin embargo, la energía eléctrica de origen eólico es fluyente, lo que implica que debe ser consumida en el instante de su generación. El progresivo aumento de la contribución de esta energía (como también ocurre con la solar) hace que la red eléctrica y la demanda no puedan absorber la producción, por lo que algunos parques deberían detenerse.

Por otro lado, muchas actividades industriales, agrícolas y del transporte no pueden resolverse con la conexión a la red, por lo que tendrán que utilizar algún sistema de acumulación de energía. Los combustibles sintéticos, PtF, son la solución obvia.

El amoniaco generado a partir de energías renovables se presenta como un candidato aventajado para la sustitución de los combustibles fósiles, como a) materia prima y fuente de energía en procesos industriales, b) reserva de energía para estabilización de la red eléctrica, c) fuente de H_2 para usos agrícolas domésticos y d) transporte. Es en ese último apartado del transporte es donde las granjas eólicas flotantes aisladas tienen un potencial de desarrollo ventajoso frente a la producción de NH_3 en tierra por la posibilidad de realizar la descarga del NH_3 directamente a buques de transporte de gas licuado, el envío directo a tierra mediante gasoductos y las operaciones de *bunkering* en

alta mar. Además, la regulación del transporte y almacenamiento de amoniaco está plenamente establecida y es un producto químico fácil de almacenar, similar al LPG, lo que le posiciona favorablemente para su utilización en el almacenamiento de energía de medio y largo plazo.

Se ha mostrado en este artículo que existen en el océano grandes áreas con condiciones muy favorables para la producción de energía en granjas eólicas flotantes. En particular, en las proximidades de las costas españolas, en el noroeste de Galicia, el norte de Gerona y al sur de las Islas Canarias se dan condiciones favorables para el desarrollo de grandes granjas flotantes eólicas para la producción de amoniaco. Aunque, en las primeras etapas, las granjas eólicas flotantes se situarán en las proximidades de las costas y posiblemente estarán conectadas con la red eléctrica mediante cables submarinos en el futuro, la necesidad de eliminar completamente las emisiones de CO_2 llevará al desarrollo de granjas eólicas flotantes a grandes distancias de la costa y en grandes profundidades, donde puede ser más económica la producción, almacenamiento y distribución directa de amoniaco en alta mar que la conexión a la red eléctrica, que por otro lado debería soportar las grandes cargas de estos parques. Esta conquista del espacio marítimo no está exenta de retos como reducir el coste de las plataformas eólicas flotantes y sus anclajes en aguas profundas y el desarrollo de una legislación que permita el desarrollo de estas granjas en aguas internacionales y los posibles impactos en la biodiversidad marina

Los análisis económicos realizados muestran que el LCOA del amoniaco producido en parques eólicos aislados podrá competir en un futuro cercano con el amoniaco producido a partir del gas natural. Estas previsiones económicas pueden mejorar si se tiene en cuenta que se están desarrollando nuevos métodos electroquímicos para la fabricación del amoniaco, más eficientes y adaptables a las oscilaciones de la producción de energía renovable. La generación y utilización del amoniaco verde facilitará la descentralización de la producción de combustibles y productos químicos derivados y permitirá cumplir con los objetivos de reducción de emisiones de CO_2 planteados por el acuerdo de Paris de 2016, pasando de una economía basada en los combustibles fósiles a otra sustentada en las energías renovables y el amoniaco. Este cambio de paradigma exigirá un análisis cuidadoso de los impactos que esta utilización masiva del amoniaco puede suponer en el ciclo global del nitrógeno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Europea. European Green Deal. [Internet]. [Consultado 8 Nov 2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es.

2. Global World Energy Council (GEWEC). World installs 6.1GW of Offshore Wind in 2020, led by China [Internet]. [Consultado 8 Nov 2022]. Disponible en: https://gwec.net/world-installs-6-1gw-of-offshore-wind-in-2020-led-by-china/

3. Limpens G, Jeanmart H. Electricity storage needs for the energy transition: An EROI based analysis illustrated by the case of Belgium. Energy [Internet]. 2018 [Consultado 8 Nov 2022]; 152: 960–973. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218305899.

4. WinEurope (2021). Offshore Wind in Europe. Key trends and statistics 2020. February 2021

5. Avery WH. Fuels from the Oceans via Ocean Thermal Energy Conversion. Ocean Space Utilization. 1985;85:559—567.

6. Avery WH, Wu C. Renewable Energy from the Ocean: A Guide to OTEC. Oxford: Oxford University Press; 1994.

7. Morgan ER, Manwell JF, McGowan JG. Sustainable Ammonia Production from U.S. Offshore Wind Farms: A Techno-Economic Review. ACS Sustainable Chem Eng [Internet]. 2017 [Consultado 8 Nov 2022]; 5, 9554-9567. Disponible en: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.7b02070#

8. Züttel A. Materials for hydrogen storage. Materials Today. 2003; 6: 24-33.

9. IEA (2021). Ammonia Technology Roadmap Towards more sustainable nitrogen fertiliser production. International Energy Agency Report.

10. Ash N, Scarbrough T. Sailing on solar: Could green ammonia decarbonise international shipping? London: Environmental Defence Fund; 2019.

11. Frattini D, Cinti G, Bidini G, Desideri U, Cioffi R, Jannelli E. A system approach in energy evaluation of different renewable energies sources integration in ammonia production plants. Renewable Energy [Internet]. 2016 [Consultado 8 Nov 2022]; 99(C): 472-482. Disponible en: https://econpapers.repec.org/article/eeerenene/

12. Parmar V, Manwell J, McGowan J. Ammonia Production from a Non-Grid Connected Floating Offshore Windfarm. Journal of Physics: Conference Series [Internet]. 2019 [Consultado 8 Nov 2023]; 1452. Disponible en: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1452/1/012015

13. MacFarlane DR, Cherepanov PV, Choi J, Suryanto BHR, Hodgetts RY, Bakker JM, Ferrero Vallana FM, Simonov AN. A Roadmap to the Ammonia Economy. Joule [Internet]. 2020 [Consultado 8 Nov 2022]; 4(6): 1186-1205. Disponible en: https://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(20)30173-2?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2542435120301732%3Fshowall%3Dtrue

14. The Royal Society. Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store. Londres: The Royal Society; febrero 2020. DES5711 ISBN: 978-1-78252-448-9.

15. Enviu, Proton Ventures, and C-Job (2019). Ammonia as a fuel for de maritime industry. Final Report. October 2019.

16. Zhao Y, Setzler BP, Wang J, Nash J, Wang T, Xu B, Yan Y. An Efficient Direct Ammonia Fuel Cell for Affordable Carbon-Neutral Transportation. Joule 3: 2472–2484.

17. Valera-Medina A, Xiao H, Owen-Jones M, David WIF, Bowen PJ. Ammonia for power. Progress in Energy and Combustion Science 69 (2018) 63–102.

18. Fowler D, Coyle M, Skiba U, Sutton MA, Cape JN, Reis S, Sheppard LJ, Jenkins A, Grizzetti B, Galloway JN, *et al.* (2013). The global nitrogen cycle in the twenty-first century. Philos. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci. 368, 20130164.

19. Díaz H, Guedes Soares C. Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. Ocean Engineering. June 2020. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107381

20. Wind Europe (2022). Disponible en: https://windeurope.org/newsroom/news/europe-can-expect-to-have-10-gw-of-floating-wind-by-2030/

21. Global offshore wind capacity achieves record growth (2022). Disponible en: https://www.worldoil.com/magazine/2022/april-2022/features/global-offshore-wind-capacity-achieves-record-growth/

22. Morgan ER, Manwell JF, McGowan JG. Sustainable Ammonia Production from U.S. Offshore Wind Farms: A Techno-Economic Review. ACS Sustainable Chem Eng [Internet]. 2017; 5(11): 9554-9567.

23. Vidal C, Pérez J. Ships 4 Blue. Desarrollo de estudios críticos de tipo técnico y económico para el análisis de la viabilidad de un nuevo sistema de generación de energía eólica off-shore mediante un buque propulsado a vela y dotado de sistemas de producción energética. Entregable E2.3. Estudio global estacional de la idoneidad operativa para cada tamaño de barco seleccionado. Mapas cualitativos estacionales de idoneidad operacional.

24. Patel MS, Liew MS, Mustaffa Z, Yee NC, Whyte A. Development of Downtime Cost Calculator for Offloading Operations Influenced by Parametric Rolling. J Mar Sci Eng. 2020; 8(1):7.

25. Bowers J. The cost of weather in a floating oil production system. Journal of the Operational Research Society (2001) 52, 135-142.

26. Matzen M, Alhajji M, Demirel Y. Technoeconomics and Sustainability of Methanol and Ammonia Productions Using Wind Power-based Hydrogen. J Adv Chem Eng. 2015; 5:3.

27. Ingersoll E. Ammonia Energy Conference 2021. Disponible en: https://www.lucidcatalyst.com/post/ammonia-energy-conference-2021

28. IPCC, Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press, UK, 2005.

29. MAN Energy Solutions (2019). Engineering the future two-stroke green-ammonia engine. Copyright © 5510-0241-00. Nov 2019.

30. Nayak-Luke R, Bañares-Alcántara R, Wilkinson I. Green Ammonia: Impact of Renewable Energy Intermittency on Plant Sizing and Levelized Cost of Ammonia. Industrial & Engineering Chemistry Research 2018; 57(43):14607-14616.

31. Statista. Monthly prices for natural gas in the United States and Europe from January 2014 to January 2022. Disponible en: https://www.statista.com/statistics/673333/monthly-prices-for-natural-gas-in-the-united-states-and-europe/

TRANSICIÓN ECOLÓGICA DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

Carlos Bravo Villa

ALGUNOS DATOS GENERALES DEL SECTOR A NIVEL MUNDIAL Y EN LA UNIÓN EUROPEA

El sector del transporte marítimo se enorgullece de que más del 80 % del volumen del comercio mundial se transporta anualmente por mar. La UNCTAD subraya regularmente su importancia económica y, en su último informe anual hasta la fecha, el *Review of Maritime Transport 2021*[1] destaca que, a pesar de los temores iniciales, la pandemia de COVID-19 afectó al transporte marítimo mucho menos de lo previsto inicialmente, sobre todo en el segundo semestre. Para el conjunto de 2021, la UNCTAD estimaba que el comercio marítimo creciera un 4,3% y, para el periodo 2022-2026, que siguiese creciendo a un ritmo medio del 2,4% anual.

En 2020, la flota mundial de buques comerciales creció un 3 %, alcanzando los 99 800 buques de 100 toneladas brutas o más. Desde un máximo del 11 % en 2011, esta tasa de crecimiento se ha ralentizado[1]. En otras palabras, la flota está envejeciendo a nivel mundial, lo que es motivo de preocupación, ya que los buques más antiguos tienden a ser menos eficientes y generan mayores emisiones.

La flota mundial tenía en 2021 una edad media de 21,6 años (21,1 en 2020). Un 42 % de todos los buques tienen más de 20 años. Sin embargo, como los nuevos buques son cada vez más grandes, los buques de entre 5 y 9 años representan la mayor proporción de la capacidad de transporte de la flota (29 %), mientras que ese 42 % de buques más antiguos representa el 11 % de la misma. La distribución de la edad de la flota varía según las economías. Los buques más antiguos son, por lo general, los de los países menos desarrollados (LDC, por sus siglas en inglés), donde alrededor del 61 % tienen más de 20 años (su flota total tiene una edad media de 28,6 años en 2021)[1].

En 2021, los tres principales países propietarios de buques, tanto en términos de tonelaje de peso muerto como de valor comercial de sus flotas, eran Grecia, China y Japón. Sin embargo, los principales pabellones de registro por tonelaje de peso muerto (TPM; *deadweight tonnage*, DWT, en inglés) son, por este orden, Panamá, Liberia y las Islas Marshall[1].

La Tabla 1, que utiliza datos del *Cuarto Estudio sobre los gases de efecto invernadero del transporte marítimo de la OMI*[2], muestra una visión general de la flota mundial conforme a la base de datos de buques de IHS* (buques en servicio a mediados de 2018) con los tipos de buques asociados ordenados de forma descendente en función de la proporción del tonelaje de peso muerto (DWT, en sus siglas inglesas) total que representan. Los cinco primeros tipos de buques representan el 90 % del tonelaje, pero solo el 40 % de la flota actual, y las 15 categorías restantes se reparten el resto.

La Unión Europea es uno de los principales centros marítimos del mundo. Cuenta con 329 puertos de gran importancia que pertenecen a la red transeuropea de transporte,

* IHS Markit es un proveedor líder de servicios de información y datos esenciales del mercado financiero.

Tabla 1. Número de buques de la flota mundial y proporción de tonelaje de peso muerto por tipo

Type	Count	% Count	DWT	% DWT
Bulk Carrier	11,672	9,8	8,1 E+08	41,5
Oil Tanker	8,177	6,8	4,9 E+08	25,1
Container	5,182	4,3	2,6 E+08	13,4
Chemical Tanker	5,506	4,6	1,1 E+08	5,6
General Cargo	14,994	12,5	8,1 E+07	4,2
Offshore	7,555	6,3	7,4 E+07	3,8
Liquified Gas Tanker	1,953	1,6	6,5 E+07	3,3
Vehicle	828	0,7	1,3 E+07	0,7
Service- Other	6,180	5,2	1,2 E+07	0,6
Ro-Ro	2,002	1,7	6,4 E+06	0,3
Service – Tug	20,251	16,9	5,8 E+06	0,3
Miscellaneous Fishing	23,911	20,0	4,8 E+06	0,2
Refrigerate Bulk	895	0,7	E+06	0,2
Ferry – Ro- Pax	3,148	2,6	E+06	0,2
Miscellaneous – Other	645	0,5	E+06	0,2
Cruise	612	0,5	E+06	0,1
Other Liquids Tankers	179	0,1	E+05	0,0
Ferry – Pax Only	3,459	2,9	E+05	0,0
Yacht	2,477	2,1	E+05	0,0
Total	119,626			

Fuente: IMO (con datos de las bases de datos de IHS Markit).

diseminados a lo largo de su costa. Alrededor de un tercio de la flota mercante mundial es controlada por empresas de la UE. Alrededor del 80 % (en volumen) del comercio exterior de mercancías de la UE es marítimo. El transporte marítimo de corta distancia representa un tercio de los intercambios intracomunitarios en términos de toneladas-kilómetro. Cada año, más de 400 millones de pasajeros embarcan y desembarcan en los puertos europeos. Por lo tanto, se considera que la industria marítima es una importante fuente de empleo e ingresos para la economía europea[3].

En cuanto al comercio extracomunitario (entre la UE y el resto del mundo), medido en valor, en 2021, el transporte marítimo representó el 44,0 % del valor de las mercancías exportadas desde la UE y el 55,5 % de las

importadas en 2021, muy superior a cualquier otro modo de transporte. Así, el transporte aéreo representó, en valor, el 26,1 % de las exportaciones de la UE y el 20,1 % de sus importaciones; por carretera: el 25,4 % y el 20,2 %, respetivamente; el ferroviario: el 1,9 % y el 2,2 %, respectivamente; y otros modos de transporte: el 2,7 % y el 2,1 %, respectivamente. La proporción de mercancías importadas por la UE que se transportaron por mar aumentó en 9,2 % desde 2002 a 2021 y, aunque hubo también un aumento en el uso del transporte marítimo para las exportaciones de la UE, su proporción aumentó menos, un 1,7 %.

Un análisis similar en términos de cantidad y no de valor muestra que la importancia relativa del transporte marítimo fue aún mayor, representando el 77,4 % de las exportaciones y el 85,4 % de las importaciones de la UE en 2021. También se confirma que la parte relativa del transporte marítimo en la cantidad total de mercancías transportadas hacia y desde la UE aumentó entre 2002 y 2021[4].

PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

Emisiones de gases de efecto invernadero

El transporte marítimo actualmente sigue dependiendo de forma mayoritaria del uso de combustibles fósiles como fuente de energía.

El fueloil pesado (HFO) sigue siendo el combustible dominante en el transporte marítimo internacional (79 % del consumo total de combustible por contenido energético en 2018). Sin embargo, durante el periodo del citado estudio de la OMI[2], se ha producido un cambio significativo en la combinación de combustibles. La proporción del consumo de HFO se ha reducido en aproximadamente un 7 % (una reducción absoluta del 3 %), mientras que la proporción del consumo de diésel marítimo (MDO) y de gas natural licuado (GNL) creció un 6 y un 0,9 % (aumentos absolutos del 51 y el 26 %, respectivamente). El uso de metanol como combustible se desarrolló durante este periodo y se estima como el cuarto combustible más importante utilizado, creciendo hasta aproximadamente 130 000 toneladas de consumo en 2018 en las rutas internacionales (160 000 toneladas de consumo total).

Según el *Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI* en 2020, la proporción de las emisiones del transporte marítimo en las emisiones antropogénicas mundiales ha aumentado del 2,76 % en 2012 al 2,89 % en 2018[2].

De forma más detallada, las emisiones de GEI –incluyendo el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), expresadas en $CO_{2\text{-eq}}$– del total del transporte marítimo (internacional, doméstico y pesquero), han pasado de 977 millones de toneladas (Mt) en 2012 a 1076 Mt en 2018 (9,6 % de incremento)*. En 2012, 962 Mt eran emisiones de CO_2, mientras que en 2018 esta cantidad creció un 9,3 % hasta alcanzar los 1056 Mt de emisiones de CO_2[2].

Esta cifra de 1076 millones de toneladas (1000 Mt = 1 gigatón, Gt)) de emisiones anuales de GEI convierte al transporte marítimo internacional en su conjunto en el sexto mayor emisor del mundo, después de China (10,06 Gt), Estados Unidos (5,41 Gt), India (2,65 Gt), Federación Rusa (1,71 Gt) y Japón (1,16 Gt), que son los cinco primeros países emisores del mundo. Le sigue en el ranking Alemania (0,75 Gt)**[5].

El CH_4 experimentó un aumento del 87 % durante el periodo, que fue impulsado tan-

* En su conjunto, el transporte marítimo en la Unión Europea es responsable actualmente de emitir anualmente cerca de 150 Mt de dióxido de carbono (CO_2).
** Datos referidos a 2018.

to por un aumento en el consumo de GNL, como por el aumento absoluto, debido a un cambio en la combinación de maquinaria asociada con el uso de GNL como combustible, con un aumento significativo en el uso de maquinaria de doble combustible que tiene mayores emisiones específicas de escape de CH_4[2].

Gracias a la evolución de los datos y de los métodos de inventario, este *Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI* es el primero de este organismo capaz de elaborar inventarios de estos gases que distinguen las emisiones del transporte marítimo nacional de las emisiones internacionales en función del viaje de una manera que es coherente con las directrices y definiciones del IPCC[2].

Durante el periodo del *Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI*, es decir, de 2012 a 2018, tres tipos de buques siguen siendo la fuente dominante de las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional: los portacontenedores, los graneleros y los petroleros. En combinación con los buques cisterna para productos químicos, los buques de carga general y los buques cisterna para gases licuados, estos tipos de buques constituyen el 86,5 % de las emisiones totales del transporte marítimo internacional cuando se calcula sobre una asignación basada en el viaje[2].

El futuro no parece halagüeño, según los datos aportados por la OMI en el citado estudio sobre las proyecciones futuras (de 2018 a 2050) de las emisiones del transporte marítimo, en comparación con sus niveles de emisión en 2008. Así, para una serie de escenarios económicos y energéticos plausibles a largo plazo, la OMI prevé que las emisiones mundiales de GEI procedentes del transporte marítimo aumenten hasta un 90-130 % en 2050 en comparación con la línea de base de 2008[2]. Se estima que, en un escenario sin cambios y si otros sectores de la economía reducen sus emisiones para mantener el aumento de la temperatura global por debajo de los 2 °C, el transporte marítimo podría representar alrededor del 10 % de las emisiones globales de GEI en 2050.

En cuanto a la Unión Europea (UE), los datos recogidos del sistema MRV* de la UE confirmaron que las emisiones de CO_2 del transporte marítimo son sustanciales, con más de 144,6 millones de toneladas de CO_2 liberadas a la atmósfera en 2019 (frente a 138 millones de toneladas en 2018). Esto representa cerca del 4 % de las emisiones totales de CO_2 de la UE, y es comparable a las emisiones de CO_2 de Bélgica. A nivel mundial, las emisiones de CO_2 declaradas en el sistema MRV de la UE representan alrededor del 15 % del total de las emisiones de CO_2 emitidas por el transporte marítimo internacional y nacional[6].

Al dirigirse a los buques de más de 5000 toneladas brutas, el Reglamento MRV de la UE cubre alrededor del 90 % de todas las emisiones de CO_2, mientras que solo incluye alrededor del 55 % de todos los buques que hacen escala en los puertos del Espacio Económico Europeo (EEE). Aparte de los buques de Gas Natural Licuado (GNL), que aumentaron sus emisiones de CO_2 en un 30 % de 2018 a 2019, la distribución y la variación de las emisiones entre los diferentes tipos de buques es muy similar en ese periodo: los portacontenedores representaron la mayor parte de las emisiones totales, con un 30 % en 2019, frente al 31 % en 2018; los graneleros emitieron aproximadamente el 12 % de todas las emisiones de CO_2 notificadas; los buques ro-ro (*roll-on/roll-off*) y ro-pax (*roll-on/roll-off* de pasajeros) notificaron conjuntamente 21 Mt

* El Reglamento MRV de la UE establece los requisitos para el seguimiento, la notificación y la verificación del dióxido de carbono (CO2) de los buques más de 5000 toneladas brutas que llegan a los puertos de la UE o del Espacio Económico Europeo (EEE) o que salen de ellos.

de emisiones de CO_2 en ambos años de notificación (16 % de las emisiones)[6].

Expresadas en términos de consumo de combustible, las emisiones globales de CO_2 corresponden a 46 millones de toneladas de combustible, la misma cantidad que en 2018 (al comparar con los datos actualizados de 2018). Se consumieron 44 millones de toneladas de combustible durante la navegación y 2 millones de toneladas en el atraque. La distribución de los tipos de combustible utilizados no ha cambiado significativamente entre 2018 y 2019. El 69 % del combustible consumido por la flota monitorizada en 2019 fue HFO, comparado con el 71 % en 2018. El uso de gas natural licuado (GNL) aumentó del 4 al 5 % de la cantidad total de combustible consumido[6].

En el desglose por países[7], España, con 17,11 Mt de CO_2 emitidas en 2018, resulta ser el segundo país europeo con más emisiones de gases de efecto invernadero de los buques que llegan y salen de sus costas, solo por detrás de los Países Bajos (Figura 1).

Contaminación atmosférica

Para las zonas costeras y las ciudades portuarias, el tráfico marítimo es una fuente especialmente importante de contaminación atmosférica, que constituye una grave amenaza para la salud pública y el medio ambiente. De hecho, se calcula que las emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los buques causan anualmente 50 000 muertes prematuras y 60 000 millones de euros en costes sanitarios en la Unión Europea[8].

Esto se debe a que los grandes buques oceánicos utilizan para su propulsión combustibles fósiles muy sucios, principalmente fueloil pesado. Se trata de un producto que contiene altas cantidades de azufre, cenizas, metales pesados y otros residuos tóxicos. En su combustión, además de CO_2, emiten altos niveles de óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas (PM), contaminantes muy peligrosos para la salud humana. Cuando las personas respiran este aire contaminado, su salud se resiente, lo que se traduce en un aumento de las enfermedades (respiratorias, cardiovasculares, incluso el cáncer), las hospitalizaciones y las muertes prematuras. Estos impactos en la salud, por supuesto, también desencadenan una menor productividad que se traduce en un importante impacto económico.

Según diferentes estudios (por ejemplo, OMI, OCDE), el tráfico marítimo causa entre el 15 y el 30 % de las emisiones antropogénicas mundiales de NOx y entre el 4 y el 9 % de SOx. Un estudio sobre los impactos en la salud humana de las emisiones de SOx de los buques, presentado al Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI en 2016 por Finlandia[9], estimó que, si no se reduce el límite de SOx para los buques a partir de 2020, la contaminación atmosférica de los buques contribuiría a más de 570 000 muertes prematuras adicionales en todo el mundo entre 2020-2025. La OMI ha establecido, a partir del 1 de enero de 2020, un nuevo límite máximo de 5000 ppm en el contenido de azufre para los combustibles de los buques[10], pero aun así este tope seguirá siendo 500 veces superior al permitido para el gasóleo en carretera.

Las emisiones de SOx y PM aumentaron durante el periodo a pesar de la reducción general del uso de HFO y el aumento del uso de MDO y GNL [en parte impulsado por la entrada en vigor en 2015 de una serie de Áreas de Control de Emisiones (ECA, en sus siglas en inglés)], asociadas a los límites del contenido de azufre de los combustibles. La explicación es que el aumento medio del contenido de azufre en el HFO durante el periodo supera la reducción del contenido de azufre asociada al cambio en el uso de

Figura 1. Emisiones europeas de CO_2 del transporte marítimo por país (2018).

Fuente: Transport and Environment.

combustibles[2]. Es decir, la reducción del uso del HFO se ve contrarrestada por un aumento del contenido medio de azufre del HFO que se sigue utilizando. Como el HFO sigue siendo el combustible dominante en la combinación total de combustibles, las emisiones totales se ven más afectadas por el aumento del contenido medio de azufre del HFO que por el aumento de la combinación de combustibles de MDO y GNL. Una de las consecuencias de estas tendencias es que, por término medio, para un determinado volumen de tráfico marítimo internacional, las regiones con ECA han visto reducidas las emisiones locales de SOx y PM (debido a las menores emisiones inducidas por los ECA). Sin embargo, las regiones sin ECA han sufrido un aumento de las emisiones de SOx

y PM (debido al aumento del contenido de azufre del HFO).

Las emisiones de NOx experimentaron un aumento menor durante el periodo que la tendencia del consumo de combustible. Esto es coherente con el aumento del número de buques equipados con maquinaria que cumple la normativa sobre NOx Tier II y Tier III, y que, en su caso, la utilizan. A pesar de esta normativa, la tendencia general de las emisiones de NOx fue de aumento durante el periodo[2].

Las emisiones del transporte marítimo de PM10, PM2, 5, CO y compuestos orgánicos volátiles (COV) también han sufrido un aumento de 2012 a 2018[2].

Además del impacto en la salud humana, los ecosistemas sensibles también están en riesgo como resultado de las emisiones de los buques. La deposición de compuestos de nitrógeno y azufre es una de las causas de la acidificación de los ecosistemas terrestres y acuáticos, incluida la acidificación de las aguas oceánicas costeras, al alterar las características químicas del agua marina superficial. Las emisiones de los buques también contribuyen al problema del enriquecimiento excesivo y la eutrofización con nutrientes, lo que favorece la proliferación de cierto fitoplancton y otras plantas marinas y puede traducirse en un cambio en los ecosistemas.

La autoridad mundial encargada de establecer las normas de seguridad, protección y comportamiento medioambiental que deben observarse en la navegación internacional es la Organización Marítima Internacional (OMI), creada a mediados del siglo XX bajo los auspicios de las Naciones Unidas.

Dentro de la OMI, en los años 70 se elaboró el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (Convenio MARPOL). Las emisiones de contaminantes atmosféricos de los buques están reguladas por la OMI a través del Anexo VI del Convenio MARPOL, que se adoptó por primera vez en 1997 y entró en vigor el 19 de mayo de 2005.

Uno de los principales objetivos del Anexo VI de MARPOL es limitar los principales contaminantes atmosféricos contenidos en los gases de escape de los buques, incluidos el SOx y el NOx. En octubre de 2008 se introdujeron importantes cambios en el Anexo VI: por un lado, la reducción progresiva obligatoria de las emisiones de SOx, NOx y partículas en todo el mundo y, por otro, la posibilidad de crear Áreas de Control de Emisiones (ECA) para reducir aún más las emisiones de estos contaminantes en zonas marinas especialmente designadas. La creación de las ECA es una de las formas más eficaces de reducir drásticamente las emisiones contaminantes del sector marítimo y limitar sus efectos negativos sobre la salud pública y el medio ambiente, especialmente en dichas zonas.

Carbono negro y su contribución al cambio climático

El carbono negro (BC, del inglés *black carbon*) es un contaminante atmosférico y climático.

Con respecto al primer aspecto, el BC es uno de los componentes de las partículas finas (PM2, 5), por lo que contribuye a las enfermedades cardiacas y pulmonares y es también un peligro para el medio ambiente.

En cuanto al segundo aspecto, aunque no está clasificado oficialmente como un GEI, el BC es un potente contaminante climático, con un efecto de calentamiento a corto plazo especialmente grande. El BC total de todas las fuentes es la segunda causa más importante del cambio climático inducido por el hombre.

El carbono negro se emite en casi todas partes, incluso en el Ártico y el Antártico, donde acelera el calentamiento y el deshielo, y la ma-

yor parte del BC procedente de los barcos se emite en el hemisferio norte, parte del cual se transporta al Ártico. Además, una parte importante del carbono negro se emite cerca de la costa, donde degrada la calidad del aire local.

Las emisiones de carbono negro, incluyendo la actividad internacional, nacional y pesquera, crecieron de 89 000 t en 2012 a 100 000 t en 2018, un incremento del 11,6 %, en comparación con un aumento del 9,3 % en las emisiones de CO_2 durante ese mismo periodo[2].

Un informe del International Council on Clean Transportation (ICCT), publicado en 2017 con datos de 2015, concluyó que los buques emitieron aproximadamente 67 mil toneladas (kt) de carbono negro en 2015, con un rango inferior y superior entre 53 kt y 80 kt, respectivamente, lo que corresponde a un factor de emisión (EF) de BC promedio de toda la flota de 0,25 g/kg de combustible con un rango de 0,20 a 0,30 g/kg de combustible. Teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global del carbono negro, sus emisiones por los buques fueron responsables de entre el 5 y el 8 % (en una escala temporal de 100 años) y de entre el 16 y el 23 % (en una escala temporal de 20 años) del impacto del calentamiento climático del $CO_{2\text{-eq}}$ del transporte marítimo en 2015[11].

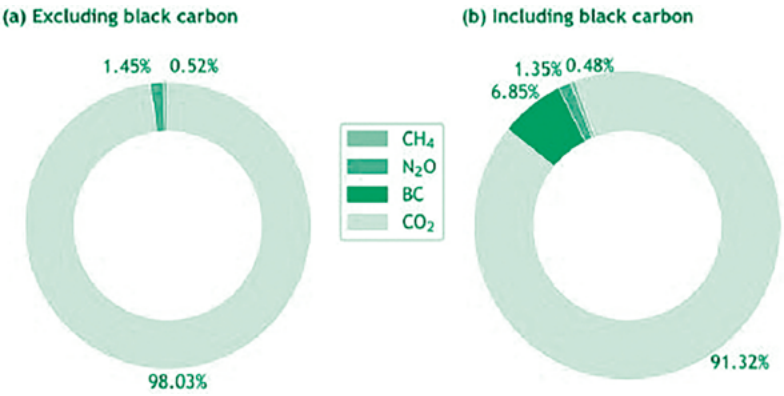
Según este estudio[11], "los buques más grandes son los responsables de la mayor parte de las emisiones de carbono negro. Los buques portacontenedores, los graneleros y los petroleros emitieron en conjunto el 60 % de las emisiones de carbono negro, aunque representan el 30 % de los buques y el 81 % del tonelaje bruto (TPM) de la flota mundial en 2015. Dentro de ese grupo, los portacontenedores, que representan el 7 % de los buques y el 14 % de las TPM de la flota mundial, emitieron la mayor cantidad de carbono negro (26 %) en comparación con otras clases de buques. Fuera de ese grupo, los cruceros representaron una cantidad desproporcionadamente grande de carbono negro, emitiendo el 6 % de las emisiones a pesar de representar solo el 1 % de los buques y menos del 1 % de las TPM de la flota mundial". A modo de comparación, los buques de crucero emiten 10 t por barco y año, es decir, casi el triple que un portacontenedores típico.

Sobre el carbono negro, el *Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI*[2] afirma que "Durante el periodo 2012-2018, las ascendentes emisiones de CO_2 equivalente del transporte marítimo internacional aumentaron un 5,7 y un 8,3 % por asignación basada en viaje y en buque, respectivamente. Incluyendo el carbono negro, representado con un potencial de calentamiento global (GWP) de 900, las emisiones internacionales de GEI basadas en el viaje para el transporte marítimo en 2018 serían un 7 % más altas, con un total de 810 millones de toneladas de $CO_{2\text{-eq}}$".

En términos de cuotas, este estudio presenta el desglose global de las emisiones de CO_2 equivalente para el transporte marítimo internacional por tipo de emisión basadas en el viaje (Figura 2).

La Figura 2 muestra la contribución de cada uno de los tipos de emisiones de GEI (CO_2, CH_4, N_2O) a las emisiones globales de CO_2 equivalente en 2018. Es, respectivamente, del 98,03 %, del 0,52 % y del 1,45 % cuando se consideran las emisiones internacionales basadas en los viajes. Si las emisiones de carbono negro también se incluyen en el cálculo de los equivalentes de CO_2, utilizando un GWP de 900 a 100 años, entonces estos porcentajes se convierten en el 91,32 %, 0,48 %, 1,35 % (para el CO_2, CH_4 y N_2O, respectivamente), con el carbono negro representando la segunda contribución más significativa con el 6,84 %, para las emisiones internacionales basadas en viajes (donde los porcentajes son 91 %,17 %, 0,41 %, 1,34 % y 7,08 %, respectivamente, para las emisiones internacionales basadas en buques). Aunque

Figura 2. Comparación de la contribución de los distintos componentes a las emisiones internacionales de gases de efecto invernadero en base a los viajes (en $CO_{2\text{-eq}}$) en 2018, destacando el impacto que tiene la inclusión del carbono negro.



Fuente: Figura 78 del Cuarto estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero (2020).

las emisiones de CO_2 siguen representando la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte marítimo internacional (en $CO_{2\text{-eq}}$), no puede olvidarse la importante contribución del carbono negro.

Ruido submarino

El ruido submarino antropogénico ha sido reconocido como un contaminante crítico que afecta negativamente a los ecosistemas marinos mundiales en numerosos estudios científicos[12,13].

El nivel de ruido antropogénico en el medio marino está aumentando a un ritmo alarmante. En algunas zonas, los niveles de ruido submarino se han duplicado década tras década en los últimos 60 años. Existe una creciente preocupación científica por la proliferación del ruido, ya que supone una importante amenaza para los ecosistemas marinos y para la supervivencia de mamíferos, tortugas, peces y otros animales que habitan en el océano.

El Informe Medioambiental del Transporte Marítimo Europeo (EMTER) de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) publicado en septiembre de 2021 afirma que, entre 2014 y 2019, las emisiones de ruido se duplicaron en los todos mares europeos[14].

A escala mundial, el transporte marítimo comercial es una de las principales causas del ruido submarino, especialmente debido a que, como podemos ver más arriba, alrededor del 80 % del comercio mundial (por volumen) se realiza por mar. Como se muestra en la Tabla 1, se estima que cada año navegan cerca de 120 000 buques comerciales –de tamaño medio a muy grande– como petroleros, portacontenedores, cargueros, graneleros, además de cruceros y transbordadores[2].

Estos buques, en su navegación, suelen producir sonidos de baja frecuencia que pueden propagarse a enormes distancias en todas las direcciones. Esto se debe principalmente al fenómeno de cavitación producido por las hélices, es decir, la formación de pequeñas burbujas de vapor en el agua, que implosionan provocando ondas de presión audibles. En las hélices, la cavitación, además de mucho ruido, puede causar daños en los componentes y pérdida de rendimiento.

Desde el punto de vista del ruido submarino, el efecto causado por la navegación marítima, considerada en su conjunto, equivale a una especie de "niebla" acústica permanente

y en constante aumento que enmascara los sonidos naturales y altera el comportamiento de los animales, ya que este ruido puede interferir con algunas de las frecuencias utilizadas por diversos tipos de ballenas, delfines, focas, peces y otros animales marinos en sus actividades vitales.

Varios acuerdos y convenios internacionales exigen la aplicación de las Mejores Técnicas/Tecnologías Disponibles (MTD) y las Mejores Prácticas Ambientales (MPA). En el caso del ruido del transporte marítimo, esto incluye generalmente la minimización de la cavitación, un mejor mantenimiento y la optimización del diseño de la hélice, para el casco y las condiciones habituales de funcionamiento, lo que a menudo también mejora la eficiencia. La reducción de la velocidad de los buques está reconocida como una medida que permitiría reducir de forma muy significativa el ruido submarino[13].

En abril de 2014, la OMI adoptó sus Directrices para la reducción del ruido submarino procedente del transporte marítimo comercial para hacer frente a los impactos adversos sobre la vida marina[15]. Estas Directrices contemplan tecnologías y medidas comunes que pueden ser pertinentes para la mayoría de los sectores de la industria del transporte marítimo comercial, incluidos los diseñadores, los constructores navales y los operadores de buques, a los que se anima a considerar también las tecnologías y las medidas operativas para abordar la cavitación de las hélices, pero también la maquinaria de a bordo y las cuestiones de modificación operativa. El diseño de buques con hélices más eficientes permite reducir los costes de combustible (con la consiguiente reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes) y los costes de mantenimiento para las compañías navieras, y también permite reducir considerablemente el ruido submarino. Es el típico ejemplo de medida beneficiosa tanto para la actividad comercial como para el medio ambiente y la salud pública.

Hasta ahora, las Directrices de la OMI para la reducción del ruido se han aplicado de forma deficiente. Se acepta que el fracaso de la aplicación está relacionado con el estatus no reglamentario y no obligatorio de estas Directrices, la falta de especificaciones de medición y el escepticismo sobre la viabilidad de los cambios, como se sugiere en la "Propuesta de un nuevo resultado relativo a la revisión de las Directrices de 2014 para la reducción del ruido submarino procedente del transporte marítimo comercial con el fin de abordar los impactos adversos sobre la vida marina (MEPC.1/Circ.833) y la identificación de los próximos pasos" realizada por Canadá, Estados Unidos y Australia [MEPC 75/14].

Colisiones de barcos con fauna marina

Una colisión con un barco es un choque entre cualquier tipo de embarcación (desde barcos grandes hasta motos acuáticas) y un animal marino en el océano. Independientemente de su tipo y tamaño, todas las embarcaciones tienen el potencial de colisionar con casi cualquier especie marina y ocurre con frecuencia que las colisiones causan la muerte o graves lesiones al animal.

Se han documentado colisiones con animales marinos por parte de embarcaciones de gran tamaño, como cargueros, barcos de avistamiento de cetáceos, transbordadores y buques militares, así como todo tipo de embarcaciones privadas utilizadas con fines recreativos y/o comerciales. Las colisiones con animales marinos de gran tamaño pueden dañar las embarcaciones y causar lesiones graves y a veces mortales a las personas.

Las colisiones pueden producirse en cualquier lugar donde los barcos se crucen con la vida marina. Los animales marinos no siempre son fácilmente visibles desde la superficie, por

lo que puede ser difícil que el operador de una embarcación los vea o, en caso de que sean vistos claramente por el operador, este puede que no tenga tiempo suficiente para evitar la colisión dada la inercia de la embarcación.

Como se refleja en varias resoluciones aprobadas por el Acuerdo sobre la Conservación de los Cetáceos del Mar Negro, el Mar Mediterráneo y la Zona Atlántica Contigua (ACCOBAMS), la velocidad, más que la forma o el desplazamiento, de los buques es el factor más significativo en las colisiones con los mismos[16].

La mayoría de las colisiones notificadas afectan a grandes ballenas, focas o leones marinos, y también a tortugas marinas. Además de los cetáceos que bucean a gran profundidad, todas las especies de tortugas marinas son también vulnerables a las colisiones con embarcaciones cuando salen a la superficie a respirar, a tomar el sol cerca de la superficie o a buscar alimento en zonas poco profundas o cerca de la superficie del mar. Las tortugas marinas adultas parecen estar en mayor riesgo durante la temporada de cría y anidación. Los mamíferos marinos y las tortugas marinas golpeados por las embarcaciones suelen resultar gravemente heridos o mueren[17].

El problema tiende a ser local o regional, y se centra especialmente en torno a las rutas de migración de los mamíferos marinos y otras zonas en las que es probable que se encuentre un número significativo de mamíferos marinos. En la costa este de Estados Unidos, la vulnerabilidad a las colisiones con buques de las ballenas francas del Atlántico norte está bien documentada. Otras áreas/poblaciones que han sido identificadas como de alto riesgo incluyen la población de rorcuales y cachalotes en el mar Mediterráneo occidental, los cachalotes en la fosa helénica frente a Grecia, las ballenas azules al sur de Sri Lanka, las ballenas de Bryde en el golfo de Hauraki y los cachalotes alrededor de las Islas Canarias.

En particular, en el mar Mediterráneo, el Acuerdo sobre la Conservación de los Cetáceos del Mar Negro, el Mar Mediterráneo y la Zona Atlántica Contigua (ACCOBAMS), ha identificado las siguientes áreas: el Estrecho de Gibraltar, el Santuario de Pelagos, el área al suroeste de la isla de Creta, el área alrededor de las Islas Baleares, el área entre Almería y Nador en el lado oriental del mar de Alborán, y el estrecho de Sicilia[16].

En 2009, la OMI publicó una guía con recomendaciones para minimizar el riesgo de colisión de los buques con los cetáceos[18].

LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

Como hemos visto, el transporte marítimo es actualmente una actividad causante de graves problemas ambientales y, pese a ello, el sector sigue muy rezagado con respecto a otros en cuanto a sus esfuerzos por reducir la contaminación de todo tipo que produce (incluidos los GEI). Si no se toman medidas, el aumento previsto del tráfico marítimo de mercancías y pasajeros conducirá inevitablemente a un aumento de su negativo impacto ambiental.

Afortunadamente, la transición ecológica del transporte marítimo es posible. Todos los problemas medioambientales del transporte marítimo mencionados anteriormente pueden resolverse o, al menos, mejorarse en gran medida gracias a una posible combinación de una amplia serie de medidas tecnológicas y operativas ya existentes.

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero

Para que podamos alcanzar los objetivos del Acuerdo de París, es crucial que sectores como el del transporte marítimo reduzcan sus emisiones de carbono, y que lo hagan rápidamente.

El transporte marítimo aún no está alineado con el Acuerdo de París

Lamentablemente, el transporte marítimo aún no está alineado con el Acuerdo de París. El objetivo actual de la OMI, la agencia de la ONU que regula el transporte marítimo, es tan solo reducir las emisiones "al menos en un 50 % en 2050" (con respecto a los niveles de 2008) y "alcanzar cero emisiones de GEI lo antes posible en este siglo". Este compromiso es claramente insuficiente para alcanzar el objetivo de limitar el calentamiento global a 1,5 °C sobre los niveles preindustriales, meta en la que se reafirmó la comunidad internacional en la cumbre del clima (COP26), celebrada en Glasgow en 2021.

En ese sentido, durante la COP26, 14 países (Dinamarca, Estados Unidos, Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Honduras, Hungría, Islandia, Islas Marshall, Noruega, Panamá, Suecia y Reino Unido) firmaron la *Declaración para un transporte marítimo de cero emisiones para 2050*[19].

Por medio de esta declaración, estos países se comprometen a "reforzar los esfuerzos mundiales para lograr que el transporte marítimo internacional tenga cero emisiones para 2050, incluso en la OMI; a este respecto, se comprometen a trabajar en la OMI para adoptar dicho objetivo, a adoptar objetivos para 2030 y 2040 que sitúen al sector en una senda de descarbonización total para 2050, y a adoptar las medidas que ayuden a alcanzar estos objetivos".

Vale la pena recordar aquí la declaración oficial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, en sus siglas en inglés), en su comunicado de prensa *El cambio climático: una amenaza para el bienestar humano y la salud del planeta. Actuar ahora puede asegurar nuestro futuro*, emitido el 28 de febrero de 2022, en relación con las conclusiones del último informe del IPCC: "Se subraya la urgencia de una acción inmediata y más ambiciosa para hacer frente a los riesgos climáticos. Las medidas a medias ya no son una opción"[20].

El papel de la OMI en la descarbonización del transporte marítimo

En cuanto al problema del cambio climático, la OMI lleva debatiendo qué hacer desde que se le encomendó la tarea de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte marítimo internacional en el Protocolo de Kioto de 1997. Lo cierto es que se ha avanzado muy poco en más de 20 años.

De hecho, no fue hasta noviembre de 2003 cuando el Consejo de la OMI decidió encargar a su Comité de Medio Ambiente para la Protección Marina que estudiara de forma prioritaria medidas para controlar las emisiones de los buques.

Desde entonces, se han debatido un buen número de propuestas que van desde el comercio de emisiones, una tasa global sobre el carbono, hasta el comercio eficiente y las reducciones obligatorias de emisiones por parte de los buques, pero la mayoría de ellas siguen en estudio por falta de acuerdo entre las Partes.

En el lado positivo, en 2011 se acordaron dos instrumentos normativos obligatorios para mejorar la eficiencia energética de los buques internacionales, que entraron en vigor en 2013.

El primero es el llamado Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI), requisitos de diseño obligatorios para los nuevos buques, que establecen normas de intensidad de carbono cada vez más estrictas.

El segundo es el Plan de Gestión de la Eficiencia Energética de los Buques (SEEMP), que es un documento obligatorio que debe tener cada barco y, por lo tanto, específico de este, que establece el plan para mejorar la

eficiencia energética de un buque de manera rentable.

El EEDI, aprobado en julio de 2011, es la primera norma de diseño vinculante a nivel mundial destinada a reducir el cambio climático del transporte marítimo. Se aplica a (casi) todos los buques nuevos y, como se ha dicho, entró en vigor en 2013. El índice exige que los nuevos buques sean más eficientes desde el punto de vista energético, con normas que se harán cada vez más estrictas con el tiempo.

En el marco del EDDI, las distintas clases y tamaños de buques tendrán que cumplir normas diferentes. Los estándares se comparan con la línea de base, establecida como la eficiencia media de los buques construidos entre 1999-2009.

Se plantearon varias fases para la aplicación progresiva de los objetivos de EDDI:

- Fase I: un objetivo de mejora global del 10 % en la eficiencia energética de los buques se aplica a los nuevos buques construidos entre 2015 y 2019.

- Fase II: los buques construidos entre 2020 y 2024 tendrán que mejorar su eficiencia energética en un 15 y un 20 %, según el tipo de buque.

- Fase III: los buques entregados después de 2025 tendrán que ser un 30 % más eficientes; (aunque debía entrar en vigor antes, en 2022, para varios tipos de buques, con una reducción de la intensidad de carbono de hasta el 50 % para los portacontenedores más grandes).

Los buques más pequeños tienen requisitos de eficiencia diferentes a los anteriores para cada fase.

El debate de la OMI ha reconocido que el EEDI no está estimulando la adopción de nuevas tecnologías, ni está impulsando la mejora de la eficiencia. Desde 2013, los buques de nueva construcción sujetos a la EEDI han tenido un rendimiento muy similar al de los que no están cubiertos por el reglamento[21].

Por otro lado, en 2016 se aprobó el sistema obligatorio de recopilación de datos (DCS) de la OMI por el que los buques de 5000 toneladas brutas o más (~85 % del total de las emisiones del transporte marítimo internacional) deben recopilar los datos de consumo de fueloil para informar anualmente a la OMI, a partir del 1 de enero de 2019.

Finalmente, en abril de 2018, el MEPC adoptó la Estrategia Inicial de la OMI sobre la reducción de las emisiones de GEI de los buques[22] cuya visión es: "La OMI sigue comprometida con la reducción de las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional y, con carácter de urgencia, se propone eliminarlas lo antes posible en este siglo".

Sin embargo, como se podrá comprobar a continuación, y tal y como se decía más arriba, esta estrategia no está alineada con los objetivos de descarbonización del Acuerdo de París.

La Estrategia Inicial de la OMI tiene como objetivo alcanzar el punto máximo de las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional lo antes posible y luego disminuirlas estableciendo estos niveles de ambición:

- Reducción de las emisiones de CO_2 por trabajo de transporte (intensidad de carbono), como promedio en el transporte marítimo internacional, en al menos un 40 % para 2030, esforzándose por alcanzar el 70 % para 2050, en comparación con 2008.

- Por primera vez, una reducción del total de las emisiones anuales de GEI del transporte marítimo internacional en al menos un 50 % para 2050, en comparación con 2008, mientras que, al mismo tiempo, se persiguen objetivos de eliminación progresiva,

tal como se establece en el enfoque, para lograr una reducción de las emisiones de CO_2 coherente con los objetivos del Acuerdo de París.

- Tan pronto como sea posible en este siglo: lograr cero emisiones de GEI.

No obstante, hay que decir que el objetivo de reducción de las emisiones de CO_2 de la Estrategia ya se había cumplido en tres cuartas partes cuando se adoptó en 2018, por lo que en realidad no es muy ambicioso. Dado que muchos miembros de la OMI reclamaban un objetivo superior al 50% –de ahí la referencia a "al menos en un 50 %"–, se acordó acompañar a la Estrategia de un compromiso para que las medidas acordadas a corto plazo estuvieran en marcha y contribuyeran realmente a la reducción de emisiones en 2023. Para ello, será necesario aplicar cuanto antes nuevas medidas operativas tanto para la flota existente como para los nuevos buques.

Los principales próximos pasos en la agenda de la OMI son:

- 2023: completar las medidas a corto plazo y revisar la Estrategia Inicial.

- 2023-2030: medidas a medio plazo para reducir la intensidad de carbono de la flota en al menos un 40 %.

- 2030-2050: medidas a largo plazo para reducir la intensidad de carbono de la flota en al menos un 70 %.

- 2050: reducción de al menos el 50 % del total de las emisiones anuales de GEI (requiere aproximadamente un 85 % de reducción de CO_2 por buque).

En este contexto, desde 2018, la OMI está inmersa en un proceso para desarrollar, acordar e implementar un conjunto de medidas reglamentarias a corto, medio y largo plazo para alcanzar sus objetivos acordados en el marco de la Estrategia Inicial de GEI.

Así, en 2019 y 2020 se presentaron varias propuestas a la OMI para su debate en las reuniones del MEPC[23]. Entre ellas, la de incorporar nuevas medidas, como el Índice de Eficiencia de Buques Existentes (EEXI), cuyo objetivo es mejorar la tecnología de los buques hacia una mayor eficiencia, y el Indicador de Intensidad de Carbono (CII), para operar los buques de forma más eficiente.

El EEXI es un equivalente del EEDI anteriormente citado y usa la misma metodología que este, pero se aplica a los buques existentes que quedaron al margen de la normativa EEDI. Se dirige específicamente a los buques de más de 400 Gt que entran en el Anexo VI de MARPOL. En el EXXI las emisiones de carbono se describen por tonelada de carga y por milla; determinan las emisiones estándar de CO_2 relacionadas con la potencia del motor instalado, la capacidad de transporte y la velocidad del buque. Las emisiones estándar son una función del consumo de fueloil, la potencia instalada del motor principal y los auxiliares, y un factor de conversión entre el combustible y la masa de CO_2 correspondiente. Está previsto que el EEXI entre en vigor el 1 de enero de 2023[23].

El CII también debe entrar en vigor en 2023 y se aplicará a los buques en servicio de más de 5000 Gt, dentro de su SEEMP. Estos buques deberán cuantificar e informar sobre las emisiones de carbono de sus operaciones. Los armadores y gestores deben determinar el perfil de intensidad de carbono de sus buques y optimizar su SEEMP antes de finales de 2022. El CII proporciona a los operadores de buques el factor por el que deben reducir anualmente las emisiones de CO_2 para garantizar la mejora continua y cumplir la normativa. Por medio del CII se clasifican los buques

en una escala de 5 grados: A, B, C, D y E, de mejor a menor rendimiento. Los buques que reciban una calificación de "D" durante tres años consecutivos o los que reciban una calificación de "E" durante cualquier revisión anual tendrán que actualizar su diseño o realizar mejoras operativas significativas.

Tras complicadas y tensas negociaciones en el seno de las sucesivas reuniones del MEPC, entre los países partidarios de una mayor ambición climática y los que habituales obstaculizadores de cualquier avance significativo, se aprobaron en el MEPC 76 (junio de 2021), para insatisfacción generalizada de los primeros, unos objetivos de reducción del CII y un calendario de aplicación, que se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Calendario para la reducción de CII.

Año	Objetivos reducción CII
2023	5 %
2024	7 %
2025	9 %
2026	11 %
2027-2030	A decidir

Para los partidarios de dar una mayor velocidad al proceso de descarbonización del transporte marítimo, los objetivos acordados resultan insuficientes (probablemente se alcanzarían igualmente sin la regulación de la OMI por la propia evolución del sector) y quedan muy lejos de la reducción anual del 7 % necesaria para cumplir los objetivos del Acuerdo de París.

Además, el CII debería ser obligatorio para todos los buques (de más de 400 toneladas), independientemente de su fecha de construcción, y debería haberse acordado un sistema eficaz que asegurara el cumplimiento de los objetivos y sanciones adecuadas en caso de incumplimiento.

En cualquier caso, para cumplir con los nuevos objetivos de CII y EEXI y reducir las emisiones de sus buques y mejorar el consumo de combustible de los barcos, se puede aplicar a corto plazo una serie de medidas de índole tanto técnica como operativa. Entre ellas, se encuentran: la reducción de la velocidad, la optimización de las operaciones, la aplicación de (nuevas) tecnologías de eficiencia energética, la utilización de técnicas de propulsión innovadoras (por ejemplo, la asistencia eólica), entre otras.

Sin duda, el reto a medio-largo plazo es abandonar el uso de combustibles fósiles y pasar a utilizar combustibles sostenibles de cero emisiones. Ese cambio es esencial, ya que la descarbonización del transporte marítimo dependerá efectivamente de un cambio hacia tecnologías de propulsión y combustibles con cero emisiones de carbono, es decir: electrificación, hibridación y combustibles basados en el hidrógeno verde y sus derivados.

En parte consternada por la falta de avances de la OMI, pero también alentada por la presión interna para aumentar la ambición climática de Europa, la Comisión Europea acabó comprometiéndose, en el marco del Pacto Verde Europeo, entre otras cosas, a incluir el transporte marítimo en el régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (ETS) y a desplegar combustibles marinos sostenibles alternativos. Esta gran ambición fue confirmada posteriormente por la Estrategia Europea de Movilidad Inteligente y Sostenible (SSMS), que estableció además el objetivo de tener el primer buque oceánico de cero emisiones en el agua para 2030. Además, la Ley Europea sobre el Clima establece un objetivo global de neutralidad climática europea para 2050, que en su artículo 2 incluye las emisiones del transporte marítimo internacional.

Como se decía más arriba, afortunadamente, existen muchas opciones operativas y tecnológicas que pueden aplicarse para reducir las emisiones de GEI de los buques, pero la experiencia demuestra que la única manera eficaz de que estas medidas se apliquen realmente es mediante la aprobación y la aplicación estricta de la normativa legal al respecto.

La transición hacia la descarbonización completa del transporte marítimo requiere la integración de diversas medidas, algunas ya disponibles, mientras que otras tendrán que incorporarse a medio-largo plazo.

Así, el aumento de la eficiencia de los motores, las hélices y el diseño de la propia embarcación tendrá un impacto significativo en la reducción de las emisiones y, sobre todo, en el recorte del futuro crecimiento de las mismas.

Otras medidas de eficiencia operativa, en particular la reducción de la velocidad de los barcos, son muy importantes para reducir el consumo de energía y las emisiones, y pueden adoptarse inmediatamente y de la forma más eficiente en coste.

Todas las anteriores, junto con otras, como los sistemas de apoyo eólico a la navegación, permitirían ahorrar importantes cantidades de combustible y, por tanto, reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, pero no serán por sí solas suficientes para descarbonizar completamente el sector.

La descarbonización total del transporte requerirá cambios en el almacenamiento y uso de la energía a bordo y depende de la disponibilidad de tecnologías marinas libres de carbono, como el hidrógeno y el amoniaco ecológicos, las pilas de combustible, las baterías y los combustibles sintéticos producidos a partir de fuentes de energía renovables. Sin embargo, estas no existen actualmente en una forma o escala que pueda aplicarse a los grandes buques comerciales, especialmente a los que realizan viajes transoceánicos, por lo que se requieren cambios legislativos que impulsen su despliegue rápido y eficaz.

Veamos en más detalle las diferentes opciones.

El papel de la reducción de la velocidad de los barcos

Una de las formas más fáciles, rápidas de implementar y rentables de hacer que los buques sean menos contaminantes en términos de emisiones de GEI es reducir su velocidad.

La reducción de la velocidad de los buques, o navegación lenta, se refiere a la práctica por la que se reduce la velocidad (operativa) del buque. Básicamente, significa que el motor del barco no se utiliza a plena potencia, con lo que se ahorra combustible y se reducen las emisiones de CO_2 y de contaminantes atmosféricos.

La navegación lenta es una medida que el sector marítimo aplicó *motu proprio*, en general, en respuesta a la caída de la demanda y el exceso de oferta de buques que provocó la crisis económica de 2008. Entre 2008 y 2010 se produjo una reducción media del 20 % en la velocidad de los buques, pero esta situación solo se mantuvo durante algún tiempo más. Esto se tradujo en una importante reducción de las emisiones de GEI y de otros contaminantes atmosféricos, como beneficios medioambientales más claramente palpables y demostrables.

La velocidad del buque es una de las variables clave que influyen directamente en las emisiones de CO_2 y varía significativamente entre los distintos tipos de buques. Por ejemplo, los buques portacontenedores operan a velocidades mucho más altas que los granele-

ros, de acuerdo con su modelo de negocio y sus normas específicas.

El consumo de fueloil (FOC) por hora (tonelada/hora) del motor principal de un buque es proporcional al cubo de su velocidad. Así, es posible calcular cuál es el consumo de combustible del motor principal de un barco y sus emisiones proporcionales de CO_2 para cada rango de velocidad. Reducir la velocidad del barco en un 10 % supondrá una reducción del 27 % de las emisiones del buque. Otros factores, como las condiciones meteorológicas, también pueden influir en la relación entre la velocidad del buque y la potencia del motor y, a nivel de flota, hay que tener en cuenta los buques adicionales que pueden ser necesarios para prestar el mismo servicio de transporte. En consecuencia, es probable que las reducciones de combustible y de emisiones de CO_2 que se consigan con una velocidad menor sean menores que las obtenidas mediante cálculos directos. En general, si todos los buques tuvieran que reducir su velocidad, se reduciría la capacidad disponible en el mercado (se necesitarían más buques para realizar el mismo trabajo de transporte). Si se tuvieran en cuenta en la ecuación las emisiones adicionales de la construcción y explotación de estos nuevos buques, la reducción de la velocidad de la flota en un 10 % supondría un ahorro global de CO_2 del 19 %[24].

Este estudio[24] cita otro trabajo[25] que estimó el potencial de reducción de las emisiones de CO_2 para una reducción de la velocidad del 10 y del 20 % para los tres tipos principales de buques para el periodo 2018-2030. Aunque el nivel específico de reducción de las emisiones dependía del tipo de buque, en general, el análisis indicaba que las emisiones de CO_2 de referencia podían reducirse en torno al 13 y al 24 % si los buques reducían su velocidad en un 10 y un 20 %, respectivamente.

En cuanto a la reducción de velocidad, el Cuarto Estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero[2] reconoce que:

- La reducción de velocidad es considerada como la tecnología con un mayor potencial de reducción de CO_2.
- El potencial de reducción de CO_2 de la reducción de velocidad indica valores más altos que otras tecnologías.
- Los factores que impulsan la reducción de la intensidad de carbono de los buques incluyen principalmente la mejora de la eficiencia del diseño, la reducción de la velocidad y la optimización de la carga útil.

El Cuarto Estudio de la OMI sobre los GEI también analiza los escenarios futuros de reducción de las emisiones de GEI. El estudio ha evaluado el potencial de reducción y los costes de 44 tecnologías en cuatro grupos: tecnologías de ahorro de energía; uso de energías renovables; uso de combustibles alternativos; y reducción de la velocidad. La conclusión importante es que la reducción de la velocidad es claramente la que presenta el mayor potencial de reducción de CO_2 de aquí a 2030 y a un coste muy razonable (Figuras 3 y 4) y solo es superada en 2050 por el uso de combustibles alternativos sin carbono, aunque este último con costes mucho más elevados (Figura 5).

El citado estudio de la OMI dice: "La Figura 77 y la Tabla 99 muestran los resultados del análisis de sensibilidad para la tasa de reducción de velocidad en 2030, y la reducción de velocidad en un 20 % se compara con la reducción de velocidad en un 10 %. En nuestro modelo, al aumentar la reducción de velocidad del 10 al 20 %, se pueden conseguir reducciones de CO_2 1,7 veces mayores con esta tecnología. Por otro lado, el coste mar-

Figura 3. Eficiencia de costes y potencial de reducción de emisiones de CO_2 en 2030 de diferentes tecnologías [MAC: *marginal abatement cost*].

Code	Technology group	Scenario 1		Scenario 2	
		MAC (USD/tonne -CO_2)	CO_2 abatement potential (%)	MAC (USD/tonne -CO_2)	CO_2 abatement potential (%)
Group 10	Optimization water flow hull openings	-119	1.64%	-119	0.15%
Group 3	Steam plant improvements	-111	1.30%	-111	0.12%
Group 6	Propeller maintenance	-102	2.20%	-102	0.21%
Group 9	Hull maintenance	-92	2.22%	-92	0.22%
Group 12	Reduced auxiliary power usage	-61	0.40%	-61	0.04%
Group 8	Hull coating	-53	1.48%	-53	0.15%
Group 2	Auxiliary systems	-41	0.87%	-41	0.08%
Group 1	Main engine improvements	-35	0.25%	-35	0.02%
Group 13	Wind power	6	0.89%	6	0.08%
Group 16	Speed reduction	17	7.38%	17	7.81%
Group 5	Propeller improvements	21	1.40%	21	0.14%
Group 11	Super light ship	54	0.28%	54	0.03%
Group 4	Waste heat recovery	69	1.68%	69	0.16%
Group 7	Air lubrication	105	1.35%	105	0.14%
Group 15A	Use of alternative fuel with carbons	258	5.54%	258	0.01%
Group 15B	Use of alternative fuel without carbons	416	0.10%	416	0.05%
Group 14	Solar panels	1,186	0.18%	1,186	0.02%

Fuente: Tabla 77 del Cuarto estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero (2020).

Figura 4. Eficiencia de costes y potencial de reducción de emisiones de CO_2 en 2030 para dos escenarios de reducción de la velocidad de los barcos.

Code	Technology group	MAC (USD/tonne-CO_2)	CO_2 abatement potential (%)
Group 16	Speed reduction by 10%	17	7.38%
Group 16	Speed reduction by 20%	43	12.60%

Fuente: Tabla 99 del Cuarto estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero (2020) [MAC: *marginal abatement cost*].

ginal de reducción (*Marginal Abatement Cost,* MAC) aumenta en 2,6 veces en la situación de base"[2].

Así pues, a corto y medio plazo, la reducción de la velocidad sería la opción más fácil y rentable para esta industria a la hora de reducir las emisiones de GEI, ya que no requiere cambiar los buques ni las infraestructuras portuarias. De hecho, la reducción de la velocidad es una medida clave porque si el transporte marítimo sigue emitiendo CO_2 de forma incontrolada, agotará el presupuesto de carbono del sector antes de que se disponga de combustibles con cero emisiones de carbono. También significaría que el sector tendrá que descarbonizarse mucho antes de 2050, lo que haría el proceso de transición mucho más difícil y probablemente mucho más costoso.

Figura 5. Eficiencia de costes y potencial de reducción de emisiones de CO_2 en 2050 de diferentes tecnologías.

Code	Technology group	Scenario 1		Scenario 2	
		MAC (USD/tonne -CO_2)	CO_2 abatement potential (%)	MAC (USD/tonne -CO_2)	CO_2 abatement potential (%)
Group 10	Optimization water flow hull openings	-119	3.00%	-119	0.90%
Group 3	Steam plant improvements	-111	2.13%	-111	0.64%
Group 6	Propeller maintenance	-102	3.95%	-102	1.22%
Group 9	Hull maintenance	-91	3.90%	-91	1.24%
Group 12	Reduced auxiliary power usage	-59	0.71%	-59	0.21%
Group 8	Hull coating	-50	2.55%	-50	0.83%
Group 2	Auxiliary systems	-39	1.59%	-39	0.48%
Group 1	Main engine improvements	-34	0.45%	-34	0.14%
Group 13	Wind power	2	1.66%	2	0.50%
Group 16	Speed reduction	10	7.54%	10	8.18%
Group 5	Propeller improvements	18	2.40%	18	0.80%
Group 11	Super light ship	54	0.39%	54	0.12%
Group 4	Waste heat recovery	54	3.09%	54	0.93%
Group 7	Air lubrication	93	2.26%	93	0.77%
Group 15A	Use of alternative fuel with carbons	-	-	249	2.03%
Group 15B	Use of alternative fuel without carbons	416	64.08%	416	20.00%
Group 14	Solar panels	1,048	0.30%	1,048	0.09%

Fuente: Tabla 78 del Cuarto estudio de la OMI sobre los gases de efecto invernadero (2020).

Lo ideal sería que la OMI apoyara la aplicación de una regulación global obligatoria de las velocidades de los buques diferenciados por tipo de barco y categoría según su tamaño. Por ejemplo, debería establecer velocidades medias anuales máximas para los portacontenedores y velocidades absolutas máximas para el resto de tipos de buques, teniendo en cuenta los requisitos de velocidad mínima.

La navegación lenta regulada es una opción factible y fácil de aplicar y controlar (hoy en día, gracias al AIS y otros sistemas, es muy fácil verificar por dónde se mueven los buques y a qué velocidad lo hacen) y supondría poca carga administrativa. De hecho, la velocidad de los buques puede ser controlada, tanto por los buques como por los reguladores, y comunicada a estos con poco esfuerzo adicional.

Navegación lenta y costes de transporte

Como hemos visto en las secciones anteriores, una modesta reducción del 10-20 % de la velocidad de los buques tendría efectos medioambientales muy positivos y contribuiría a reducir la huella climática del transporte marítimo. Cabe destacar que la reducción de la velocidad es una medida que no requiere ningún cambio tecnológico por parte de la industria y que, además, ahorra dinero a los armadores en sus facturas de combustible.

La reducción de la velocidad podría incluso reducir los costes del transporte marítimo en general. Según un estudio del Öko-Institut e.V.[26], en la mayoría de las hipótesis consideradas, la reducción de la velocidad de navegación reduciría los costes de transporte. Otras conclusiones son las siguientes: el precio del

combustible es el que más influye en la viabilidad económica de la navegación lenta; según el tipo de buque, hay (a) una velocidad económicamente óptima (mínima) y (b) una reducción máxima de la velocidad que mantendría el coste del transporte (punto de equilibrio); en la mayoría de los casos, los costes del transporte marítimo contribuyen en menos de un 5 % a los precios que paga el consumidor; los pequeños cambios en cualquier dirección no tendrán un impacto significativo al respecto.

La navegación lenta regulada no supone ningún coste para el sector del transporte marítimo en su conjunto y conlleva un incremento marginal de los costes logísticos y de la cadena de suministro para los consumidores[27].

Hay muy pocos obstáculos técnicos, si es que hay alguno, para la navegación lenta. Incluso con cargas de motor muy bajas, los críticos de la reducción de velocidad solo han encontrado unos pocos problemas y estos podrían superarse con pequeños cambios en los procedimientos operativos[27].

De cara a la descarbonización completa del transporte marítimo, se necesitan urgentemente otras iniciativas basadas en la eficiencia y en el mercado, pero la navegación lenta regulada puede producir reducciones de emisiones de GEI para 2030 y 2050 que rivalizarían con cualquier otra opción de reducción que se esté considerando a nivel de la OMI o de la UE. Y puede hacerlo con un beneficio económico considerable.

De hecho, la reducción de la velocidad es una medida clave porque si el transporte marítimo sigue emitiendo CO_2 de forma incontrolada, agotará el presupuesto de carbono del sector antes de que se disponga de combustibles con cero emisiones de carbono. También significaría que el sector tendrá que descarbonizarse mucho antes de 2050, lo que haría el proceso de transición mucho más difícil y probablemente mucho más costoso.

Propulsión eólica

En la actualidad, se están desarrollando ya los primeros proyectos comerciales con apoyo eólico a la propulsión de barcos. El ahorro de gases de efecto invernadero que se espera lograr con la incorporación de estos sistemas en las renovaciones de los buques oscila entre el 5 y el 20 %, y hasta el 30 % para determinados tipos. En las nuevas construcciones, el ahorro de emisiones gracias a la propulsión eólica puede ser incluso mayor.

En el caso del proyecto Oceanbird, liderado por Alfawall Oceanbird (Suecia), una innovadora tecnología sueca permitirá alimentar con energía eólica los mayores buques oceánicos, reduciendo las emisiones en un 90 %. Las compañías Wallenius y Alfa Laval han unido sus fuerzas para suministrar soluciones de energía eólica –tanto asistida como de propulsión eólica– a la industria naval. Ya no se trata de velas: esta vez el aparejo tiene más en común con las alas de los aviones. Según las pruebas realizadas, si el buque navega a una velocidad media de 10 nudos, solo necesitará hacer funcionar el motor durante el 10 % del tiempo que pase en el mar, con lo que las emisiones se reducirán hasta un 90 %. El objetivo es que el primer buque navegue en 2025[28].

Electrificación del suministro en puertos para barcos atracados

Cuando los barcos están atracados en los puertos, suelen quemar combustible fósil en sus motores auxiliares para generar energía eléctrica para las comunicaciones, la iluminación, la ventilación y otros equipos de a bordo. Como es obvio, la combustión de estos combustibles está asociada a la emisión de gases de efecto invernadero como el CO_2 y de una serie de contaminantes atmosféricos como los SOx, NOx, partículas, hollín, etc.

Una medida excelente para evitar todas esas emisiones y contaminación es conectar los buques a la red eléctrica del puerto mientras están atracados. Es lo que se conoce en español como "electricidad en tierra" y en inglés, *Shore-Side Electricity* (SSE); también conocido como *cold ironing* u *Onshore Power Supply* (OPS).

Con este sistema, los barcos pueden apagar sus motores auxiliares mientras están atracados. La energía eléctrica que necesita el barco que está atracado se transfiere desde la fuente de energía en tierra a través de una interfaz normalizada sin interrumpir los servicios que se prestan a bordo.

El SSE es una solución muy avanzada técnicamente y puede desplegarse en la mayoría de los casos. Es la opción más sencilla y probablemente la más barata para descarbonizar totalmente las operaciones de los buques en el muelle, las cuales por si solas representan el 6 % de las emisiones del transporte marítimo de la UE, y también para eliminar la contaminación atmosférica, que afecta negativamente a la salud de los habitantes de las urbes cercanas.

Todos los puertos deberían estar obligados a implementar un "estándar de atraque de cero emisiones". Esto es básicamente el servicio de suministro eléctrico en el muelle (SSE) pero con un enfoque más flexible. De forma resumida, se requeriría que los barcos apaguen sus motores cuando estén en el muelle y se conecten a SSE o implementen medidas alternativas con efectividad equivalente. Un mecanismo tan flexible es útil para difundir la resistencia política porque algunos puertos pequeños, especialmente en las islas, podrían tener dificultades para tener suficiente capacidad de red para manejar la SEE para grandes barcos, incluidos los cruceros. Bajo el estándar de atraque de cero emisiones, pueden instalar sistemas móviles de celdas de combustible de hidrógeno verde (básicamente, una micro red local) para proporcionar electricidad a los barcos; o incluso los propios barcos podrían llevar eso a bordo.

Propulsión eléctrica y con electrocombustibles sostenibles cero emisiones derivados del hidrógeno verde

Los barcos pequeños o que realicen recorridos cortos, como muchos ferris y transbordadores, pueden implementar sistemas de batería eléctrica para su propulsión. En toda Europa se están desarrollando y poniendo en marcha buques eléctricos con baterías, normalmente en segmentos de navegación interior o de corta distancia. Ya existen varios en los países escandinavos[29,30] y están en marcha en otros lugares[31].

En cuanto a los barcos más grandes, en largos viajes transoceánicos, la opción de combustible más sostenible está en los combustibles renovables de origen no biológico (RFNBO, en sus siglas en inglés), es decir, el hidrógeno verde (obtenido por electrólisis del agua usando exclusivamente energía 100 % renovable) y los electrocombustibles derivados de él.

Los RFNBO son combustibles renovables líquidos o gaseosos para el transporte, cuyo contenido energético no procede de fuentes biológicas. Estos combustibles se consideran renovables cuando el contenido energético del combustible procede de fuentes de energía renovables, pero excluyendo la bioenergía. Esto significa que los RFNBO pueden fabricarse utilizando electricidad y/o calor procedentes de la energía eólica, solar, aerotérmica, geotérmica o del agua (incluidas las fuentes hidrotermales, las olas y las mareas). Las RFNBO no pueden derivarse de fuentes bioenergéticas y, por tanto, no podrían derivarse de la biomasa, el gas de vertedero, el gas de las plantas de tratamiento de aguas residuales o los biogases.

La RFNBO más sencilla es el hidrógeno verde o renovable (por ejemplo, procedente de la electrólisis de la energía eólica o solar) que se utiliza directamente en aplicaciones de transporte: bien en un motor de combustión interna o en un vehículo eléctrico de pila de combustible. También puede generarse una gama de otros combustibles renovables para el transporte haciendo reaccionar hidrógeno verde con CO_2 obtenido por captura directa del aire (DCA) para producir productos RFNBO (electrocombustibles) como el e-metano, e-metanol o el e-queroseno. También puede hacerse reaccionar con nitrógeno mediante el proceso Haber para producir amoniaco renovable (e-amoniaco) (Figura 6).

El e-amoniaco (producido a partir de hidrógeno verde) se considera la alternativa más cercana al combustible marítimo perfecto, según los mayores astilleros del mundo[32]. Es sostenible, puede suministrarse en grandes cantidades y es el más competitivo en cuanto a costes entre los e-combustibles marinos. A pesar de que su densidad energética es inferior a la de los e-hidrocarburos y los e-alcoholes, como el e-diésel, el e-metanol o el e-metano, el coste total de operación de los buques oceánicos con e-amoniaco parece ser el más bajo, incluso si se tienen en cuenta los costes indirectos de la pérdida de espacio. En Europa se están desarrollando proyectos de buques de e-amoniaco, destacando al respecto Noruega.

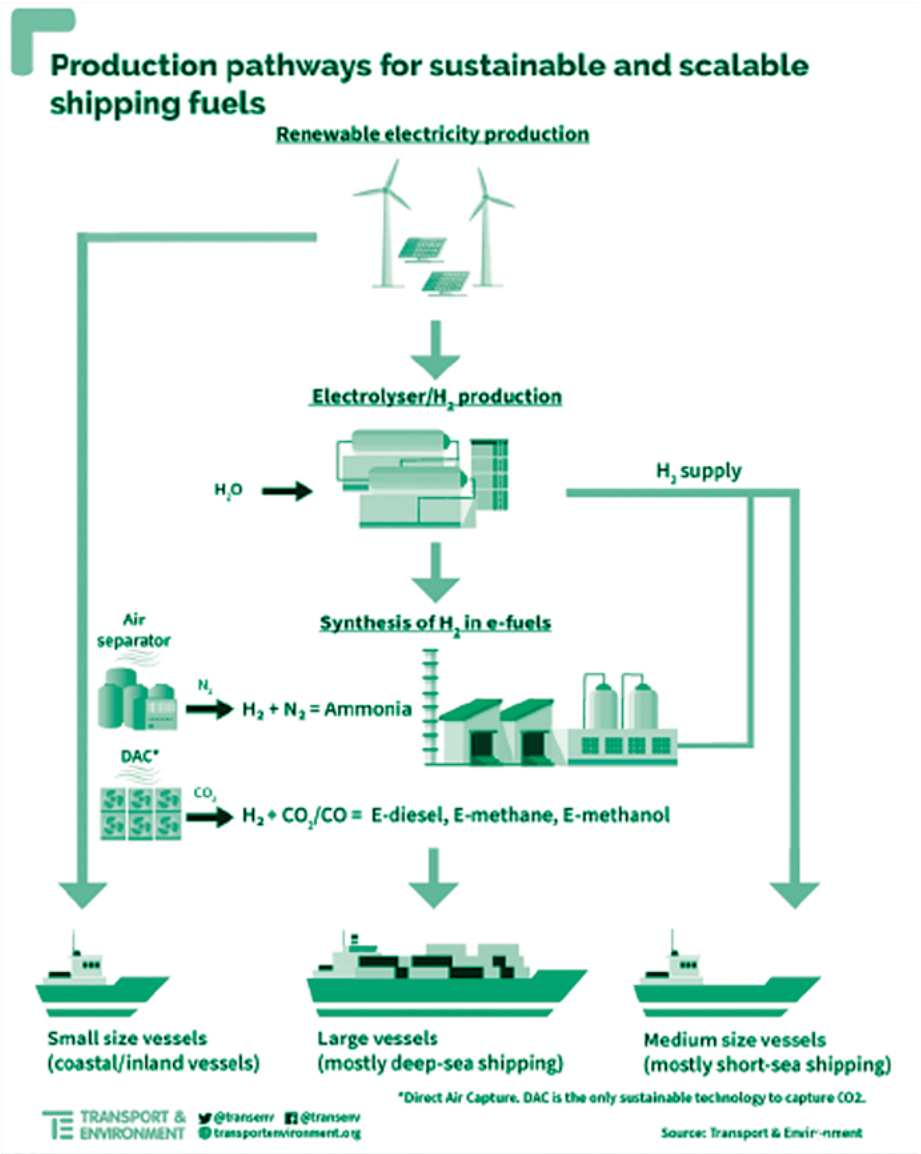
También se están llevando a cabo proyectos de producción de amoniaco verde y las futuras estaciones de servicio para buques se están desarrollando en toda Europa. Algunos ejemplos: SOC4NH3 / REDDAP en Dinamarca; ZEEDS en Noruega; Porsgrunn en Noruega; Sluiskil en Países Bajos; Campfire en Alemania.

Esto, sin embargo, no significa que otras alternativas de electrocombustibles no sean técnicamente viables. De hecho, el hidrógeno verde producido a partir de electricidad renovable puede utilizarse como combustible directamente, ya sea en pilas de combustible o en motores de combustión interna. En toda Europa se están desarrollando proyectos de buques de hidrógeno verde, tanto en el segmento del transporte marítimo interior como en el de corta distancia. Por ejemplo, las navieras DFDS y Viking Cruises proyectan construir un ferry y cruceros de hidrógeno comprimido y líquido, respectivamente.

Es especialmente interesante el proyecto "Europa Seaways" emprendido por un grupo de empresas (DFDS, ABB, Ballard Power Systems Europe, Hexagon Purus, Lloyd's Register, KNUD E. HANSEN, Ørsted, Danish Ship Finance) para desarrollar un transbordador impulsado al 100 % por hidrógeno para la ruta Oslo-Frederikshavn-Copenhague de DFDS. Está diseñado para 1800 pasajeros y tiene capacidad para 120 camiones o 380 coches. El ferry funcionará con electricidad procedente de un innovador sistema de pilas de combustible de hidrógeno que podrá producir hasta 23 MW. El hidrógeno se producirá localmente en el Gran Copenhague a partir de la energía eólica marina. Está previsto que el transbordador entre en funcionamiento en 2027[33].

En toda Europa se están desarrollando proyectos de producción de hidrógeno verde y estaciones de repostaje, en algunos casos en puertos importantes como el de Oostende (Bélgica) o el de Hamburgo (Alemania). Este último, que podría estar operativo ya en 2025, consiste en construir la mayor capacidad de electrólisis de hidrógeno del mundo (100 MW) en el puerto de Hamburgo. El hidrógeno se producirá a partir de energía eólica y solar en la central eléctrica de Hamburgo-Moorburgo. La ubicación cerca del puerto significa que los barcos pueden utilizar el muelle y las instalaciones portuarias como terminal de importación[34].

Figura 6. Vías de producción de combustibles marítimos sostenibles y escalables.



Fuente: Transport & Environment

En este contexto, aunque ya hay muchos proyectos en marcha, los pioneros se enfrentan a muchos obstáculos a la hora de invertir en tecnologías de transporte marítimo sostenible: los altos precios de los combustibles sostenibles, la disponibilidad de estos combustibles, la falta de infraestructuras compatibles en los puertos, la falta de financiación…

El paquete "Fit for 55" de la UE es una oportunidad histórica para ampliar y reproducir estos proyectos con el fin de construir una sólida cadena de suministro europea en

esta década. Si el transporte marítimo quiere lograr la plena descarbonización para 2050, el Consejo y el Parlamento de la UE deberían introducir medidas de apoyo a las tecnologías de transporte marítimo ecológico, mediante:

- El impulso del uso de e-combustibles verdes para 2030, obligando a los operadores marítimos a utilizar una cuota mínima de e-combustibles (en el Reglamento FuelEU Maritime) y a los proveedores de combustible a suministrar una determinada cuota a los buques (Directiva de Energías Renovables); y a los puertos europeos a instalar puntos de recarga de electricidad e infraestructuras de repostaje de hidrógeno y amoniaco (Reglamento AFIR).

- Hacer que el uso de e-combustibles sea atractivo para los operadores marítimos, gracias a un multiplicador (en el Reglamento FuelEU Maritime).

- Recompensar a los pioneros con las ventajas exclusivas de la puesta en común de los buques con cero emisiones (en el Reglamento FuelEU Maritime); y reinvertir en el sector los ingresos del Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) en forma de Contratos por Diferencias de Carbono (CCfD).

El gas natural, una apuesta equivocada que agravará la crisis climática

En un momento tan crucial como el actual, en plena emergencia climática, la inversión y el desarrollo deben orientarse hacia un único objetivo: la descarbonización; y alejarse de falsas opciones, como el gas natural, que solo contribuiría a mantener la actual dependencia energética de los combustibles fósiles a largo plazo.

El gas natural es un combustible fósil que se extrae del subsuelo, terrestre o marino. Dado que es gaseoso en condiciones normales de temperatura y presión atmosférica, para facilitar su transporte y almacenamiento, se suele licuar a temperaturas de congelación (-160 °C), lo que da lugar al "gas natural licuado" (GNL).

El gas natural está compuesto en gran parte por moléculas de metano (CH_4). Además de producir CO_2 cuando se quema, el metano es también un gas de efecto invernadero en sí mismo, más de 80 veces más potente como GEI que el CO_2 en una perspectiva de 20 años.

Aunque el GNL es presentado interesadamente por la industria de los hidrocarburos como un combustible puente hacia la descarbonización, menos dañino para el clima que los combustibles fósiles convencionales, esto es una falacia. El engaño consiste en considerar solo las emisiones directas de CO_2 de la combustión del GNL, ignorando el impacto de las fugas y filtraciones de metano a la atmósfera.

En efecto, el metano suele fugar desde los gasoductos de gas natural durante el transporte o se escapa de los motores cuando se produce una combustión incompleta. La combinación de las emisiones de CO_2 y las filtraciones/escapes de metano a lo largo de todo el ciclo de vida del combustible, es decir, desde la producción hasta su combustión en el motor del buque (análisis *well-to-wake*), hace que el gas natural/GNL sea más perjudicial en términos climáticos que el gasóleo fósil usado en el transporte marítimo. Dicho de otra forma, los buques de GNL obtienen peores resultados en cuanto a emisiones totales de GEI que los que usan combustibles convencionales.

Esto significa que el uso de gas natural licuado socavará el limitado margen de maniobra actual para mantener las temperaturas globales por debajo de niveles catastróficos en las próximas décadas.

Dado que el metano tiene un potencial de calentamiento global mucho mayor que el CO_2, promover esta tecnología iría en contra de las advertencias del Sexto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de las Naciones Unidas, que afirma que su rápida reducción es crucial para evitar aumentos catastróficos de la temperatura global[35].

Los buques o las infraestructuras portuarias que funcionan con GNL no son físicamente compatibles con el hidrógeno o el amoniaco. Por lo tanto, el apoyo público al GNL para el transporte marítimo provocaría un efecto de bloqueo, al tiempo que dificultaría la transición a alternativas verdaderamente sostenibles y escalables, como la electricidad renovable, el hidrógeno verde y el amoniaco verde (e-NH_3).

Apostar por el gas natural es también una opción antieconómica. De hecho, el Banco Mundial[36] ha llegado a la conclusión de que el GNL no puede ser considerado un combustible de transición ni puede tener un papel temporal en la descarbonización del transporte marítimo. Aconseja a todos los países a evitar nuevas políticas públicas que apoyen el GNL como combustible marítimo, a reconsiderar el apoyo político existente a este combustible fósil y a seguir regulando las emisiones de metano para situar el transporte marítimo en una trayectoria de emisiones de GEI alineada con el Acuerdo de París. En cambio, ha identificado el amoniaco y el hidrógeno como las opciones más prometedoras de combustible de carbono cero hasta la fecha. A ese respecto, el Banco Mundial ha identificado que España es el cuarto país del mundo (de los 218 examinados) con mayor potencial de producción de amoniaco verde.

En resumen, intentar descarbonizar la economía utilizando otro combustible fósil, como el gas natural, tiene serios inconvenientes. Apostar por el gas natural acentuará la gravedad del cambio climático y también conducirá a la generación de activos varados.

Consideraciones sobre el biometano

¿Qué pasa con las alternativas de base biológica, como el biometano o el bioGNL? El problema de estas es que son insuficientes para sustituir al gas natural en los hogares; y, por lo tanto, lo serán mucho menos para satisfacer la creciente demanda del transporte marítimo.

Otro argumento de los promotores del GNL es que las inversiones que se hagan en infraestructuras de GNL deben considerarse con garantía de futuro, ya que podrían reutilizarse cuando entren en acción sus sustitutos de base biológica, como el biometano o el bioGNL.

Sin embargo, los datos indican que no habrá capacidad suficiente para producir biometano de forma sostenible en cantidades suficientes para hacer frente a las necesidades de combustible del transporte marítimo. Solo podría proporcionar una pequeña fracción de lo necesario para este sector. Esto se debe a que la cantidad de materias primas de residuos sostenibles disponibles para producir biometano (también conocido como biocombustibles avanzados según la definición de la RED II) es extremadamente limitada.

Basándose en un análisis del ICCT[37] sobre la capacidad de producción de biometano sostenible en Europa, Transport & Environment (T&E) ha calculado que el biometano no sería suficiente para satisfacer las necesidades de la demanda doméstica europea, que ya depende del gas natural para la calefacción y la cocina de los hogares, por no hablar de la creación de una nueva demanda para el transporte marítimo que tradicionalmente no utilizaba el gas natural para la propulsión. Por ello, apostar por el biometano producido

a partir de residuos para sustituir la futura demanda de GNL para barcos parece destinado al fracaso desde el principio.

El metano también puede producirse sintéticamente combinando el hidrógeno verde de la electrólisis con el CO_2 capturado directamente de la atmósfera a través de procesos industriales (también conocido como captura directa del aire o DAC, en sus siglas en inglés). Esto se conoce como electro-metano o e-metano (también conocido como e-CH_4). Cuando el e-metano se quema, obviamente emite CO_2, pero se considera que aquel es neutro en carbono porque el CO_2 emitido fue capturado de la atmósfera en primer lugar; por lo tanto, no es adicional sino circular. El e-metano se denomina a veces e-GNL.

A diferencia del biometano, el e-metano podría producirse teóricamente a gran escala. Porque todo lo que se necesita es hidrógeno verde y CO_2 capturado de la atmósfera, y ambos pueden ser abundantes. Además, el e-metano es compatible con la actual infraestructura de GNL y con los buques propulsados por este combustible. El problema, sin embargo, radica en los costes de producción del e-GNL, altos en comparación a los de otras alternativas verdes, como el uso directo de hidrógeno verde o el amoniaco verde. La descarbonización del transporte marítimo de la UE a través del e-metano costaría a la industria decenas de miles de millones de euros más que el uso directo de hidrógeno o amoniaco verde. Por lo tanto, el e-metano no parece ser una solución rentable a largo plazo y, por lo tanto, tampoco, sería viable.

Reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos

La reducción de la velocidad también reduciría considerablemente las emisiones de nitrógeno (NOx) y azufre (SOx) de los buques. Las emisiones de NOx suelen corresponder a las del consumo de combustible, ya que las emisiones de este compuesto y el consumo de combustible están relacionados con la potencia. En cuanto al SOx, dado que las emisiones se forman a partir de la reacción entre el azufre del combustible y el oxígeno del aire de combustión, existe una relación directa entre las emisiones de SOx y el consumo de combustible. Para simplificar, al evaluar el impacto de la reducción de la velocidad del buque en los niveles de emisiones de SOx y NOx, se ha utilizado la misma relación entre la velocidad del buque y el consumo de combustible/emisiones de CO_2. Por lo tanto, se calcula que una reducción del 10 y del 20% de la velocidad en toda la flota supondría una reducción del consumo de combustible y de las emisiones de NOx y SOx de alrededor del 13 y del 24%, respectivamente[24].

La regulación de la reducción de la velocidad de los buques garantizaría que todas las emisiones del sector marítimo se redujeran con respecto a los niveles habituales, independientemente del precio del combustible y de la demanda del transporte marítimo.

Evidentemente, la mejor solución para evitar la emisión de contaminantes atmosféricos procedentes del transporte marítimo sería utilizar electrocombustibles verdes sostenibles cero emisiones, los ya citados RFNBO.

Reducción de la emisión de carbono negro

Las emisiones de los barcos representan una parte importante y creciente del carbono negro procedente de los motores diésel utilizados en el transporte. Como ya hemos mencionado, el uso generalizado de combustibles residuales, principalmente fueloil pesado (HFO), en el transporte marítimo internacional agrava el problema porque los buques que utilizan combustibles residuales emiten más carbono negro que si funcionan con combustibles destilados más limpios.

En lo que respecta a las emisiones de carbono negro, parece que todavía hay poca información detallada sobre la eficacia de la reducción de la velocidad en la correspondiente reducción de sus emisiones. Sin embargo, existe un acuerdo general de que, a plena carga del motor, las emisiones de carbono negro son directamente proporcionales al consumo de combustible, por lo que una reducción moderada de la velocidad conllevará una reducción correspondiente de las emisiones de carbono negro. En otras palabras, debido a la relación entre los factores de emisión de carbono negro y la carga del motor, se estima de forma conservadora una reducción aproximadamente lineal del carbono negro con la velocidad, aunque técnicamente podrían lograrse mayores reducciones de las emisiones de carbono negro[24].

El carbono negro es un contaminante atmosférico, pero también tiene una contribución importante al calentamiento global. Al igual que en el caso de las emisiones de NOx y SOx, la mejor solución para evitar la emisión de carbono negro sería utilizar electrocombustibles verdes sostenibles cero emisiones.

Evitación y mitigación del ruido submarino antropogénico

Un informe reciente de OceanCare[13] recopila las mejores técnicas/tecnologías disponibles (MTD) y las mejores prácticas ambientales (MPA) para reducir el ruido submarino generado por tres fuentes principales de ruido: el transporte marítimo, los estudios sísmicos con cañones de aire y el hincado de pilotes.

En lo que respecta al transporte marítimo, incluye los siguientes puntos.

En cuanto a las MTD: (a) las hélices bien construidas y diseñadas pueden contribuir a la eficiencia y a la reducción del ruido, y debe procurarse diseñar la hélice y el casco como una unidad; (b) las hélices deben estar limpias, libres de incrustaciones, pulidas y bien mantenidas, sin mellas ni imperfecciones, especialmente en el borde de la cara activa; (c) para los buques existentes, las soluciones incluyen la instalación de hélices nuevas y más eficientes, el buen mantenimiento de las hélices (limpieza y reparación de las dañadas), el uso de dispositivos para mejorar el flujo de la estela hacia la hélice y un buen mantenimiento del casco; (d) el aislamiento de las vibraciones, el aislamiento acústico y la amortiguación son los principales tratamientos para reducir el ruido y las vibraciones en el casco; (e) la monitorización del ruido a bordo en tiempo real; (f) las medidas tecnológicas de silenciamiento (no se incluyen las medidas operativas o de mantenimiento).

En cuanto a las MPA: (a) la más importante, la navegación lenta; (b) electrificación en puerto (OPS, siglas de *Onshore Power Supply*); (c) desvío de la ruta marítima bordeando un hábitat importante; (d) evitar las horas/zonas de alta propagación del sonido; entre otras.

Un informe de 2019 elaborado por Leaper[38] concluye que una reducción del 10 % de la velocidad podría reducir la energía acústica total del transporte marítimo en aproximadamente un 40 %. Otro estudio[24] concluye que, al reducir la velocidad, con una disminución del 10 % de la velocidad se reduciría la energía sonora subacuática procedente del transporte marítimo en torno al 40 %, mientras que una disminución del 20 % de la velocidad del buque la reduciría en torno al 67 %.

En cuanto al efecto de la reducción de la velocidad sobre el ruido submarino generado por los buques mercantes, según los estudios citados[13, 24, 38] existen algunas diferencias entre los buques en función del tipo de hélice instalada en ellos. En el caso de los buques equipados con hélices de paso controlable, una proporción relativamente pequeña de la flota mundial, puede no haber ninguna re-

ducción o incluso un aumento del ruido con la reducción de la velocidad. Sin embargo, en el caso de los buques equipados con una hélice de paso fijo (que son mayoría en la flota mundial), se sabe que la reducción de la velocidad es una medida eficaz para reducir el ruido submarino, especialmente cuando la velocidad es inferior a la velocidad de inicio de la cavitación. Aunque el ruido global se reduce, no se reduce necesariamente en todas las bandas de frecuencia y no siempre se aprecia una relación coherente entre la velocidad y el ruido.

Por último, los resultados de dos estudios recientes[39] encargados por el Gobierno belga sobre las opciones para reducir las emisiones, así como el ruido submarino irradiado por el tráfico marítimo –uno de ellos centrado en los efectos de la navegación lenta para reducir las emisiones, así como el ruido submarino irradiado en un escenario realista de tráfico marítimo en el Mar del Norte– muestran que:

- En general, todas las medidas adoptadas para reducir la potencia de propulsión y la carga de empuje de la hélice son beneficiosas para la reducción de las emisiones y del ruido submarino irradiado. Esto incluye medidas como la ayuda del viento, el diseño optimizado del casco, el mantenimiento regular que reduce la resistencia del casco y los dispositivos de mejora de la propulsión.

- Debido a la gran variedad de diseños de barcos dentro de cada clase de buque, la reducción del ruido submarino en la fase de diseño debe desarrollarse caso por caso.

- El desarrollo y la aplicación de soluciones de control del ruido es más eficaz, tanto en términos de coste como de reducciones acústicas, cuando se realiza en la fase de diseño del buque.

- El análisis numérico de las emisiones de los buques y del ruido radiado bajo el agua para los escenarios de referencia y de navegación lenta del mar del Norte indica que limitar la velocidad máxima de los buques al 75 % de su velocidad de diseño tiene beneficios potenciales para reducir el ruido submarino de los buques, así como las emisiones a la atmósfera.

- Una reducción significativa de la emisión de gases de efecto invernadero (de aproximadamente un 10 %) se combina con una reducción del ruido submarino de 1 a 4 dB.

- En términos de percepción (sonoridad, potencialmente asociada a la perturbación del comportamiento), se trata de un efecto limitado pero notable. En términos de enmascaramiento, una reducción del ruido de fondo local de 1 a 4 dB puede dar lugar a un aumento del alcance de la comunicación en aproximadamente entre un 10 y un 40 %.

En cuanto al ruido submarino, aunque la OMI dispone de directrices al respecto[15] orientadas a su reducción, lo cierto es que su aplicación real, como se ha mencionado anteriormente, dado su carácter voluntario, ha sido prácticamente nula.

En la 76.ª reunión del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI, que se celebró en junio de 2021, se aprobó la propuesta presentada por Canadá, Estados Unidos y Australia, en la que se solicitaba un nuevo resultado en relación con la revisión de las obsoletas –e ignoradas– Directrices de la OMI de 2014. El proceso de revisión está actualmente en marcha en el seno del Subcomité de Diseño y Construcción (SDC) de la OMI y se prevé que las nuevas directrices que se están desarrollando puedan ser aprobadas en 2023. Se espera que estas, para no volver a constituir un fracaso, tengan esta vez carácter

obligatorio y que incluyan entre las medidas a adoptar la de la reducción de la velocidad de los barcos.

Reducción del riesgo de colisiones de los barcos con la fauna marina

Como refleja ACCOBAMS en una reciente Resolución sobre colisiones con buques[16], las únicas medidas efectivas para evitar lesiones graves y la muerte de cetáceos por colisiones con buques en la actualidad son: (a) evitar por parte de los buques las áreas o momentos con una alta densidad de ballenas, incluyendo el establecimiento de corredores de navegación o zonas de no navegación; y (b) reducir la velocidad en dichas áreas o momentos, disminuyendo la velocidad de los buques a menos de 10-12 nudos.

Las conclusiones de los expertos internacionales en esta materia son claras al respecto: el método general más eficaz y el único demostrado para reducir las colisiones mortales disponible en la actualidad es la reducción de la velocidad. La eficacia de otras medidas (por ejemplo, alertar a los navegantes de que puede haber ballenas en la zona, como tener observadores a bordo o sistemas como el REPCET), incluidas las soluciones técnicas, es muy limitada. En la actualidad, aparte de recomendar que los buques vayan despacio, no es posible dar consejos sobre estrategias sencillas para evitar la presencia de ballenas[17].

Los estudios científicos han demostrado irrefutablemente que la velocidad es el factor más importante relacionado con las colisiones de buques con cetáceos, siendo la forma de los buques y su desplazamiento factores menos relevantes. Está científicamente probado que cuanto mayor es la velocidad de un barco, mayor es la probabilidad de una colisión fatal con un cetáceo. De hecho, este resultado es bastante obvio: es lo mismo que ocurre con el tráfico rodado en las ciudades y carreteras con respecto a las personas, razón por la cual se establecen límites de velocidad en las normas de tráfico. No solo el impacto de la colisión es menos fatal con una velocidad reducida, sino que, en primer lugar, ambas partes tienen más tiempo para evitarse mutuamente y prevenir una colisión.

A este respecto, Leaper[38] estimó tanto la probabilidad de que una ballena sea golpeada por un barco como la probabilidad de que, si se produce un golpe, este sea letal. La probabilidad de que un golpe sea letal es más fácil de estimar, ya que se considera la proporción de impactos registrados que provocaron la muerte de una ballena. Hay mucha más incertidumbre en la estimación de la probabilidad de que se produzca un golpe no letal en relación con la velocidad del barco. En cualquier caso, las conclusiones son impresionantes, ya que demuestran que con pequeñas reducciones de la velocidad se puede lograr una disminución significativa del número y la letalidad de este tipo de impactos para estas especies. Así pues, concluye que, teniendo en cuenta el tráfico marítimo oceánico (todos los buques): (a) la probabilidad de una colisión letal con mamíferos marinos por parte de un buque con una reducción de la velocidad del 10, el 20 y el 30 % en comparación con la situación habitual *(business as usual)* es, respectivamente, del 93, el 84 y el 75 %; (b) el riesgo relativo global de colisión con buques, para una reducción de la velocidad del 10, el 20 y el 30 %, de nuevo en comparación con la situación habitual, se reduce, respectivamente, al 50, el 22 y el 10 %.

CONCLUSIONES

A pesar de su alta rentabilidad y de su creciente participación en la economía, el sector del transporte marítimo apenas ha empezado a avanzar por la senda de la sostenibilidad climática y ambiental.

Dado que las soluciones para hacer una rápida y eficaz transición ecológica del sector existen, algunas ya desde hace mucho tiempo, resulta obvio que la única explicación a esta lamentable situación es la falta de compromiso real de gran parte de la industria marítima para emprender esa necesaria transformación. ¿Cómo puede ser que, en medio de esta crisis climática, cada vez más acelerada, que estamos sufriendo, el transporte marítimo siga con su absoluta adicción a los combustibles fósiles?

Es innegable que la descarbonización total del transporte marítimo plantea aún muchos retos. Se necesitarán grandes inversiones en tecnologías e infraestructuras. Además, como en los demás sectores, la transición debe ser justa, tratando de no dejar a nadie atrás, incluidos los pequeños Estados insulares en desarrollo (SIDS, en sus siglas en inglés) y los países menos adelantados (LDC), muchos de los cuales dependen casi por completo del transporte marítimo para el funcionamiento de su economía.

Pero eso no es óbice para aplicar de forma inmediata las medidas técnicas y operativas que ya están disponibles. En ese sentido, es ampliamente reconocido[25] que la reducción de la velocidad de los buques es, entre las diferentes medidas operativas disponibles, la que puede contribuir de forma más rentable a reducir el impacto medioambiental del transporte marítimo. De hecho, esta medida permite reducir, de forma muy significativa y con efecto inmediato, las emisiones de CO_2, los contaminantes atmosféricos como el SOx, el NOx y el carbono negro, así como el ruido submarino y el riesgo de colisión con la fauna marina, como señalan estudios recientes[24].

Paralelamente, hay que ir desarrollando e implementando con celeridad las tecnologías marinas de cero emisiones de carbono, como el hidrógeno verde y los combustibles renovables de origen no biológico derivados del anterior (por ej.: e-amoniaco, e-metanol) así como las pilas de combustible, las baterías. Para ello se requieren urgentes cambios legislativos a nivel nacional, regional (como está empezando hacer la Unión Europea) e internacional, que creen el marco adecuado para impulsar su despliegue rápido y eficaz.

Además, los puertos deberán tomar las medidas necesarias para asegurar el suministro de energía eléctrica renovable a buques y embarcaciones atracados, de tal manera que en el 2025 este servicio esté asegurado en todas las terminales de pasajeros, en 2030 en las terminales de buques portacontenedores, cargueros y tanqueros y en 2035 en todas las terminales de todos los puertos.

Debe establecerse una cuota mínima obligatoria del 6 % de uso de electrocombustibles cero emisiones de origen renovables en todos los puertos para 2030, con el fin de crear las condiciones de mercado adecuadas y posibilitar la consecución de economías de escala.

BLIBLIOGRAFÍA

1. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Review of Maritime Transport 2021 [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf

2. IMO. Fourth IMO GHG Study (2020) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx

3. European Commission. Maritime Year: What do we want to achieve? [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime_en

4. European Commission (Agosto 2020) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=International_trade_in_goods_by_mode_of_transport&oldid=494356#Trade_by_mode_of_transport_in_value_and_quantity

5. Union of Concerned Scientists (Agosto 2020), Each Country's Share of CO_2 Emissions. Using data compiled by the International Energy Agency [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.ucsusa.org/resources/each-countrys-share-co2-emissions

6. European Commission (Agosto 2021). 2020 Annual Report from the European Commission on CO2 Emissions from Maritime Transport [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://european-accreditation.org/wp-content/uploads/2022/06/2020-Annual-report-from-the-Commission.pdf

7. Transport and Environment. EU shipping's climate record. Maritime CO2 emissions and real-world ship efficiency performance (Diciembre 2019) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/Study-EU_shippings_climate_record_20191209_final.pdf

8. Center for Energy, Environment and Health. Assessment of Health-Cost Externalities of Air Pollution at the National Level using EVA Model System (2011) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.ceeh.dk/CEEH_Reports/Report_3/CEEH_Scientific_Report3.pdf

9. IMO. MEPC 70/INF.34 (Agosto 2016). Study on effects of the entry into force of the global 0.5% fuel oil sulphur content limit on human health (submitted by Finland) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/Finland%20study%20on%20health%20benefits.pdf

10. IMO. Resolution MEPC.320(74) (2019). 2019 Guidelines on consistent implementation of 0.50% sulphur limit under MARPOL Annex VI [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution%20MEPC.320%2874%29.pdf

11. Comer B, *et al.* Black carbon emissions and fuel use in global shipping (2017). En: The International Council on Clean Transportation (ICCT) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.theicct.org/publications/black-carbon-emissions-global-shipping-2015

12. Risch D, Belin A, Entrup N, Leaper R, Panella E, Taylor B, *et al.* 2020. Underwater Noise – The neglected threat to marine life. 14 pp [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://www.bund.net/fileadmin/user_upload_bund/publikationen/meere/meere_unterwasserlarm_hintergrundpapier_english.pdf

13. Lindy Weilgart. Best available technology (BAT) and best environmental practice (BET) for three noise sources: shipping, seismic airgun surveys, and pile driving. Submitted by OceanCare (Noviembre 2019) and adopted by the Convention of Migratory Species (CMS). UNEP/CMS/COP13/Inf.9 [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop13_inf.9_noise-bat-bep_e.pdf

14. European Maritime Safety Agency (EMSA) and European Environment Agency (EEA). European Maritime Transport Environmental Report 2021 (Septiembre 2021) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en http://emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/download/6733/4513/23.html

https://emsa.europa.eu/we-do/sustainability/environment/emter-report/item/4498-launch-of-the-emter-report.html

15. IMO. MEPC.1/Circ.833. Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life (Abril 2014) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/833%20Guidance%20on%20reducing%20underwater%20noise%20from%20commercial%20shipping,.pdf

16. ACCOBAMS-MOP7/2019/Doc38/Annex15/Res.7.12 on ship strikes [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://accobams.org/wp-content/uploads/2019/12/Res.7.12_Ship-strikes.pdf (Resolution 7.12 replaces previous ACCOBAMS Resolutions 5.11 and 6.19 on the same subject).

17. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Understanding Vessel Strikes [en

línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.fisheries.noaa.gov/insight/understanding-vessel-strikes

18. IMO "Guidance Document for Minimizing the Risk of Ship Strikes with Cetaceans" (2009) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/674.pdf

19. Declaration on Zero Emission Shipping by 2050. UN Climate Change Conference 2021 (COP26), Glasgow. (Noviembre 2021) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://em.dk/media/14312/declaration-on-zero-emission-shipping-by-2050-cop26-glasgow-1-november-2021.pdf

20. United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change: a threat to human wellbeing and health of the planet. Taking action now can secure our future. IPCC press release 2022/08/PR (Febrero 2022) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/press/IPCC_AR6_WGII_PressRelease-English.pdf

21. Transport&Environment. Statistical analysis of the energy efficiency performance (EEDI) of new ships built in 2013-2017 (Septiembre 2017) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/06/Statistical-analysis-of-the-energy-efficiency-performance-EEDI-of-new-ships.pdf

22. IMO. Resolution MEPC 304(72) adopted on 13 April 2018. Initial IMO Strategy on reduction of GHG emissions from ships [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://unfccc.int/sites/default/files/resource/250_IMO%20submission_Talanoa%20Dialogue_April%202018.pdf

23. Nuevas medidas de descarbonización de la OMI: EEXI Y CII [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://cero2050.es/es/nuevas-medidas-de-descarbonizacion-de-la-omi-eexi-y-cii/

24. Reynolds Environmental Sustainability Consultants. The multi-issue mitigation potential of reducing ship speeds (6 November 2019). The study consists of a preliminary review of existing information. No original analysis is undertaken. However, the review is supplemented by consultation with prominent individuals working in the various subject areas examined [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://seas-at-risk.org/images/pdf/publications/Multi_issue_speed_report.pdf

25. Faber J, Huigen T, and Nelissen D. Regulating speed: a Short-term Measure to Reduce Maritime GHG Emissions (2017). Netherlands: CE Delft publication [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://cedelft.eu/en/publications/download/2399

26. Jakob Graichen (Öko-Institut e.V.). Impact of slow steaming for bulk carriers Assessment of the impacts on transport costs for different ship sizes (7 May 2019) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Slow-steaming-and-transport-costs.pdf

27. Transport & Environment. Smarter steaming ahead (28 February 2012) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.transportenvironment.org/publications/smarter-steaming-ahead

28. Provides wings for a shipping revolution [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.theoceanbird.com/

29. Ellen, el ferry eléctrico más potente del mundo gracias a las baterías de Danfoss. En: Canales sectoriales [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.interempresas.net/Energia/Articulos/231407-Ellen-el-ferry-electrico-mas-potente-del-mundo-gracias-a-las-baterias-de-Danfoss.html

30. Vision of the Fjords. Spectacular ferry runs silently on batteries along UNESCO listed fjord [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://new.abb.com/marine/marine-references/vision-of-the-fjords

31. Gondán construirá para Portugal diez ferris eléctricos únicos en el mundo. En: La Voz de Galicia [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.lavozdegalicia.es/noticia/somosmar/2020/10/27/

gondan-construira-portugal-diez-ferris-electricos-unicos-mundo/0003_202010G27P31991.htm

32. CSSC. Green Technology Development Alternative Fuel (2021) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium%202021/Presentations/First%20day%20-%20Blocks%201%20and%202/Symposium%20presentations%20-%20First%20Day/Block%202.1%20-%20Peng%20Guisheng_Green%20Technology%20Development-Ammonia%20Fuel.pdf

33. Partnership aims to develop hydrogen ferry for Oslo-Copenhagen [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.dfds.com/en/about/media/news/hydrogen-ferry-for-oslo-copenhagen

34. Hamburg to build the world's largest hydrogen plant in ist port [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://fuelcellsworks.com/news/hamburg-to-build-the-worlds-largest-hydrogen-plant-in-its-port/

35. United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (2021) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf

36. World Bank. Charting a Course for Decarbonizing Maritime Transport (Abril 2021) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.worldbank.org/en/news/feature/2021/04/15/charting-a-course-for-decarbonizing-maritime-transport

37. International Council on clean Transportation (ICCT). The climate implications of using LNG as a marine fuel. Working paper 2020-02 (Enero 2020) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en https://theicct.org/publications/climate-impacts-LNG-marine-fuel-2020

38. Leaper R. The Role of Slower Vessel Speeds in Reducing Greenhouse Gas Emissions, Underwater Noise and Collision Risk to Whales. Front. Mar. Sci. (16 August 2019) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2019.00505/full

39. TNO. Reduction of emissions and underwater radiated noise for the Belgian shipping sector (November 2020) [en línea] [consultado el 08/11/2022]. Disponible en www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/reduction_of_emissions_and_underwater_radiated_noise_for_the_belgian_shipping_sector_tno-2020.pdf

ECONOMÍA AZUL, DESARROLLO INDUSTRIAL Y ECOINNOVACIÓN

José Luis González Serrano

Este capítulo se destina a explorar la capacidad de las políticas públicas para fomentar la innovación en el sector industrial y su aceptación por dicho sector. Para lograrlo, se centrará en las principales políticas económicas que actuarán como palancas del desarrollo industrial azul.

ÁMBITO DEL ANÁLISIS

En 2011, la Comisión Europea presentó al Parlamento y al Consejo el documento sobre innovación para un futuro sostenible[1] que desarrollaba el Plan de Acción sobre Innovación (ECO-Ap), todavía vigente. Por ecoinnovación entiende "cualquier forma de innovación que persiga un avance significativo y demostrable hacia el objetivo del desarrollo sostenible, mediante la reducción de las repercusiones negativas sobre el medio ambiente, mejorando la resistencia a las presiones medioambientales, o mediante la consecución de un aprovechamiento más eficiente y responsable de los recursos naturales", definición que adapta la empleada con anterioridad en el Programa Marco para la Innovación y la Competitividad.

Es un concepto que propone una simbiosis entre ecología y economía, y al que se puede llegar desde una motivación ecológica o puramente económica. Así, la interpenetración entre estas dos aproximaciones ha terminado por consolidarse como el nuevo marco económico de la Unión Europea materializado en el Pacto Verde[2] y desarrollado posteriormente en las diferentes políticas de la Unión. La ecoinnovación destinada al desarrollo industrial (EIA en adelante) será la decisión inicial que deberán adoptar las empresas y las autoridades públicas para crear el sustrato adecuado que permita que las inversiones económicas futuras hagan realidad la transición ecológica de la economía europea.

En este análisis se tiene en cuenta el diagnóstico que la Plataforma de Especialización Inteligente, creada por la Comisión para dar apoyo a estas estrategias, hace sobre la innovación en la economía azul[3]. Su conclusión es que "existe una preocupación importante en el escaso nivel de información y/o la ausencia de datos estadísticos, indicadores estandarizados y otras herramientas útiles para medir el impacto económico y de la innovación". Es esta una realidad con la que nos encontraremos a lo largo de todo el análisis, por lo que, con esta conclusión anticipada en el punto de partida, se evita reiterarla en cada apartado que se trate.

En esta misma dificultad incide el informe *Innovación para la economía azul*, presentado en agosto de 2019 por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en la 1.ª reunión del grupo de trabajo interministerial de innovación para la economía azul. El contenido del informe se circunscribe a presentar ejemplos de buenas prácticas, pero no se ofrecen indicadores[*].

* Este grupo creado por encargo de la Comisión delegada del Gobierno para Política Científica, Tecnológica y de Innovación el 28 de diciembre de 2018 tenía la pretensión

El fluido concepto de economía azul es otro elemento básico que hay que delimitar, al no existir una definición vinculante del mismo*. La Comisión, en su informe de 2021 sobre esta actividad[4], acota el ámbito económico de esta política. Considera que incluye todas las actividades económicas sectoriales e intersectoriales basadas en los océanos, mares y costas, diferenciando entre las actividades marinas, donde se incluyen las actividades realizadas en el océano, el mar y en las áreas costeras, como la explotación de los recursos vivos, la minería, las energías renovables, la desalinización, el transporte marítimo y el turismo costero; y las actividades relacionadas con el medio marino, como aquellas actividades que utilizan o producen productos y servicios del océano o actividades relacionadas con el medio marino, tales como el procesamiento de alimentos marinos, la biotecnología, la construcción naval y la reparación, las actividades portuarias, la tecnología y los equipos, los servicios digitales, etc.

Con estas incertidumbres, el objetivo de este capítulo es apuntar cómo las principales políticas puestas en marcha disponen de iniciativas potencialmente positivas para el desarrollo fututo de la EIA.

LA EVOLUCIÓN DE LA ECOINNOVACIÓN EN ESPAÑA

En una reciente revisión sobre la innovación en España[5], se compara la situación de nuestro país con el resto de Estados miembros de la UE concluyendo que, con datos hasta 2019, la situación de España no era particularmente favorable, estando situada a un nivel intermedio (undécima posición) de acuerdo con el índice de ecoinnovación[6], manteniéndose estable sin progresos ni retrocesos significativos en los últimos años.

Sin embargo, analizando este índice, la tendencia parece cambiar a partir de 2020, cuando España se sitúa por encima de la media de la UE, en noveno lugar en 2020 y en octava posición en 2021. Este ascenso hace que España esté considerada entre los Estados Eco-I Leader** (Figura 1).

El estudio señalaba la necesidad de políticas públicas que fomenten la ecoinnovación, fundamentadas "en un análisis exhaustivo de sus barreras, de forma que los instrumentos mitiguen el impacto de las mismas". A partir de la comparación de distintos análisis sobre las políticas públicas en España concluyen que la regulación ha tenido efectos positivos, mientras que para las subvenciones y la imposición medioambiental la evidencia no es concluyente, aunque podría estar influyendo la difícil diferenciación estadística y la falta de indicadores adecuados. En conclusión, los datos del indicador de 2020 y 2021 parecen indicarnos un cambio de tendencia que en los próximos años podremos contrastar según vayamos obteniendo resultados de las distintas estrategias y programas puestos en marcha, representando, en todo caso, la mejor información que podemos disponer para evaluar la evolución de la ecoinnovación.

UN APUNTE SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LA ECOINNOVACIÓN AZUL

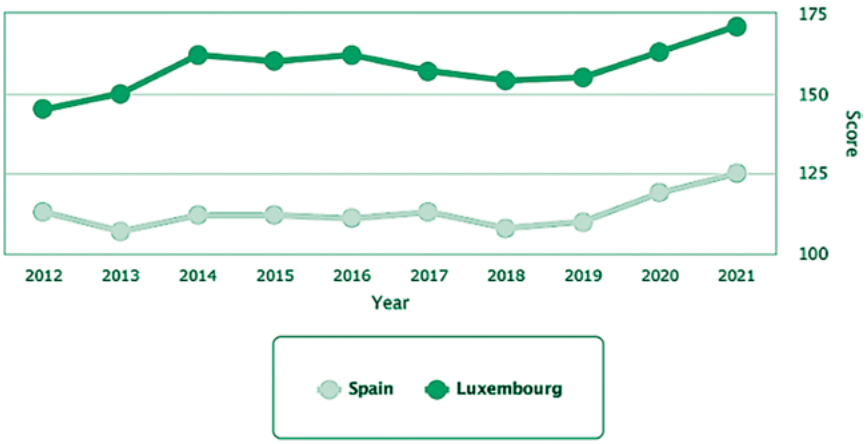
El FEMPA[7] es el fondo azul por excelencia y el único instrumento económico donde podemos analizar la evolución temporal del concepto de innovación azul. Dispo-

de elaborar una Estrategia de I+D+i en economía azul. El grupo no tuvo continuidad.

* Como excepción, el Fondo Europeo Marítimo de la Pesca y la Acuicultura (FEMPA)7 es el único lugar donde se encuentra una definición jurídicamente vinculante sobre economía azul, aunque solo aplicable a los proyectos financiados en el ámbito de ese Fondo.

** La salida de Reino Unido de la Unión Europea no afecta a esta situación.

Figura 1. Evolución de la ecoinnovación en España comparada con el país líder, Luxemburgo, según el índice de ecoinnovación del Observatorio de la UE para la ecoinnovación.



ne de diversas posibilidades de financiar EIA, aunque solo ofrece un indicador que pueda servir para evaluarla: innovación posibilitada (número de productos, servicios, procesos, empresas, modelos o métodos nuevos).

El Programa Operativo de España del FEMPA, en fase de consulta[8], propone un gasto de cerca de 1550 millones de euros de financiación pública, 426 de ellos de financiación nacional y 1120 comunitaria. Prevé financiar 561 proyectos de innovación hasta el año 2029, 300 en el campo de la pesca, 158 en el de la acuicultura y 103 en el de la comercialización y transformación. No podemos conocer cuál es la inversión asociada a esta innovación, ya que no ofrece información económica, así como tampoco la del número de proyectos asociados a desarrollo industrial, aunque analizando las acciones financiables podría aventurarse algún dato sobre las mismas.

En el sector extractivo, la práctica totalidad de la innovación identificada como tal se podrá dirigir a fomentar el desarrollo industrial, promoviendo nuevas artes de pesca más selectivas, el aprovechamiento de nuevos productos, la mejora de la eficiencia energética, incluyendo los combustibles alternativos; pero también indirectamente, mediante la necesidad de tecnología para el desarrollo de nuevos sistemas y herramientas que garanticen el control de la actividad y el seguimiento de la obligación de desembarque.

Para el sector de la acuicultura, la innovación irá destinada a desarrollos que ayuden a apoyar la toma de decisiones e impulsar la integración del conocimiento adquirido y el uso de nuevas tecnologías en los sistemas de producción acuícola, al igual que la búsqueda de herramientas que protejan zonas de producción nuevas, afectadas por una mala situación ecosistémica. En línea con la comunicación de la Comisión sobre Economía Azul, el Programa identifica específicamente la necesidad del desarrollo de la alguicultura.

Para la cadena comercial, la valorización y transición digital y ecológica, las nuevas tecnologías, la mejora de la eficiencia energética en la industria 4.0, el desarrollo de nuevos procesos y productos o la digitalización a lo largo de toda la cadena, son las apuestas más destacadas.

En la pesca y acuicultura artesanal, en la industria transformadora y comercializadora local, así como más genéricamente en las zonas costeras, insulares e interiores, es decir, en el ámbito del desarrollo local participativo, la innovación se identifica prioritariamente con el impulso del desarrollo de actividades empresariales en campos como la biotecnología y las energías renovables, aunque sin dejar de lado cualquier otro ámbito.

Este Fondo apoyará la EIA en un grado que no podemos concretar en esta fase de definición, por lo que se deberá esperar a su materialización para obtener conclusiones firmes. Sin embargo, el indicador puede utilizarse para comprender cómo ha evolucionado el concepto de ecoinnovación a lo largo de los años, lo que supone un punto de partida para entender el rumbo que adquirirá la ecoinnovación azul.

Es posible compararlo con sus antecesores, el FEMP, 2014-2020, el FEP, 2006-2013 y el IFOP, 2000-2006 y analizar el concepto de la misma desde el año 2000, teniendo presente que este indicador, "número de proyectos", representa una aproximación válida, aunque insuficiente, ya que carecemos de datos económicos de apoyo.

En la Tabla 1 se comparan las inversiones en innovación en el periodo 2014-2020 (FEMP) frente a las actuales previsiones del FEMPA. Se ve un salto cualitativo y cuantitativo de considerable importancia. En la vertiente cualitativa, no todos los proyectos en el FEMP se enfocaban hacia desarrollos industriales, ya que se incluía la financiación de las asociaciones entre el sector y la ciencia, así como proyectos de asesoramiento o consultivos cuya realidad es difícil de comprobar *a priori*, sobre todo cuando todavía no es posible disponer de una evaluación de sus resultados. Lo que resulta claro es la ambición del actual P.O. para este nuevo periodo al prever la financiación de 561 proyectos innovadores. En la Tabla 1 se comprueba cómo se exige el requisito de sostenibilidad para los proyectos financiados en el ámbito de la pesca y la acuicultura, no así en la comercialización y transformación. Si aceptamos que el requisito de sostenibilidad es suficiente para incluirlos en la ecoinnovación, este Fondo dispondrá de un potencial de 458 proyectos ecoinnovadores, aunque lo que no podemos saber son los que finalmente se dirijan a desarrollo industrial. En el FEMP, el número de proyectos previstos inicialmente en innovación era de 85, seis veces menos.

Esta situación contrasta radicalmente con el enfoque dado en los dos periodos anteriores, 2000-2006 y 2007-2013. En el primer periodo, el IFOP financiaba con el nombre de medidas innovadoras proyectos de pesca experimental y proyectos piloto, cuyo objetivo era ayudar a las comunidades y zonas pesqueras para crear nuevas fuentes de ingresos sostenibles y de calidad de vida. En realidad, aumentar las posibilidades de pesca con ciertos condicionantes que impedían el incremento de la sobreexplotación. En el FEP 2007-2013, ya se incluye el requisito ambiental en la innovación, pero limitada a la pesca costera artesanal y a ciertas acciones colectivas, aunque no se cuantifican los indicadores y no se ofrecen resultados de la realización de este fondo, por lo que se no puede conocer la realidad que se amparaba tras el concepto genérico de acciones colectivas (Tabla 2).

Con todas las limitaciones señaladas, y a pesar de ellas, se hace evidente una conclusión significativa: desde el año 2000 se ha pasado de considerar la innovación como una oportunidad para fomentar la pesca extractiva a considerarla una actividad cuyo requisito de partida es promover la sostenibilidad pesquera. Los objetivos para 2029, por otra parte, se han multiplicado por seis con respecto a los de 2020.

Tabla 1. Inversiones en innovación en el periodo 2014-2020 (FEMP) frente a las actuales previsiones del FEMPA.

FEMP 2014-2020			FEMPA 2021-2027		
Medida	Indicador de producción	Valor para 2023	ID	Indicador de resultado	Meta para 2029
Prioridad de la Unión 1. Promover pesquerías sostenibles desde el punto de vista del medio ambiente, eficientes en el uso de los recursos, innovadoras, competitivas y basadas en el conocimiento			**1. Fomentar la pesca sostenible y la recuperación y conservación de los recursos biológicos acuáticos**		
Objetivo específico 1. Reducción del impacto de la pesca en el medio marino, lo que incluirá evitar y reducir, en la medida de lo posible, las capturas no deseadas			Objetivo 1.1. Reforzar las actividades pesqueras que sean económica, social y medioambientalmente sostenibles		
03. Artículo 39. Innovación relacionada con la conservación de los recursos biológicos marinos	1.4. N.º de proyectos sobre medidas de conservación, reducción del impacto de la pesca en el medio marino y adaptación de la pesca a la protección de especies	35 proyectos	CR 14	Innovación posibilitada	300 proyectos
Objetivo específico 4. Fomento de la competitividad y la viabilidad de las empresas pesqueras, en particular de la flota costera artesanal, y mejora de las condiciones de seguridad y trabajo					
01. Artículo 27. Servicios de asesoramiento	1.1. N.º de proyectos de innovación, servicios de asesoramiento y asociaciones con científicos	12 proyectos			
Objetivo específico 5. Apoyo a la consolidación del desarrollo tecnológico, la innovación, incluido el aumento de la eficiencia energética, y la transferencia de conocimientos					
01. Artículo 26. Innovación	1.1. N.º de proyectos de innovación, servicios de asesoramiento y asociaciones con científicos	17 proyectos			
02. Artículo 28. Asociaciones entre investigadores y pescadores	1.1. N.º de proyectos de innovación, servicios de asesoramiento y asociaciones con científicos	25 proyectos			

FEMP 2014-2020			FEMPA 2021-2027		
Medida	Indicador de producción	Valor para 2023	ID	Indicador de resultado	Meta para 2029
Prioridad de la Unión 2. Favorecer una acuicultura sostenible desde el punto de vista del medio ambiente, eficiente en el uso de los recursos, innovadora, competitiva y basada en el conocimiento			**2. Fomentar las actividades sostenibles de acuicultura, así como la transformación y comercialización de los productos de la pesca y la acuicultura, contribuyendo a la seguridad alimentaria en la Unión**		
Objetivo específico 1. Apoyo a la consolidación del desarrollo tecnológico, la innovación y la transferencia de conocimientos			Objetivo 2.1. Promover actividades acuícolas sostenibles, especialmente reforzando la competitividad de la producción acuícola, garantizando al mismo tiempo que las actividades sean medioambientalmente sostenibles a largo plazo		
01. Artículo 47. Innovación	0.1. N.º de proyectos sobre innovación, servicios consultivos	35 proyectos	CR 14	Innovación posibilitada	158
02. Artículo 49. Servicios de gestión, sustitución y asesoramiento para las explotaciones acuícolas	0.1. N.º de proyectos sobre innovación, servicios consultivos	8 proyectos			
			2.2. Promoción de la transformación, comercialización, la calidad y el valor añadido de los productos de la pesca y de la acuicultura		
			CR 14	Innovación posibilitada	103
		85 PROYECTOS			**561 PROYECTOS**

POLÍTICAS PALANCA DE LA EIA*

En su Comunicación sobre economía azul, la Comisión pone esta estrategia al servicio del Pacto Verde y del Plan de Recuperación para Europa cuando afirma que "la economía azul de la Unión Europea puede ayudar a afrontar este doble desafío: si se sitúa en una senda más sostenible, se transformará en una fuente de acciones e ideas que crearán innovación, estimularán una recuperación rápida y duradera y protegerán nuestro planeta", con el objetivo, entre otros, de convertir la economía azul en un generador de innovación sostenible. La innovación entendida en este contexto cumple con los requisitos para ser

* Por política palanca se entenderá, a efectos de este estudio, aquellas políticas identificadas en la Agenda de la Comunicación sobre Economía Azul de la comisión que tendrán el próximo futuro un mayor potencial para desarrollar EIA.

Tabla 2. Financiación del IFOP 2000-2006 frente al FEP 2007-2013.

IFOP 2000-2006			FEP 2007-2013		
Medida	Indicador	Valor previsto/ realizado	Medida	Indicador de seguimiento	Valor
Eje prioritario 4. Desarrollo sostenible de zonas de pesca			**Eje prioritario 1. Medidas de adaptación de la flota pesquera comunitaria**		
Medidas innovadoras	N.º de actuaciones: proyectos piloto/pesca experimental	177/237,5	1.4. Pesca costera artesanal	N.º de innovaciones tecnológicas con efecto positivo sobre el medio ambiente	Sin cuantificar
			Eje prioritario 3. Medidas de interés público		
			3.5. Operaciones piloto	N.º de proyectos piloto de carácter ambiental	Sin cuantificar
		0 PROYECTOS			**SIN VALORAR**

considerada ecoinnovación, y partiremos de esta afirmación para realizar el examen.

Cuestión distinta es cómo se puede conectar esta ecoinnovación con el sector industrial. La respuesta está, no de forma exclusiva, pero si en gran medida, en la agenda para la economía azul que propone la Comisión en su Comunicación. Esta agenda incluye cinco capítulos destinados a (1) neutralidad climática y contaminación cero; (2) economía circular y prevención de residuos; (3) biodiversidad y conservación de la naturaleza; (4) resiliencia costera; y (5) producción responsable de alimentos. Estas propuestas, se preocupa por aclarar la Comisión, no tienen un carácter exhaustivo, sino que representan aportaciones complementarias a otras que han sido puestas en marcha en el marco de otras estrategias. Teniendo en mente esta aclaración, sin embargo, este análisis se centrará en la agenda, y dentro de ella, en aquellos capítulos que, *a priori,* pueden concentrar la necesidad de innovaciones industriales. Estos son los capítulos 1, 2 y 5.

En el capítulo 1, que podemos denominar "energía azul", identifica cuatro áreas económicas destacadas: (a) un mejor y más eficiente uso de la energía mediante el desarrollo de las energías renovables marinas; (b) la ecologización del transporte marítimo; (c) una flota pesquera más eficiente energéticamente; y (d) unos puertos sin emisiones. En el capítulo 2, que se denomina "economía circular azul", se identifican otras cuatro áreas: (a) desarrollo de ciclos de vida de los productos que pueden ser origen de contaminación marina, mediante un mejor diseño que origine menos residuos, focalizado en los residuos plásticos, microplásticos y plaguicidas químicos; (b) reciclado de buques y plataformas marinas; (c)

reciclado de artes de pesca; y (d) desechos pescados no intencionadamente. En el capítulo 5, destinado a la "bioeconomía", se examinan dos aproximaciones: (a) desarrollo de nuevos alimentos, incluyendo específicamente a las algas y a los alimentos marinos cultivados a partir de células; y (b) la digitalización para una mejor gestión y control de las actividades pesqueras.

Estas prioridades pueden conectarse con diversas políticas, estrategias e instrumentos financieros, comunitarios y nacionales, existiendo a veces una conexión directa, mientras que en otras es circunstancial. Las múltiples referencias cruzadas entre las diferentes planificaciones constituyen las piezas de un puzle que es necesario armar para conseguir una visión global. Además, el desarrollo de planificaciones con carácter transversal orientadas a fomentar un enfoque participativo o una mayor cohesión territorial completa, y complica, la comprensión de cada prioridad. Con otras palabras, no es posible realizar un enfoque desde la economía azul hacia los distintos sectores, sino que hay que bajar a las políticas sectoriales para entresacar lo que de útil tengan para la economía azul.

POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS

EIA en energía azul

La Comisión, en su Comunicación, plantea dos grandes retos. El primero, desarrollar el conocimiento y las capacidades que nos permitan transformar la energía del ecosistema marino (agua, aire, radiación solar) en energía eléctrica renovable. El segundo, la ecologización de los sistemas económicos del ámbito de la economía azul, es decir, la descarbonización y la descontaminación, pero también la circularidad sobre todo en los residuos producidos, apoyándose en el empleo de la digitalización, automatización e inteligencia artificial como forma de optimizar la eficiencia. Sin embargo, hay que señalar que esta comunicación realiza diferentes propuestas, con grados de ambición variable, en los distintos subsectores.

Para el primer reto plantea un enfoque amplio que permite dar respuesta a las muy variadas condiciones y situaciones de la Unión, y esto lo fundamenta en la Estrategia* sobre las Energías Renovables Marinas[9]**, dirigida tanto a la energía eólica marina fija, como a la flotante, térmica, undimotriz y mareomotriz.

La política comunitaria aterriza en España adaptándose a nuestra realidad mediante la estrategia espejo de la comunitaria, la hoja de ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España[10]***. En nuestro país, las prioridades se dirigen al desarrollo de la eólica marina, fija o flotante, aunque no se deja de lado los posibles desarrollos de otras energías renovables marinas, con el objetivo de alcanzar una producción de 1-3GW de energía eólica marina y de 40-60 MW de energías del mar en 2030. Estas prioridades tienen en cuenta el potencial de los astilleros y puertos españoles como apoyo para su desarrollo.

En relación con la EIA, el punto de mira lo pone en la necesidad de invertir en plataformas de ensayos para prototipos y proyectos precomerciales de eólica marina, incluyendo las infraestructuras eléctricas de conexión, de anclaje, la conexión a red, el control, información y comunicaciones, la monitorización y los equipos auxiliares, y la

* En realidad, existe una red interconectada de estrategias y políticas que confluyen en las mismas ideas sin que en economía azul exista una estrategia propia que las unifique y les dé unidad de criterio. Para evitar un documento confuso lo resumiré citando la estrategia principal en cada caso.
** Elaborada en el ámbito del Plan Estratégico Europeo en Tecnologías Energéticas (SET Plan).
*** Estrategia que forma parte del marco estratégico energético constituido por Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) que, a su vez, está contenido en el Marco Estratégico de Energía y Clima.

infraestructura para el seguimiento ambiental. Un aspecto derivado es el desarrollo de infraestructuras portuarias como apoyo a esta generación de energía, así como las oportunidades que presenta para los astilleros en la fabricación de la infraestructura de soporte de las instalaciones de eólica marina y buques especializados.

Una segunda línea de actuación son las inversiones en proyectos piloto de otras renovables marinas, en las correspondientes plataformas de ensayo, así como la adaptación de instalaciones portuarias como emplazamientos de ensayo y desarrollo de estos proyectos.

Aunque la principal finalidad sea el despliegue de esta energía en nuestras costas, necesitamos de un gran desarrollo industrial. Podemos citar como ejemplo destacado el objetivo de alcanzar un factor de capacidad global promedio para las turbinas eólicas marinas del 40 % frente al 33 % actual, acercándose de esta forma a la capacidad que tienen los combustibles fósiles, al menos en Europa. Pero, igual de necesaria será la EIA que tenga que desarrollarse en los puertos y buques para dar soporte a la construcción, montaje, mantenimiento y reparación de estas estructuras.

El segundo de los retos, la ecologización, la Comisión lo enfoca, en primer lugar, en la flota de transporte, aunque también la pesquera, portuaria, recreo, etc., incidiendo en la descarbonización del transporte marítimo. El objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también la contaminación atmosférica e hídrica y el ruido subacuático, aspirando a que los primeros buques de emisión cero estén listos para su comercialización de aquí a 2030. Para ello, debe impulsarse la producción de los combustibles renovables y aquellos con bajas emisiones de carbono (como el hidrógeno y los combustibles basados en hidrógeno, los biocombustibles, los combustibles sintéticos, etc.). Por otra parte, la propuesta para la flota pesquera es menos ambiciosa, señalando la necesidad de buques con técnicas y motores más limpios.

Los puertos, incluyendo los pesqueros y deportivos, se consideran con una visión integral desde el punto de vista energético, como centros para los sistemas integrados de electricidad, hidrógeno y otros combustibles renovables; en el ámbito de la economía circular, específicamente en la recogida, el transbordo y la eliminación de desechos de buques y otras industrias portuarias, y para el desguace de buques; como centros de comunicación, mediante las interconexiones por cables submarinos; y en centros de desarrollo de las agrupaciones industriales. Otro aspecto que contribuye a la descarbonización y la contaminación cero es el uso de soluciones digitales inteligentes y de sistemas autónomos, que optimicen los flujos de tráfico y la manipulación de la carga en los puertos y sus inmediaciones. Los astilleros, además, jugarán un papel decisivo en la innovación de buques de servicio eficientes desde el punto de vista energético.

Para conseguir estos objetivos, se dispone principalmente de la Estrategia de Movilidad Sostenible e Inteligente[11] y para la flota pesquera, del instrumento financiero del FEMPA.

En España, estas medidas adquieren su carácter propio a través de la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030[12], que dibuja una hoja de ruta donde el fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación en movilidad de bajas emisiones, mediante la producción y uso de combustibles alternativos, en particular, hidrógeno, sintéticos y biocarburantes . A corto plazo, el sector propone centrarse en el uso de combustibles de bajo contenido en azufre, sistemas de propulsión por GNL y otras fuentes de energía alternativas, así como en los sistemas de tratamiento de los gases de escape. Otros objetivos son la reducción de

la contaminación acústica del medio marino, generada por la actividad del transporte, y la innovación en movilidad, que llevará a desarrollar embarcaciones autónomas.

Si bien los aspectos relacionados con la flota se encuentran definidos en la línea de las propuestas comunitarias, aunque enfocados hacia el transporte y con un tratamiento más desigual para la flota pesquera o de recreo, la situación de los puertos y astilleros es más compleja, ya que la encontramos dispersa en diversas estrategias, existiendo diferencias apreciables en las mismas.

Por una parte, se dirigen a reducir el consumo de energía de los edificios e instalaciones del transporte, y a diversificar el origen de sus fuentes. Incluye los servicios de practicaje, remolque, amarre y desamarre, avituallamiento, recepción de desechos, atención al pasaje y manipulación de mercancías, y los diversos tipos de buques, vehículos, maquinaria y equipos móviles, así como el resto de las industrias portuarias. La digitalización jugará, como veremos más adelante, un papel esencial, mientras que la circularidad la trataremos en el próximo apartado.

Por otra parte, el planteamiento que se realiza desde Puertos del Estado se dirige hacia el desarrollo de una logística portuaria competitiva y eficiente, añadiéndose los condicionantes de "sostenible y segura". Aunque hay que señalar que el concepto de sostenibilidad apenas se desarrolla e, incluso, en el borrador de Marco Estratégico, en discusión desde 2019 y cuya aprobación se ha retrasado hasta 2023, las Autoridades Portuarias ven la sostenibilidad como una amenaza*.

En cualquier caso, no hay un desarrollo completo del concepto de ecologización propuesto por la Comisión, limitándose fundamentalmente a la transición energética aplicada a algunos sectores de la economía azul. Además, en estas estrategias no existen referencias a otros sectores de la economía azul con los que están conectadas, lo que implica la necesidad de explorar cada una de esas otras posibles estrategias, como la de turismo inteligente, ciudades inteligentes, política industrial, etc., lo que excede el ámbito de este examen.

A este respecto, es interesante señalar que el PERTE para la Industria Naval[13] en su memoria no menciona la economía azul, aunque realmente es un programa que está plenamente insertado en este ámbito económico, como señaló el ministro José Manuel Albares en su presentación durante los desayunos del Clúster Marítimo Español (CME). Merece comentar la intervención del presidente de honor del CME, Francisco Esteve, que señaló la posible insuficiencia de este PERTE al no alcanzar toda la cadena de valor, ya que debería haber tenido la ambición de ser el PERTE de la economía azul integrando el transporte marítimo, la pesca y acuicultura, náutica de recreo, servicios portuarios y la industria auxiliar**.

EIA en economía circular azul

El capítulo 2 de la Comunicación la Comisión lo enfoca hacia dos grandes problemas: evitar la contaminación del mar y descontaminarlo cuando esta se haya producido. En el ámbito de la EIA, las dos preocupaciones están vinculadas con la circularidad de la economía, y, concretamente, con las estrategias

* Puede verse en el Marco estratégico del sistema portuario de interés general: www.puertos.es/es-es/Paginas/MarcoEstrategico.aspx o en el Programa de innovación Ports4.0 www.ports40.es/static/ports_40. También es interesante consultar el plan de inversión del sistema portuario o los Planes directores de infraestructuras de los distintos puertos de interés general.

** Noticia (23/02/2022): https://proexca.es/espana-es-el-pais-con-mayor- potencial- de –crecimiento-de- la –economia-azul-según-el-gobierno

de economía circular, comunitaria y nacional, aunque también existen conexiones con otras estrategias, como la de Política Industrial, igualmente en sus vertientes comunitaria y nacional[14].

Comenzando por la descontaminación marina, la Comunicación se limita a garantizar que los desechos recogidos en operaciones de pesca se declaren en los puertos, lo que la UE ya legisló en 2019. En cualquier caso, parece un planteamiento muy poco ambicioso al considerar la situación de los desechos marinos, sobre todo los plásticos. Aunque no existe unanimidad en la comunidad científica, artículos recientes comienzan a hablar de los plásticos como una amenaza a los límites del planeta (Villarrubia-Gómez, 2018; Persson, 2022)[15]. La preocupación existente a nivel internacional por el efecto que estos residuos tienen sobre el ecosistema marino se ha hecho evidente cuando el pasado 2 de marzo de 2022 en la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente se aprobó la Resolución UNEA 5/14 denominada "Poner fin a la contaminación por plástico: hacia un instrumento internacional jurídicamente vinculante"[16], mediante la que se quiere alcanzar un acuerdo que parte con la misma ambición que el de París de 2015 sobre el cambio climático; este acuerdo está incluido como prioritario en el Nuevo Plan de Acción de Economía Circular de la Comisión.

Dentro de la gestión de residuos, la Comunicación menciona específicamente el reciclado de buques, estando prevista para 2023 la revisión del Reglamento de la UE que regula esta actividad*. Igualmente, el reciclado de artes de pesca ha sido desarrollado mediante la Directiva relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente[17], donde, entre otras medidas, la Comisión se compromete a solicitar a los organismos europeos de normalización que elaboren normas en relación con el diseño circular de los artes de pesca al objeto de fomentar que se preparen para la reutilización y facilitar el reciclado al final de su vida útil.

Pero, sobre todo, la EIA adquiere una relevancia determinante para abordar el primer problema, evitar la contaminación del mar, algo que solo podrá frenarse contemplando todo el ciclo de vida del producto, tanto a nivel previo, el diseño y producción, como a nivel de su consumo y uso, y finalmente, del desecho y fin de vida del producto. Sin olvidarnos de las actividades de obtención de recursos del mar, tanto los recursos vivos (pesca, industrias farmacológicas, cosméticas, etc.) como minerales (extracción de áridos, petróleo, etc.). La política pública incentivadora por excelencia en este ámbito es la Estrategia Española de Economía Circular (EEEC), *España Circular 2030*[18], espejo de la comunitaria[19], que identifica la innovación como uno de los instrumentos clave para alcanzar la transición hacia una economía circular, dedicando un capítulo a la economía azul.

En línea con el Plan de Acción Europeo para la Economía Circular, la EEEC centra sus objetivos en la gestión de los residuos, tanto en lo referente a la preparación para la reutilización, el reciclado o la reducción del depósito en vertederos, como al desarrollo de nuevas actuaciones sobre fertilizantes, los residuos en los puertos o la reutilización de aguas. En relación con los puertos, la circularidad se circunscribe a optimizar la trazabilidad y gestión de residuos en puertos, con el fin de incrementar el volumen de residuos portuarios, que siguen un proceso de sepa-

* La medida se contempla en la Estrategia de Movilidad Sostenible de la UE y se replica a nivel nacional en la Estrategia de Energías Renovables Marinas, en la de Movilidad Sostenible y en el PERTE Naval.

ración y valorización, aunque la innovación en la gestión de residuos no se plantee como necesidad destacable.

Como indicador de la importancia que la estrategia otorga al tratamiento eficaz de los residuos como medida clave para evitar la contaminación, observamos en su I Plan de Acción, 2021-2023 que reserva el 45,5 % de su presupuesto para su gestión, mientras que la fase inicial de evaluación de los ciclos de vida de los productos y el ecodiseño dispondrán de un 11 % del total y el papel previo que deberá representar la investigación, innovación y competitividad para hacer posible estos objetivos tendrá disponible un 29,5 % del presupuesto[20].

El PERTE de economía circular[21], con un componente muy fuerte en ecoinnovación, centra las actuaciones en sectores considerados prioritarios, como textil y moda, plástico y bienes de equipo para energías renovables. Incluye, además, una actuación específica transversal reservada para impulsar la economía circular en las empresas.

Por otra parte, en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR)[22] encontramos una novedad: las inversiones destinadas al desarrollo tecnológico y la innovación en el sector pesquero y acuícola, mediante proyectos dirigidos a alcanzar una economía circular, incluyendo líneas de EIA relativas a diseño ecológico, transformación de los residuos de producción en recursos y reciclaje de materiales al final de la vida útil del producto.

La economía circular se configura, de esta forma, como la política más relevante para abordar el reto de la reducción, reutilización, reciclado y, en su caso, eliminación de los residuos marinos, incluyendo la descontaminación del mar. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre indicadores, aplicable plenamente a esta Estrategia, es importante señalar, como esencial para un futuro desarrollo de la EIA, la necesidad de establecer una conexión estrecha entre ambas estrategias que permita identificar adecuadamente las actuaciones prioritarias para la economía azul y poder evaluarlas mediante los indicadores oportunos. Los elementos de la estructura ya están disponibles, solo hace falta ensamblarlos.

Otra cuestión interesante cuando hablamos del ciclo de vida de los productos y la producción y eliminación de los residuos es su alcance, es decir, qué es lo que realmente vamos a considerar como economía azul, ya que todo residuo puede potencialmente terminar, en mayor o menor medida, en el mar. Interesante, pero inaccesible en este momento, ya que necesitaríamos una definición vinculante de economía azul, lo que está muy lejos de producirse, dada la dispersión de aproximaciones; mientras tanto, trabajamos con enfoques sectoriales.

EIA en bioeconomía azul

La Comunicación de la Comisión sobre economía azul se centra, en este capítulo, en la producción responsable de alimentos, presentando dos propuestas en el ámbito de la EIA: la primera, la iniciativa específica sobre las algas, incluida bajo en la Estrategia y Plan de Acción de la Bioeconomía, ambos de 2018, que estaba prevista publicar en 2022 y todavía no ha sido aprobada[23], y en la que se identifica la necesidad de colmar las lagunas de conocimientos, investigación e innovación; y la segunda, muy genérica y escasamente desarrollada, hace referencia al desarrollo de alimentos marinos cultivados a partir de células, donde la Comisión promoverá estudios previos para evaluar el potencial y las correspondientes necesidades de investigación e inversión.

Podemos ampliar este campo de visión*, incluyendo la biotecnología dirigida a la in-

* Estrategia de Bioeconomía de la Comisión.

vestigación e innovación para la producción de bioproductos (bioquímicos, biocombustibles, etc.), la sustitución de materias primas fósiles, o para su uso en la industria (construcción, embalaje, textiles, productos químicos, cosméticos, ingredientes farmacéuticos, bienes de consumo).

Por su parte, la Estrategia española[24] se centra en la obtención de bioproductos y algas, y especialmente en los microorganismos marinos como fuente de bioproductos (enzimas, polímeros, carbohidratos, fármacos…). Igualmente, incide en el potencial de la biotecnología marina para proveer soluciones en la salud, la alimentación y el suministro energético.

Aunque no existe una estrategia específica sobre biotecnología, la plataforma de especialización inteligente[25], creada por la Comisión para asesorar a los países y regiones de la UE en el diseño y puesta en marcha de sus estrategias de especialización, colabora con la economía azul conectando las plataformas de inversión en crecimiento azul que se hayan creado en la Unión y las iniciativas regionales de innovación, contribuyendo la especialización inteligente en la identificación de los sectores económicos emergentes de la economía azul, como la energía renovable marina, la biotecnología azul, la desalinización, la minería de los fondos marinos profundos y la protección costera y ambiental. Esta colaboración ha dado como fruto dos publicaciones, una sobre biotecnología azul y especialización inteligente[26] y otra sobre el sector de la desalinización, además de la coautoría en los informes de economía azul 2020, 2021 y 2022. En el anexo del informe de 2022 se ofrecen perfiles sobre la economía azul para cada Estado miembro; no obstante, no se incluye la investigación ni la innovación. Es más, la investigación y el desarrollo experimental se mencionan expresamente entre las actividades donde es necesario disponer de más información antes de tenerlas en cuenta en futuros informes.

EIA en digitalización azul

En el concepto de digitalización incluimos la modelización, los macrodatos, la inteligencia artificial, los sensores y los sistemas autónomos. Constituye un eje que transcurre implícitamente a lo largo de toda la comunicación, incluyendo la gobernanza, el conocimiento del medio marino, el control y la vigilancia marinas.

Su desarrollo tiene lugar a partir del objetivo de la transición digital de la UE formalizado mediante diversas y complejas herramientas, entre las que podemos citar la Estrategia Europea de Datos y la reciente propuesta sobre Data Act[27], o las destinadas a servicios digitales, mercado digital, conectividad o inteligencia artificial.

A nivel nacional, tienen su correspondiente adaptación mediante estrategias o políticas concretas. De forma genérica, la integración de la inteligencia artificial en los procesos productivos es un objetivo básico de la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial. España Digital 2025, objetivo plenamente aplicable al tejido industrial partícipe en el ámbito de la economía azul.

Por otra parte, referencias a la digitalización como motor de cambio para hacer realidad la nueva economía están presentes en todas las estrategias sectoriales. Entre ellas, podemos detenernos en algunas de ellas, las más significativas por impacto positivo en la EIA.

La Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 enfatiza la gestión inteligente de infraestructuras, la automatización del transporte y la logística, incluyendo el desarrollo de embarcaciones autónomas. La mejora de la eficiencia que se persigue con la digitalización y automatización abarca un uso eficiente del combustible y de los

sistemas eléctricos, pero también una mejora de la seguridad, una accesibilidad de mayor alcance o la disminución del tiempo destinado al transporte. Una de las necesidades que se individualizan es la innovación para la aplicación de técnicas de inteligencia artificial en los sistemas de control de la seguridad, así como en el salvamento marítimo.

La transformación digital de las empresas para que la cadena de valor de los sectores eólico, terrestre y naval pueda ampliarse al sector eólico marino y de las energías del mar es un objetivo previsto en la hoja de ruta de las eólicas marinas.

También, esta hoja de ruta considera necesaria la EIA en las plataformas de ensayo para los desarrollos en infraestructuras de control, sistemas de información y comunicaciones, monitorización y equipos auxiliares o infraestructuras para el seguimiento ambiental.

En el sector pesquero, como recoge el Programa Operativo del FEMPA, a la clásica digitalización en recogida de datos, control y vigilancia, se añade, de forma destacada, la apuesta por el desarrollo de herramientas de gestión inteligente, incidiendo especialmente en la digitalización de lonjas, empleando para ello el concepto de puerto inteligente, *smart port* o puerto 4.0. Además, la automatización y digitalización de procesos en el sector de la acuicultura se destaca como medida individual.

EIA al servicio de las poblaciones y zonas costeras

Queda, para finalizar, apuntar el papel de la EIA en la cohesión territorial y social de las zonas y poblaciones costeras.

Aunque de difícil análisis, debemos mencionar la innovación en las comunidades costeras que puede "reconstruir y transformar sus economías y convertirse en impulsores locales de sostenibilidad", como expresamente figura en la comunicación sobre economía azul. El desarrollo local es diverso y complejo, por lo que sería necesario analizar cada estrategia de los grupos de desarrollo local pesquero desarrollados mediante el Programa Operativo del FEMPA e, incluso, agrícola, para conocer que parte de esta innovación se materializará en desarrollos industriales.

Otra iniciativa parte de la Comisión, se encuentra en las llamadas "misiones", creadas en el marco de Horizonte Europa y financiadas por una pluralidad de fondos, comunitarios y nacionales. Representan una nueva forma de implementar la I+D+I con un impacto social y económico en áreas de interés para la UE y sus ciudadanos con el objetivo de hacer frente a los grandes desafíos globales aportando soluciones y resultados tangibles para 2030. Reúne a los Estados miembros, las autoridades regionales y locales, los institutos de investigación, los empresarios y los inversores, e incluye la colaboración con los ciudadanos. Entre las cinco previstas, se ha definido la misión "Restaurar nuestros océanos y aguas"[28], que llevará a cabo sus actuaciones a nivel de cuenca. Su finalidad es encontrar soluciones para la circularidad y la neutralidad climática, incluidas las soluciones técnicas para el uso de energía renovable en áreas y puertos costeros, acciones para el uso múltiple del mar y el agua, y una acuicultura circular, neutra en carbono y de bajo impacto. Identifica la innovación y la restauración de los ecosistemas como las palancas que moverán el sistema.

Por último, las "asociaciones o alianzas europeas" constituyen un programa cofinanciado de Horizonte Europa, que reúne a la Comisión Europea con socios públicos y privados para abordar algunos de los desafíos más apremiantes, conectando Horizonte Europa con la Estrategia de la Política Industrial. Su finalidad es la de reducir la dependencia estratégica de productos importados. Pueden financiar la creación de redes y su coordina-

ción; la investigación, innovación, acciones piloto, acciones de innovación y de introducción en el mercado; formación y movilidad; sensibilización y comunicación; así como la difusión y la explotación de resultados. Entre las 10 asociaciones anunciadas está prevista la llamada "Europa circular de base biológica"[29], destinada a las regiones rurales, costeras y periféricas, se enmarca en el campo del desarrollo local participativo y, entre sus fines, además de los mencionados, está el de promover la innovación de base biológica.

Antes de concluir este apartado, debemos citar un sector importante en la economía azul, que no hemos mencionado hasta el momento, el turístico. La reconversión de destinos turísticos con criterios de circularidad se plantea como uno de los grandes retos y oportunidades para España, y la necesidad de innovación e inversión destinada a empresas y enfocada en la eficiencia energética, la gestión de residuos, las infraestructura y equipamiento, la digitalización, automatización y control, así como los sistemas de gestión de edificios, adquieren un adecuado protagonismo en el Plan Estratégico de Economía Circular.

Financiación de la EIA

Buscamos, ahora, encontrar algún dato sobre la financiación de la EIA para constatar si esta financiación será suficiente para impulsar el desarrollo industrial azul. Nos centraremos en la financiación de las tres estrategias principales vistas en el apartado anterior, extrayendo entre la multiplicidad de financiación con finalidades demasiado genéricas, algún ejemplo que facilite una interpretación posterior y permita apuntar alguna conclusión.

Existen tres fuentes principales para el apoyo a la inversión. El Marco Financiero Plurianual de la UE, constituido por más de 20 fondos e instrumentos diferentes entre los que se encuentran los fondos estructurales y de cohesión (FEDER, FSE+, FEMPA…)[30] y Horizonte Europa[31], especializado en innovación. Más del 80 % de este Marco Financiero se gestiona bajo el régimen de gestión compartida, es decir, son los Estados miembros los que gestionan los fondos aportando cofinanciación nacional, mediante la creación de instrumentos específicos (programas operativos, planes estratégicos)*. Este Marco se complementa con fondos de duración limitada, el MRR[32] que, a su vez, dispone de unos 5 instrumentos diferentes, entre los que destaca Next Generation. En España, la utilización de esos fondos tiene una peculiaridad con una apreciable incidencia en la capacidad de su movilización; y es que, previamente a disponer de ellos, debe generarse el correspondiente crédito en los presupuestos.

La segunda fuente es la gestión directa por la Comisión mediante iniciativas a las que pueden concurrir empresas o particulares de la Unión. La tercera son los fondos procedentes directamente de los presupuestos nacionales. Adicionalmente, existe la financiación por el sistema crediticio, como el Banco Europeo de Inversiones o el Instituto de Crédito Oficial.

Financiación directa a la EIA

En primer lugar, intentaremos identificar aquellos fondos, o partes de estos, donde encontramos una financiación directa a la economía azul.

Destaca, en primer lugar, la destinada a energías renovables marinas. La hoja de ruta de la Eólica Marina y Energías del Mar en España no define ningún presupuesto. Úni-

* Es importante citar la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027, el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación, 2021-202333 o el Programa Plurirregional del FEDER[34]

camente, al referirse al desarrollo tecnológico de las renovables marinas en el periodo 2021-2023, incluye la previsión de movilizar al menos 200 millones de euros (M€) del PRTR para proyectos piloto; creación de nuevas plataformas de ensayo y refuerzo y adaptación de las existentes; y adaptación de instalaciones portuarias como emplazamientos de ensayo y desarrollo de nuevos proyectos.

Sin embargo, en el PERTE de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento[35], 2022-2026, que dispone de la movilización directa de 6920 M€ del PRTR, que apalancarán más de 9400 M€ de inversión privada, dando una inversión total de 16 370 M€, es donde encontramos la financiación para plataformas de ensayo para renovables marinas, adaptaciones logísticas e instalaciones portuarias y proyectos piloto de renovables marinas previstos en la hoja de ruta. Los proyectos de EIA podrían acceder a las ayudas previstas en las líneas destinadas al sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación (588 M€); ámbito tecnológico y digital (541 M€) y almacenamiento y nuevos modelos de negocio (765 M€).

La Estrategia de Movilidad no incluye previsiones presupuestarias, por lo que directamente nos centraremos en el PERTE para la Industria Naval, 2022-2026. Con una contribución pública de 310 M€, prevé movilizar una inversión privada de 1150 M€, para obtener un presupuesto total de 1460 M€. De este presupuesto, se reservan 230 M€ de inversión pública para la modernización y diversificación del sector naval y el desarrollo de las tecnologías de aplicación en el ámbito naval, incluyendo la diversificación hacia energías renovables marinas y la sostenibilidad del sector (economía circular, eficiencia energética y mejora medioambiental). Otros 80 M€ públicos se destinan específicamente a I+D+i (ayudas a planes de innovación y sostenibilidad de la industria manufacturera; a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras del sector y ayudas I+D+i del CDTI).

Por otra parte, encontramos esta financiación en las misiones, como la misión "Restaurar nuestros océanos y aguas", y las asociaciones o alianzas europeas, como la asociación "Europa circular de base biológica". Estas iniciativas no son instrumentos financieros, sino estrategias para movilizar la financiación de diferentes fondos y distintos actores, siendo gestionada directamente por la Comisión. La misión captará, al menos, 500 M€ procedentes de Horizonte Europa, FEMPA, Fondo de Inversión EU durante el periodo 2021-2023. Para las 10 asociaciones hay una previsión de unos 20 000 M€ de presupuesto comunitario y otro tanto de los socios, sin que todavía se haya individualizado, por lo que no podemos contabilizarlo en esta fase de desarrollo.

Como instrumento de apoyo crediticio hay que señalar al nuevo programa InvestEU[36], 2021-2027, un fondo mediante el que la UE aporta 26 600 M€ en forma de garantía presupuestaria. Esta garantía permitirá respaldar proyectos del BEI, de instituciones nacionales de fomento, como el ICO, así como otras instituciones financieras internacionales. Se pretende que esta garantía permita asumir un mayor riesgo a las instituciones financieras con el objetivo de llegar a una inversión, pública y privada, de 372 000 M€. Este fondo busca mejorar la recuperación sostenible de las empresas europeas en el marco de las prioridades del Pacto Verde y la transición digital, pero también permite la contribución de los Estados miembros con Fondos Estructurales o del MRR para financiar sus prioridades políticas en consonancia con sus PRTR. De los cuatro ejes en los que se estructura, el destinado a investigación, innovación y digitalización tendrá asignados 6600 M€ para apoyar actividades de investigación, desarrollo de productos e innovación

y proyectos de transferencia de tecnologías y resultados de investigación al mercado; demostración y despliegue de soluciones innovadoras, así como a la digitalización de la industria.

En este marco, la plataforma InvestEU Blue Economy, sucesora de la BlueInvest, se presenta como la aceleradora específica para fomentar la innovación y la inversión en tecnologías sostenibles para la economía azul. Proporciona apoyo a la preparación para la inversión y acceso a la financiación para empresas en etapa inicial, pymes y empresas en expansión. Se nutrirá del Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE), el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y Acuicultura (FEMPA), el Grupo BEI e InvestEU, dotando de 500 M€ a los intermediarios financieros que inviertan en este sector, que movilizarán 1500 M€ de financiación de riesgo.

Fondos con contribución posible a la EIA

Merece destacarse, por el esfuerzo realizado para su puesta en marcha, el I Plan de Acción de Economía Circular, 2021-2023, que dispone de un presupuesto de 1529,5 M€ de los que reserva el 45,5 % para la gestión de los residuos (695,6 M€), el 11 % para ecodiseño, producción y consumo (169,3 M€), y el 29,5 % para fomento de la I+D+i (451,5 M€). Este presupuesto se materializará a través de diferentes instrumentos que los distintos departamentos ministeriales ponen en marcha.

Nos interesa fijarnos en un instrumento en concreto del que podemos extraer datos de cierto interés. El PERTE de Economía Circular, 2022-2026, que mediante concurrencia competitiva movilizará 492 M€ dirigidos a empresas privadas, reservando 300 M€ para sectores clave (textil, plásticos y bienes de equipo de energías renovables) y 192 M€ para acciones transversales. Con respecto a estas últimas, hay una convocatoria prevista para 2022, con un importe de 192 M€, que se dirige a acciones como: la reducción del consumo de materias primas vírgenes; el ecodiseño y puesta en el mercado de productos realizados bajo esquemas de ecodiseño; la mejora de la gestión de residuos; y la transformación digital de procesos a través de infraestructuras y sistemas. Estas ayudas movilizaran una cuantía de inversión privada entre el 40 y el 60 % del importe del proyecto.

Por otra parte, el Fondo de Innovación[37] es un instrumento de gestión directa de la Comisión que se finanza a través de la subasta de derechos de emisión[38]. Dispone de alrededor de 10 000 M€ para el periodo 2020-2030 destinados a la industria comercial para el desarrollo de tecnologías innovadoras de baja emisión de carbono, entre las que figuran las energías renovables. Estas ayudas deben complementarse con otras fuentes de financiación, como Horizonte Europa o InvestEU.

Igualmente, el Instrumento de Inversiones Interregionales en Innovación (I3)[39] es un fondo de gestión directa por el Consejo Europeo de Innovación y la agencia ejecutiva de las pymes ("EISMEA"), creado por el FEDER[40] en el ámbito de las estrategias de especialización inteligente (S3). Dará apoyo financiero y de asesoramiento para la inversión en proyectos interregionales de innovación técnicamente maduros, así como para el desarrollo de cadenas de valor en las regiones menos desarrolladas Cuenta con un presupuesto de 570 M€ para el periodo 2021-2027 que se materializará mediante programas de trabajo.

Finalmente, debemos citar el FEMPA, del que hemos hablado extensamente al principio del capítulo. Dispone de una financiación de 1550 M€, aunque no podemos conocer los que se dirigirán a EIA.

En resumen, la EIA deberá concurrir competitivamente con otras diversas actividades económicas para conseguir beneficiarse de

Tabla 3. Financiación pública disponible (cifras en millones de euros)

FONDO/PROGRAMA	FINANCIACIÓN TOTAL	FINANCIACIÓN POTENCIAL DIRIGIDA A EIA
Financiación directa a la EIA		
PERTE Energías Renovables	6920	1894
PERTE naval	310	310
Misión Restaurar Nuestro Océanos y Aguas	500	500
Investeu Blue Economy	1500	1500
	8930	**4204**
Fondos con contribución posible a la EIA		
PERTE Economía Circular	492	
Fondo de Innovación	10 000	
I3	570	
FEMPA	1550	
	12 612	

una parte de la muy dispersa financiación disponible. Aunque no resulta muy útil, a vuelapluma hemos identificado ayudas por más de 4000 M€ hasta 2027, más otros 10 000 M€ del Fondo de Innovación, hasta 2030, donde la EIA puede buscar financiación, aunque no la tenga asegurada. Se hace evidente, tras este somero análisis, lo acertado de la iniciativa de la Comisión delegada del Gobierno para Política Científica, Tecnológica y de Innovación cuando en 2018 propuso elaborar una Estrategia de I+D+i en economía azul.

En la Tabla 3 se refleja un resumen donde figura la financiación pública disponible y, en su caso, la inversión crediticia, para aquellos instrumentos donde la cuantía de la financiación está aceptablemente definida.

CONCLUSIONES

A lo largo del capítulo, se ha podido comprobar que el desarrollo de la ecoinnovación muestra una tendencia positiva, creciente y acelerada en los últimos años, al amparo de unas políticas públicas reguladoras. Esta realidad, es especialmente evidente en la ecoinnovación azul, donde, analizando la evolución de este concepto en los fondos europeos para la pesca y la acuicultura (IFOP, FEP, FEMP, FEMPA), fondos azules por excelencia, observamos un significativo cambio de mentalidad en el concepto de innovación que se hace evidente en el planteamiento del actual Programa Operativo del FEMPA.

Sin embargo, no existe una correlación clara entre el efecto de las políticas de ayudas públicas y el desarrollo positivo mostrado, principalmente debido a la falta de datos e indicadores sobre ecoinnovación azul que impiden obtener conclusiones firmes.

Este hecho tiene su raíz en el propio concepto de economía azul procedente de la Comisión Europea, ya que la economía azul se plantea como una agenda de actuaciones que la Comisión se compromete a llevar a cabo; y no, como por ejemplo sucede en la economía circular, como un plan estratégico que define una política planificada y actúa como agluti-

nador y marco de referencia de los principales elementos que configuran esta actividad. Este enfoque comunitario de la economía circular induce, además, en los Estados miembros, al desarrollo de planificaciones espejo de la comunitaria. En este sentido, debe concluirse la necesidad de dotar a esta actividad económica de un conjunto de indicadores en las políticas sectoriales involucradas que hagan posible su seguimiento futuro o, alternativamente, lo que sería más decisivo para el impulso de la economía azul, desarrollar una estrategia propia.

Continuando con el análisis de la EIA, se han examinado las principales actividades económicas y las políticas puestas a su servicio, que incidirán en los próximos años en la EIA. Esto nos permite visualizar el ecosistema marino como fuente de desarrollo de energías renovables, su potencial para acoger nuevas industrias y transformar las existentes hacia el modelo que nos exige el Pacto Verde. Igualmente, incidirán notablemente en su ecologización, destacando las más directamente relacionadas con la EIA, como la pesquera, la acuicultura, la construcción naval, el transporte o la bioeconomía, y apuntando alguna otra, como el turismo inteligente. También se ha destacado la necesidad de una EIA que ayude a resolver los problemas derivados de la contaminación marina, en sus vertientes de contaminación energética, material e, incluso, acústica, aunque no se haya podido entrar en la visual o paisajística. Todo ello, en el marco de la digitalización, entendida ampliamente como el motor de estas actividades e impulsor de novedades que podrán cambiar radicalmente el concepto que tenemos de las mismas. Disponemos en la actualidad de un amplio marco de planificaciones y políticas sectoriales que, si se dirigen específicamente a la EIA, convertirán a la economía azul en un potente motor de cambio económico.

Finalmente, se ha explorado la capacidad de financiar estas políticas públicas y su incidencia en el sector industrial, mediante unos ejemplos seleccionados por su importancia en el desarrollo de la EIA. Aparte de comprobar la movilización de importantes recursos, no ha sido posible avanzar en su utilidad real para impulsar un desarrollo industrial azul por falta de concreción en las iniciativas, pero, sobre todo, debido a la ausencia de indicadores. Para que en un futuro se pueda conocer la influencia real de esta financiación no quedará más remedio que realizar análisis en profundidad sobre cada una de las fuentes de financiación o, alternativamente, adoptar un conjunto suficiente de indicadores ligados a las distintas financiaciones existentes.

En definitiva, no es posible realizar un enfoque desde la economía azul hacia los distintos sectores que participan en la EIA, sino que hay que bajar a las políticas sectoriales para entresacar lo que de útil tengan para la economía azul, y esto es especialmente evidente en el ámbito de la financiación.

Como principal enseñanza de esta exploración, concluiremos que disponemos de suficientes elementos que permiten desarrollar una simbiosis entre economía y ecología que sustentará el éxito de la doble transición, ecológica y digital, en la economía azul; solo falta ensamblarlos. La EIA es la premisa necesaria del futuro desarrollo de una economía azul y para garantizar su éxito será clave la capacidad de apropiación del sector industrial del concepto de ecoinnovación. Será necesario el esfuerzo de las Administraciones Públicas, con la necesaria colaboración de la sociedad civil más directamente involucrada, para facilitar e impulsar dicha apropiación.

BIBLIOGRAFÍA

1. COM (2011) 0899 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre Innovación para un futuro sos-

tenible. Plan de Acción sobre Ecoinnovación (Eco-AP). Bruselas, 15 de diciembre de 2011 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX%3A52011DC0899

2. COM (2019) 640 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo. Bruselas, 11 de diciembre de 2019 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0640&from=ES

3. Plataforma de Especialización Inteligente. La especialización inteligente contribuye a identificar la actividad económica en los sectores emergentes de la economía azul [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/blue-growth

4. Addamo A, Calvo Santos A, Carvalho N, *et al* (2021.) The EU blue economy report 202. European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries. Publications Office [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2771/8217

5. Del Río P (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), García-Quevedo J (Universidad de Barcelona), Martínez-Ros E (Universidad Carlos III de Madrid) (2021). La ecoinnovación en España: situación, determinantes y políticas. Papeles de economía española, N.º 169.

6. The eco-innovation scoreboard and the eco-innovation index [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/ecoap/scoreboard

7. DOUE l/247 de 13 de julio de 2021. Reglamento (UE) 2021/1139 del Parlamento Europeo y del Consejo de 7 de julio de 2021 por el que se establece el Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura, y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2017/1004 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:l:2021:247:FULL&from=FR

8. Segunda consulta pública Programa Operativo del Fondo Europeo Marítimo Pesquero y Acuícola periodo 2021-2027 (FEMPA) y Planes Financieros [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/pesca/participacion-publica/segunda_consulta_PO_FEMPA.aspx

9. COM (2020) 741 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Una estrategia de la UE para aprovechar el potencial de la energía renovable marina para un futuro climáticamente neutro. Bruselas, 19 de noviembre de 2020 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0741&from=ES

10. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Hoja de Ruta para el desarrollo de la Eólica Marina y de las Energías del Mar en España. Ed. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid, diciembre de 2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/desarrollo-eolica-marina-energias/eshreolicamarina-pdfaccesiblev5_tcm30-534163.pdf

11. COM (2020) 789 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Estrategia de movilidad sostenible e inteligente: encauzar el transporte europeo de cara al futuro. Bruselas, 9 de diciembre de 2020 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0789&from=ES

12. Estrategia de movilidad Segura, Sostenible y Conectada, 2030. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Madrid, diciembre de 2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/esmovilidad/ejes/211223_es.movilidad_accesibilidad_BAJA_vf.pdf

13. Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) para la Industria Naval. Gobierno de España. Consejo de Minis-

tros, 15 de marzo de 2022 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/202203/PERTE_Naval_RE_17032022.pdf

14. COM (2021) 350 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Updating the 2020 New Industrial Strategy: Building a stronger Single Market for Europe's recovery. Bruselas, 5 de mayo de 2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: communication-industrial-strategy-update-2020_en[35139].pdf

15. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Directrices generales de la nueva política industrial española 2030. Febrero de 2019 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://industria.gob.es/es-es/Documents/Directrices%20Generales%20de%20la%20Pol%C3%ADtica%20industrial%20espa%C3%B1ola%2025.02.19%20FINAL.pdf

Villarrubia-Gómez P, Cornell SE, Fabres J. Marine plastic pollution as a planetary boundary threat – The drifting piece in the sustainability puzzle. Marine Policy 96 (2018) pags.213–220. Persson L; Carney A, Bethanie M, Collins, Christopher D; Cornell S; De Wit C; Diamond Ml; Fantke P; Hassellöv M; MacLeod M; Ryberg MW; Søgaard Jørgensen P; Villarrubia-Gómez P; Wang Z; and Zwicky Hauschild M. Environ. Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities Sci. Technol. 56 (2022), pp. 1510—1521.

16. UNEP/EA.5/Res.14. Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022. R 5/14. End plastic pollution: towards an international legally binding instrument. Nairobi, 2 de marzo de 2022.

17. Directiva (UE) 2019/904 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente. DOUE l 155, 12.6.2019.

18. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Estrategia Española de Economía Circular, "España Circular 2030" [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/

19. COM (2014) 398 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. Bruselas, 2.7.2014 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0398&from=ES

COM (2020) 98 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones. Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva. Bruselas, 11.3.2020 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF

20. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. I Plan de Acción de Economía Circular, 2021-2023 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/

21. Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) en Economía Circular. Gobierno de España. Consejo de Ministros. Marzo 2022 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/202203/PERTE_EC_memoria_09032022.PDF

22. Gobierno de España. Plan español de Recuperación, Transformación y Resiliencia, 16 de junio de 2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://planderecuperacion.gob.es/plan-espanol-de-recuperacion-transformacion-y-resiliencia

23. Bioeconomía azul – hacia un sector de las algas fuerte y sostenible en la UE (europa.eu). Consultada el 1/5/2022.

Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, Una bioeconomía sos-

tenible para Europa: reforzar la conexión entre la economía, la sociedad y el medio ambiente: estrategia de bioeconomía actualizada, Oficina de Publicaciones, 2018 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2777/792130.

Comisión Europea, Dirección General de Investigación e Innovación, *Bioeconomía: la forma europea de utilizar nuestros recursos naturales: plan de acción 2018*, Oficina de Publicaciones, 2019 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2777/79401.

24. Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación. Ministerio de Economía y Competitividad. Estrategia española de Bioeconomía. Horizonte 2030 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/innovacion-medio-rural/estrategiaenbioeconomia23_12_15_tcm30-560119.pdf

25. Comisión Europea. Plataforma de Especialización Inteligente [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/home

26. Doussineau M, Haarich S, Gnamus A, Gomez J, Holstein F. Smart Specialisation and Blue biotechnology in Europe. Publications Office of the European Union, Luxembourg 2020.

27. COM (2022) 68 final. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on harmonised rules on fair access to and use of data (Data Act). Brussels, 23.2.2022.

28. Comisión Europea. Dirección General de Investigación e Innovación. Misiones de la UE: restaurar nuestros océanos y aguas: soluciones concretas para nuestros mayores retos, 2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://data.europa.eu/doi/10.2777/44423

https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ocean_and_waters_implementation_plan_for_publication.pdf

29. Guía de Financiación Comunitaria - Asociaciones Europeas (Horizonte Europa) (2021-2027) (guiafc.es). Consultado el 16 de mayo de 2022.

30. DOUE L231, 30 de junio de 2021. Reglamento (UE) 2021/1060 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de junio de 2021 por el que se establecen las disposiciones comunes relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo Plus, al Fondo de Cohesión, al Fondo de Transición Justa y al Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura, así como las normas financieras para dichos Fondos y para el Fondo de Asilo, Migración e Integración, el Fondo de Seguridad Interior y el Instrumento de Apoyo Financiero a la Gestión de Fronteras y la Política de Visados [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1060/oj

31. DOUE L170 de 12 de mayo de 2021. Reglamento (UE) 2021/695 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de abril de 2021, por el que se establece Horizonte Europa – Programa Marco de Investigación e Innovación, se establecen sus normas de participación y difusión y se derogan los Reglamentos (UE) n.º 1290/2013 y (UE) n.º 1291/2013 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: http://data.europa.eu/eli/reg/2021/695/oj

Decisión (UE) 2021/764 del Consejo, de 10 de mayo de 2021, por la que se establece el Programa Específico por el que se ejecuta Horizonte Europa – Programa Marco de Investigación e Innovación y por la que se deroga la Decisión 2013/743/UE [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: http://data.europa.eu/eli/dec/2021/764/oj

Puede consultarse también la Guía rápida del Programa Horizonte Europa: https://www.horizonteeuropa.es/sites/default/files/noticias/GUIA%20RAPIDA.pdf

32. COM (2020) 456 final. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. El momento de Europa: reparar los daños y preparar el futuro para la próxima generación. 27 de mayo de 2020 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en:

https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0456&from=ES

Plan de recuperación para Europa: https://ec.europa.eu/info/strategy/recovery-plan-europe_es

33. Ministerio de Ciencia e Innovación. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.ciencia.gob.es/InfoGeneralPortal/documento/e8183a4d-3164-4f30-ac5f-d75f1ad55059

Ministerio de Ciencia e Innovación. Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia e Innovación.

Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación, 2021-2023 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://cpage.mpr.gob.es

https://www.ciencia.gob.es/Estrategias-y-Planes/Planes-y-programas/Plan-Estatal-de-Investigacion-Cientifica-y-Tecnica-y-de-Innovacion-PEICTI-2021-2023.html;jsessionid=5F303628D8298764E52A820796CAC777.1

34. Ministerio de Hacienda y Función Pública. Programa Plurirregional de España 2021-2027 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://www.fondoseuropeos.hacienda.gob.es/sitios/dgfc/es-ES/ipr/fcp2020/P2127/PF/PP/Documents/20220422_Programa_Plurirregional_de_Espa%C3%B1a_21-27.pdf

35. Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento (ERHA). Gobierno de España. Consejo de Ministros. Marzo 2022 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://planderecuperacion.gob.es/sites/default/files/2021-12/PERTE_Energias%20renovables_14122021.pdf

36. Comisión Europea. Programa InvestEU [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/investeu_es

37. DOUE l/140 de 28 de mayo de 2019. Reglamento delegado (UE) 2019/856 de la Comisión de 26 de febrero de 2019 por el que se complementa la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al funcionamiento del Fondo de Innovación [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0856&from=ES

38. DOUE l/275 de 25 de octubre de 2003. Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de octubre de 2003 por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo y modificaciones [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0087&from=ES

39. COM (2021) 6152 final. Commission Decision of 25.8.2021 on the financing of Interregional Innovation Investments instrument to be supported by the European Regional Development Fund and the adoption of the work programme for 2021-2022. Brussels, 25.8.2021 [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/tender/pdf/official/2021-2022_financing_decision_i3.pdf

40. DOUE L231 de 30 de junio de 2021. Reglamento (UE) 2021/1058 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de junio de 2021 relativo al Fondo Europeo de Desarrollo Regional y al Fondo de Cohesión [en línea] [consultado el 11/11/2022]. Disponible en: http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1060/oj

EL PAPEL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA ECONOMÍA AZUL Y LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

M.ª Rocío Rodríguez Barroso

ECONOMÍA AZUL, IMPACTOS Y RETOS

Según la Comisión Europea, se define el crecimiento azul, *Blue Growth*, como "la estrategia a largo plazo de apoyo al crecimiento sostenible de los sectores marino y marítimo que reconoce la importancia de los mares y océanos como motores de la economía europea por su gran potencial para la innovación y el crecimiento". La economía azul ocupa sectores que engloban al propio medio marino, como el transporte marítimo, pesca y acuicultura incluyendo también a la energía renovable, así como otros sectores basados en la propia costa (por ejemplo, los puertos, los astilleros, la acuicultura en tierra, la producción de algas y el turismo costero).

No obstante, actualmente es conocida la superación de la capacidad de generación de recursos de los sistemas tanto costeros como marinos debido a un impacto de las actividades económicas, cuyos efectos son devastadores para nuestros océanos, nuestras costas y, por tanto, para la vida del hábitat y de las personas.

De entre los problemas derivados de las actividades económicas en las costas y océanos, tal vez entre los más importantes se encuentran los vertidos de petróleo, los productos químicos y los fertilizantes. De igual forma, los efectos del cambio climático y de las emisiones de gases de efecto invernadero están generando problemas ambientales acuciantes que incluyen desde cambios en la temperatura del agua hasta la acidificación y el aumento del nivel del mar y de la frecuencia e intensidad de las inundaciones y la erosión, efectos que influyen en la pérdida de biodiversidad, la sobreexplotación de los recursos y la destrucción de los hábitats naturales.

De entre los citados problemas ambientales, por ejemplo, el 45 % de las emisiones de gases de efecto invernadero se asocian a la fabricación de productos y más del 90 % de la pérdida de la biodiversidad y del estrés hídrico se deben a la extracción y al tratamiento de los recursos naturales (UNEP, 2019).

Por otra parte, se estima un aumento de la temperatura global de entre 3 y 6 °C para el año 2044 (Circle Economy, 2021). Los impactos de este aumento de la temperatura global incluirán inundaciones más frecuentes e intensas, huracanes, tifones, sequías más prolongadas, eventos de calor más extremos, patrones cambiantes de congelación y descongelación, o incendios forestales más frecuentes e intensos, entre otros (IPPC, 2021).

Igualmente, el uso de combustibles fósiles agrava el cambio climático y la contaminación atmosférica, que por sí sola es la causa de una de cada cinco muertes prematuras en todo el mundo (más de 8 millones de muertes al año) (Vohra *et al.*, 2021).

Una especial atención merece la problemática de la ingente acumulación de desechos plásticos y microplásticos al medio ambiente (Chapman *et al.*, 2022). El mundo está produciendo una cantidad asombrosa de plástico –402 millones de toneladas métricas por año,

que es el peso de 40 millones de autobuses cargados de personas– y la producción está creciendo a un 8,3 % al año. Más del 40 % son plásticos de un solo uso y gran parte de ellos terminan en vertederos, otras cantidades sorprendentes se encuentran en el aire que respiramos y como polvo que se deposita en el agua que bebemos. Los microplásticos se convirtieron en una preocupación en los estudios oceanográficos hace aproximadamente una década, ya que se encontraron fácilmente grandes cantidades de este tipo de partículas flotando en la columna de agua. Por ejemplo, se estima que 132 partículas de plástico por m^2 se depositan cada año en tierras protegidas en el oeste de los Estados Unidos, lo que equivale a más de 1000 toneladas métricas de plástico. El transporte atmosférico de estas partículas significa que se encuentran en regiones remotas lejos de sus fuentes, como los hábitats montañosos vírgenes de los Pirineos (a 95 km de una fuente), el Ártico, la meseta tibetana de China e incluso glaciares en Ecuador (Cabrera *et al*., 2022). Las personas consumen alrededor de 39 000 a 98 000 partículas de plástico cada año e inhalan entre 10 000 y 100 000 partículas al año.

Todo ello en un escenario en el cual, según las previsiones de las Naciones Unidas, la población global se incrementará unos dos mil millones de personas en 30 años (llegaremos a unos 9 mil millones de habitantes). Con niveles de consumo (abastecimiento de agua y alimentos, fuentes de energía y otras materias primas y recursos básicos) por encima de la reposición de la tasa de recursos, que, de no revertirlo, harían falta casi tres planetas como la Tierra para sostener los modos de vida actuales.

SOLUCIONES EN FORMA DE REGULACIONES POLÍTICAS

Por estos motivos se necesitan políticas que sean ambiciosas y que mantengan los esfuerzos a largo plazo, mediante el desarrollo de políticas oceánicas nacionales que protejan dichos ecosistemas.

De ahí que los primeros impulsos al concepto de economía azul se diesen ya en 2012, en la Conferencia de Río, en la que se hizo hincapié en la necesidad de instaurar la ordenación sostenible de los mares y océanos, basándose en la premisa de que unos ecosistemas oceánicos saludables son esenciales para una economía sostenible basada en sus recursos.

Durante esta década se ha venido trabajando en diferentes objetivos encaminados a la sostenibilidad de la economía marítima, como la Conferencia de Economía Azul Sostenible (SBEC), reuniones mantenidas entre representantes de numerosos países y expertos mundiales (Lisboa, 2022; Nairobi, 2018), donde se trataron asuntos relacionados con aspectos como la protección, gestión de residuos, inversión y financiación, todas ellas cuestiones esenciales para el desarrollo *Blue Growth*.

Europa también se suma a la promoción al desarrollo y transformación de la economía actual hacia una economía moderna que sea eficiente en el uso de los recursos y a la vez competitiva, que proteja el capital natural de la UE a través del Pacto Verde Europeo (2019) que, además, incluye entre sus objetivos alcanzar la neutralidad climática en la Unión Europea (UE) en el año 2050. Es necesario que la economía azul se situé en una senda más sostenible para mantener un océano saludable, con nuevos enfoques hacia actividades relacionadas con la producción de energía, la ecologización del transporte y la producción alimentaria sostenible.

De ahí que la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (aprobada por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2015), contempla 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y promueve que, sin unos océanos saludables, la vida en este planeta

correría peligro y las sociedades humanas de todo el mundo perderían la capacidad de sustentarse a sí mismas. El ODS 14 resulta clave para la cuestión del crecimiento azul: "Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible", que no solo tiene que ver con la extracción de recursos para lograr beneficios sectoriales, sino también con el desarrollo de una política de beneficio social y humano, sin embargo, junto con el de hambre cero (ODS 2), resulta ser de los ámbitos menos trabajados en los ODS. A diferencia de otros ámbitos de producción y consumo responsable (ODS 12), vinculado a una mayor concienciación sobre aspectos de economía circular y con mayor peso en las pymes, microempresas y autónomos/as. En este sentido las industrias pesqueras deben asumir un mayor compromiso con el suministro de sus pesquerías certificadas o aumentar la trazabilidad desde el origen hasta el producto final, al mismo tiempo que trabajan en hacerse responsables en la gestión de sus residuos, lo que favorece la conservación de los ecosistemas marinos.

No solo los operadores de la economía azul deben avalar los principios del Pacto Verde Europeo, sino también las partes interesadas deben cooperar (desde las grandes y pequeñas empresas hasta los grupos locales, los jóvenes apasionados por la salud de nuestros océanos y el público en general).

SOLUCIONES MEDIANTE EL PLANTEAMIENTO DE UN NUEVO ENFOQUE HACIA LA ECONOMÍA AZUL

En este contexto y en paralelo a los sectores tradicionales, están creciendo sectores innovadores que contemplan a las costas y océanos como motor para el crecimiento sostenible, tales como la energía oceánica renovable, que puede contribuir facilitando la descarbonización, la bioeconomía azul como forma de conservación del capital natural, la economía circular y la producción responsable de alimentos. Actividades que pueden llegar a transformar las cadenas de valor de la economía azul hacia un enfoque más sostenible, a la vez que abre nuevas perspectivas y crea empleo.

La economía azul frente a los objetivos de la descarbonización

Una de las propuestas de la Unión Europea para la lucha contra el cambio climático es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al menos en un 55 % para 2030 con respecto a los valores de 1990 y a ser climáticamente neutra para 2050.

La economía azul puede contribuir a la descarbonización y, por tanto, a conseguir el objetivo de neutralidad en emisiones de carbono mediante el desarrollo de la energía renovable marina y la ecologización del transporte marítimo y los puertos, con la consiguiente reducción de la huella de carbono de muchas actividades que se realizan actualmente.

La energía renovable marina podría ayudar a alcanzar estos objetivos y generar un cuarto de la electricidad de la UE en 2050, principalmente a través de energía eólica marina fija. Otras posibles tecnologías podrían ser la energía eólica marina flotante, térmica, undimotriz (energía de las olas) y mareomotriz, y en menor energía marina fotovoltaica o flotante. Para acelerar su desarrollo, en 2020 la Comisión Europea publicó una nueva estrategia sobre la energía renovable marina de la UE[1] que aspira a multiplicar por cinco la capacidad de la energía renovable marina de aquí a 2030, y por treinta de aquí a 2050.

1. COM (2020) 741 final.

La protección de la biodiversidad: contribución del carbono azul

La biodiversidad costera está íntimamente relacionada con la contribución del denominado "carbono azul"[2] acumulado por los sistemas de vegetación costera y los lechos de vegetación marina. La preservación de la captura de carbono azul también va unida a la preservación de la biodiversidad, y contribuye considerablemente a la consecución de los objetivos de descarbonización del Pacto Verde Europeo.

Sin embargo, los manglares, las marismas y los pastos marinos se encuentran bajo mucha presión a causa del desarrollo costero y el cambio en el uso de la tierra (Alongi, 2002). Cuando se elimina la vegetación y la tierra se drena o se draga con fines de desarrollo económico, los sedimentos quedan expuestos a la atmósfera o a la columna de agua, lo que causa que el carbono almacenado en el sedimento se combine con el oxígeno del aire para formar CO_2 y otros gases de efecto invernadero (GEI) que se liberan hacia la atmósfera y el océano (Callaway *et al.*, 2012)

Los ecosistemas de carbono azul protegen las costas atenuando las olas y evitando la erosión, regulan la calidad del agua, son hábitats críticos para muchas especies de peces y moluscos, proporcionan madera y otros productos a las comunidades locales y son valorados por su valor estético y para el ecoturismo (Barbier *et al.*, 2011). Medias como prevenir la eutrofización de ciertas zonas ayudan a preservar la biodiversidad y aumentar así la resiliencia de los ecosistemas costeros y marinos. Actividades todas que podrían generar un sector económico que preserve la sostenibilidad del territorio, al mismo tiempo que se alinea con los principios de una economía circular.

Por estas razones la Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad señala que de aquí a 2030, se debería ampliar la protección al 30 % de la superficie marina y crear corredores ecológicos, lo que invertirá el proceso de pérdida de biodiversidad, contribuirá a la mitigación del cambio climático y la resiliencia frente a él y al mismo tiempo generará beneficios económicos y sociales considerables.

En este sentido la Junta de Andalucía ha sido pionera en la iniciativa de establecer el carbono azul como herramienta de compensación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Esta iniciativa es uno de los resultados del proyecto Life Blue Natura Andalucía[3] que coordina la Consejería de Agricultura y en el que también participan el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Asociación Hombre y Territorio (HYT) y la Universidad de Cádiz (UCA), entre otras entidades.

En el marco de este proyecto europeo, se ha elaborado un Manual[4] para la creación de Proyectos de Carbono Azul en Europa y el Mediterráneo que surge de un interés en financiar los esfuerzos de conservación y restauración a nivel tanto europeo como mediterráneo a través de la venta de bonos de compensación de carbono azul. Su objetivo es aportar orientación a partir de conocimientos para el desarrollo de intervenciones basadas en proyectos que emplean mecanismos de financiación de carbono, a fin de mejorar las condiciones de las praderas marinas y los

2. Se define el carbono azul como el carbono acumulado en el suelo, la biomasa aérea viviente (hojas, ramas y tallos), la biomasa subterránea viviente (raíces) y la biomasa no viviente (por ejemplo, hojarasca y madera seca) de manglares, marismas y pastos marinos (Mcleod *et al.*, 2011).

3. Disponible en: https://life-bluenatura.eu/es/.

4. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/48815954/manualcarbonoazul_esp_lr.pdf/c5fd5cf9-cac9-44d2-33ef-cbabb3305da5?t=1655831013157.

humedales costeros de cara a la mitigación y la adaptación al cambio climático. De forma complementaria, el manual puede utilizarse para otras intervenciones, por ejemplo, abordar cómo cuantificar de forma consistente las reservas de carbono azul para identificar ganancias y pérdidas e informar los inventarios de gases de efecto invernadero.

Resiliencia costera

Igualmente, la adaptación al cambio climático debe apoyarse en soluciones basadas en la naturaleza que den protección a nuestros recursos e infraestructuras económicos y naturales, y huir de las obras de construcción de "infraestructuras grises" (presas, diques o barreras protectoras de hormigón), que fomentan inundaciones y marejadas, erosión, etc.

Soluciones basadas en infraestructuras verdes en la costa, tales como los humedales, las marismas saladas, los lechos de vegetación marina, los manglares y las dunas, entre otros, permitirá preservar la biodiversidad, los ecosistemas costeros y los paisajes. Medidas que reforzarán el desarrollo sostenible del turismo y de la economía de estas regiones, y que puede generar un nuevo sector de la economía azul.

Sistemas alimentarios responsables

Aunque las pesquerías europeas han hecho un progreso considerable en la tarea del cumplimiento de las normas de sostenibilidad de la política pesquera común, aún existen desafíos importantes en cuanto a la reducción de las capturas no deseadas y de los descartes a través de técnicas de pesca más selectivas. Actualmente se está revisando el Reglamento de control de la pesca de la UE, en el que se debate la necesidad de controlar el desembarque y documentar exhaustivamente la pesca y las capturas accesorias de especies sensibles, que podría mejorarse mediante el control con nuevos sistemas digitales. Herramientas avanzadas para la pesca (como los sistemas electrónicos de control a distancia, la declaración de capturas mediante aplicaciones móviles, la modelización de ecosistemas y las herramientas de inteligencia artificial) pueden optimizar las operaciones de pesca y al mismo tiempo permitir disponer de datos, mejorar el control y seguimiento, además de reducir la carga administrativa, aspectos todos que permitirían una gestión sostenible de los recursos biológicos marinos sin necesidad de presencia física. Igualmente, la propia promoción de la digitalización para la industria pesquera daría paso a una nueva generación de empleos en Europa.

Existe una tendencia reciente del uso de las algas –tanto como productos biológicos y biocombustibles, como para alimentos y piensos–, lo que podría aliviar la presión que ejercen la agricultura, la acuicultura y la pesca sobre el medio ambiente. La inversión en las microalgas como nueva fuente de piensos puede ayudar a reducir la captura de peces salvajes para ese fin. La introducción de nuevos alimentos y piensos marinos y a base de algas en el mercado de la Unión Europea es una gran oportunidad para el desarrollo del sector de alimentos sostenibles, incluyendo siempre el desperdicio de alimentos como un flujo clave que debe gestionarse y reducirse con miras a una cadena alimentaria más sostenible y eficiente. Aunque muchos productos ya están en el mercado, la introducción de nuevos alimentos a base de algas podría estar sujeto a los requisitos del Reglamento sobre nuevos alimentos[5] y a una autorización

5. Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n.° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) n.° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n.° 1852/2001 de la Comisión.

previa a su comercialización. Las biotecnologías azules también ofrecen soluciones para fabricar materiales, enzimas, complementos alimenticios y medicamentos.

La economía circular y la prevención de residuos

El plástico: la mayor evidencia de basura marina

Las basuras marinas que vienen siendo una gran amenaza para nuestros mares y océanos se componen de una gran diversidad de materiales (plástico, metal, madera, caucho, vidrio y papel), siendo el plástico con diferencia el más abundante.

La acumulación de estos residuos en el medio marino produce un importante impacto socioeconómico, siendo además una amenaza para la salud humana, y presenta efectos negativos sobre los organismos marinos y los hábitats. Está ampliamente documentado que el impacto de enredo o ingestión de desechos marinos puede tener consecuencias negativas sobre el estado físico de los animales marinos e incluso conducir a su muerte. La ingestión de microplásticos es también motivo de preocupación, ya que puede proporcionar una vía para la introducción de productos químicos peligrosos en la cadena trófica, entre otros problemas.

Estudios recientes han demostrado la existencia de cinco regiones de acumulación a gran escala de residuos plásticos flotantes en los océanos, correspondientes a cada uno de los giros subtropicales situados a ambos lados del ecuador (Cózar *et al.*, 2015). Las corrientes oceánicas transportan los plásticos flotantes liberados desde fuentes terrestres (por ejemplo, ciudades costeras, ríos y playas turísticas) y marítimas (por ejemplo, buques y plataformas en el mar) hasta las zonas de convergencia centrales en el océano abierto, donde estos materiales se acumulan. Este proceso da lugar a concentraciones superficiales de plástico flotante del orden de kilogramos (o millones de piezas) por km^2 en el centro de los giros oceánicos, mientras que las concentraciones en mar abierto fuera de los giros solo alcanzan ocasionalmente unos pocos gramos (o miles de piezas) por km^2.

Hoy en día, nadie pone en duda que la introducción de los plásticos de forma rutinaria en las actividades cotidianas ha supuesto un gran avance para el desarrollo y el crecimiento económico. Tanto es así, que en el año 2020 el consumo de plásticos en todo el mundo fue de 367 millones de toneladas (Plastics Europe, 2020). Este consumo se ve incrementado gracias a las propiedades y características que poseen estos materiales y que les aportan durabilidad, versatilidad, bajo coste económico, resistencia, etc., generándose, por consiguiente, residuos que, si bien no son degradados de manera biológica, pueden ser fragmentados y fracturados por la acción de las condiciones del medio. Esta degradación puede producir partículas con un tamaño inferior al tamaño de origen y dar lugar a los denominados microplásticos secundarios. Sin embargo, también pueden sintetizarse con un pequeño tamaño como son los usados en los productos cosméticos y que reciben el nombre de microplásticos primarios. Para 2050, unas 12 000 Mt de residuos plásticos se habrán vertido o introducido en la naturaleza (Andrady, 2011).

Aunque no existe consenso en el mundo científico sobre el concepto de microplástico (MP) en cuanto a su tamaño, habitualmente este se usa para partículas plásticas de entre 5 mm y 1 µm. La dispersión de este tipo de partículas en el medio puede originar una grave problemática. Existen estudios que ya documentan la presencia de estas partículas en entornos marinos, de agua dulce y hasta en heces, placenta y torrente sanguíneo humano (Leslie *et al.*, 2022). El daño al medio ambiente de los plásticos no solo se limita a su ubicuidad, sino también a su absorción de

contaminantes del medio, como pueden ser pesticidas y fertilizantes.

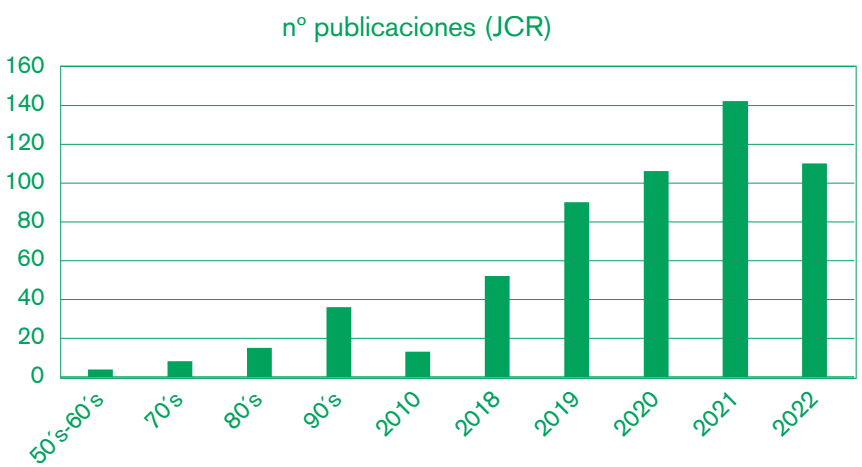
Este último hallazgo nos confirma que el ser humano se encuentra expuesto a la ingesta e inhalación de MP. Los principales motivos de que estas partículas lleguen a nuestro organismo van desde una mala gestión de residuos que dejan los envases de plásticos a la deriva, pudiendo llegar a océanos, hasta los vertidos de aguas residuales de nuestras redes de saneamiento, que contiene estas partículas y que las propias estaciones depuradoras de aguas residuales no son capaces de eliminar (Franco *et al.*, 2020; 21; Sakali *et al.*, 2021; 22). De ahí que los vertidos pueden llegar a litorales costeros, ríos e incluso embalses.

Otro factor añadido, de especial implicación por los episodios acontecidos durante 2020 y 2021, ha sido el aumento de posibles microplásticos procedentes del uso global de mascarillas desechables durante la pandemia de COVID-19, que, según Xu *et al.* (2021), reveló aumentos sustanciales en las concentraciones de polímeros (como PEST, PP y PS) en fuentes de agua dulce en el año siguiente.

A este respecto, cada vez son más los estudios que evidencian la incorporación de plásticos en el medio ambiente acuático y terrestre. La comunidad científica ha realizado un ingente esfuerzo por predecir lo que está ocurriendo en el medio marino con esta problemática, según se observa en las bases de datos oficiales (Scopus, artículos JCR), tan solo desde 2021 se pueden encontrar unas 10 551 publicaciones en todo el mundo relacionadas con plásticos en medio marino, de las que otras 3274 publicaciones están dedicadas a microplásticos en medio marino (todas posteriores a 2020). Esto no siempre ha sido así; revisando esta base de datos, a lo largo de la última década ha habido un progresivo interés por conocer más sobre este problema.

Sin embargo, en cuanto a la búsqueda de vías de solución a la problemática planteada por los plásticos en el medio marino, el número de investigaciones es mucho menor, tan solo 824 publicaciones desde 1950, con apenas unas 65 aportaciones en las décadas que van desde los años 50 hasta los 90, y un aumento considerable de hasta casi 100 publicaciones anuales de media, en los últimos 5 años (desde 2018 a la actualidad), tal y como refleja la Figura 1. Esto demuestra el interés y la repercusión que en el mundo científico tiene esta problemática.

Figura 1. N.º de publicaciones, palabras clave: plastic marine-microplastic solution (Fuente: Scopus, agosto 2022).



De esto se concluye que la principal incidencia sea la basura que queda fuera de los flujos de gestión de residuos; basura que puede estar descomponiéndose en micropartículas (botellas, bolsas de basura, neumáticos, etc.) junto con las redes de pesca. También se refleja que estamos ante un problema sin consecución de solución, puesto que las partículas que actualmente se encuentran en el medio seguirán su proceso de fragmentación en tamaños menores que aumentarán las concentraciones en el futuro.

EL PAPEL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA AZUL Y LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Tal vez, gracias a la comprensión del impacto de los plásticos y microplásticos como basura contaminante, la sociedad ha adquirido una conciencia social muy útil para entender la necesidad del cambio de nuestra economía basada en "extraer, producir, consumir y desechar" conocida como economía lineal y que ha demostrado ser "poco sostenible" con la capacidad de nuestro planeta.

De ahí que, para entender un horizonte y un futuro sostenibles, estemos ante la necesidad de adoptar nuevos modos de producción y de consumo, cambiando hacia una economía que reduzca el uso de materias primas, fomente la eficiencia de los sistemas productivos, promoviendo que los productos materiales y recursos permanezcan activos la mayor parte del tiempo posible y que paralelamente minimicen o reduzcan la cantidad de los residuos generados. Este nuevo modelo es el denominado economía circular. Aspectos como rediseño o ecosideño, reutilización, reparación, remanufacturación o el reciclaje en cada paso de la cadena de valor, son algunos de los principios donde sienta sus bases este concepto de "cerrar el ciclo de vida" de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía, al mismo tiempo que garantiza el crecimiento económico, un mayor bienestar social y la preservación del capital natural. Estas actuaciones ayudarían a reducir el uso de recursos, además de propiciar el desarrollo de una economía baja en carbono.

Una de las cuestiones más relevantes es la implicación de las partes interesadas que deben cooperar (desde las grandes y pequeñas empresas hasta los grupos locales, administraciones públicas y hasta la propia sociedad, que debe demandar productos más sostenibles). Sin embargo, es cierto que recae sobre las empresas el análisis de sus propias circunstancias y realizar su propia transición atendiendo siempre en la mejora continua y la innovación.

Es importante un cambio de enfoque ante la idea obsoleta de que la protección ambiental está en pugna con la economía, pues –en especial en la industria marítima– el medio ambiente y la economía son indisociables. Hay que entender el crecimiento azul como sostenible. Significa que las empresas recibirán incentivos por reducir su huella ambiental o, lo que es lo mismo, por usar o generar recursos renovables, preservar los ecosistemas marinos, reducir la contaminación y aumentar la resiliencia ante el cambio climático.

De ahí que no hay un único camino para pasar del actual modelo económico lineal al modelo circular. Ni alcanzar la circularidad es cuestión de todo o nada, se trata de incrementar paso a paso el grado de circularidad de los negocios. Al no ser un cambio sencillo, son varias las palancas necesarias para impulsar la transición hacia la economía circular:

Regulación que establezca objetivos comunes para todos los actores

Se necesitan políticas que sean ambiciosas y que mantengan los esfuerzos a largo plazo. De ahí que el Pacto Verde Europeo fuese presenta-

do a finales del 2019 planteando el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en la Unión Europea (UE) en el año 2050. España aprobó en 2020, la nueva Estrategia Española de Economía Circular, España Circular 2030, que supone un gran cambio de mentalidad y que ofrece una hoja de ruta para garantizar modelos más circulares que nos lleven a la neutralidad climática y que viene a asumir la Agenda 2030 de desarrollo sostenible (ODS 2030).

La aplicación de los principios de la economía circular y la prevención de los residuos es otra de las contribuciones de la economía azul. Cada año entran en los mares europeos unas 27 000 toneladas de microplásticos (principalmente plásticos de un solo uso, artes de pesca y desechos) generados por buques.

Existe un compromiso por parte de la UE de mantener limpios los mares de Europa, promovido tanto por la Directiva marco sobre la estrategia marina[6], como por la Directiva sobre plásticos de un solo uso[7] que va a suponer un indudable impulso a la restricción de la generación en el medio de todo tipo de plásticos, puesto que tiene por objetivo eliminar los productos de plástico de un solo uso y las artes de pesca, que en la actualidad representan el 70 % de los desechos marinos de la UE. Uno de los objetivos de la Comisión Europea para 2030 es reducir la basura plástica en el mar en, al menos, un 50 %, así como reducir en un 30 % los microplásticos liberados al medio ambiente. Se está trabajando para hacer lo mismo con los desechos y los microplásticos presentes en los fondos marinos.

En la Estrategia Europea para el Plástico en la Economía Circular (2018) se señala la importancia de la contaminación que está produciendo estos compuestos, tanto en ambientes marinos como terrestres, sin distinción de fronteras. Dicha estrategia insta a realizar una gestión sostenible de los residuos, con especial atención al reciclaje de plásticos, debiéndose investigar sobre los microplásticos y buscar vías de solución a la problemática planteada.

En relación con las artes de pesca, la Comisión está tomando medidas para desarrollar normas para el diseño circular de artes de pesca que faciliten su reutilización y reciclabilidad cuando llegan al final de su vida útil. Para ello se propone una revisión del Reglamento de control de la pesca que incluye medidas para reducir el daño provocado por los artes de pesca perdidos o abandonados.

También los fondos marinos están siendo centro de atención por los desechos y los microplásticos que se van acumulando, de ahí que el nuevo Reglamento relativo al Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura[8] seguirá brindando apoyo financiero a los pescadores para que recuperen y recojan los desechos y las artes de pesca perdidos[9] y para el procesamiento adecuado de estos materiales en puertos y puntos de desembarque, según lo estipulado por la Directiva sobre instalaciones portuarias receptoras[10].

Son varias las medidas propuestas por parte de la Comisión para combatir la contaminación de nuestros mares que puedan generar nuevas oportunidades. Entre estas medidas se encuentran la de reducir a la mitad los desechos plásticos del mar, la pérdida de nu-

6. Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina).
7. Directiva (UE) 2019/904, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente.
8. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura y por el que se deroga el Reglamento (UE) n.° 508/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo (FEMP). Acuerdo político de 3 de diciembre de 2020.
9. Mediante el posible uso de artes de pesca conectadas y equipadas con sensores.
10. Directiva (UE) 2019/883 por la que se modifica la Directiva 2010/65/UE.

trientes en el mar y el uso y el riesgo de los plaguicidas químicos de aquí a 2030.

- Otra de las medidas se refiere al control de los vertidos de los microplásticos mediante el desarrollo de medidas de etiquetado, normalización, certificación y regulación relativas a la liberación no intencional de microplásticos, incluidas las dirigidas a aumentar la captación de dichos microplásticos en todas las etapas del ciclo de vida de los productos. Garantizar que los desechos recogidos en operaciones de pesca se declaren en los puertos y que las artes de pesca de plástico se recojan y se reciclen tras su uso. La Comisión elaborará los actos de ejecución pertinentes y ha solicitado a los organismos de normalización de la industria que desarrollen normas aplicables a los artes de pesca reciclables.

- Otro aspecto fundamental supone el reciclado de buques y de los requisitos de la UE para el desmantelamiento de plataformas marinas a fin de garantizar la protección adecuada del medio marino.

HERRAMIENTAS QUE APOYAN EL DESARROLLO DE UNA ECONOMÍA AZUL SOSTENIBLE

Ante los retos y necesidades de adaptación a los nuevos requerimientos para poder tener una transición ecológica y justa, es preciso tener en cuenta varios factores, implicados para el progreso hacia una economía azul verdaderamente sostenible: (1) el conocimiento de los océanos mediante datos fiables y armonizados y el libre acceso a los datos, (2) el apoyo a proyectos de I+D+i en materia de economía circular y cambio climático, así como (3) aprovechar incentivos de carácter público de ayuda al sector privado, (4) fomentar una verdadera capacitación hacia los profesionales y los empleos de la economía azul, y, finalmente (5), propiciar alianzas clave de sostenibilidad.

Conocimiento de los océanos

Unos datos fiables, de alta calidad y armonizados sobre los océanos son una condición indispensable para lograr una transformación sostenible de la economía azul. Un mejor conocimiento de los océanos y de sus ecosistemas, así como el libre acceso a los datos, permitirá a la industria, a las autoridades públicas y a la sociedad civil tomar decisiones informadas.

Apoyo a proyectos de I+D+i en materia de economía circular y cambio climático

La investigación y la innovación marinas y marítimas son fundamentales para alcanzar la ambición de la UE de ser climáticamente neutra de aquí a 2050, para la protección y la restauración de los ecosistemas marinos y para convertir la economía azul en una fuente de ideas y acciones para generar innovación sostenible.

Proyectos que aportan soluciones a la basura marina

En cuanto a posibles soluciones, según el reciente Foro Internacional MARLICE sobre Basuras Marinas y Economía Circular (mayo 2022), coordinado por la Asociación Española de Basuras Marinas (AEBAM), es necesario el fomento de la cooperación entre la sociedad civil, el sector productivo, la administración pública y la investigación, con el fin de elaborar criterios de acción para acabar con los microplásticos en el medio ambiente.

Son necesarias actuaciones que fomenten iniciativas en este sentido. Una entidad que ha contribuido a la financiación de proyectos cen-

trados en la lucha contra las basuras marinas es la Fundación Biodiversidad (45 proyectos entre 2016-2022). Entre ellos, se encuentran proyectos propios, como el Programa de Voluntariado Ambiental y el Proyecto Life IP INTEMARES[11]. También son destacables las convocatorias de ayudas específicas (Ecoembes) y la convocatoria general de ayudas y de biodiversidad marina, así como las convocatorias de ayudas y subvenciones vinculadas a los fondos estructurales, de los que la Fundación es Organismo Intermedio de Gestión: el Programa Empleaverde[12], cofinancido por el FSE, y el Programa Pleamar del FEMP.

A través del Programa Pleamar, la Fundación Biodiversidad apoya proyectos que promuevan la sostenibilidad de las actividades pesqueras y acuícolas. En el ámbito de las basuras marinas, destacan tanto los proyectos de caracterización, tratamiento y valorización de residuos marinos, como los proyectos de recogida de residuos por parte de los pescadores.

Recientemente han sido varios los proyectos que han dado lugar a resultados relevantes, como el proyecto OBAM[13] (en Fuerteventura, Canarias), para la caracterización de 27 residuos marinos. También en el caso de REPESCA_PLAS[14], que durante el 2020 logró retirar 834,45 kg de residuos de fondo profundo con barcos de arrastre. Otro proyecto, RE-MAR II[15], consiguió la asistencia de 157 voluntarios y voluntarias con discapacidad y un total de 127,3 kg de residuos recogidos. Por último, también cabe mencionar que el proyecto MEDPELLETS[16], ha alcanzado, incluso, un récord mundial en una de sus acciones, consiguiendo la recogida de 1 830 000 pellets de plástico.

Proyectos de economía circular y biotecnología azul

Otra de las actividades identificadas como motor de la *Blue Grow,* aunque todavía está en una etapa de predesarrollo pero que tiene un gran potencial de crecimiento debido a la alta disponibilidad de espacios para la producción de algas útiles para la industria de alimentación, es la "biotecnología azul". En general, solo unos pocos proyectos han comenzado a trabajar en esta actividad y su potencial está lejos de haber sido alcanzado; sin embargo, el apoyo del sector público debe considerarse crucial para el desarrollo de la actividad. Son varios los proyectos que ya se han llevado a cabo, fundamentalmente para valorización de algas.

Un ejemplo lo encontramos en la isla Martinica, para valorizar las algas *sargassum*, la esponja marina y la espirulina. La investigación está liderada por institutos de investigación –IFREMER[17], UAG[18], CIRAD[19], INRA[20]– y partes interesadas privadas. ADEME[21] lanzó una convocatoria de proyectos en Martinica en 2015 sobre la recolección y valorización de *sargassum*; los campos más prometedores

11. Proyecto Life IP INTEMARES. Disponible en: https://fundacion-biodiversidad.es/es/biodiversidad-marina-y-litoral/proyectos-propios/life-ip-paf-intemares.
12. Programa Pleamar. Disponible en: https://www.programapleamar.es/.
13. OBAM. Disponible en: https://www.programapleamar.es/proyectos/obam-observatorio-de-basura-marina.
14. REPRESCA_PLAS. Disponible en: https://fundacion-biodiversidad.es/es/biodiversidad-marina-y-litoral/proyectos-convocatoria-ayudas/repescaplas-valorizacion-material-de.
15. RE-MAR II. Disponible en: https://fundacion-biodiversidad.es/es/content/re-mar-ii-custodia-ambiental-para-la-reduccion-de-residuos-en-el-espacio-marino-protegido-de.
16. MEDPELLETS. Disponible en: https://www.programapleamar.es/proyectos/medpellets-estado-y-dinamicas-de-contaminacion-por-pellets-en-el-mediterraneo-occidental.
17. IFREMER: Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.
18. UAG: Université des Antilles et de la Guyane.
19. CIRAD: Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour ledéveloppement.
20. INRA: Institut National de Recherche Agronomique.
21. ADEME: Environment and Energy Management Agency.

son el compost, los usos agrícolas (fertilizantes) y los bioplásticos.

Otra iniciativa en etapa de predesarrollo muy reciente (2021) en el sur de España, ALGAE-COPACK, tiene el objetivo de valorizar las algas de arribazón de las costas gaditanas como envases ecológicos. La investigación está liderada por la Universidad de Cádiz en grupos operativos con administraciones públicas (IEDT[22], UCA[23], GOAG[24]) y partes interesada privada FUTURALGA[25], financiado por el programa ITI 2014-2020[26].

En Madeira, una microempresa está invirtiendo en el mercado azul de la biotecnología, dedicándose a la producción de extractos naturales obtenidos a partir de macroalgas marinas. La empresa promovió, junto con la Universidad de Madeira, el proyecto Bioprospecção de Macroalgas Marinhas para Cultivo y Uso de Matéria-Prima na Produção de Extractos (BPMA), financiado por el programa INTERVIR, destinado a la bioprospección y producción de algas marinas para obtención de extractos naturales[27].

También en Canarias, el proyecto ALGABIOMAC[28] promueve la I+D para extracción de sustancias bioactivas a partir de microalgas y macroalgas de la Macaronesia: evaluación y caracterización técnica y comercial de la extracción supercrítica de pigmentos naturales, antioxidantes (carotenos) y ácidos grasos (omega 3 y 6) de microalgas y macroalgas para el desarrollo de nuevas industrias. Esta actividad, catalogada localmente como una rama del sector de la acuicultura, es considerada la base de la futura actividad de la biotecnología azul en el archipiélago.

El Grupo de Investigación en Acuicultura de la ULPGC (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria) promueve una visión estratégica del sector de la acuicultura con productos de alta calidad nutricional, innovación en dieta, selección de especies y policultivo multitrófico. Particularmente relevante es el proyecto ECOAQUA. El grupo desarrolla la tecnología de la acuicultura, promueve la creación de infraestructuras, ofrece capacitación a universitarios y técnicos e intercambios de experiencia en el Espacio Europeo de Investigación (EEI). El apoyo de los equipos de I+D de Canarias es un activo para el desarrollo de la actividad acuícola a nivel regional y de cuenca marina. En 2021 el Consejo de Gobierno aprobó la Estrategia Canaria de Economía Azul 2021-2030 y la Estrategia Canaria de Economía Circular 2021-2030; se trata de la primera comunidad que aprueba ambas estrategias como una apuesta decidida del Gobierno de Canarias por un desarrollo más inteligente, sostenible e integrador de la economía canaria.

Apoyo financiero público

El apoyo financiero público es fundamental para ayudar a las empresas y, sobre todo, a las pymes, a través de paquetes de estímulo, ayudas estatales y fondos de rescate.

En Europa se han aprobado los fondos Next Generation EU para ayudar a reparar los daños económicos y sociales causados por la pandemia del COVID-19. Estos fondos serán canalizados en España a través del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

22. IEDT: Instituto de Empleo y Desarrollo Socioeconómico y Tecnológico IEDT, Diputación de Cádiz.
23. UCA: Universidad de Cádiz.
24. GOAG: Unión de Agricultores y Ganaderos de Andalucía.
25. FUTURALGA: Futuralga Sociedad Cooperativa Andaluza
26. Proyecto financiado por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Junta de Andalucía. Ayudas al funcionamiento de los grupos operativos de la AEI contempladas en ITI 2014-2020 de Cádiz.
27. Programa Operacional de Valorização do Potencial Económico e Coesão Territorial da Madeira (Programa operativo para la promoción del potencial económico y la cohesión territorial de Madeira), creado en el marco del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.
28. Disponible en: https://www.itccanarias.org/web/es/actualidad/noticias/np_clausura_proyecto_algabiomac.

(PRTR). Las inversiones previstas incluyen ayudas por valor de 492 millones de euros y se espera movilizar recursos superiores a los 1200 millones hasta el año 2026, alrededor de un 39 % se destinará a la transición verde y ecológica, a través de las diferentes convocatorias que están y continuarán surgiendo de los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y la Transformación Económica (PERTE), siendo un nuevo instrumento de colaboración público-privada en los que colaboran las distintas administraciones públicas, empresas y centros de investigación. Su objetivo es impulsar grandes iniciativas que contribuyan claramente a la transformación de la economía española.

El PERTE de economía circular busca acelerar la transición hacia un sistema productivo más eficiente y sostenible en el uso de materias primas. La economía circular supone un nuevo paradigma de producción y consumo en el que se optimizan los recursos y se minimizan los residuos generados. Se trata de impulsar una transición del actual modelo económico lineal basado en producir, consumir y tirar, a otro modelo en el que se reduzca la huella ecológica fomentando acciones como el reciclaje y la reutilización de los productos.

La economía circular tiene potencial para crear unos 700 000 puestos de trabajo en Europa, de los que al menos un 10 % podría generarse en España. Además de favorecer esos nichos de empleo, esta estrategia aportará resiliencia al aliviar la dependencia de la economía española del exterior, especialmente en momentos de incertidumbre sobre la disponibilidad de materias primas. El PERTE extiende este enfoque a todos los sectores productivos, así como al consumo y la gestión de los residuos.

Es importante controlar que las inversiones en la economía azul que se realizarán en la próxima década sean realmente sostenibles. Es fundamental que las cuestiones relativas a la sostenibilidad se integren ahora en todas las decisiones de inversión, sin importar su origen.

Fomentar una verdadera capacitación hacia los profesionales y los empleos de la economía azul

La transición a una economía circular en España requiere de una actividad coordinada y responsable entre las administraciones, los diferentes sectores económicos y el conjunto de la sociedad.

A pesar de la desaceleración generalizada del mercado laboral debido a la pandemia, la doble transición ofrece un gran potencial de empleo. Para materializar este potencial, es fundamental que las empresas que están a la vanguardia de la tecnología puedan beneficiarse de una mano de obra cualificada. También debemos mejorar la percepción pública de las profesiones de la economía azul.

Algunas iniciativas por parte del gobierno ha sido el impulso en 2017 del Pacto por la Economía Circular con objeto de implicar a los principales agentes económicos y sociales de España. A día de hoy, más de 380 empresas se han comprometido a reducir el uso de recursos naturales no renovables, a impulsar el análisis del ciclo de vida de los productos, a incorporar criterios de ecodiseño o a promover formas innovadoras de consumo sostenible. Asimismo, se pretende potenciar el intercambio de buenas prácticas en economía circular entre los principales agentes implicados, de manera que se creen sinergias que favorezcan dicha transición.

CONCLUSIONES

No cabe duda de que estamos ante un panorama en el que la ciudadanía está adquiriendo una conciencia medioambiental ante los

graves problemas, tal vez uno de los impactos ambientales mejor comprendidos por la población en general haya sido la contaminación por plásticos y microplásticos como basura contaminante reciente de nuestros mares y océanos.

De ahí que la economía azul deba ser considerada como el apoyo a largo plazo del crecimiento sostenible de los sectores que engloban desde el transporte marítimo, pesca y acuicultura incluyendo también a la energía renovable, hasta otros sectores basados en la propia costa (por ejemplo, los puertos, los astilleros, la acuicultura en tierra, la producción de algas y el turismo costero).

Este entendimiento va a ser muy útil para entender la necesidad del cambio de nuestra economía lineal basada en extraer, producir, consumir y desechar, y que ha demostrado ser poco sostenible con la capacidad de nuestro planeta, hacia una economía que fomenta la eficiencia de los sistemas productivos, al mismo tiempo que se minimiza la cantidad de residuos generados, conocida como economía circular.

Es por ello por lo que el impulso de la economía circular y la economía azul debe venir en forma de diferentes soluciones. Una de ellas son las regulaciones políticas, que sean ambiciosas y que mantengan los esfuerzos a largo plazo mediante el desarrollo de políticas oceánicas nacionales encaminadas a la sostenibilidad de la economía marítima, como puede ser el Pacto Verde Europeo (2019), que intenta alcanzar la neutralidad climática en la Unión Europea (UE) para el año 2050. O la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible que incita a las industrias pesqueras a asumir una mayor responsabilidad con la gestión de sus residuos, a través de los ODS 14 y ODS 12, lo que favorece la conservación de los ecosistemas marinos.

Otra de las soluciones está relacionada con el crecimiento de sectores innovadores como la energía oceánica renovable, que puede llegar a contribuir facilitando la descarbonización. De aquí a 2030 se debería ampliar la protección al 30 % de la superficie marina y crear corredores ecológicos, considerado como otra de las posibles soluciones, que revertirá el proceso de pérdida de biodiversidad, contribuirá a la mitigación del cambio climático y la resiliencia frente a él y al mismo tiempo generará beneficios económicos y sociales considerables.

También el apoyo a la naturaleza es otras de las soluciones, como huir de obras de construcción de "infraestructuras grises" (presas, diques o barreras protectoras de hormigón), que fomentan inundaciones, marejadas, erosión, etc., y apoyar infraestructuras verdes en la costa que permitan preservar la biodiversidad, al mismo tiempo que refuerza el desarrollo sostenible del turismo que pueda generar un nuevo sector de la economía azul.

Otra solución que considerar es la producción responsable de alimentos, tal vez basados en el uso de algas y microalgas y otros productos biológicos, como alimentos y piensos, lo que podría aliviar la presión que ejercen la agricultura, acuicultura y pesca sobre el medio ambiente.

Por ello, las herramientas que deben apoyar el desarrollo de una economía azul sostenible deben estar relacionadas con un amplio conocimiento de los océanos a través del libre acceso a los datos. Otra de las herramientas va a ser el apoyo a proyectos de I+D+i en materia de economía circular y cambio climático, junto con el apoyo financiero público, fundamental para ayudar a las empresas (pymes), controlando que las inversiones sean realmente sostenibles; finalmente asegurar una buena capacitación hacia profesionales y empleos relacionados con la economía azul.

Se hace necesario, por tanto, un cambio de enfoque ante la idea obsoleta de que la

protección ambiental está en pugna con la economía, pues, en especial en la industria marítima, el medio ambiente y la economía son indisociables. Hay que entender el crecimiento azul como sostenible.

De ahí que no hay un único camino para pasar del actual modelo económico lineal al modelo circular en el sector marino y marítimo, ni alcanzar la circularidad es cuestión de todo o nada. Se trata de incrementar, paso a paso, el grado de circularidad de los negocios.

BIBLIOGRAFÍA

Alongi D. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331-349.

Andrady Al. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine pollution bulletin*, 62(8), 1596–1605.

Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs, 81, 169–193.

Cabrera M, Moulatlet GM, Valencia BG, Maisincho l, Rodríguez-Barroso R, Albendín G, Sakali A, Lucas-Solis O, Conicelli B & Capparelli MV (2022). Microplastics in a tropical Andean Glacier: A transportation process across the Amazon basin? *The Science of the total environment*, *805*, 150334.

Callaway JC, Borde A, Diefenderfer Hl, Parker VT, Rybczyk JM, Thom RM. *et al.* (2012). Pacific Coast tidal wetlands. University of California Press Berkeley, CA, USA.

Chapman CA & Peres CA (2021). Primate conservation: Lessons learned in the last 20 years can guide future efforts. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, *30*(5), 345-361.

IPCC. (2021). Summary for Policymakers. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.l. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, l. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3—32

Cózar A, Sanz-Martín M, Martí E, González-Gordillo JI, Ubeda B, Gálvez JÁ, & Duarte C M (2015). Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PloS one*, *10*(4), e0121762.

Directiva (UE) 2019/904, de 5 de junio de 2019, relativa a la reducción del impacto de determinados productos de plástico en el medio ambiente.

Franco AA, Arellano J M, Albendín G, Rodríguez-Barroso R, Zahedi S, Quiroga JM & Coell, MD (2020). Mapping microplastics in Cadiz (Spain): Occurrence of microplastics in municipal and industrial wastewaters. *Journal of Water Process Engineering*, 38, 101596.

Franco AA, Arellano JM, Albendín G, Rodríguez-Barroso R, Quiroga JM & Coello MD. (2021). Microplastic pollution in wastewater treatment plants in the city of Cádiz: Abundance, removal efficiency and presence in receiving water body. *Science of the Total Environment*, 776, 145795.

IPCC. (11 de noviembre de 2022). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

Leslie HA, van Velzen M, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ & Lamoree MH. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment international*, *163*, 107199.

Manager International Resource Panel. (2018, 3 diciembre). *Perspectiva de recursos globales*. Resource Panel. https://www.resourcepanel.org/es/informes/perspectiva-de-recursos-globales.

Mcleod E, Chmura Gl, Bouillon S, Salm R, Bjork M, Duarte C.M. *et al.* (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vege-

tated coastal habitats in sequestering CO2. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552–560.

Plastics Europe. (2020). Plásticos – Situación en 2020. Un análisis de los datos europeos de producción, demanda y residuos de plásticos.

Sakali A, Coello D, Haïlaf A, Egea-Corbacho A, Albendín G, Arellano J & Rodríguez-Barroso R. (2021). A new protocol to assess the microplastics in sewage sludge. *Journal of Water Process Engineering*, 44, 102344.

Sakali A, Coello D, Brigui J, Albendín G, Arellano J, Quiroga JM & Rodríguez-Barroso R. (2022). Annual estimates of microplastics in municipal sludge treatment plants in southern Spain. *Journal of Water Process Engineering*, 49, 102956.

Vohra K, Vodonos A, Schwartz J, Marais EA, Sulprizio MP & Mickley lJ (2021). Global mortality from outdoor fine particle pollution generated by fossil fuel combustion: Results from GEOS-Chem. *Environmental Research*, 195, 110754.

Xu Q, Huang Q, Luo T, Wu R, Wei W & Ni B. (2021). Coagulation removal and photocatalytic degradation of microplastics in urban waters. *Chemical Engineering Journal*.

LA FINANCIACIÓN DE LA TRANSICIÓN A UNA ECONOMÍA AZUL SOSTENIBLE

Pablo Cousteau

Sergio Reyes

INTRODUCCIÓN

Los grandes retos y objetivos de las inversiones en economía azul

En primer lugar, es importante mencionar que en el ámbito de la UE se considera economía azul toda actividad ligada a los océanos, mares y costas, pudiendo estar ubicada dicha actividad en el medio marino (transporte marítimo) o en tierra (astilleros, puertos, etc.). En cuanto a la importancia de la misma con respecto a la economía global de la UE, la economía azul supone un total de 4,5 millones de empleos directos y genera 650 000 millones de euros de volumen de negocio.

En segundo lugar, mayo de 2021 es una fecha clave, pues en ese momento la Comisión Europea estableció las nuevas líneas de actuación y sus prioridades a la hora de abordar los retos de la economía azul en el ámbito de la UE. Esta toma de posición tiene una gran importancia, pues el cumplimiento de los objetivos establecidos forma una parte esencial del llamado Pacto Verde Europeo y su objetivo es que la recuperación económica tras los años de pandemia no solo sea más inclusiva sino también compatible con la preservación del medio ambiente. Se promulga que la economía azul sostenible y el crecimiento de la actividad económica vayan de la mano, y para ello, es necesario superar el concepto de mera "explotación" para utilizar a partir de ahora el concepto de "sostenibilidad".

La posición de la UE enumera los sectores afectados (pesca, acuicultura, construcción naval, transporte marítimo, turismo costero) que deberán reducir su impacto medioambiental, contribuir de manera sustancial en la lucha contra el cambio climático y, para ello, potenciar las inversiones en desarrollar aquellas tecnologías que permitan la creación de empleos verdes.

Finalmente, se establecen 6 objetivos específicos para el desarrollo de la economía azul en la UE y se fija una agenda detallada para cada uno de ellos.

1. Neutralidad climática y contaminación cero. Se pretende que en 2050 el 25 % de la energía generada en la UE provenga de energías limpias marinas (undimotriz, mareomotriz, térmica y eólica).

2. Reducir la contaminación marítima a través de la economía circular (reducción de los residuos plásticos y microplásticos, desmantelamiento de plataformas en alta mar, utilización de artes de pesca sostenibles, reciclado de barcos, etc.).

3. Preservación de la biodiversidad marina, con el objetivo de proteger el 30 % de la zona marítima de la UE.

4. Protección de las costas frente a la erosión o las inundaciones y desarrollo de infraestructuras ecológicas.

5. Garantizar una producción sostenible de alimentos marinos.

6. Creación del Foro Azul, para fomentar el debate e intercambio de ideas entre los sectores vinculados a las actividades marinas.

Por último, en lo que respecta a la financiación de la economía azul en el ámbito de la UE, se establece lo siguiente:

- Un nuevo marco de colaboración entre la UE, el Banco Europeo de Inversiones[1] (BEI) y el Fondo Europeo de Inversiones[2] (FEI) para la financiación de aquellos proyectos encaminados a la disminución de la contaminación marina, así como a potenciar la bioeconomía e innovación azules.

- Se crean de manera simultánea una nueva plataforma y un fondo marítimo de pesca y acuicultura denominados BlueInvest[3], cuyo objetivo es el de apoyar aquellos proyectos empresariales encaminados a conseguir una transformación sostenible de las actividades marinas.

- Se solicita a los Estados que incluyan en sus planes nacionales de resiliencia y recuperación aquellas inversiones encaminadas a potenciar y modernizar la economía azul.

- Se potencia el programa de financiación Horizonte Europa[4], principal instrumento en materia de investigación e innovación de la UE y cuyo principal objetivo es el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, en este caso los ODS 6 y 14, y que cuenta con un presupuesto de 100 000 millones de euros para el periodo 2021-2027.

- Además, se crea una Misión específica sobre océanos y masas de agua, cuyo compromiso es el de potenciar la investigación y la innovación de las inversiones azules a través de soluciones innovadoras.

- Se significa el rol de la participación privada en la financiación de la economía azul y se subraya la importancia de que dichas inversiones cumplan con el marco establecido en los Principios Financieros de la Economía Azul Sostenible, promulgados en 2018 por Naciones Unidas.

En lo que se refiere a las inversiones en economía azul a nivel global, presentan algunos aspectos diferenciados con respecto a otras inversiones en el ámbito ESG (*Environment, Social, Governance*) y, según un informe del Deutsche Bank del año 2020, los grandes retos y tendencias que presentan son las siguientes (como se verá más adelante, en muchos casos se derivan de aspectos ligados a la gobernanza en el manejo de las inversiones):

- Un 80 % de las inversiones provienen del sector público, y únicamente un 20 % tiene su origen en capital privado. Un inconveniente en lo que se refiere al cuasi monopolio de las inversiones públicas es que pueden depender de factores políticos, y de ahí su ciclicidad, así como la importancia que la normativa aplicable en cada momento puede representar. Esto implica un gran reto en cuanto al creciente papel que los mercados de capitales y los fondos privados deberían tener en los próximos años.

1. Banco Europeo de Inversiones: https://www.eib.org/en/about/initiatives/preserving-our-oceans/index.htm
2. Fondo Europeo de Inversiones: https://www.eif.org/what_we_do/guarantees/news/2021/european-commission-eib-group-join-forces-to-protect-oceans-boost-investment-sustainable-blue-economy.htm?lang=-en
3. *BlueInvest*: https://webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/en/frontpage/1451
4. Horizonte Europa: https://www.horizonteeuropa.es

- La gran variedad de impuestos, incentivos económicos y la tipología de las subvenciones provoca una cierta descoordinación, pues las partidas presupuestarias, ayudas al desarrollo, etc., difieren en cada uno de los países. Tal y como se ha mencionado anteriormente, el 80 % de las inversiones en economía azul provienen de organismos oficiales o vinculados a gobiernos, por lo que el gasto público, las políticas fiscales, la ayuda al desarrollo o las subvenciones aplicables en los diferentes Estados no son homogéneas entre sí.

- Algunas subvenciones, si no están planteadas correctamente, pueden provocar perjuicios e injusticias en los sectores sobre los que pretenden actuar. Por ejemplo, en el caso de la pesca, solo un 16 % de las subvenciones a nivel global se destinaron en el año 2018 al sector de la pesca a pequeña escala, mientras que el 84 % restante fue destinado a explotaciones pesqueras de gran volumen. Por otra parte, estas subvenciones suponen muchas veces ventajas competitivas de unos Estados frente a otros, pues en algunos casos detraen recursos de unos y los asignan a otros, provocando ventajas competitivas injustas y no sostenibles en el tiempo. La falta de datos y de transparencia es también un factor que distorsiona la política de subvenciones, especialmente en la pesca a pequeña escala, y puede acabar fomentando la sobreexplotación pesquera.

- Mayor precisión de los datos. Este es otro de los retos pendientes. Las dificultades para medir con exactitud la extensión y profundidad de los océanos, así como las diversas interpretaciones en el control territorial de las aguas no facilitan la transparencia que sería necesaria a la hora de asignar inversiones de carácter público.

- Técnicas de medición del impacto de las inversiones realizadas. Para ello, es necesario que las nuevas actividades o proyectos generados en el ámbito de la economía azul tengan un impacto neto positivo y unos beneficios públicos medibles para ser puestos en marcha.

Por último, dentro de los instrumentos financieros públicos existentes hoy en día, y cuyo objetivo es el de preservar y potenciar la economía azul, existen diferentes objetivos:

- Algunos instrumentos, eminentemente fiscales, buscan compensar daños ya producidos: es el caso de los impuestos medioambientales.

- Otros instrumentos están más centrados en ayudar a asociaciones públicas o privadas cuya actividad vaya encaminada al desarrollo de la economía azul.

- También existen otras herramientas de ayuda que no conllevan coste alguno, pero que ayudan a mejorar y potenciar la sostenibilidad de nuestros productos a través de un etiquetado que refrende y garantice el cumplimiento de una serie de requisitos en su proceso de elaboración.

En general, queda un gran camino por recorrer y la propia Asamblea de Naciones Unidas sobre el medioambiente así lo ha manifestado. La incorporación de incentivos para el desarrollo de más ecosistemas y de Áreas Protegidas Marinas Empresariales son dos retos a largo plazo en los que el sector privado debiera tener un protagonismo mucho mayor en los próximos años.

Como se ha podido analizar a lo largo de este apartado, la gobernanza en el ámbito de las inversiones en economía azul es un aspecto clave de mejora, precisamente por el hecho

de que muchas de las inversiones provienen del sector público.

Quizás el aspecto clave que puede inclinar la balanza hacia un mayor uso de los recursos privados en la financiación de la economía azul sea el uso creciente de la tecnología y en este mismo capítulo se abordan en el apartado final algunos ejemplos de empresas que están consiguiendo, a través del uso de las nuevas tecnologías, mejorar las técnicas de medición de la calidad del agua, por ejemplo, o utilizar la teledetección vía satélite para que las llamadas "islas de plástico" sean localizadas con la máxima antelación en los ríos e impedir su llegada al mar. Son solo dos pequeñas muestras aleatorias, pero significativas, de la preponderancia que la tecnología tendrá los próximos años en la resolución de problemas que están dañando gravemente los ecosistemas marinos desde hace décadas.

IMPACTO DE LA NUEVA REGULACIÓN FINANCIERA EN LA ECONOMÍA AZUL

Antecedentes

Al amparo de los ODS de Naciones Unidas, la Unión Europea es la región que más esfuerzos está realizando para que los países que la conforman lideren el proceso de transición hacia una economía más sostenible, incluyendo la economía azul. Y por ello, la normativa financiera es un elemento esencial que ha permitido regular la actividad de los agentes intervinientes en el sistema financiero a lo largo de los años (actualmente, existen muchas novedades que están marcando las pautas que las entidades financieras deben seguir para facilitar la transición, de la sociedad en su conjunto, hacia un modelo más sostenible y que preserve los entornos marinos).

Taxonomía verde europea y su implicación en la economía azul

Para que la Unión Europea pueda cumplir con los objetivos climáticos y de energía del año 2030 (incluyendo el impacto en los ecosistemas marinos) y que han sido designados por la Comisión Europea a través del *European Green Deal*[5] es indispensable que se pueda canalizar una ingente cantidad de recursos financieros hacia la economía sostenible.

El *Plan Europeo de Finanzas Sostenibles* publicado en el año 2018 establecía que será necesario realizar una inversión anual de 260 000 millones de euros para poder cumplir con los hitos del *European Green Deal* (magnitud que solamente es alcanzable con recursos procedentes del sector público y privado).

En este sentido, y con el objetivo de crear una clasificación de aquellas actividades económicas reconocidas como "sostenibles", se ha creado la *Green Taxonomy*[6] de la Unión Europea. Lo que pretende la taxonomía verde es disponer un sistema de clasificación que facilite la inversión en sectores sostenibles. A efectos prácticos, la taxonomía representa una serie de pautas que permiten medir el grado de sostenibilidad de las inversiones y de las actividades de la empresa. En definitiva, consiste en una herramienta para clasificar si una determinada actividad económica es "medioambientalmente sostenible" y en qué circunstancias, esta información será crítica, ya que permitirá a los inversores disponer de un mapa que les guíe en su toma de decisiones en el proceso de transición hacia las finanzas sostenibles.

Los objetivos que pretende obtener la taxonomía verde son:

5. *European Green Deal*: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
6. *Green Taxonomy*: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

- Mitigación y adaptación del cambio climático.
- Protección y uso sostenible del agua y los recursos marinos.
- Transición a una economía circular, prevención y reciclaje de residuos.
- Prevención y control de la contaminación.
- Protección y restauración de la biodiversidad y los ecosistemas (tanto terrestres como marinos).

Consideraciones sobre las diferentes iniciativas normativas en sostenibilidad, cambio climático y economía azul de la Unión Europea

La agenda de la Unión Europea marca diversos objetivos, todos ellos más que deseables:

- Que el sector financiero (tanto público como privado) sea una correa de transmisión para facilitar la transición de las empresas hacia modelos de negocios sostenibles (incluida la economía azul).
- Que la lucha contra con el cambio climático es un primer eje de actuación al que deberá seguir un enfoque mucho más global en torno a criterios ESG.
- Que el proceso de transición permita alcanzar la neutralidad climática en el 2050 (tanto en ecosistemas terrestres como marinos).
- Que la UE disponga de un sistema de producción mucho más "resiliente" para poder hacer frente a los diversos retos a los que las economías de la zona Euro se están y seguirán enfrentando en el futuro.

Es imprescindible un acuerdo global entre todos los países que garantice una acción coordinada con el resto de las geografías a nivel mundial. Por ello, el Acuerdo de París[7] y los acuerdos alcanzados en las sucesivas COP[8] son imprescindibles, ya que deben permitir alinear la estrategia del planeta en su conjunto hacia la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático.

Afortunadamente, muchas grandes organizaciones (tanto bancos como grandes corporaciones de todo el mundo) están dando los pasos adecuados y, en muchos casos, adelantándose a la regulación, para propiciar la transición hacia la sostenibilidad y hacia un mundo más igualitario e inclusivo.

FUENTES PÚBLICAS DE FINANCIACIÓN DE LA ECONOMÍA AZUL

Instituciones multilaterales. Banco Europeo de Inversiones (BEI)

- El Banco Europeo de Inversiones (BEI), en colaboración con las instituciones más relevantes de la UE, ha establecido una serie de prioridades en cuanto a sus políticas de actuación, que son las siguientes: escasez de agua y sequías, inundaciones y adaptación de la economía azul al cambio climático. El sector Agua es uno de lo más regulados en la UE a través de la *Water Framework Directive*. Por ello, el BEI concede una importancia máxima a los proyectos vinculados al agua y a la protección marina en general, tanto dentro como fuera de la UE, pues tiene un

7. *Paris Agreement* – COP 21: https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2015/10/COP21-FAQs.pdf
8. COP en Escocia: https://ukcop26.org

compromiso muy claro con la consecución de los objetivos del milenio 6 y 14 de Naciones Unidas.

- El BEI es uno de los grandes financiadores de proyectos vinculados al agua hoy en día, siempre tratando de que el impacto de dichos proyectos sea máximo y que perdure en el largo plazo. En ese sentido, es de destacar que, desde los inicios de los años 60, el BEI ha financiado más de 16 000 proyectos por un monto de más de 80 000 millones de dólares en el sector agua, y en muchos casos incorpora también asistencia técnica y financiera.

- Solo en el año 2020, el BEI ha provisto fondos por importe de 4000 millones de dólares en el sector agua con un impacto medible: 26,6 millones de personas más tienen acceso a agua potable, el riesgo de inundaciones se ha reducido para 1,8 millones de personas, el riesgo de sequía también afecta a 8,7 millones menos, y 15,5 millones de personas se han beneficiado de mejoras relacionadas con el saneamiento del agua.

- Los aspectos clave que se valoran en el BEI a la hora de acometer la financiación de un proyecto son los siguientes:

  - Importancia de las cuencas fluviales.
  - Apoyo al desarrollo de la industria local.
  - Mitigación de los efectos del cambio climático.
  - Eficiencia en la gestión del agua.
  - Impulsar nuevas fuentes de suministro.
  - Saneamiento y gestión de residuos.
  - Investigación e innovación.

- Habitualmente, el BEI financia a empresas de servicios públicos (tanto públicas como privadas), a nivel nacional o local, y también participa directamente en operaciones de *Project Finance*. En ese sentido, puede llegar a cofinanciar el 50 % del volumen de los proyectos, aunque la media es del 30 %.

Unión Europea: ayudas y financiación al crecimiento azul

- Antecedentes: las primeras directivas sobre el agua datan de los años 70 (calidad de las aguas para los seres humanos y las especies marinas, sustancias peligrosas, etc.) y se multiplican en los años 80 y 90 (calidad del agua potable, aguas subterráneas, aguas urbanas residuales, uso agrícola, etc.). En 1996 se produce una comunicación sobre política de aguas hasta llegar a la Directiva Marco del Agua en el año 2000. Dicha directiva establece un marco comunitario de actuación de la UE en materia de políticas de aguas.

- Además, en 2016 se lanza el EIR[9] (*Environmental Implementation Review*), cuyo objetivo es el de mejorar la aplicación de los objetivos perseguidos, evaluar el grado de cumplimiento de las directivas, elaborar informes sobre la situación de los países miembros en materia de políticas de agua y evitar el inicio de procesos de infracción.

- En cuanto a la financiación de los proyectos vinculados a la economía azul en el ámbito de la UE, cabe destacar los siguientes:

  - Fondos Estructurales y de Inversión: Fondos FEDER FSE, FEADER y FEMP.
  - Programa LIFE.
  - Horizonte 2020.
  - Fondo Europeo para Inversiones Estratégicas (FEIE) y BEI (Banco Europeo de Inversiones).

9. EIR (*Environmental Implementation Review*): https://ec.europa.eu/environment/eir/index_en.htm

- Las inversiones comprometidas por el fondo FEDER en el ámbito de la gestión del agua para el periodo 2014-2020 alcanzan la cifra de 15 400 millones de euros en 18 países miembros.

- En el caso concreto de España, los fondos FEDER también han sido los más relevantes por su cuantía, como se puede analizar a continuación en el detalle de las inversiones del Programa de Fondos FEDER 2014-2020 en España:

  – Aguas residuales: 1300 millones de euros.
  – Regeneración de suelos contaminados: 265 millones de euros.
  – Naturaleza y biodiversidad: 225 millones de euros.
  – Adaptación al cambio climático: 195 millones de euros.
  – Gestión de residuos: 85 millones de euros.

España: programas ministeriales y fondos PERTE[10]

- Ayudas y financiación al crecimiento azul (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) a nivel estatal y autonómico:

  – Los sectores en los que prioriza sus ayudas son: la pesca extractiva, la energía azul, la acuicultura, el turismo marítimo, costero y de cruceros, los recursos marinos y la biotecnología azul.
  – Se trata de una estrategia a largo plazo a nivel estatal que pretende apoyar el crecimiento sostenible de los sectores marino y marítimo, y reconoce la importancia de los mares y océanos como potencial de desarrollo y crecimiento.
  – De manera más específica, la Secretaría General de Pesca ha creado el equipo Pescazul, que informa y difunde novedades y noticias del sector pesquero y los Espacios de Conocimiento, creados para difundir y acelerar la transferencia de conocimientos de aquellos proyectos más innovadores en el sector pesquero.
  – También se han creado los llamados mapas de financiación, que aglutinan las convocatorias (internacionales, nacionales y autonómicas) de ayudas públicas relacionadas con la economía azul.

- Programas y subvenciones que forman parte del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PERTE).

  – A finales de 2021, y dentro del PERTE o Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (en especial en referencia al Plan de impulso a la sostenibilidad, innovación y digitalización del sector pesquero), el Gobierno aprobó en Consejo de Ministros una primera dotación de 2 millones de euros a proyectos de economía azul centrados en el sector pesquero y de la acuicultura.
  – Esta línea de subvenciones propiciada por el PERTE tiene las siguientes características:
    ° La dotación cubre los años 2022 y 2023, y cada uno de los años cuenta con el 50 % del presupuesto total (es decir, 1 millón de euros cada uno de los dos años).
    ° Permitirá la financiación de actividades de crecimiento azul en los sectores pesquero y acuícola, incidiendo de manera especial en su modernización, actualización y mejora.
    ° Su objetivo es el de mejorar la competitividad y productividad de ambos sectores, tanto en lo que se refiere a su

10. Fondos PERTE: https://planderecuperacion.gob.es/como-acceder-a-los-fondos/pertes#circular

cadena de transformación como a su distribución.
    - Está destinada a agrupaciones formadas por entidades públicas o privadas de ámbito nacional relacionadas con el sector pesquero y de la acuicultura, siendo imprescindible también que dentro de dichas asociaciones estén presentes entidades públicas o privadas que tengan en vigor protocolos de actuación con la Secretaría General de Pesca en el ámbito del crecimiento azul.
    - Con carácter prioritario, se tendrán en cuenta los siguientes criterios: promoción de la igualdad y del relevo generacional, mejora de la formación, innovación en la salud laboral, la diversificación de actividades complementarias y todo aquello que permita impulsar el desarrollo local.

- Programa de transformación ambiental y digital del sistema agroalimentario o pesquero (Componente 3 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia).

  – Dentro de los objetivos de este ambicioso plan, dotado con 1051 millones de euros, aunque muchos de los objetivos están entrelazados con el sector agroalimentario, podemos destacar dos de ellos que tienen una relación directa con el agua y la economía azul:
    - Lograr una mejora de los recursos hídricos para reforzar el sistema agroalimentario: uso sostenible de los suelos agrícolas, modernización de los regadíos etc.
    - En lo que se refiere a la industria pesquera, el objetivo es el de fortalecer la Red de Reservas Marinas de interés pesquero, luchar contra la pesca ilegal, modernizar el sector e impulsar la innovación pesquera y oceanográfica.

  – En concreto, las principales reformas e inversiones que se pretenden llevar a cabo dentro del ámbito de la economía azul son las siguientes:
    - Impulso a la gobernanza y a la sostenibilidad de las inversiones en regadíos, tratando de que éstos sean más eficientes energéticamente, promoviendo el ahorro de agua y haciendo un mayor uso de aguas no convencionales.
    - Revisión del marco normativo nacional para una regulación más eficiente de la pesca sostenible. En ese sentido, se agrupará en una única ley la normativa que actualmente está dispersa en lo que se refiere a la explotación y censo de los caladeros.
    - Puesta en marcha de un plan de impulso a la sostenibilidad del sector pesquero:
      * Incidiendo en la innovación, la investigación y la digitalización del mismo (incorporando el uso de TICS).
      * Impulsando la formación e investigación.
      * Modernizando la red de Reservas Marinas del sector pesquero.
      * Apoyando la lucha contra la pesca ilegal y no declarada.
      * Apoyando la financiación del sector pesquero para mejorar su competitividad, las condiciones laborales y la seguridad a bordo.
      * En definitiva, fomentando el desarrollo tecnológico en el sector pesquero y acuícola.

- Programa de Conservación y restauración de ecosistemas y su biodiversidad (Componente 4 del plan de Recuperación Transformación y Resiliencia).

  – Este programa está dotado con 1642 millones de euros y tiene como objetivo pri-

mordial el buen estado de conservación de los ecosistemas, mediante su restauración ante pérdidas de biodiversidad, y garantizar de esta forma un uso sostenible de los recursos naturales, incidiendo en los siguientes aspectos:
  - El cambio climático hace especialmente vulnerable a España por su situación geográfica y su geomorfología.
  - Por ello, la protección de los ecosistemas marinos cobra en España una mayor importancia y también abarca la conservación y la restauración cuando así sea necesario.
  - Se pretende poner en marcha la llamada "agenda azul", que impulse la declaración de nuevos espacios marinos protegidos y la preservación de su fauna y flora.
  - Para alcanzar todos estos objetivos, se pretende crear por primera vez un centro operativo específico para la gestión marina.
- En concreto, las principales reformas e inversiones que se pretenden llevar a cabo dentro de este Programa y que afectan más directamente a la economía azul son las siguientes:
  - Conservación de la biodiversidad terrestre y marina, incluyendo la modificación de la normativa actual en materia de Biodiversidad y Patrimonio Natural, con el objetivo de cumplir con los compromisos derivados del Convenio de Diversidad Biológica y de la Estrategia de la UE sobre Biodiversidad hasta 2030.
  - Restauración de ecosistemas e infraestructura verde, para paliar el deterioro de los ecosistemas y sus servicios. Para ello, se propone restaurar ecosistemas dañados y consolidar una red de zonas naturales terrestres y marinas funcionales y conectadas en 2050.
  - Estas actuaciones requieren inversiones para la digitalización y el conocimiento del patrimonio natural, tanto terrestre como marino, y mucha más precisión en la medición cartográfica.
  - También han de acometerse inversiones para proteger las especies amenazadas, la creación de sistemas de gestión de biodiversidad marina o la recuperación de humedales.

- Programa de Preservación del litoral y los recursos hídricos (Componente 5 del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia).

  - Este Programa está dotado con 2091 millones de euros y pretende mejorar la gestión de los recursos hídricos para potenciar la política del agua en los siguientes aspectos:
    - Planificación hidrológica, tanto en lo que se refiere a las reformas normativas necesarias como a las inversiones imprescindibles para conseguir una nueva política del agua.
    - Adaptación de la costa española al cambio climático a través de diferentes medidas que palíen los impactos de la erosión y las inundaciones en las costas.
    - Protección del medio marino en el marco de la Ley de Protección del Medio Marino.
  - En concreto, las principales reformas e inversiones necesarias para llevar a cabo este Programa son las siguientes:
    - Actualización de la ley de aguas, tanto su reglamento como otras normas derivadas, que propicien un marco legal favorable al aumento de inversiones en materia de agua.
    - Actuaciones en materia de depuración, saneamiento, reutilización y reducción de pérdidas en el uso del agua.

    - Mejora en la seguridad de embalses y presas.
    - Restauración de los ecosistemas fluviales, así como la recuperación de acuíferos (a través de la reducción de la extracción de agua subterránea) y la mitigación del riesgo de inundación.
    - Transición digital en el sector del agua con los siguientes objetivos:
        * Vigilancia y control del dominio público hidráulico.
        * Creación de sistemas de control de aguas.
        * Seguimiento de las precipitaciones en las cuencas hidrográficas y en el litoral para una mejor vigilancia meteorológica y prevenir los riesgos derivados del cambio climático.
        * Desarrollo de sistemas de prevención y alerta a la población.
    - Implementación de las Estrategias Marinas y de los planes de ordenación del espacio marítimo, incluyendo una aplicación web georreferenciada para los usuarios de los entornos marinos.

- Políticas de la Dirección General del Agua en España, Ministerio de Transición Ecológica (MITECO), a través de los Fondos FEDER.

    – España es beneficiaria del Programa Operativo del Fondo de Cohesión FEDER crecimiento sostenible (POCS), cofinanciado por la Administración General del Estado, y en lo que respecta a las políticas vinculadas al agua, incluye tanto la gestión de los recursos hídricos como, especialmente, la mejora de la calidad del agua en nuestro país.
    – Lo que pretende el Programa en lo referente a las políticas de agua esencialmente es:
        - Reducir el nivel de contaminación de las aguas que provienen de aguas residuales urbanas.
        - Concentrar los recursos en la mejora de las infraestructuras medioambientales: se financiarán infraestructuras de saneamiento y depuración de aguas residuales en las áreas menos desarrolladas, en transición y en las islas.
    – Como dato más concreto, 695 millones de euros serán dedicados a tal fin, siendo importante mencionar que esta cantidad supone el 12,7 % del total de POCS, lo que da una buena idea de la importancia que se otorga al saneamiento y depuración de nuestras aguas.
    – En cuanto a la ejecución de los proyectos, cuyo objetivo es el de cumplir tanto en la UE como en España lo establecido en la Directiva 91/271/CEE, se han establecido 6 prioridades:
        - Prioridad 1: es el máximo nivel de prioridad y abarca las zonas urbanas con más de 15 000 habitantes equivalentes que vierten a zonas normales e incumplen la Directiva actual (siendo el habitante equivalente la unidad de medida para establecer la carga contaminante del agua residual bruta antes de su depuración para vertidos urbanos).
        - Prioridad 2: afecta a las aglomeraciones urbanas de más de 10 000 habitantes equivalentes, que vierten en zonas sensibles y que incumplen el artículo 4 y/o 5 de la Directiva.
        - Prioridad 3: corresponde a aglomeraciones urbanas de más de 2000 y menos de 10 000 habitantes equivalentes que vierten a zonas sensibles e

incumplen el artículo 4 y/o 5 de la Directiva.
    - Prioridades 4, 5 y 6: se centran en aquellos núcleos poblacionales en los que las infraestructuras son más antiguas, poco eficientes y requieren su ampliación o rehabilitación.
  - En definitiva, estos fondos comunitarios permitirán el cumplimiento en España de la Directiva 91/271/CEE mencionada anteriormente y referida al tratamiento de aguas residuales urbanas, que establece dos obligaciones para todos los Estados miembros:
    - Que las aglomeraciones de más de 2000 habitantes equivalentes dispongan de sistemas colectores para la recogida y conducción de las aguas residuales.
    - Que se establezcan los tratamientos que deberán seguir dichas aguas antes de su vertido a las aguas continentales (pantanos) o marinas (ríos, mar).

- Ejemplos muy significativos de actuaciones concretas en España, ya ejecutadas, en ejecución o en fase de licitación:

  - Extremadura:
    - Saneamiento y depuración de la comarca agraria de Hervás (Cáceres).
    - Mejora de la calidad ambiental de vertidos sensibles al embalse de Torrejón-Tiétar.
    - Ampliación y saneamiento del sistema de depuración de Plasencia (Cáceres).
    - Construcción y ejecución de las obras de depuración de las aguas residuales de Almendralejo (Badajoz).
  - Andalucía:
    - Instalaciones de colectores, depuradora de aguas residuales y otras infraestructuras anejas en Nerja.
  - Castilla-La Mancha:
    - Instalación de colectores, depuradora de aguas residuales y otras infraestructuras anejas en Hellín (Albacete).
  - Islas Baleares:
    - Mejora del tratamiento de las aguas residuales de Santa Eulalia (Ibiza).
    - Construcción de colectores y depuradora de aguas residuales en Addaia (Menorca).
    - Adecuación y mejora de la red de saneamiento y la depuradora de aguas residuales de Ibiza.
  - Islas Canarias:
    - Remodelación de la estación depuradora de aguas residuales de Santa Cruz de Tenerife.

Cooperación al desarrollo - AECI

- Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS) de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

  - Se trata de un instrumento de cooperación española creado en 2007 y cuyo objetivo es el de asegurar agua potable y saneamiento a los Países de América Latina y Caribe.
  - Se han destinado ya cerca de 800 millones de euros en donaciones, y junto con las aportaciones de las contrapartes locales, el monto invertido supera los 1200 millones de euros.
  - Su objetivo es muy claro: ayudar a los países del ámbito iberoamericano a cumplir con el ODS 6 establecido por Naciones Unidas.
  - Los posibles países receptores de los proyectos y programas de agua impulsados por el Fondo son 19 y los criterios para la selección tienen en cuenta especialmente sus mayores necesidades y vulnerabilidad.

– Existen dos tipos de actuación del propio Fondo: la actuación directa y bilateral entre el Fondo y el país receptor; y la actuación multilateral con la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

FUENTES PRIVADAS DE FINANCIACIÓN DE LA ECONOMÍA AZUL

Como se ha comentado previamente en este capítulo, a lo largo de los últimos años, y como consecuencia del movimiento a nivel mundial y que tiene como uno de sus hitos fundamentales la definición de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, el Acuerdo de París, los diversos acuerdos alcanzados (incluidos los principios de banca responsable)[11], así como la propia regulación financiera que se ha desarrollado, se está permitiendo, progresivamente, que las fuentes de financiación privadas vayan priorizando la asignación de recursos financieros para aquellas empresas y proyectos que tengan un trasfondo sostenible, incluyendo todo lo que tiene que ver con el mantenimiento y preservación de los ecosistemas marinos.

Principios de banca responsable y de financiación verde: *Green Loan Principles* (GLP)

En el caso concreto de los principios de banca responsable, actualmente, más de 270 entidades financieras (representan un 45 % del volumen total de activos a nivel mundial) los han suscrito:

1. Alinear sus estrategias corporativas con los ODS.
2. Incrementar el impacto positivo de la actividad de financiación hacia la sostenibilidad y el cambio climático (incluida la protección del medio ambiente marino) y la reducción progresiva de aquella otra actividad que no esté orientada hacia la descarbonización de la economía.
3. Fomentar las prácticas sostenibles entre clientes y potenciales clientes de las entidades financieras.

En el caso español, estas son las principales entidades financieras que han firmado el acuerdo de principios de banca responsable: Abanca, Bankinter, BBVA, CaixaBank, Ibercaja, Kutxa, Sabadell, Santander, etc.

Por otro lado, el objetivo que persiguen los GLP[12] consiste en fomentar el crecimiento de una actividad económica que sea sostenible (incluyendo la economía azul). Dichos principios han sido desarrollados por expertos pertenecientes al sector bancario y que tienen una percepción global de las operaciones de financiación.

El fin último es la construcción de un marco de referencia que proporcione la metodología necesaria a las entidades financieras para que promuevan el desarrollo y la integridad de operaciones de financiación que vayan orientadas hacia la sostenibilidad y la preservación de entornos marinos y terrestres.

La financiación verde (*Green Loan*) se define como aquel activo financiero que está exclusivamente diseñado para la financiación o refinanciación de una parte o de la totalidad de un proyecto catalogado como "verde" (cabe incluir en esta categoría la financiación de actividades de la economía azul).

A continuación, ilustramos algunas de las categorías más relevantes:

11. UNEP FI – Principles of Responsible Banking (PRB): https://www.unepfi.org/banking/bankingprinciples/

12. *Green Loan Principles*: https://www.lsta.org/content/green-loan-principles/

- Conservación de la biodiversidad terrestre y marina.
- Gestión de las aguas residuales.
- Conservación y gestión del agua.
- Energías renovables.
- Eficiencia energética.
- Prevención y control de la contaminación.
- Gestión de un ecosistema sostenible.

Préstamos asociados a la sostenibilidad: *Sustainability Linked Loans*[13] (SLL)

Los préstamos asociados a la sostenibilidad son similares a la financiación tradicional bancaria, pero con la diferencia de que el tipo de interés que paga el receptor de los fondos fluctuará (incrementándose o reduciéndose) en función de los resultados obtenidos a partir de las métricas de sostenibilidad que se hayan predefinido.

Por lo tanto, y a diferencia de otro tipo de financiación verde, el coste de la financiación estará muy ligado a la consecución de los objetivos de sostenibilidad que se hayan definido antes de que los fondos hayan sido otorgados.

Como ejemplo, ilustramos algunas de las principales métricas que se utilizan en este tipo de financiación:

- Mejoras cuantificables en la conservación y protección de la biodiversidad (tanto acuáticos como terrestres).
- Mejora cuantificable de la eficiencia energética.
- Reducción cuantificable de los gases de efecto invernadero.
- Reducciones cuantificables en la generación de residuos sólidos y líquidos.
- Incremento cuantificable en la generación de energía renovable.

Bonos verdes y azules

Los bonos verdes se han convertido en una prioridad a lo largo de los últimos años (la primera emisión data del 2007), ya que tanto los partícipes en los mercados de capitales (emisores y compradores) como la sociedad en su conjunto son plenamente conscientes de la gran importancia que tiene enfocar todos los esfuerzos hacia una financiación sostenible y compatible con un modelo que respete los criterios ESG.

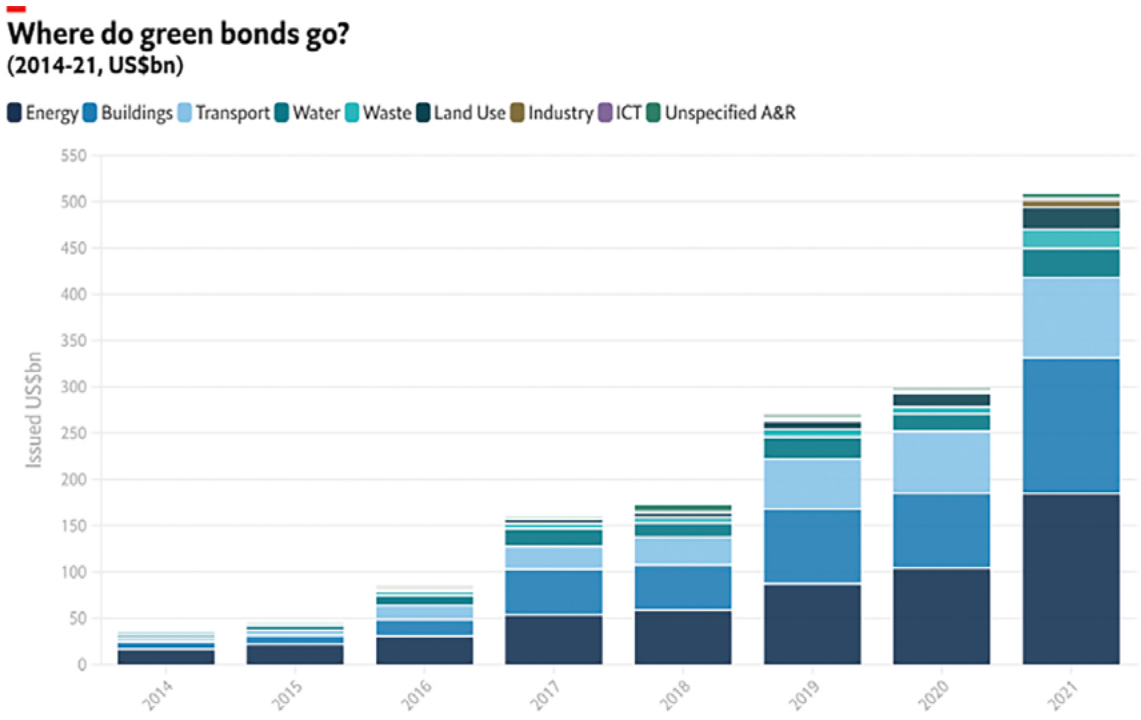
En este sentido, un breve resumen de algunas cifras registradas en el 2021 son las siguientes[14]:

- Más de 500 000 millones de dólares en emisiones de bonos verdes (equivalente a un crecimiento del 75 % con respecto al año anterior).
- Más de 800 instituciones emisoras (equivalente a un crecimiento del 32 % con respecto al año anterior).
- Más de 2000 emisiones (equivalente a un crecimiento del 19 % con respecto al año anterior).

13. *Sustainable Linked Loans*: https://iclg.com/practice-areas/lending-and-secured-finance-laws-and-regulations/22-recent-trends-in-sustainable-finance

14. *Green Bond Issuance* 2021: https://www.theglobaltreasurer.com/2022/05/06/green-bond-issuance-soars-as-sustainable-debt-tops-1trn-in-2021/

Figura 1. Crecimiento que han experimentado las emisiones de bonos verdes.



Source: Climate Bonds Initiative • Note: Because the blue bonds market is still emerging, bonds that go to ocean-related activities are not differentiated in this data set, however, a number of projects funded will likely have connections to the blue economy.

- El importe promedio de cada emisión asciende a 250 millones de dólares (equivalente a un crecimiento del 51 % con respecto al año anterior).

- Casi 60 países han emitido bonos verdes (equivalente a un crecimiento del 3,5 % con respecto al año anterior).

En la Figura 1, se puede comprobar el crecimiento exponencial que han experimentado las emisiones de bonos verdes en los últimos años[15]. Las estimaciones del volumen del mercado de estos bonos para el 2022 ascienden a 1 billón de dólares (1 trillón en términos norteamericanos).

Los bonos azules, que son una subcategoría de los bonos verdes, empezaron a generar interés en el año 2018, cuando el Banco Mundial permitió alcanzar un acuerdo con la República de Seychelles[16], por el cual una parte de su deuda iba a ser colateralizada a través de un bono azul que aseguraba, a su vez, la protección marina de sus aguas y permitía la estabilización del riesgo crediticio del país, lo que contribuyó a generar confianza nuevamente entre los inversores internacionales.

15. Evolución histórica de los bonos verdes: https://ocean.economist.com/blue-finance/articles/a-breakthrough-for-blue-bonds-at-un-ocean-conference

16. Primera emisión de un bono azul: https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/10/29/sovereign-blue-bond-issuance-frequently-asked-questions

Una de las principales diferencias entre los bonos verdes y los bonos azules es que, en los primeros, se mide el impacto en la reducción de la contaminación en términos de toneladas de carbón, mientras que, en los segundos, existe una gran diversidad de tipos de proyectos y de métricas.

Los bonos azules, al igual que los bonos verdes, se rigen por los *Green Bond Principles* (GBP) promulgados por la International Capital Market Association (ICMA). En esencia, estos principios, y al igual que los *Green Loan Principles*, recomiendan la transparencia y la integridad para el correcto desarrollo del mercado de bonos verdes, bonos sociales, y bonos sostenibles.

Asimismo, Naciones Unidas publicó en el año 2020 la *Guía Práctica para la Emisión de un Bono Azul: Practical Guidance to Issue a Blue Bond*. En la misma, se establecen como prioridades:

- Alineación de criterios con los estándares internacionales en materia de ESG.

- Desarrollo de un marco de actuación específico para la emisión de bonos azules que contemple:

  – Los aspectos esenciales de la emisión "azul".
  – El desarrollo de métricas y KPI (*Key Performance Indicators*) que sean transparentes y fáciles de interpretar.
  – El apoyo del sector privado a través de sus diferentes participantes: bancos de inversión, agencias de rating ESG, agencias que evalúan proyectos de inversión en la economía azul, etc.

Igualmente, la *Guía para la emisión de un bono azul* de Naciones Unidas recomienda modificar la denominación de *Blue Bond* a *Blue-Green Bond* para que haya una plena alineación con ICMA.

Por otro lado, las directrices que formula la Guía para cotizar en un mercado organizado son las siguientes:

- Asegurarse el reconocimiento de que la emisión cuenta con la etiqueta "azul".

- Disponer de una emisión que cuente con el tamaño mínimo adecuado, la liquidez necesaria y con una rentabilidad que esté acorde con el riesgo de la inversión.

- Disponer del apoyo gubernamental para todo el proceso de emisión y cumplimiento normativo.

- Contar con el apoyo prioritario del Banco Mundial y de otros bancos multilaterales.

- Con el objetivo de disponer de un *reporting* detallado y eficiente, los estándares de exigencia deben ser dinámicos.

Para más información detallada sobre el proceso de emisión de un bono azul, consultar el enlace en la nota al pie de página[17].

A fecha de hoy, el mercado de bonos azules a nivel mundial sigue teniendo un tamaño limitado. Y por ello, actualmente los principales partícipes en las emisiones que se han realizado han sido entidades multilaterales. No obstante, y debido al gran incremento de emisiones de *Blue Green Bonds* que se prevé para los próximos años, se estima que muchos *investment banks* se incorporarán para facilitar la distribución de los bonos entre inversores institucionales. Cuanto mayor sea el número de partícipes en el mercado de bonos azules, mayor eficiencia se alcanzará en este mercado.

17. *Guía Práctica para la Emisión de un Bono Azul*: https://ungc-communications-assets.s3.amazonaws.com/docs/publications/Practical-Guidance-to-Issue-a-Blue-Bond.pdf

En el caso español, tanto el Tesoro Público[18] como múltiples bancos, cooperativas rurales, grandes corporaciones e incluso organismos oficiales (locales y supranacionales) y comunidades autónomas[19] están siendo muy activos en la emisión de bonos verdes, sociales y sostenibles y solo es cuestión de tiempo que dichas entidades también participen en el mercado de los bonos azules.

En este sentido, el volumen de las emisiones de bonos verdes, sostenibles y sociales realizadas en el mercado español es el siguiente (tanto en AIAF como MARF):

- El volumen total emitido alcanza una cifra de 120 000 millones de euros.
- El número total de emisiones supera las 40.
- La emisión más grande alcanza una cifra de 23 000 millones de euros y fue realizada por la Unión Europea.
- La emisión con menor importe alcanza una cifra de 1 millón de euros y fue realizada por una entidad financiera española.
- El promedio de una emisión en el mercado español alcanza 2600 millones de euros.

Fondos de inversión orientados a la economía azul

En los últimos años el creciente interés y compromiso de la sociedad hacia la sostenibilidad ha permitido que un gran número de gestoras a nivel mundial cambien sus políticas de inversión hacia un enfoque ESG que cumpla con los criterios de los ODS de Naciones Unidas. Dichas estrategias de inversión siguen los *Principles of Responsible Investment*[20] (Principios de Inversión Responsable) promulgados por un grupo de expertos pertenecientes a las principales instituciones financieras a nivel mundial.

En los últimos años, las carteras temáticas han generado el interés de los grandes inversores. En este sentido, el sector agua y la economía azul, en general, está atrayendo progresivamente a inversores que lo consideran como estratégico, con grandes oportunidades para los próximos años y esencial para el futuro de la humanidad.

Actualmente, existen numerosas gestoras a nivel mundial (no existe ninguna gestora española que se dedique a lanzar fondos basados en la economía azul) que están comercializando fondos cuyos comportamientos están ligados a la evolución del agua.

Según Morningstar, actualmente, existen más de 80 fondos de inversión que están catalogados en el sector "agua" con un patrimonio global que supera los 100 000 millones de dólares.

Es predecible que a medida que más empresas centren su actividad en el ecosistema del agua, progresivamente, más inversores se incorporen a invertir en sectores vinculados al agua. Ello permitirá que se vayan lanzando fondos de inversión con diferentes configuraciones que aportarán mucho mayor añadido a los potenciales inversores. Y esto ocurrirá en varios países, incluido España, donde la economía azul es muy relevante.

18. Emisión del Tesoro Púbico de bonos verdes: https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/asuntos-economicos/Paginas/2021/070921-bonos_verdes.aspx
19. Listado de emisiones sostenibles en España: https://www.bolsasymercados.es/esp/Sostenibilidad/Finanzas-Sostenibles/Bonos-ASG
20. *Principles of Responsible Investment*: https://www.unpri.org

FINANCIACIÓN DE LA TRANSICIÓN HACIA UNA ECONOMÍA AZUL

La tecnología está presente en todos los sectores de la sociedad y se ha demostrado como un gran catalizador a la hora de permitir que las empresas puedan ser gestionadas de manera mucho más eficiente. En este sentido, la gran transformación de los modelos de negocio de las organizaciones hacia entornos compatibles con la sostenibilidad necesariamente debe contar con la tecnología para facilitar dicho tránsito. Y en el caso de la economía azul, la tecnología es un aliado imprescindible que permitirá acelerar el proceso de conservación y recuperación de la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos.

Para poder contar con la tecnología y los conocimientos de gestión empresarial necesarios, se debe contar con programas que capaciten y ayuden a los emprendedores en su tránsito hacia la economía azul.

Programas de emprendimiento para la economía azul

A continuación, detallamos brevemente algunos programas de emprendimiento en economía azul y que aportan varios servicios a los emprendedores, entre ellos, el asesoramiento empresarial, tecnológico, acceso a investigaciones novedosas en torno al mar y los océanos y el acceso a fuentes de financiación. En este sentido, y aunque existen muchas iniciativas a nivel mundial, nos hemos centrado en algunos ejemplos europeos y españoles.

- **EmpleaVerde. Fundación Biodiversidad[21] (España).** Creada en 1998 bajo el amparo del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, su misión es proteger el patrimonio natural de España. Durante más de 20 años se han apoyado más de 1900 proyectos con un importe de 230 millones de euros. De los cuales un 70 % han sido destinados a ONG, fundaciones y asociaciones, mientras que el resto se ha destinado a Administraciones Públicas y pymes.

- **Blue-Up[22] (España).** Barcelona Activa ha puesto en marcha un programa con el objetivo de apoyar y fomentar el emprendimiento de empresas en el sector de la economía azul. El programa tiene una duración de 3 meses durante los cuales se proporciona *mentoring*, formación y apoyo a los emprendedores inscritos. Los sectores que cubre el programa *Blue-Up* son, entre otros: energía azul (eólica, marina), pesca sostenible y bioeconomía, tratamiento de aguas, turismo azul, biotecnología azul, construcción y mantenimiento naval, etc. El programa está orientado a empresas que tengan un determinado grado de desarrollo e innovación tecnológica.

- **Plataforma Blue Growth[23].** Esta plataforma está conformada por la Junta de Andalucía y diversas universidades de la zona. Tiene como objetivo la incorporación de importantes partícipes de la economía azul andaluza, tales como diversas asociaciones, organismos oficiales y centros tecnológicos. Su misión consiste en la transferencia continua de conocimiento, innovación y tecnología a las diferentes empresas que operan en las costas andaluzas.

- **Blue Economy. Cantabria[24]**. Tiene como objetivo constituir un foro de cooperación

21. Fundación Biodiversidad: https://fundacion-biodiversidad.es/es/conocenos/fundacion

22. *Blue-Up*: https://emprenedoria.barcelonactiva.cat/es/blue-up-barcelona

23. Plataforma Blue Growth: https://campusdelmar.com/transferencia/economia-azul/plataforma-economia-azul/

24. Blue Economy – Cantabria: https://www.clustermarca.com/proyectos/plataforma-blue-economy-cantabria/

público-privado para fomentar la colaboración entre los diferentes intervinientes del sector marino cántabro. Su misión consiste en: acelerar el tránsito hacia una economía marina sostenible; alcanzar objetivos de neutralidad climática en los mares, coordinar las iniciativas que mejoren la gestión de los espacios marítimos y colaborar tanto a nivel nacional o internacional con otras organizaciones e instituciones en acciones de preservación del medio ambiente marino.

- **MentorDay. Aceleración Economía Azul[25] (España).** Asociación privada sin ánimo de lucro que tiene como objetivo ayudar a los emprendedores de España y Latinoamérica. El programa tiene una duración de una semana y pretende guiar a las *startups* en diversos aspectos relacionados con la innovación y el emprendimiento en el sector de la economía azul. Para ello, dispone de un numeroso grupo de expertos y compañías colaboradoras que realizan *mentoring* y orientan sobre aspectos críticos en el desarrollo de una empresa.

- **SwitchMed and the Blue Economy[26] (Mediterráneo).** Esta iniciativa fundada por la Unión Europea en el 2013 tiene como objetivo potenciar el consumo y la producción sostenible en el sur del Mediterráneo a través de la promoción de la economía circular. El proyecto incluye los siguientes países: Argelia, Egipto, Israel, Jordania, Líbano, Marruecos, Palestina y Túnez. Y existen diversos programas para facilitar el emprendimiento en aspectos relaciones con la economía azul.

- **Blue Bio Value Acceleration[27] (Europa).** Se trata de un programa de emprendimiento centrado en los ecosistemas marinos que tiene como objetivo buscar soluciones a los problemas medioambientales existentes. El programa aporta asesoramiento, acceso a fuentes de investigación y *networking* con otras *startups*.

- **Maritime ClimAccelerator[28] (Europa).** Con el objetivo de transformar organizaciones tradicionales que se dedican a la economía azul, esta iniciativa permite a las empresas recibir formación y asesoramiento, y se les otorga acceso a redes de potenciales inversores para permitir la transformación de sus modelos productivos hacia un enfoque más sostenible con los ecosistemas marinos.

- **Neptune. The Blue Growth Accelerator[29] (Europa).** Se trata de un programa que proporciona, a las empresas medianas y pequeñas que se dedican al sector del agua, ecosistemas marinos, sector aeroespacial, sector de la microelectrónica, etc., apoyo financiero y acceso a expertos que les guiarán a través del asesoramiento y el *mentoring* para la adaptación de sus empresas a la creación de nuevos productos y servicios dentro de la economía azul.

- **BlueInvest (Europa).** Como se ha mencionado al inicio del presente capítulo, BlueInvest es una iniciativa de la Comisión Europea y tiene como objetivo potenciar la innovación y la inversión en tecnologías sostenibles para la economía azul. La metodología está basada en la financiación de *startups* en sus primeras fases de desarrollo. Los recursos

25. Mentorday – Aceleración Economía Azul: https://mentorday.es/programa-aceleracion-economia-azul/
26. SwitchMed and the Blue Economy: https://switchmed.eu/startups-green-entrepreneurship/blue-economy-startups/
27. Blue Bio Value Acceleration: https://www.eu-startups.com/2022/06/blue-bio-value-acceleration-final-call-sponsored/
28. Maritime ClimAccelerator: http://maritime-accelerator.org
29. Neptune - The Blue Growth Accelerator: https://www.neptune-project.eu/Neptune-Accelerator/The-Blue-Growth-Accelerator-in-action

económicos son proporcionados por el European Maritime and Fisheries Fund[30].

Ejemplos de *startups* vinculadas *a la transición hacia una economía azul

En esta sección se describen brevemente algunos ejemplos de empresas españolas que ofrecen soluciones revolucionarias para la economía azul.

- Fregata Space
  - Sector: Detección y monitorización de la contaminación en medios marinos.
  - Descripción: A partir de la información de los satélites y aplicando algoritmos complejos y *Machine Learning*, esta empresa es capaz de detectar los niveles de contaminación en diversas zonas acuáticas (océanos, mares, ríos y lagos) en los 5 continentes, identificando el tipo de residuo. Esta información es de enorme validez para que las Administraciones de las regiones afectadas tomen las medidas adecuadas para detener la degeneración de dichas zonas y proceder con las labores de protección y regeneración de dichos ecosistemas.
  - URL: https://fregataspace.com

- Gravity Wave
  - Sector: Limpieza y preservación de los medios marinos.
  - Descripción: Desde 2019, la empresa se dedica a la recuperación de los entornos marinos mediante la extracción de plástico. Además, Gravity Wave utiliza los residuos de plástico recuperados para la fabricación de muebles sostenibles y otro tipo de productos.
  - URL: https://www.thegravitywave.com/en/

- Aganova
  - Sector: Detección de fugas en los sistemas de distribución de agua.
  - Descripción: Mediante la utilización de un dispositivo esférico, Nautilius, la empresa puede realizar un diagnóstico de las redes de abastecimiento de agua identificando posibles fugas y monitorizando el estado de las mismas de manera continuada.
  - URL: https://aganova.es

- Aquacorp
  - Sector: Inteligencia artificial aplicada al sector del agua.
  - Descripción: Plataforma de inteligencia artificial para la alerta temprana sobre posibles sucesos relacionados con la calidad del agua en ecosistemas fluviales y/o marinos. A través del *Big Data* recolecta millones de datos para luego procesarlos y crear modelos predictivos.
  - URL: https://www.aquacorp.es/Home

- Balamis
  - Sector: Tecnología aplicada a la detección de agua.
  - Descripción: Utilización de microondas para la medición de la humedad del terreno, lo que permite conocer con precisión la cuantía de agua que es necesario utilizar en el riego de las zonas analizadas por Balamis.
  - URL: https://www.balamis.com/about/

- Detektia
  - Sector: Tecnología aplicada a la gestión de agua.

30. European Maritime and Fisheries Fund: https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/funding/european-maritime-and-fisheries-fund-emff_en

  - Descripción: Integra las últimas tecnologías de radar satelital con algoritmos avanzados de inteligencia artificial para generar alertas tempranas durante toda la vida útil de una infraestructura (presa, puerto, acuíferos, etc.).
  - URL: https://detektia.com

- Inlo Robotics

  - Sector: Tecnología aplicada a la gestión de agua.
  - Descripción: Dispone de sistemas de detección automática de defectos en redes de alcantarillado. Sus sistemas están basados en inteligencia artificial y visión computarizada que analiza los vídeos de la red de alcantarillado en busca de defectos.
  - URL: https://inlocrobotics.com/es/inicio/

- Sens Solutions

  - Sector: Tecnología aplicada a medir la calidad del agua.
  - Descripción: Dispone de sistemas para la detección y prevención de bacterias a través de la monitorización del *biofilm* en el agua.
  - URL: https://www.sens.solutions/hydro-s3dp-2/

- Smart Biosystem

  - Sector: Tecnología aplicada al riego en la agricultura.
  - Descripción: A través de diferentes dispositivos, el sistema optimiza los sistemas de riego con un enfoque orientado a la *smart* agricultura.
  - URL: https://smartbiosystem.com

- Aqua Return

  - Sector: Tecnología aplicada a optimizar el consumo de agua.
  - Descripción: Comercializa dispositivos para la optimización del consumo de agua, tanto en hogares como en instalaciones públicas.
  - URL: https://www.aquareturn.com

CONCLUSIONES

- Existen algunos grandes retos en España para alcanzar los objetivos propuestos en materia de agua:

  - A nivel global, la humanidad debe tomar conciencia de que los ODS 6 y 14 son vitales de cara a la agenda 2030 de Naciones Unidas. Quizás no somos suficientemente conscientes de que además del oxígeno que aportan los océanos a la atmósfera (un 50 % ya mencionado anteriormente) y de la reducción de emisiones de CO_2 (un 30 % sobre el total), la Tierra mantiene sus actuales volúmenes de temperatura gracias al efecto del agua. Sin su presencia, se calcula que la temperatura media se dispararía y el planeta sería inhabitable.
  - En lo que se refiere a España, se está realizando un esfuerzo importante en todos los aspectos que están vinculados al crecimiento de la economía azul.
  - Fondos europeos: España debe aprovechar al máximo la oportunidad que le brindan los fondos europeos para modernizar definitivamente sus políticas de agua y resolver algunos problemas ya endémicos, algunos de los cuales se detallan a continuación.

- Modernización de las infraestructuras existentes para proteger a nuestro País de las consecuencias del cambio climático.

  - Por su situación geográfica, España está más expuesta que otros países de la UE a

los efectos del cambio climático, especialmente en lo que se refiere a las sequías; por ello, un uso eficiente de los recursos hídricos es vital para nuestra economía.
- Debido a ello, la mejora, modernización y adaptación de los pantanos y embalses es un punto crítico, pues España no puede permitirse desperdiciar el agua, un recurso escaso en estas últimas décadas, pero imprescindible para mantener nuestros cultivos, y el propio consumo humano.
- Por otro lado, la costa española está sufriendo y sufrirá cada vez más los efectos del cambio climático: las inundaciones torrenciales son cada vez más frecuentes, provocando el deterioro de nuestras infraestructuras y edificaciones allí construidas.
- Esto exige tomar decisiones relevantes sobre el planeamiento urbanístico costero, los requisitos que deben cumplir las edificaciones cercanas al mar y la realización de inversiones en aquellas infraestructuras que permitan proteger las zonas más vulnerables.
- Una mayor inversión en plantas desalinizadoras parece algo incontestable: España es un país falto de agua, pero rodeado de mar.

• Tecnología y digitalización del sector del agua en España.

  - La digitalización debe permitir la promulgación de sistemas de alerta temprana altamente precisos para minimizar las consecuencias de las lluvias torrenciales, tormentas, inundaciones, etc.
  - La llamada "agricultura de precisión" se está implantando a nivel global y también en España como la mejor manera de conseguir un uso del agua más eficiente (drones con capacidad para reconocer la capacidad freática, imágenes por satélite para detectar las zonas más necesitadas de agua, nuevas técnicas para reducir la evaporación del agua embalsada en las fincas cultivadas, etc.).
  - La tecnología está siendo también de gran ayuda para el sector pesquero, vital en nuestro país. La posibilidad de localizar bancos de peces en tiempo real a través de drones o la propia tecnología incorporada a los barcos deben permitir una pesca más eficiente y que además expulse menos CO_2 a la atmósfera.

• Mantenimiento del ecosistema.

  - En España peligran hoy en día muchos humedales (las Tablas de Daimiel, el Coto de Doñana, etc.), espacios naturales protegidos, que albergan un rico ecosistema, cuya falta de agua está provocando su desaparición y la de aquellas especies que en ella habitan.
  - Es vital encontrar maneras de frenar este deterioro, proteger el entorno de dichos humedales, evitar el crecimiento de las fincas de regadío en sus alrededores y el excesivo consumo de los núcleos urbanos colindantes.
  - Mejora de los sistemas de depuración y conducción.
  - La renovación de los sistemas de depuración es fundamental y la economía circular es vital para que el agua potable reciclada pueda ser reutilizada para regar nuestros cultivos.
  - Existen varias iniciativas ya en marcha, como se ha comentado a lo largo de este capítulo, especialmente en las provincias de Extremadura, Andalucía, Castilla-La Mancha y las islas Canarias y Baleares.
  - Asimismo, la conducción del agua debe ser tratada como una prioridad máxima, pues no podemos permitirnos perder una sola gota de agua en este proceso.
  - El proceso de abandono de la población española de los pequeños pueblos y al-

deas y su concentración en zonas urbanas cada vez más pobladas son un motivo adicional de preocupación, pues los sistemas de saneamiento y depuración deben prever un mayor volumen de tratamiento y depuración de aguas.

ENLACES DE INTERÉS

Entrevista a Gunter Pauli. Disponible en: https://plasticoceans.org/entrevista-con-el-autor-de-la-economia-azul-gunter-pauli/

Rio+20. Disponible en: http://rio20.net

Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). Disponible en: https://www.wwf.es

World Resources Institute (WRI). Disponible en: https://www.wri.org

Banco Mundial. Disponible en: https://www.worldbank.org/en/home

Green Climate Fund. Disponible en: https://www.greenclimate.fund

The Round Table on Financing Water. Disponible en: https://www.oecd.org/env/resources/roundtable-on-financing-water.htm

Informe Deutsche Bank "entender la economía azul". Noviembre 2020. Disponible en: https://www.deutsche-bank.es/dam/spain/pdf/CIO-Special-Economia-Azul.pdf

Comunicado de Prensa de la UE. "Pacto Verde Europeo, desarrollar una economía azul sostenible en la UE". Mayo de 2021. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/priorities/cambio-climatico/20180703STO07129/respuestas-de-la-ue-al-cambio-climatico?xtor=SEC-169-GOO-[Climate_Change]-[Responsive]-S-[pacto%20verde%20europeo]

Informe Red Española del Pacto Mundial: "Océanos saludables y sostenibles", Junio de 2020. Disponible en: https://www.pactomundial.org/biblioteca/white-paper-no-2-oceanos-saludables-y-sostenibles-oportunidades-para-el-sector-empresarial-en-la-economia-azul/

Informes de UNEPFI, "Finance initiative UN Environment Program". Disponible en: https://www.unepfi.org

Saneamiento y agua para todos: medidas prioritarias para la financiación del sector: informe del grupo Banco Mundial y Unicef, 2017. Disponible en: https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview

Documento sobre financiación del ODS 6, Sanitation and water for all, 2020. Disponible en: https://www.sanitationandwaterforall.org/es/sobre-swa/agua-saneamiento-e-higiene/financiacion

SDG14. "Financing Landscape Scan: Tracking Funds to Realize Sustainable Outcomes for the Ocean. World Economic Forum". 2022. Disponible en: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Tracking_Investment_in_and_Progress_Toward_SDG14.pdf

Water Sector: financing water supply, sanitation and flood protection. European Investment Bank. Disponible en: https://www.eib.org/en/publications/water

Water Overview 2021, European Investment Bank. Disponible en: https://www.eib.org/en/publications/water-overview-2021

Water Financing Partnership Facility, African Development Bank. 2022. Disponible en: https://www.adb.org/documents/water-financing-partnership-facility-annual-work-program-2022

Financing Water, investing in Sustainable Growth, OCDE. 2018. Disponible en: https://www.oecd.org/water/Policy-Paper-Financing-Water-Investing-in-Sustainable-Growth.pdf

La política de la Unión Europea en materia de aguas, Jose María Ramos Florido. 2019. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/red-de-autoridades-ambientales-raa-/01_jmramos-florido_politicaueaguas_tcm30-503231.pdf

INFORMACIÓN SOBRE LOS AUTORES

CAPÍTULO 1

Agustín Molina García

Doctor Ingeniero de Montes. Máster en Comunidades Europeas por la Universidad Politécnica de Madrid. Diplomado en Economía y Gestión de la Innovación por la Universidad Complutense de Madrid. Certificación de Senior Project Manager por la International Project Management Association (IPMA).

Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid. Miembro de la Comisión Académica y director del Máster en Gestión Integrada de Calidad, Medio Ambiente y Riesgos Laborales del Centro de Estudios de Postgrado de Administración de Empresas (CEPADE) de la Universidad Politécnica de Madrid. Miembro de la Comisión Consultiva de Economía Circular de AENOR y vocal de los Comités Técnicos de Normalización CTN 323 "Economía circular", CTN150 "Medio ambiente" y CTN 165 "Ética".

Ha sido director del Centro de Estudios del Litoral (CESLIT) de la Universidad Politécnica de Madrid y secretario general del Centro de Cooperación Medioambiental de la Fundación Universidad-Empresa.

Su experiencia docente e investigadora está centrada en las áreas de economía del medio ambiente, gestión sostenible del territorio, economía circular y ecología industrial. Ha dirigido varios proyectos de I+D+i financiados por la Unión Europea, tres tesis doctorales y es autor de diversas publicaciones en las áreas de investigación antes expuestas.

CAPÍTULO 2

Josep María Gili Sardá

Profesor de Investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

En la actualidad trabaja en el Instituto de Ciencias del Mar de Barcelona, donde ha creado el Grupo de Ecología del bentos marino y el Grupo de Biología del zooplancton gelatinoso. Antes fue profesor titular interino del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona. Desde hace 40 años ha trabajado en diferentes campos de la ecología marina, entre los cuales se destacan: el estudio integrado de ecosistemas litorales, la estructura y dinámica de comunidades bentónicas, ecología del zooplancton, ecología trófica de invertebrados marinos y biodiversidad y taxonomía de cnidarios y conservación y restauración del medio marino.

En la actualidad, desarrolla proyectos de investigación en el Mediterráneo, la Antártida, el Pacífico sur y Atlántico norte. Los temas de investigación más actuales se centran el determinar el papel de las comunidades bentónicas, especialmente las dominadas por organismos suspensívoros, en los ciclos biogeoquímicos en los ecosistemas litorales y de la plataforma continental, el papel de las comunidades bentónicas como sistemas frontera. En los últimos cinco años ha dirigido proyectos de recuperación y restauración marina en el Mediterráneo, especialmente en áreas marinas protegidas y plataformas continentales. Ha centrado parte de su trabajo en la formación de jóvenes estudiantes impartiendo cursos de posgrado, conferencias, organizando congresos internacionales, ferias

y exposiciones, programas educativos y talleres para estudiantes de primaria y secundaria, además de estancias de formación de estudiantes y doctores.

CAPÍTULO 3

Francesco Pititto

Experto en economía azul y, en particular, en turismo azul (incluido, sobre todo, el turismo regenerativo y sostenible). Actualmente, es el CEO de Envjoy Nature, una *startup* nacida en Barcelona con la misión de favorecer el estudio de la naturaleza y fomentar un turismo más sostenible y concienciado a través de experiencias digitales (p. ej.: con modelos 3D en realidad aumentada) para complementar las visitas físicas (p. ej.: *snorkel* o senderismo).

Francesco tiene 18 años de experiencia trabajando como Project Manager y experto en temas biológicos marinos. Trabajó tanto en empresas privadas como en centros de investigación, entre ellos, Golder Associates, CEAB-CSIC y el Programa de Medio Ambiente de la ONU (RAC-SPA, Túnez). Durante 2 años fue director científico de Seastainable Venture, un *venture builder* basado en Barcelona y especializado en proyectos de economía azul.

Está acostumbrado a trabajar en contextos internacionales, multidisciplinarios y multiculturales, y tiene una sólida experiencia en el uso de tecnologías GIS en entornos costeros, incluida la Evaluación de impacto ambiental y social (ESIA), mapas marinos y estudios geofísicos, elaboración de datos y relaciones con clientes. También tiene experiencia taxonómica en moluscos y equinodermos. Tiene una amplia experiencia en trabajos de campo en el Mediterráneo y el Mar Caspio, y también ha estado involucrado en proyectos llevados a cabo en las zonas ecuatoriales y tropicales (principalmente, Gabón y Guayana Francesa).

Hasta el momento, ha estado involucrado en 54 proyectos diferentes y en más de 55 estudios oceanográficos, en la mayoría de los cuales fue el jefe de campaña, y tiene más de 300 horas de buceo científico. Tiene buenas habilidades de comunicación y experiencia docente comprobada (incluidas actividades de capacitación) con diferentes tipos de audiencia, desde estudiantes de secundaria hasta estudiantes de maestría.

CAPÍTULO 4

Rocío Béjar Ochoa

Licenciada en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense y Máster en Pesca y Acuicultura por ICADE y el Instituto Marítimo Español.

Tiene una dilatada carrera de más de veinte años en el ámbito del asociacionismo, ejerciendo responsabilidades y defendiendo al sector de la pesca en diferentes campos. Empezó en el año 2000 ocupando la Secretaría Técnica de la Organización Nacional de Asociaciones Pesqueras (ONAPE) para luego ocupar el cargo de secretaria general de esta organización.

Durante seis años fue presidenta de la Comisión Paritaria de Pesca y Acuicultura de la Fundación Tripartita para la Formación en el Empleo, desempeñando actualmente el cargo de secretaria de dicha Comisión.

También en la actualidad es consejera del Instituto Social de la Marina y miembro del Comité Director de la Plataforma Tecnológica Española de la Pesca y la Acuicultura. Desde 2007 es la secretaria general adjunta de la Confederación Española de Pesca (Cepesca), desarrollando labores de representación del sector pesquero extractivo en el ámbito nacional y europeo, formando parte de los órganos de consulta de la Administración española y defendiendo, en general, los intereses de las empresas pesqueras ante las instituciones públicas y privadas.

CAPÍTULO 5

Luis Miret Pastor

Economista, doctor en Organización de Empresas y profesor titular de la Universitat Politècnica de València, forma parte del Instituto para la Gestión Integral de Zonas Costeras de la UPV (IGIC). Ha sido hasta hace poco el director académico del Grado en Turismo de la UPV y en la actualidad es director del Área de Lenguas de la UPV.

Su campo de investigación abarca diversos temas como la ecoinnovación, el etiquetado y las certificaciones ecológicas, el turismo, la pesca o la acuicultura. Ha publicado más de veinte artículos en revistas de alto impacto como *Marine Policy, Fisheries, ICES Journal of Marine Science, Aquaculture Reports* o *Frontiers in Marine Science*, entre otras.

Actualmente es investigador principal del proyecto: Los fondos europeos de pesca. Oportunidades para el sector pesquero a través de la diversificación y la gestión de los GALP (PID2019-105497GB-I00), concedido por el Ministerio de Ciencia y Educación y coordina el Work Package 7 Economía Azul, interacción acuicultura-medio marino, ciencia ciudadana, dentro del programa ThinkInAzul de la Comunidad Valenciana que cuenta con el apoyo del MCIN y la financiación de la Unión Europea Next Generation EU (PRTR-C17.I1) y de la Generalitat Valenciana.

Fuera del ámbito académico, su pasión por la literatura le ha llevado a publicar diez libros que abarcan la literatura infantil, juvenil y de adultos, habiendo obtenido numerosos y prestigiosos premios literarios.

CAPÍTULO 6

Carlos Botana Lagarón

Jefe del Departamento de Sostenibilidad en el Puerto de Vigo (España). Coordinador del Pilar de Puertos del espacio Atlántico Comisión Europea desde julio 2022. Presidente de la red de crecimiento azul "European Sea Ports Organisation (ESPO)" 2019-2022 y miembro del Comité de Sostenibilidad, Clima y Energía de IAPH y de ESPO.

Licenciado en Ciencias del Mar. Programa de Doctorado en Cambio Climático. Más de 19 años de experiencia en gestión en entorno comercial, pesquero y portuario en el puerto de Vigo. Ha trabajado en más de 17 proyectos europeos en varios programas (H2020, FP7-THEME 7, life, life +, Feder, y otros). Experto en implementación ambiental, calidad y sistemas de seguridad. Ha trabajado en Soluziona Calidad y Medio Ambiente.

Jefe de proyectos de la Administración pública desarrollando proyectos en varias Autoridades Portuarias de España como: Puerto de Las Palmas, Puerto de Coruña, Puerto de Ferrol, Puerto de Vilagarcía o Puerto de Vigo.

Yolanda Molares Montero

Directora del Instituto para el Crecimiento Sostenible de la Empresa (ICSEM) y colaboradora habitual en el ámbito de la formación y consultoría en el ámbito de sostenibilidad con organizaciones nacionales, internacionales y multilaterales.

Licenciada en Administración y Dirección de Empresas (IESIDE) y MA International Studices (University of Durham), acumula más de 20 años de experiencia en el ámbito del desarrollo sostenible con enfoque multiactor público y privado a través de acciones e iniciativas de planificación estratégica sectorial y empresarial, políticas públicas, emprendimiento e innovación, entre otros.

CAPÍTULO 7

César Vidal Pascual

Doctor ingeniero de Caminos Canales y Puertos y Catedrático de Universidad, en el área de Ingeniería Hidráulica. Desde 1980 ha desarrollado su investigación en diferentes campos relacionados con el diseño de estruc-

turas costeras, morfodinámica de playas, interacción del oleaje con estructuras y energías renovables marinas.

Ha participado como investigador en proyectos competitivos de la Unión Europea, del Estado español y de otras Administraciones públicas. Ha colaborado o colabora como investigador en multitud de proyectos de I+D, de docencia y de consultoría con Administraciones públicas y empresas en España y en el extranjero. Ha sido miembro de Comités para la redacción de documentos ROM y del PIANC PTC II WG39 "Monitoring of Breakwaters". Desde julio de 1991 hasta julio de 1992 fue investigador invitado en el NRC Hydraulics Laboratory, Ottawa, Canadá. En la Universidad de Cantabria, ha sido director del laboratorio del Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas, precursor del Instituto de Hidráulica Ambiental de la UC (IHCantabria), donde ha colaborado en el desarrollo del nuevo laboratorio y colabora habitualmente en el diseño experimental de los proyectos que se desarrollan en el mismo.

Es autor o coautor de 37 artículos en revistas internacionales indexadas en el SCI y en 21 nacionales con revisión por pares y ha escrito 20 capítulos de libros. Asimismo, tiene 116 publicaciones en libros de congresos, nacionales e internacionales. Ha sido o es revisor de proyectos de la UE y de la ANEP y de varias revistas científicas nacionales e internacionales.

Desde el 1 de octubre de 2021 es profesor emérito *Ad Honoren* de la Universidad de Cantabria y en la actualidad desarrolla su trabajo en el IHCantabria.

CAPÍTULO 8

Carlos Bravo Villa

Consultor independiente con más de treinta años de experiencia en planificación estratégica de campañas, comunicación e incidencia política en las áreas de energía y medio ambiente.

Biólogo por la Universidad Complutense de Madrid.

Actualmente trabaja para Transport & Environment, la European Climate Foundation, OceanCare y Mighty Earth. Anteriormente, trabajó para Greenpeace España como responsable de campañas de energía, coordinador del Área de Energía y Cambio Climático (1991-2012) y coordinador de la Secretaría Técnica de la plataforma intersectorial Alianza Mar Blava (2013-2019), entre otros.

Publica regularmente artículos de opinión en diversos medios como La Vanguardia, elDiario.es, El Español, 20 minutos o Agenda Pública.

CAPÍTULO 9

José Luis González Serrano

Licenciado en Ciencias, especialidad de Biología molecular y Bioquímica por la Universidad Autónoma de Madrid.

Técnico Facultativo superior de Organismos Autónomos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Desde 2004 hasta 2017, subdirector general en la Secretaría General de Pesca Marítima, donde las principales funciones que desempeñó están relacionadas con la gestión de fondos estructurales y ayudas económicas al sector pesquero y la gestión de la flota pesquera española.

Desde 2017 hasta 2018, director general de Ordenación Pesquera y Acuicultura, donde realizó la Estrategia de Crecimiento Azul, la Estrategia de Competitividad y la Estrategia Social, todas ellas referidas al sector pesquero.

Desde 2018 hasta la actualidad, desempeña su trabajo en la Subdirección General de Economía Circular del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, como Nivel 30, en el área de los plásticos no envases.

CAPÍTULO 10

M.ª Rocío Rodríguez Barroso

Profesora titular de la Universidad de Cádiz, dentro del Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente.

Su actividad docente se ha centrado en el ámbito de las tecnologías ambientales y las herramientas de gestión ambiental. Desde 2016, sus intereses investigadores están orientados a la formación y desarrollo de proyectos sobre economía circular, siendo coordinadora de cursos de experto en la temática (*online*, MOOC) en otras instituciones universitarias de América del Sur, África y Rusia para capacitación de estudiantes.

Su actual línea de investigación versa sobre la identificación de microplásticos en el ciclo urbano del agua (aguas de consumo y residuales), así como la valorización de residuos orgánicos y radioelectrónicos. Ha desempeñado el cargo académico de coordinadora del Grado en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales.

CAPÍTULO 11

Pablo Cousteau Vida

Ha desarrollado su carrera profesional inicialmente en el ámbito de las finanzas, más concretamente en banca, en las áreas de Tesorería y Mercados de Capitales, entre los años 1991 y 1999.

Desde 1993, es cofundador de la Escuela de Negocios Options & Futures Institute. Entre 2004 y 2018, Options & Futures institute se consolida como la Escuela de Negocios del IEB, a través de cuya plataforma se imparte formación en diversas materias vinculadas a la economía y las finanzas (tales como los aspectos financieros de las energías renovables, las finanzas del cambio climático o las inversiones financieras sostenibles).

A partir de 2019, como socio promotor de la Escuela de Negocios *online* Exponential Education, centra su actividad formativa en el área ESG (*Environment, Social, Governance*) y desarrolla la formación para dos certificaciones internacionales (una específica para las empresas y otra específica para las entidades financieras) que hoy cuentan con presencia en más de 40 países.

Actualmente es patrono de la Fundación Philippe Cousteau e imparte puntualmente formación en diferentes foros sobre temas relacionados con las finanzas del cambio climático y la economía azul.

Sergio Reyes

Economista y MBA por la Universidad de Houston. Ha tenido una dilatada experiencia en banca de inversiones desarrollando diferentes actividades: creador de mercado en opciones y futuros, diseño de productos estructurados. Igualmente, ha tenido experiencia gestionando dinámicamente coberturas de productos que han sido comercializados para gestoras de fondos de inversión.

Desde la perspectiva académica, Sergio Reyes lleva impartiendo formación a nivel de posgrado durante más de 25 años en diversos temas: mercados financieros, valoración de activos complejos, banca privada, finanzas corporativas y, en los últimos años, finanzas climáticas y sostenibilidad.

Asimismo, Sergio Reyes ha sido cofundador de Options & Futures Institute, escuela de negocios especializada en el sector de la formación financiera. Posteriormente, dicha escuela se integra dentro del IEB (Instituto de Estudios Bursátiles).

Posteriormente, promueve junto con un grupo de socios de referencia Exponential Education, institución educativa dedicada a la formación de cursos *online* en diversos temas, incluidos la sostenibilidad, el medio ambiente y las finanzas verdes.

Sergio Reyes es coordinador del Grupo de Pensamiento Verde de la Fundación Philippe Cousteau "Unión de los Océanos".

SÍMBOLOS

SITUACIÓN ACTUAL

Buena

Media

Mala

EVOLUCIÓN

Positiva

Estable

Negativa

COMPARACIÓN CON EUROPA

Por encima de la media

En la media

Por debajo de la media

MARCO ESTRATÉGICO EUROPEO DE REFERENCIA

Estrategia o directiva	Síntesis, objetivos y ámbito de aplicación
Directiva Hábitat	Tiene como objetivo la protección de los hábitats naturales y de las poblaciones silvestres (exceptuando las aves) de la Unión Europea
Directiva Aves	Tiene como objetivo la conservación a largo plazo de todas las especies de aves silvestres de la UE
Directiva Marco del Agua	Nace como necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión de agua en la UE
Directiva de ordenación del Espacio Marítimo	Fomenta el crecimiento sostenible de las economías marítimas y el desarrollo sostenible de los espacios marinos para garantizar un aprovechamiento sostenible de los recursos
Convenio de Barcelona	Acuerdo regional en el marco del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, para la protección del Mediterráneo contra la contaminación, la gestión integrada de la costa y la protección de la biodiversidad
Pacto Verde Europeo	Estrategia de la UE para modernizar la economía europea y llevarla hacia un uso eficiente de los recursos
Ley Europea del Clima	Reglamento por el cual se establece el marco para lograr la neutralidad climática en 2050
Plan de acción sobre la economía circular	Constituye uno de los principales elementos del Pacto Verde Europeo e incluye iniciativas a lo largo del ciclo de vida de los productos, para promover prácticas de economía circular y alcanzar un uso sostenible de los recursos
Estrategia de la Granja a la Mesa (Farm 2 Fork)	Estrategia que pretende reducir la huella ambiental y climática del sistema alimentario, liderar la transición mundial hacia la sostenibilidad, aprovechar nuevas oportunidades y crear un sistema alimentario fuerte y resistente

LEGISLACIÓN ESPAÑOLA DE REFERENCIA

Estrategia y/o política	Síntesis, objetivos y ámbito de aplicación
Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad	Actualizada en parte por la ley 33/2015, de 21 de septiembre, regula el establecimiento y la gestión de la Red Natura 2000 en España. Incorpora al ordenamiento español directivas europeas relevantes como la de Hábitats o la de Aves
Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental	Regula la obligación a reparar cualquier daño que se pueda haber causado en medios naturales, independientemente de la actividad económica que se estuviera realizando
Ley 41/2010 de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino	Régimen jurídico que rige la adopción de las medidas necesarias para lograr o mantener el buen estado medioambiental del medio marino
Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental	Marco que asienta la competencia del Estado en materia de protección del medio ambiente. Incorpora criterios de sostenibilidad y para la toma de decisiones estratégicas
Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo	Establece un marco para la ordenación del espacio marítimo y pretende fomentar el crecimiento sostenible de las economías marítimas, el desarrollo sostenible de los espacios marinos y el aprovechamiento sostenible de los recursos marinos
Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, Reglamento general de costas	Regula la protección del litoral y los requisitos de ocupación
Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética	Responde a los compromisos de España en ámbito internacional y europeo y presenta oportunidades económicas y de modernización para el país. Establece un marco para la adecuación y la acción de lucha contra el cambio climático y para fomentar la transición energética hacia una neutralidad de las emisiones de gas con efecto invernadero

Quedan rigurosamente prohibidas,
sin la autorización escrita de los titulares
del copyright, bajo las sanciones establecidas
en las leyes, la reproducción total o parcial
de esta obra por cualquier medio o
procedimiento, comprendidos la reprografía
y el tratamiento informático, y la distribución
de ejemplares de ella mediante alquiler
o préstamo públicos.

La Fundación Alternativas no se identifica
necesariamente con los textos que encarga
y edita, cuya responsabilidad incumbe
exclusivamente a sus autores.

© Los autores
© Fundación Alternativas 2022
Diseño de cubierta, maquetación e impresión:
Lúa Ediciones 3.0
www.luaediciones.com

ISBN: 978-84-18677-74-8
Depósito legal: M-28747-2022

Si la economía azul global fuese comparable a una economía nacional, sería la séptima más importante del mundo, y el océano, como entidad económica, sería miembro del G7 (COM(2021) 240 final). Los océanos contienen el 97 % de toda nuestra agua, el 80 % de todas las formas de vida, y son la principal fuente de proteínas para más de 3000 millones de personas en todo el mundo (European Commission (2022). *The EU Blue Economy Report. 2022*). Según el último informe sobre la economía azul en la UE, contando todas las actividades económicas que dependen del mar, la economía azul de la UE representa 5,4 millones de puestos de trabajo totales y un valor añadido bruto de casi 500 000 millones de euros al año. Teniendo en cuenta estas cifras, el mar y las costas son motores de la economía, lo que nos aboca a estudiar la forma en que satisfagan de forma sostenible las necesidades humanas básicas, como las de obtención de alimentos o energía, sin producir impactos. No debemos olvidar que los océanos nos proporcionan oxígeno suficiente para respirar, alimentos para prácticamente la mitad de la humanidad y recursos esenciales para la salud humana.

El séptimo *Informe de sostenibilidad en España* elaborado por la Fundación Alternativas dedicado a la economía azul ofrece datos y tendencias precisos y confiables para los sectores y actividades relacionados con el mar, con el objetivo de ayudar a desarrollar e implementar políticas sostenibles sobre economía azul en España. Políticas que, al tiempo que garanticen el desarrollo socioeconómico, protejan el capital natural, contribuyan a la lucha contra la contaminación y aborden la adaptación al cambio climático. El informe proporciona una evaluación socioeconómica de las actividades de la economía azul, así como recomendaciones, nuevas iniciativas y políticas relevantes en este ámbito.

Con el apoyo de:

ecoembes
El poder de la colaboración

FUNDACIÓN alternativas

FSC
www.fsc.org
RECICLADO
Papel hecho de material reciclado
FSC® C105569