

Proyecto coordinado por:



Proyecto BIOPAS

GUÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA EÓLICA MARINA EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

Un enfoque integral para la protección
biológica, ecológica, paisajística y social



GUÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA EÓLICA MARINA EN EL MEDITERRÁNEO ESPAÑOL

Un enfoque integral para la protección
biológica, ecológica, paisajística y social



CIP 620.9(460) GUI

Guía para el desarrollo sostenible de la eólica marina en el Mediterráneo español : conclusiones. – Girona : Universitat de Girona : Documenta Universitaria, [2026]. – 1 recurs en línia (11 pàgines) : il·lustracions, gràfics, mapes
ISBN 978-84-8458-780-4 (Universitat de Girona). ISBN 978-84-9984-738-2 (Documenta Universitaria)

1. Energia eòlica – Espanya 2. Desenvolupament sostenible – Espanya 3. Ecologia marina – Espanya 4. Espanya – Política Energètica 5. Llibres electrònics

CIP 620.9(460) GUI

BIOPAI'S cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

Con el apoyo de:



Proyecto coordinado por:



Web del proyecto BIOPAI'S: <https://oceanshealth.icm.csic.es/es/biopais.html>
Storymap BIOPAI'S: arcg.is/18H4b5

Las recomendaciones presentadas en esta Guía tienen carácter técnico-científico. No constituyen una valoración de los POEM, ni de las Evaluaciones Ambientales Estratégicas, Evaluaciones de Impacto Ambiental o Evaluaciones Adecuadas. Su finalidad es contribuir al debate científico y a la mejora continua de los procesos de planificación y evaluación.

Las conclusiones y recomendaciones expresadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de las personas que ostentan la autoría de las mismas, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

Cómo citar esta obra: BIOPAI'S Project (2026). *Guía para el desarrollo sostenible de la eólica marina en el Mediterráneo español*. Universitat de Girona i Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC). Documenta Universitaria. ISBN 978-84-9984-738-2. DOI: 10.33115/b/9788499847382

Revisió lingüística: Georgina Torra

Diseño de la cubierta: Documenta Universitaria*

Coordinación: Josep Lloret y Josep Vila

© de los textos: Paul Wawrzynkowski, Laura Amorós García,

José Vila Subirós y Josep Lloret

© de la edición: Universitat de Girona

© de la edición: Documenta Universitaria*

www.documentauniversitaria.com

info@documentauniversitaria.com

Documenta Universitaria* d'Edicions a Petició, SL

ISBN UdG: 978-84-8458-780-4

ISBN DU: 978-84-9984-738-2

DOI: 10.33115/b/9788499847382

Girona, diciembre de 2025



Los textos e imágenes publicados en esta obra están sujetos —excepto que se indique lo contrario— a una licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento-NoComercial (BY-NC) v4.0. Se puede copiar, distribuir y transmitir la obra públicamente siempre que se cite el autor y la fuente y no se haga un uso comercial. La licencia completa se puede consultar en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

Universitat
de Girona



Documenta
Universitaria

@DocUniv
documentauniversitaria.com

Se agradece a los colaboradores del proyecto BIOPAÍS que contribuyeron de manera significativa al desarrollo de las investigaciones sobre las cuales se basa esta guía: Dr. Rafael Sardá (CEAB-CSIC), Dra. Elisa Berdalet (ICM-CSIC), Dra. Ana M.^a Sabatés (ICM-CSIC), Dr. Jordi Solé (ICM-CSIC), Dr. Antonio Turiel (ICM-CSIC), Dra. Anna Mujal (UPC), Dr. Josep M.^a Gili (ICM-CSIC), Dr. Alberto Olivares (UNIR), Dr. Carlos Domínguez Carrió (ICM-CSIC), Sra. Gemma Boix (SIGTE-UdG), Sr. Lluís Vicenç Franquesa (SIGTE-UdG).



ÍNDICE

Introducción.....	9
Metodología y estructura de la guía.....	11
BLOQUE 1. Planificación estratégica del espacio marítimo.....	15
BLOQUE 2. Desarrollo técnico de los parques eólicos marinos a lo largo de su ciclo de vida.....	25
2.1. Recomendaciones para las administraciones públicas.....	26
2.2. Recomendaciones para el sector promotor de parques eólicos marinos.....	39
2.3. Recomendaciones para la comunidad científica.....	57
Conclusión para la Zona de Alto Potencial para la Energía Eólica Marina (ZAPER) LEBA-1 (Golfo de Roses / Cap de Creus).....	69
Conclusiones generales.....	77
Bibliografía.....	85

INTRODUCCIÓN

El proyecto **BIOPAÍS** (Evaluación y valoración de los impactos ecológicos y sociales de los parques eólicos marinos en zonas de elevada biodiversidad y alto valor paisajístico: el ejemplo del Cap de Creus / Golfo de Roses) se enmarca en la actual expansión de las energías renovables en la Unión Europea. La energía eólica marina, en particular, se considera un pilar fundamental para la mitigación del cambio climático y el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En el **Mediterráneo español**, y especialmente en el área de elevada biodiversidad y alto valor paisajístico del **Cap de Creus y el Golfo de Roses (ZAPER LEBA-1)**, se plantea el desafío de compatibilizar la implantación de infraestructuras eólicas flotantes con la conservación de los ecosistemas marinos, el bienestar de las comunidades costeras y la sostenibilidad de actividades económicas clave, como la pesca y el turismo.

BIOPAÍS representa el **primer análisis integral de este tipo sobre eólica marina flotante en el Mediterráneo español** y uno de los pocos desarrollados en mares españoles. Desde un enfoque **multidisciplinar, independiente y basado en el mejor conocimiento científico disponible**, el proyecto ha evaluado de manera exhaustiva los impactos potenciales ecológicos, paisajísticos y socioeconómicos, formulando un conjunto de **recomendaciones técnicas** destinadas a orientar la planificación, el diseño y la gestión de los parques eólicos marinos.

Las recomendaciones se dirigen a tres grupos principales de destinatarios:

- **Administraciones públicas**, con orientaciones aplicables a los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM), las evaluaciones ambientales y la gestión de áreas protegidas.
- **Sector promotor**, público y privado, para integrar la sostenibilidad en todas las fases del ciclo de vida de los parques, desde la exploración inicial hasta el desmantelamiento, incluyendo proyectos comerciales y pilotos experimentales.
- **Comunidad científica**, con propuestas para reforzar el diseño de estrategias de seguimiento, investigación aplicada e innovación tecnológica.

La aplicación de estas directrices puede generar beneficios en múltiples dimensiones. En el plano **ambiental**, contribuirá a la preservación de la biodiversidad y los servicios del ecosistema. En el plano **social**, fomentará la participación de las comunidades locales, favoreciendo la aceptación y reduciendo los conflictos. En el plano **económico**, facilitará la diversificación de actividades y la creación de empleo en un marco de sostenibilidad.

En conjunto, esta **guía de recomendaciones** constituye una herramienta práctica para avanzar hacia una **transición energética justa, inclusiva y respetuosa con el entorno**, asegurando que el despliegue de la eólica marina en el Mediterráneo español sea compatible con la conservación de la biodiversidad, con los valores paisajísticos y culturales del territorio y con el bienestar de las comunidades costeras. Aunque está centrada en el Mediterráneo, muchas de las recomendaciones son extrapolables a otras zonas del litoral español con proyectos en curso, como Galicia, Asturias o Canarias.

Es importante señalar que, para que estas recomendaciones sean realmente efectivas, deben incorporarse en un **marco jurídico y de gobernanza** que garantice no solo la sostenibilidad ambiental de los planes y proyectos de eólica marina, sino también su **equidad, coherencia, justicia y transparencia**.

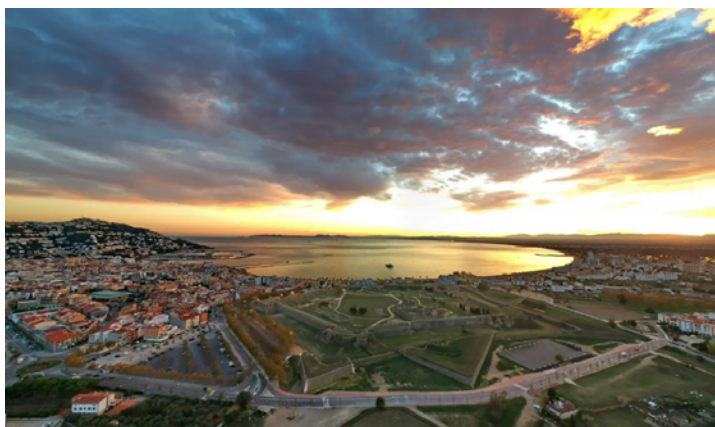


FIGURA 1. Vista panorámica del Golfo de Roses, un área de elevada biodiversidad y alto valor paisajístico incluida en la ZAPER LEBA-1. Fuente: Lluís Mas Blanch.



METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE LA GUÍA



La presente **guía ha sido elaborada mediante un enfoque interdisciplinario e independiente**, integrando conocimientos de biología y ecología marina, ingeniería, oceanografía, geografía y derecho. Este enfoque resulta imprescindible para abordar los desafíos complejos de la eólica marina flotante, cuyos impactos se extienden más allá de los ecosistemas marinos e inciden también en las actividades humanas, el paisaje y la cohesión social.

Las recomendaciones aquí recogidas se fundamentan en:

- Un **análisis exhaustivo** de los impactos ecológicos, socioeconómicos y paisajísticos en el Mediterráneo español, con especial atención a la zona de alto valor natural y cultural del Cap de Creus / Golfo de Roses (Zona de alto potencial para energía eólica marina o ZAPER LEBA-1).
- La **participación de un panel de expertos** de distintas disciplinas y la validación mediante espacios de diálogo con actores clave (administraciones, sector pesquero, turismo y sociedad civil), con el fin de garantizar la solidez científica, la viabilidad técnica y la pertinencia social de las recomendaciones.
- La integración de enfoques científicos y técnicos con la **participación activa de los actores sociales**, para asegurar que las propuestas sean no solo ecológicamente responsables, sino también socialmente aceptables y adaptadas a las particularidades del Mediterráneo español.

ESTRUCTURA DE LA GUÍA

Con este enfoque, la guía se organiza en dos grandes bloques complementarios, diferenciados por el ámbito de competencia y los agentes a los que se dirigen las recomendaciones.

BLOQUE 1. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DEL ESPACIO MARÍTIMO

Este bloque va dirigido **exclusivamente a las administraciones públicas**, responsables de la planificación, gestión y ordenación del espacio marítimo. Recoge las directrices para la ordenación y selección de áreas potenciales para el desarrollo de la eólica marina, compatibles con la normativa vigente y orientadas a la conservación de ecosistemas y a la coexistencia con otras actividades humanas. Incluye recomendaciones relativas al marco regulatorio, la planificación estratégica y la gestión integrada del espacio marítimo, en coherencia con los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM), la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM) y los compromisos europeos en materia de biodiversidad y transición energética.

BLOQUE 2. DESARROLLO TÉCNICO DE LOS PARQUES EÓLICOS MARINOS A LO LARGO DE SU CICLO DE VIDA

El segundo bloque se subdivide en tres subapartados, cada uno de los cuales corresponde a los actores a quienes se dirigen las recomendaciones:

- 2.1. Administraciones públicas
- 2.2. Promotores
- 2.3. Comunidad científica

Reúne el conjunto de orientaciones técnicas que abarcan todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de eólica marina, estructuradas en los siguientes ámbitos de actuación:

- Recomendaciones transversales aplicables a todas las fases.
- Diseño de los parques y procedimientos de evaluación de impacto ambiental.
- Estudios preliminares que fundamentan la viabilidad de los proyectos.
- Medidas técnicas para la fase de construcción y estrategias de monitoreo.
- Acciones de gestión y seguimiento durante la fase de operación.
- Directrices para el desmantelamiento y la restauración efectiva del área.

Esta estructura se alinea con los **principales marcos normativos europeos y españoles** en materia de ordenación marítima, conservación de la biodiversidad y evaluación ambiental. A su vez, distribuye las recomendaciones según las responsabilidades y competencias de los distintos actores implicados, asegurando su aplicabilidad práctica y coherencia con la realidad del Mediterráneo español.

Como culminación del trabajo, la guía incorpora una aplicación práctica que traslada este marco de recomendaciones al contexto real del territorio. En ella se desarrolla el caso de estudio trabajado en el proyecto BIOPÁIS: **Conclusión para la zona de alto potencial para la energía eólica marina (ZAPER) LEBA-1 (Golfo de Roses / Cap de Creus).**

Esta aplicación permite contrastar las recomendaciones generales con la realidad ambiental, paisajística y socioeconómica de una de las zonas más sensibles y ecológicamente valiosas del Mediterráneo occidental, ofreciendo un ejemplo concreto de cómo los principios de planificación, gestión y seguimientos propuestos pueden aplicarse de forma integrada y sostenible.



BLOQUE 1. PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DEL ESPACIO MARÍTIMO



Recomendaciones para las administraciones públicas (competencia exclusiva)

Las administraciones públicas, como garantes del interés general, deben establecer un marco regulatorio sólido y desarrollar una planificación estratégica del espacio marítimo que asegure el desarrollo sostenible de la energía eólica marina. Su actuación debe basarse en principios de precaución, transparencia y colaboración, buscando el equilibrio entre el desarrollo energético, la protección del medio ambiente y el bienestar de las comunidades.

Esta guía recoge recomendaciones específicas dirigidas a las administraciones públicas en materia de ordenación y gestión del espacio marítimo en coherencia con los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM, 2023) y con el marco normativo europeo en materia de planificación marina y evaluación ambiental.

El objetivo es fortalecer la capacidad institucional para liderar una transición energética sostenible, justa y territorialmente equilibrada, que integre la conservación de los ecosistemas marinos con el desarrollo de energías renovables y la cohesión social. En definitiva, se trata de reforzar el papel de las administraciones como impulsoras de una eólica marina compatible con la biodiversidad marina y el bienestar de las comunidades costeras.

PLANIFICACIÓN DEL ESPACIO MARINO: DISEÑO DE LAS ZONAS DE ALTO POTENCIAL PARA EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA EÓLICA MARINA (ZAPER)

La planificación del espacio marino es crucial para identificar áreas aptas para el desarrollo de parques eólicos, minimizando simultáneamente los impactos sobre la biodiversidad, los ecosistemas y las actividades humanas. Esta fase, que responde al desarrollo de los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM), se materializa en la identificación de zonas de alto potencial para el desarrollo de la energía eólica marina (ZAPER). En ella se establecen las bases para un desarrollo sostenible y compatible con otras prioridades del espacio marino.

Las recomendaciones se dirigen exclusivamente a las administraciones, como responsables de la planificación del espacio marino. Los promotores participan en estas fases, mientras que la comunidad científica puede contribuir mediante estudios y asesoramiento cuando es requerida por la administración en el marco del procedimiento administrativo correspondiente.

PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN Y ENFOQUE POR ECOSISTEMA

Recomendación: Aplicar el principio de precaución en la toma de decisiones, incorporando un enfoque por ecosistema que garantice la protección integral de los ecosistemas marinos y costeros (Lloret et al., 2023), con especial atención a los espacios naturales protegidos y a las especies sensibles, tal como se establece en la Ley 41/2010, de protección del medio marino.



FIGURA 2. Pradera de *Cymodocea nodosa* en el Golfo de Roses, un hábitat protegido de elevada sensibilidad ecológica que se vería afectado por el cable de exportación de la energía hacia tierra. Fuente: Fundació Alive.

Justificación: La combinación del principio de precaución con un enfoque por ecosistema permite prevenir daños irreversibles sobre la biodiversidad y los servicios del ecosistema, asegurando la resiliencia de los ecosistemas frente a las alteraciones derivadas de la implantación de la energía eólica marina. Dado que los impactos a largo plazo todavía no se conocen con exactitud, un enfoque preventivo minimiza los riesgos y favorece una gestión ambientalmente sostenible.

INTEGRACIÓN DE FACTORES BIOLÓGICOS Y ECOLÓGICOS EN LA PLANIFICACIÓN ESPACIAL MARINA

Recomendación: Incorporar criterios biológicos y ecológicos en la identificación de zonas aptas para la instalación de parques eólicos marinos, evaluando la distribución de hábitats de especial sensibilidad, la presencia de especies vulnerables y los procesos ecológicos clave, más allá de los factores actualmente considerados, como la fuerza del viento y la batimetría.

Justificación: La planificación espacial marina basada exclusivamente en parámetros físicos omite consideraciones fundamentales para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. Integrar factores biológicos y ecológicos contribuye a reducir conflictos ambientales, mejorar la sostenibilidad de los proyectos y alinear su desarrollo con los objetivos nacionales y europeos de conservación marina.

PRIORIZACIÓN DE LA CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS (AMP) Y CORREDORES ECOLÓGICOS

Recomendación: Implementar una planificación espacial marina que priorice la preservación de Áreas Marinas Protegidas (AMP) y de los hábitats críticos, prohibiendo el desarrollo de la eólica marina en las zonas Natura 2000 y en sus zonas de *buffer* o amortiguamiento (**como mínimo 10 km alrededor de las AMP**), así como en los corredores ecológicos entre AMP. Esta medida debe adoptarse en coherencia con el objetivo establecido en la Ley 41/2010, de protección del medio marino, orientado a alcanzar un buen estado ambiental de las aguas marinas.

Justificación: Esta planificación contribuye a proteger de manera efectiva las Áreas Marinas Protegidas, facilitando el movimiento seguro de las especies entre zonas protegidas y promoviendo la conectividad ecológica, lo que a su vez favorece la conservación de la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas marinos.

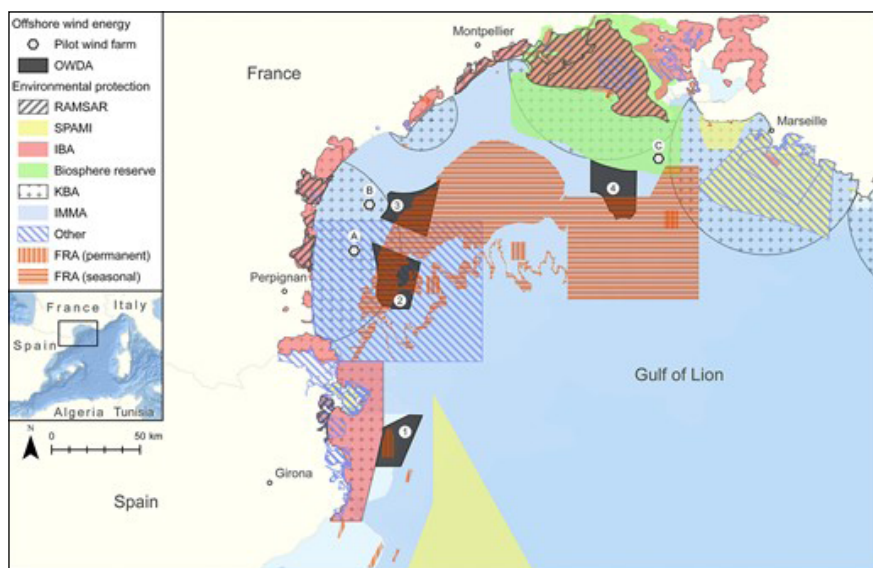


FIGURA 3. Interacciones entre proyectos de eólica marina y áreas protegidas en el golfo de León (Mediterráneo noroccidental). Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

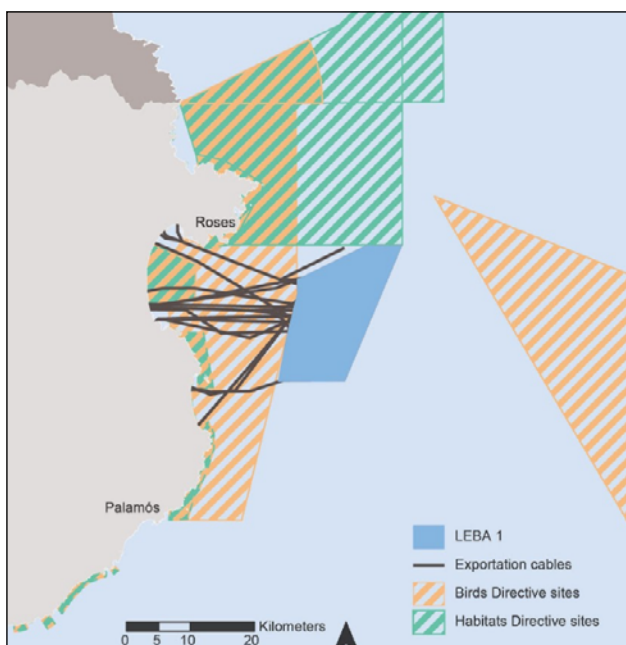


FIGURA 4. Localización de la zona de alto potencial para el desarrollo de la eólica marina (ZAPER) LEBA-1 en el Golfo de Roses y Cap de Creus, y solapamiento con espacios Natura 2000 (Directiva Hábitats y Directiva Aves). Se ilustran también los cables de exportación de energía hacia tierra de los proyectos de eólica marina propuestos. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

INTEGRACIÓN DE LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA EN LA PLANIFICACIÓN ESPACIAL MARINA

Recomendación: Incorporar la evaluación y la cartografía detallada de los servicios del ecosistema en la planificación y gestión del espacio marino, definiendo áreas prioritarias para la conservación en función de la importancia, densidad y calidad de los servicios ecosistémicos que ofrecen.

Justificación: La integración de los servicios del ecosistema en la planificación espacial permite identificar hábitats que desempeñan funciones ecológicas clave, como la protección costera, la regulación climática y la provisión de recursos biológicos. La preservación de estas áreas contribuye a la conservación de la biodiversidad, reduce potenciales conflictos con el desarrollo de infraestructuras y favorece la sostenibilidad de los usos del espacio marino, así como el bienestar de la población en su conjunto.

REFORZAR EL USO APROPIADO DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA

Recomendación: Revisar y mejorar la evaluación ambiental estratégica (EAE) de los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM) para garantizar una evaluación clara y rigurosa que, aplicando el principio de precaución, el enfoque por ecosistema y el mejor conocimiento científico disponible, analice los solapamientos e interacciones entre capas espaciales y demuestre su compatibilidad antes de habilitar espacios para propuestas comerciales, ya sea mediante subastas u otros instrumentos.

Justificación: La evaluación ambiental estratégica (EAE) debe analizar de forma explícita los solapamientos y las interacciones entre las áreas potenciales para la eólica marina y las áreas de conservación de biodiversidad, asegurando la coherencia de los proyectos con los objetivos de conservación marina y con los principios de planificación sostenible.

DIMENSIÓN SOCIAL Y GOBERNANZA TERRITORIAL

Recomendación: La dimensión social y la gobernanza territorial en el desarrollo de parques eólicos marinos requieren una estrategia que integre la evaluación integral de los impactos socioeconómicos en sectores tradicionales (como la pesca, el turismo y la cultura local) con la participación activa y temprana de todos los actores implicados. Esto implica realizar encuestas y entrevistas diferenciando los vínculos territoriales (residentes, segundas residencias, visitantes recurrentes, trabajadores temporales) y reconocer el paisaje como un bien común, no solo en su dimensión visual. Es esencial prever compensaciones trazables ante posibles afectaciones paisajísticas o culturales, así como desarrollar estrategias de coexistencia y compensación justa que refuercen la economía del territorio y generen sinergias con las actividades tradicionales. Al mismo tiempo, debe facilitarse la implicación efectiva del público, las comunidades locales y otras partes interesadas en la planificación y toma de decisiones, promoviendo un debate territorial participativo y transparente. Para ello, es recomendable realizar un mapeo continuo de los actores clave y sus motivaciones, y crear comités multiactorales con representación de administraciones,

sectores económicos, entidades ambientales y ciudadanía, garantizando actas públicas y respuesta por escrito a las aportaciones, la trazabilidad del proceso y un retorno verificable en los procesos participativos.



FIGURA 5. Taller participativo con actores sociales clave celebrado en Roses el 24 de septiembre de 2023, destinado a identificar percepciones, motivaciones y expectativas de los distintos grupos de interés ante el desarrollo de la eólica marina. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

Justificación: La evaluación socioeconómica, combinada con una gobernanza territorial participativa, constituye la base para mitigar impactos negativos de los parques eólicos marinos y maximizar los beneficios sociales y económicos en las comunidades locales. Incorporar procesos de consulta y participación activa, diferenciando los vínculos territoriales (desde población residente hasta quienes mantienen una relación más esporádica con la zona), permite adoptar decisiones más informadas y ajustadas a las necesidades y expectativas reales de los sectores afectados. Reconocer el paisaje como un bien común, con su dimensión cultural e identitaria, favorece la definición de compensaciones más justas y socialmente aceptadas. Al involucrar a las comunidades locales y a los actores clave desde etapas tempranas, se fomenta una mayor aceptación social y se promueven decisiones inclusivas y equitativas. La identificación de intereses y motivaciones diversas facilita estrategias de gestión y canales de comunicación eficaces, incentivando la construcción de consensos y potenciando una gobernanza participativa. Además, el establecimiento de mecanismos de trazabilidad y transparencia en los procesos participativos incrementa la confianza pública, reduce las asimetrías de información y refuerza la legitimidad de las decisiones adoptadas.

REDUCCIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL IMPACTO VISUAL EN EL PAISAJE LITORAL

Recomendación: Incorporar análisis de intervisibilidad y simulaciones visuales en la planificación del espacio marino para evaluar y mitigar el impacto paisajístico de los parques eólicos desde puntos estratégicos. Los estudios deberán incluir usos recreativos y culturales del litoral (playas, rutas escénicas, navegación, patrimonio) y elaborarse con fotomontajes comparables, empleando parámetros homogéneos y puntos georreferenciados en distintas condiciones diurnas, nocturnas y estacionales. La planificación deberá comparar varios escenarios de implantación, seleccionando el que minimice la exposición visual y base la decisión en métricas objetivas. La comunicación pública de los proyectos debe ser transparente, evitando mensajes equívocos o generalizadores sobre el territorio afectado.

Justificación: Preservar el valor estético, cultural y recreativo del paisaje es esencial para la aceptación social. Evaluar la visibilidad desde áreas sensibles reduce alteraciones en zonas de alto interés y refuerza la confianza pública. Una comparación transparente de escenarios y una comunicación clara favorecen un debate participativo y el reconocimiento del paisaje como bien común.

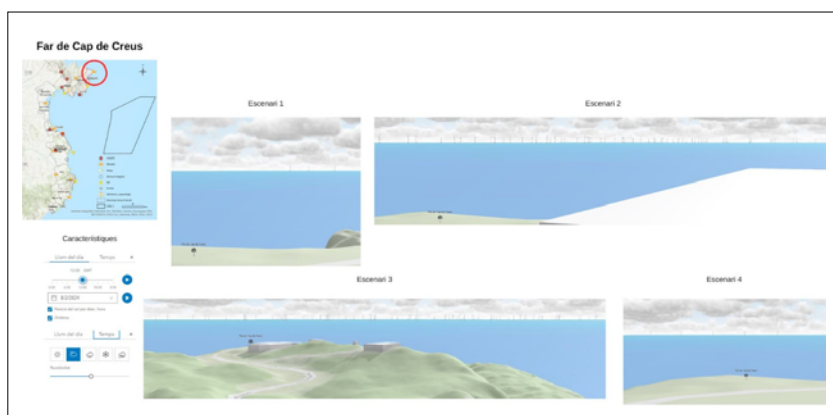


FIGURA 6. Simulaciones visuales realizadas desde el Far de Cap de Creus para evaluar el impacto paisajístico de distintos escenarios de implantación eólica, desde configuraciones reducidas hasta la ocupación completa del polígono LEBA-1. Los aerogeneradores se posicionaron siguiendo las propuestas de varios proyectos y se modelizaron en ArcGIS Online Scene Viewer. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Recomendación: Desarrollar una evaluación integral y periódica de la sostenibilidad de las zonas de eólica marina, a largo plazo y en una escala espacial adecuada, mediante indicadores multidimensionales que integren los impactos sobre los ecosistemas marinos, el paisaje, la economía local, la huella ecológica y el bienestar social. Esta evaluación deberá incluir indicadores sociales y paisajísticos específicos, como la aceptación

social por segmentos de población, los niveles de confianza institucional, la percepción visual en puntos críticos, la trazabilidad y respuesta a las aportaciones ciudadanas, y la participación efectiva en los procesos de consulta y seguimiento.

Justificación: Una evaluación estructurada de la sostenibilidad asegura que el desarrollo de la eólica marina sea compatible con la conservación ambiental, la protección del paisaje y la resiliencia socioeconómica local. La incorporación de indicadores sociales y paisajísticos permite reflejar la dimensión cultural y comunitaria del impacto, reforzar la legitimidad de las decisiones y garantizar que las medidas de mitigación respondan tanto a la evidencia científica como a las percepciones del territorio.

CIENCIA, ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA Y PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA

Recomendación: Adoptar un marco de planificación adaptativa para el espacio marino que garantice la implicación activa y continua de la comunidad científica y la actualización periódica de los instrumentos de planificación (POEM y otros). Las decisiones deberán basarse en la mejor evidencia disponible sobre biodiversidad, funcionamiento de los ecosistemas y dimensiones socioeconómicas, integrando además los avances tecnológicos y operativos del sector eólico marino. Este marco incluirá ciclos de revisión programados y mecanismos de ajuste que incorporen nueva información científica y de seguimiento (incluidos los servicios ecosistémicos), cambios en las condiciones ambientales y lecciones aprendidas del despliegue de proyectos, permitiendo ajustar diseño, operación y medidas de mitigación a lo largo del ciclo de vida.

Justificación: La combinación de ciencia, adaptación y actualización tecnológica mantiene las decisiones vigentes, eficaces y proporcionadas frente a la incertidumbre, reduce riesgos ambientales y socioeconómicos y refuerza la coherencia con los objetivos de conservación y de transición energética. Asimismo, asegura que los POEM y el resto de instrumentos incorporen de forma dinámica innovaciones que mejoren la eficiencia, la compatibilidad ambiental y la aceptación social de los proyectos de eólica marina, garantizando una gestión transparente y ajustable durante todo su ciclo de vida.

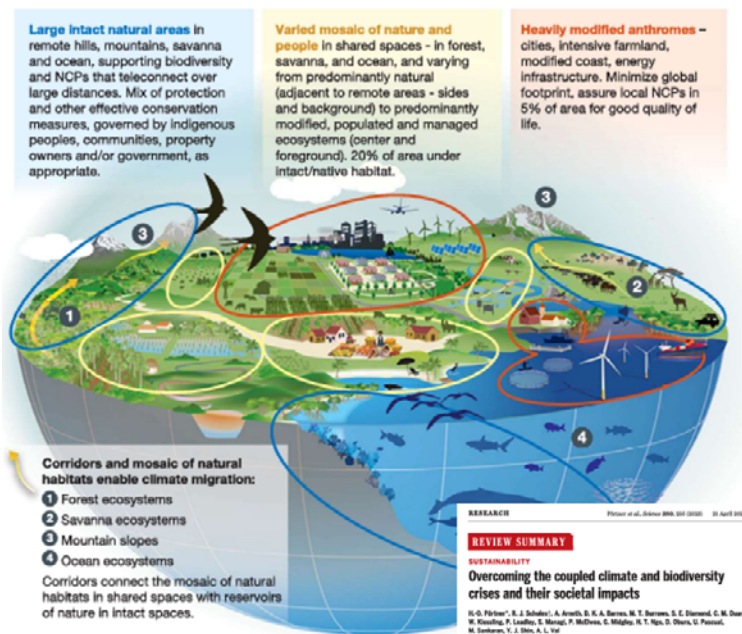
ALINEACIÓN INTERNACIONAL Y COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

Recomendación: Garantizar que la planificación y la gestión de los parques eólicos marinos cumplan con las normas, directrices y objetivos de conservación internacionales, en coherencia con los compromisos adquiridos por España en materia de biodiversidad y transición energética. Asimismo, fomentar la coordinación entre organismos locales, regionales, nacionales e internacionales, impulsando proyectos transnacionales que promuevan el intercambio de conocimiento, la innovación tecnológica y la armonización de políticas de gestión marina.

Justificación: La alineación con estándares y objetivos internacionales asegura la compatibilidad del desarrollo eólico marino con la conservación de la biodiversidad global

Recomendación: En base a la categorización de grandes zonas de planificación propuesta

Justificación: Esta categorización territorial orienta la transición energética hacia espacios



BLOQUE 2.

DESARROLLO TÉCNICO DE LOS PARQUES EÓLICOS MARINOS A LO LARGO DE SU CICLO DE VIDA

Coordinación, innovación y conocimiento aplicado en el ciclo de vida de la eólica marina

El segundo bloque integra las recomendaciones técnicas y operativas dirigidas a las administraciones públicas, al sector promotor y a la comunidad científica, con el objetivo de asegurar un desarrollo de la energía eólica marina que sea sostenible, equitativo y basado en la evidencia científica.

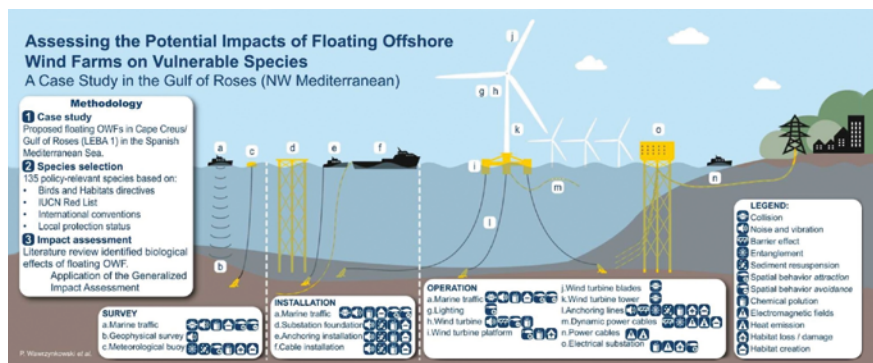


FIGURA 8. Esquema de los impactos potenciales de los parques eólicos marinos flotantes durante las fases de instalación, operación y desmantelamiento, con especial atención a los efectos sobre especies vulnerables en el Golfo de Roses (NW Mediterráneo). Fuente: Wawrzynkowski et al. (2024).

El bloque propone un enfoque colaborativo y adaptativo, en el que la administración ejerce el liderazgo regulador y de planificación, el sector promotor aplica prácticas ejemplares de sostenibilidad y la comunidad científica aporta el conocimiento interdisciplinario necesario para orientar la toma de decisiones y mejorar la gestión del medio marino.

De esta manera, la guía impulsa una alianza efectiva entre ciencia, gestión y empresa, promoviendo la coproducción de conocimiento, la transparencia en la información y la participación activa de la sociedad en la transición energética hacia un modelo realmente compatible con la biodiversidad marina y el bienestar de las comunidades costeras.

2.1. RECOMENDACIONES PARA LAS ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

RECOMENDACIONES GLOBALES

Las recomendaciones globales son aquellas que tienen aplicación a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos, desde la planificación hasta el desmantelamiento. Estas recomendaciones buscan garantizar una integración sostenible de los proyectos en el entorno natural y social, abordando aspectos clave que afectan la viabilidad ambiental, social y económica del proyecto en su totalidad.

PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN, ENFOQUE ECOSISTÉMICO Y ZONIFICACIÓN RESPONSABLE

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a aplicar de forma sistemática el principio de precaución y un enfoque por ecosistema en la planificación y evaluación de la energía eólica marina, desde la delimitación de las zonas de alto potencial (ZAPER) hasta la valoración de proyectos concretos. Las decisiones deberán basarse en el mejor conocimiento científico disponible e incorporar de manera prioritaria los valores ecológicos, paisajísticos y socioculturales del medio marino y costero. Asimismo, la identificación de zonas aptas para el desarrollo de parques eólicos marinos deberá excluir expresamente las áreas críticas para la biodiversidad, incluyendo las zonas de desove y reclutamiento de especies, los hábitats esenciales y los corredores ecológicos marinos. Se deberá prestar especial atención a los espacios naturales protegidos y a las áreas reconocidas por su relevancia internacional, tales como los sitios Natura 2000, las ISRA (Important Shark and Rays Areas), las IBA (Important Birds Areas), las IMMA (Important Marine Mammal Areas), las KBA (Key Biodiversity Areas), las ZEPIM (Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo) y las zonas de veda para la pesca. Esta planificación deberá contemplar tanto las especies protegidas por la Directiva Hábitats, la Directiva Aves y la legislación nacional, como aquellas incluidas en convenios internacionales de conservación (Barcelona, Berna, Washington). Además,

las administraciones deberán efectuar una evaluación individualizada de cada propuesta de parque eólico o zona ZAPER, atendiendo a las condiciones ambientales, ecológicas y sociales del entorno y a las características técnicas y espaciales del proyecto. Por último, para garantizar la transparencia y coherencia del proceso, se recomienda la definición de criterios claros dentro de la evaluación ambiental estratégica (EAE) y la creación de un Observatorio Social y del Paisaje de ámbito estatal, inspirado en experiencias como el Observatori del Paisatge de Catalunya, que permita integrar la dimensión paisajística y social en la planificación y gestión de la eólica marina.

Justificación: La aplicación del principio de precaución, combinada con un enfoque ecosistémico y evaluaciones individualizadas, permite anticipar y evitar daños irreversibles sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales. La exclusión de zonas críticas de alta sensibilidad ecológica garantiza la resiliencia de los ecosistemas marinos y costeros, previniendo impactos que podrían comprometer su capacidad de recuperación a largo plazo. Dado que los efectos acumulativos y sinérgicos de la eólica marina aún no se comprenden completamente, un enfoque preventivo y adaptativo minimiza riesgos y facilita la implementación de medidas de mitigación eficaces. Asimismo, el desarrollo de instrumentos de seguimiento y participación, como un observatorio estatal, fortalece la legitimidad y la transparencia de las decisiones públicas, integrando la percepción social y los valores del paisaje en la gobernanza de la transición energética marina. De este modo, se promueve una planificación más equitativa, informada y sostenible del espacio marino.

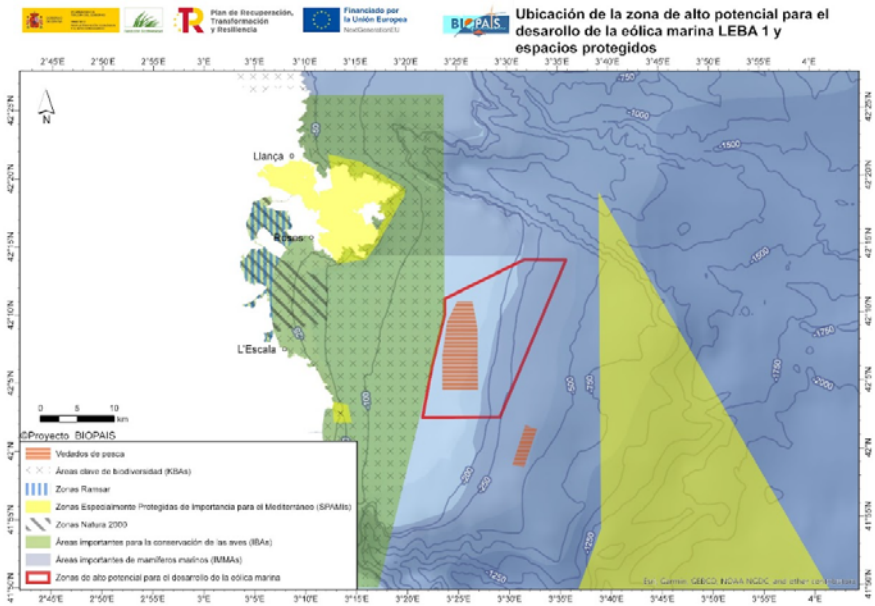


FIGURA 9. Identificación de solapamientos entre la zona LEBA-1 y áreas críticas para la biodiversidad (Natura 2000, IMMA, IBA, KBA, SPAMI, zonas de veda), una información esencial para la zonificación responsable y la aplicación del principio de precaución en la planificación eólica marina. Fuente: Elaboración propia con datos oficiales.

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a establecer un sistema de monitoreo integral, independiente y adaptativo, que abarque todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos (planificación, construcción, operación y desmantelamiento) y que complemente los programas de monitoreo que deben realizar los promotores. Este sistema deberá evaluar de manera continua los impactos ambientales, socioeconómicos y paisajísticos, incorporando indicadores relativos a la calidad del agua, la biodiversidad marina, el estado de los hábitats, los procesos ecológicos y la percepción social y visual del paisaje. Los programas de monitoreo deberán emplear metodologías estandarizadas y comparables que permitan evaluar los impactos acumulativos y sinérgicos entre proyectos, garantizando la coherencia y trazabilidad de los datos generados. El monitoreo deberá incluir campañas específicas para el seguimiento del impacto visual a largo plazo, considerando variaciones estacionales, diurnas y nocturnas, así como diferencias según el vínculo territorial de la población (residente, visitante, profesional). Se recomienda la realización de encuestas periódicas y series fotográficas desde puntos fijos que permitan comparar percepciones a lo largo del tiempo y evaluar la eficacia de las medidas de mitigación aplicadas. Asimismo, se propone la creación de un Observatorio Social y del Paisaje de carácter estatal, con participación de las comunidades autónomas, destinado a centralizar y armonizar la información procedente de los distintos programas de monitoreo. Este observatorio deberá publicar periódicamente sus resultados en repositorios abiertos y accesibles a la ciudadanía, garantizando la transparencia y el acceso a la información. Finalmente, las administraciones deberán exigir a los promotores la constitución de un **fondo de garantía** destinado a financiar el monitoreo, el desmantelamiento y la restauración ecológica de las áreas afectadas, asegurando que las zonas intervenidas recuperen su funcionalidad ecológica y paisajística tras la finalización del proyecto.

Justificación: El establecimiento de un sistema de monitoreo integral e independiente permite evaluar de manera objetiva los efectos acumulativos e imprevistos de los parques eólicos marinos, garantizando la eficacia de las medidas de mitigación y la protección del medio marino. La gestión adaptativa, basada en datos científicos actualizados, otorga flexibilidad para ajustar las estrategias de gestión ante nuevos conocimientos o impactos no previstos, promoviendo decisiones informadas y dinámicas. El seguimiento sistemático del impacto visual y de la percepción social refuerza la legitimidad pública y la aceptación social de los proyectos al incorporar las valoraciones y expectativas de las comunidades locales en los procesos de planificación y revisión. Por su parte, la creación de un fondo de garantía y de un observatorio estatal contribuye a la responsabilidad compartida, la transparencia y la sostenibilidad a largo plazo del desarrollo eólico marino, integrando la dimensión ecológica, social y paisajística en la gobernanza ambiental del espacio marino.

REGULACIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a promover, establecer y aplicar regulaciones integrales para mitigar los impactos ambientales de los parques eólicos marinos en todas las fases de su desarrollo. Estas regulaciones deben incluir la regulación de los horarios de trabajo, rutas de transporte de materiales y zonas de almacenamiento para reducir molestias a residentes y turistas en áreas urbanas y turísticas; la creación de normativas específicas para la ubicación y el diseño de estructuras temporales en la costa (plataformas, embarcaderos, grúas, depósitos de materiales, etc.) durante la construcción del parque, con el fin de minimizar su impacto visual; y el establecimiento y aplicación de normativas estrictas para mitigar la contaminación acústica, lumínica y química generada por los parques eólicos marinos, incluyendo la implementación de tecnologías y prácticas que reduzcan el ruido submarino durante la construcción y operación, la regulación del uso de materiales tóxicos, como pinturas antiincrustantes y sistemas de protección contra la corrosión en estructuras flotantes, y el control de la contaminación lumínica mediante el diseño adecuado de la iluminación en aerogeneradores y plataformas asociadas.



FIGURA 10. Infraestructura *offshore* vinculada a parques eólicos marinos, cuya operación requiere regulaciones específicas para minimizar impactos ambientales
Fuente: Vanessa Stelzenmüller (Institute of Sea Fisheries, Alemania).

Justificación: La contaminación acústica y el tráfico de maquinaria pesada pueden afectar la vida cotidiana de la población y la actividad turística en zonas costeras. La presencia de infraestructuras temporales puede alterar significativamente el paisaje costero, afectando el atractivo turístico y la percepción pública del proyecto. El ruido submarino puede generar impactos negativos en mamíferos marinos y otras especies sensibles, afectando su comunicación, comportamiento y bienestar. La liberación

de compuestos tóxicos derivados de materiales de construcción puede provocar contaminación química en el medio marino, afectando la biodiversidad y favoreciendo procesos de bioacumulación y biomagnificación en la cadena trófica. La contaminación lumínica puede alterar los patrones de comportamiento de especies marinas, incluyendo peces, aves y tortugas, interfiriendo con la navegación, la reproducción y la alimentación. La regulación de estas fuentes de contaminación garantizará una mayor sostenibilidad ambiental en el desarrollo de la energía eólica marina.

EVALUACIÓN Y MITIGACIÓN INTEGRAL DE IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a comprobar que las evaluaciones de impacto ambiental, social y económico realizadas por los promotores incluyan un análisis de todas las fases del proyecto (preconstrucción, construcción, operación, desmantelamiento), considerando tanto los beneficios como los efectos adversos potenciales sobre las comunidades locales, la economía regional, la pesca, el turismo, la identidad local y la preservación del paisaje marino. Se recomienda implementar planes de compensación y apoyo a los sectores afectados (pesca, turismo, navegación), asegurando que los promotores cumplan con medidas de mitigación adecuadas. Se recalca que la evaluación de impacto ambiental (EIA) debe ser realizada de la mejor forma posible, pero teniendo presente que es una herramienta para mejorar los proyectos, no una garantía ambiental ni de sostenibilidad.

Justificación: Una evaluación integral permite identificar y mitigar posibles impactos negativos en el medio ambiente y en las comunidades locales, asegurando que los proyectos se desarrollen de manera sostenible y socialmente equitativa. La construcción puede generar restricciones temporales en ciertas áreas marítimas y costeras, afectando la actividad económica de comunidades dependientes de estos sectores. Comprender y abordar estos impactos garantiza que el desarrollo de los parques eólicos marinos sea no solo ambientalmente responsable, sino también socialmente equitativo y beneficioso para las comunidades locales, promoviendo la cohesión y el bienestar comunitario.

ESTRATEGIAS INTEGRALES DE COMUNICACIÓN Y PARTICIPACIÓN PÚBLICA

Recomendación: Impulsar e implementar estrategias de comunicación y participación pública a lo largo de todas las fases de los proyectos eólicos marinos, desde la planificación inicial hasta el desmantelamiento, garantizando transparencia, acceso a la información y diálogo continuo con comunidades locales, actores económicos y asociaciones civiles. Estas estrategias deben incluir mecanismos de consulta temprana y permanente, la creación de plataformas de información accesibles (portales web, centros informativos, reuniones públicas) y la participación activa de la ciudadanía en las decisiones clave, incluyendo la planificación del desmantelamiento y la difusión de los resultados obtenidos.

Justificación: Una comunicación transparente y bidireccional reduce conflictos, refuerza la confianza social y fomenta la colaboración con la comunidad científica y la sociedad, garantizando proyectos más legítimos y sostenibles.

SEGURIDAD MARÍTIMA Y COMPATIBILIDAD CON EL TRANSPORTE MARÍTIMO

Recomendación: La administración competente deberá implementar un sistema de monitoreo para analizar la interacción de los parques eólicos marinos con las rutas de navegación, para garantizar la seguridad marítima y la eficiencia del transporte marítimo, tanto de pasajeros (cruceros y ferris) como de mercancías. Se establecerán corredores de navegación seguros y se implementarán sistemas de monitoreo y alerta tempranos para prevenir colisiones con embarcaciones y otros accidentes.

Justificación: La proliferación de infraestructuras eólicas marinas puede generar conflictos con las rutas de navegación existentes, aumentando el riesgo de accidentes y afectando la eficiencia del transporte marítimo, tanto de pasajeros como de mercancías (cargueros, buques petroleros o buques metaneros). Es imperativo garantizar la coexistencia segura y eficiente de ambas actividades.

FOMENTO DE LA CAPACITACIÓN, LA COMPENSACIÓN Y LA INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINAR

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a impulsar programas de formación y capacitación que favorezcan la incorporación de personal local en las fases de operación, mantenimiento y servicios asociados a los parques eólicos marinos, promoviendo al mismo tiempo la dinamización económica de los territorios costeros mediante la contratación de empresas y servicios auxiliares del entorno. De forma paralela, se recomienda establecer mecanismos de compensación económica y social destinados a los sectores y comunidades más directamente afectados (como la pesca, el turismo o las actividades recreativas), asegurando una distribución equitativa de los costos y beneficios derivados del desarrollo eólico marino. Asimismo, las administraciones deberían destinar parte de los ingresos o cánones obtenidos de los proyectos a la financiación de investigaciones interdisciplinarias que integren las ciencias marinas, las ingenierías y las ciencias sociales. Estos estudios deben evaluar los impactos ecológicos, socioculturales y paisajísticos de los parques eólicos marinos, garantizando un seguimiento continuo y la posibilidad de ajustar políticas públicas con base en resultados científicos contrastados.

Justificación: El fortalecimiento de las capacidades locales y la creación de oportunidades de empleo en el territorio incrementan la aceptación social de los proyectos y contribuyen a que los beneficios económicos generados por la eólica marina reviertan en las comunidades costeras. Los mecanismos de compensación permiten mitigar desigualdades y reducir tensiones sociales o sectoriales derivadas de la implantación de infraestructuras en el espacio marino. Al mismo tiempo, la financiación de investigaciones interdisciplinarias independientes refuerza la transparencia, la legitimidad y la gestión adaptativa del proceso de

transición energética al integrar el conocimiento científico y social en la toma de decisiones. La combinación de capacitación, compensación y producción de conocimiento favorece una transición más justa, sostenible y territorialmente equitativa, alineada con los principios de gobernanza participativa y desarrollo sostenible del medio marino.



FIGURA 11. Espacio de investigación interdisciplinar donde se integran ciencias marinas, ingeniería y ciencias sociales para evaluar impactos de la eólica marina. Fuente: Proyecto BIOPaís.

DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO

La fase de diseño es crucial para definir las características técnicas y espaciales del parque eólico, mientras que las evaluaciones de impacto ambiental (EIA), la evaluación ambiental estratégica (EAE) y las evaluaciones adecuadas (EA) para proyectos o planes que puedan afectar zonas Natura 2000 permiten identificar, mitigar y gestionar los riesgos asociados al proyecto, asegurando que sus impactos se gestionen de manera adecuada antes de su implementación.

SEGREGACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a que la evaluación adecuada (EA) para planes y proyectos de eólica marina que puedan afectar las zonas Natura 2000 se realice de forma independiente y segregada de la evaluación ambiental estratégica (EAE) y la evaluación de impacto ambiental (EIA).

Justificación: Esto asegura que la evaluación adecuada (EA) se enfoque específicamente en los impactos sobre los hábitats y especies protegidos por normativa comunitaria, sin influencias de los desarrolladores de proyectos.

INTEGRACIÓN DE PERSONAS EXPERTAS INDEPENDIENTES

Recomendación: Garantizar que la evaluación adecuada (EA) de los parques eólicos marinos sea realizada por las autoridades competentes con la asistencia de personas externas e independientes que sean expertas en disciplinas claves (por ejemplo, biología marina, oceanografía, ornitología, energía, ingeniería, economía, geografía y antropología social), y no por los propios promotores.

Justificación: La participación de expertos independientes asegura objetividad, credibilidad y un enfoque multidisciplinar, garantizando que se evalúen de forma adecuada todos los impactos ambientales y sociales.

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS

Recomendación: Incluir en la evaluación adecuada (EA) no solo el parque eólico en sí, sino también sus elementos complementarios (cables de exportación de la electricidad, estaciones eléctricas en mar y en tierra, ampliación de infraestructuras portuarias y futuros componentes como plantas de hidrógeno), evaluando así el impacto acumulado del proyecto y sus posibles cambios a largo plazo.

Justificación: Estos elementos pueden generar impactos ambientales significativos; su inclusión es esencial para comprender el efecto global del proyecto y anticipar posibles cambios en el futuro.



FIGURA 12. Infraestructuras portuarias asociadas al ensamblaje de un aerogenerador flotante en Port-la-Nouvelle (Francia), un elemento complementario clave que debe incluirse en la evaluación de impactos acumulados. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

ESTUDIOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN

Los estudios preconstrucción recopilan información crítica sobre las condiciones ambientales, ecológicas y socioeconómicas de la zona. Estos datos son esenciales para ajustar el diseño y garantizar que las medidas de mitigación sean efectivas.

COMPATIBILIDAD ECONÓMICA Y DINAMIZACIÓN LOCAL

Recomendación: Evaluar de manera específica la compatibilidad de los parques eólicos marinos con las actividades económicas locales, como la pesca, el turismo o el transporte marítimo, y diseñar medidas que promuevan la coexistencia y la adaptación entre sectores. Al mismo tiempo, promover programas de capacitación y dinamización económica que permitan a la comunidad local beneficiarse directa o indirectamente de la construcción, mantenimiento y gestión del parque.

Justificación: La instalación de infraestructuras en el mar puede afectar sectores tradicionales y generar tensiones sociales. Llevar a cabo estudios de compatibilidad permite minimizar conflictos y, junto con la inversión en formación y empleo local, refuerza el impacto positivo de la transición energética en la economía regional.



FIGURA 13. Actividad pesquera artesanal en el Cap de Creus, un sector clave en la evaluación socioeconómica de los parques eólicos marinos. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

EXIGIR ESTUDIOS DE IMPACTO CULTURAL Y PAISAJÍSTICO

Recomendación: Incorporar evaluaciones detalladas sobre la afectación del parque eólico al patrimonio cultural tangible e intangible, incluyendo el paisaje como elemento identitario de las comunidades costeras. Estas evaluaciones deberán complementarse con el levantamiento de una línea base social y paisajística que integre un inventario georreferenciado de puntos críticos de observación y lugares de alto valor cultural, recreativo o simbólico, como rutas, miradores, playas o elementos patrimoniales, así como una encuesta inicial reproducible que permita segmentar las percepciones según los diferentes vínculos territoriales de la población.

Justificación: Las comunidades costeras suelen mantener un vínculo con su entorno natural y cultural. Evaluar los impactos sobre su identidad y patrimonio permite diseñar estrategias de mitigación y compensación más efectivas. Disponer de una línea base social y paisajística aporta referencias comparables para el seguimiento, orienta el diseño de medidas de mitigación y facilita una mayor aceptación social de los proyectos.

CONSTRUCCIÓN Y MONITOREO

La etapa de construcción representa un período de alta presión ambiental en el que se concentran los impactos más intensos sobre el medio ambiente marino. Es fundamental implementar medidas preventivas y correctoras rigurosas, orientadas a reducir las perturbaciones sobre la fauna, la flora y las actividades humanas cercanas, junto con un monitoreo continuo que evalúe la efectividad de las acciones implementadas.

SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL IMPACTO ACÚSTICO SUBMARINO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Recomendación: La administración competente deberá establecer, supervisar y hacer cumplir una normativa estricta que limite la emisión de ruido submarino durante las fases de construcción. Esta normativa deberá exigir a los promotores la adopción e implementación de tecnologías y protocolos de mitigación acústica, así como la realización de un seguimiento exhaustivo del cumplimiento de dichas normativas.

Justificación: Las administraciones públicas ostentan la responsabilidad de salvaguardar la integridad de la fauna marina, garantizando que las actividades de construcción se desarrollen en estricto cumplimiento de los estándares ambientales vigentes.



FIGURA 14. Buque grúa y equipamiento de instalación utilizados en la fase de construcción de parques eólicos marinos. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

VIGILANCIA DE LA GESTIÓN DE SEDIMENTOS Y TURBIDEZ DURANTE LA CONSTRUCCIÓN

Recomendación: La administración competente deberá ejercer una vigilancia activa sobre la implementación de las medidas de control de sedimentos y turbidez por parte de los promotores. Se asegurará la aplicación de las mejores prácticas y tecnologías disponibles mediante la realización de inspecciones periódicas que verifiquen el cumplimiento de la normativa aplicable.

Justificación: Las administraciones públicas tienen el deber de garantizar la preservación de la calidad del agua y la protección de los hábitats bentónicos durante las operaciones de construcción.

REGULACIÓN Y CONTROL DEL TRÁFICO MARÍTIMO

Recomendación: La administración competente deberá establecer rutas de navegación claramente definidas y protocolos de seguridad específicos para las embarcaciones involucradas en la construcción. En coordinación con las autoridades marítimas, se minimizarán los riesgos de colisión y se realizará un seguimiento continuo del tráfico marítimo, asegurando el cumplimiento de la normativa aplicable.

Justificación: Las administraciones públicas son responsables de velar por la seguridad marítima y la protección de la fauna marina en el área de influencia del proyecto.

INSPECCIÓN Y CONTROL DE LA PREVENCIÓN DE DERRAMES Y CONTAMINACIÓN

Recomendación: La administración competente deberá realizar inspecciones periódicas de las instalaciones de construcción con el fin de verificar el cumplimiento de los protocolos de prevención de derrames y contaminación. Se exigirá a los promotores la elaboración e implementación de planes de contingencia, así como la notificación inmediata de cualquier incidente que pueda generar contaminación.

Justificación: Las administraciones públicas tienen la obligación de garantizar la protección del medio marino contra cualquier forma de contaminación derivada de las actividades de construcción.

OPERACIÓN Y MONITOREO DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN

Durante la fase de operación, los parques eólicos marinos generan beneficios energéticos significativos, pero también pueden tener impactos acumulativos y de larga duración sobre el medio marino y las actividades humanas. Un monitoreo constante asegura que las medidas de mitigación implementadas sigan siendo efectivas y permite ajustes adaptativos según sea necesario.

EVALUACIÓN Y CONTROL DEL IMPACTO EN LA ACTIVIDAD PESQUERA DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN

Recomendación: La administración competente deberá realizar o exigir la realización de estudios periódicos y exhaustivos para evaluar el impacto del parque eólico en la actividad pesquera local. Se procederá al establecimiento y aplicación coercitiva de medidas de mitigación cuando se considere necesario, en aras de salvaguardar los intereses del sector pesquero.



FIGURA 15. Actividad pesquera artesanal en el Golfo de Roses, utilizada como referencia en los análisis de impacto socioeconómico y de compatibilidad territorial con la eólica marina. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

Justificación: Las administraciones públicas tienen la responsabilidad de proteger los intereses de los pescadores locales y garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las actividades pesqueras en el área de influencia del parque eólico.

OBSERVATORIO SOCIAL Y DEL PAISAJE DURANTE LA FASE DE OPERACIÓN

Recomendación: Establecer un panel ciudadano u observatorio social y del paisaje que se mantenga activo durante toda la fase de operación, con publicación periódica de indicadores de confianza y aceptación social diferenciados por segmentos de población, así como de resultados relativos a la visibilidad percibida en puntos críticos previamente identificados.

Justificación: Este mecanismo de seguimiento refuerza la transparencia del proceso, permite detectar de manera temprana posibles conflictos y contribuye a la legitimidad de las decisiones de gestión, asegurando que la operación de los parques eólicos marinos se ajuste a las percepciones y expectativas sociales vinculadas al territorio.

SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Recomendación: La administración competente deberá ejercer una supervisión rigurosa sobre los programas de mantenimiento preventivo y correctivo implementados por los promotores. Se asegurará que dichos programas se ejecuten de manera adecuada y oportuna, mediante la realización de inspecciones periódicas que verifiquen el cumplimiento de la normativa y los estándares técnicos aplicables.

Justificación: Las administraciones públicas tienen el deber de garantizar la seguridad de las instalaciones y la protección del medio ambiente durante la fase de operación del parque eólico.

DESMANTELAMIENTO Y MONITOREO POSDESMANTELAMIENTO

El desmantelamiento y la restauración son etapas críticas para reducir los impactos residuales en el entorno marino y garantizar que las áreas intervenidas puedan recuperar sus funciones ecológicas y socioeconómicas.

ESTABLECIMIENTO DE PROGRAMAS DE DESMANTELAMIENTO EFICIENTES Y SOSTENIBLES

Recomendación: Se insta a las administraciones públicas a desarrollar y aplicar planes de desmantelamiento detallados y sostenibles para los parques eólicos marinos al final de su vida útil, asegurando que todos los componentes se retiren de manera responsable y se minimicen los impactos ambientales.

Justificación: Un desmantelamiento bien planificado previene la acumulación de residuos en el entorno marino y garantiza que las estructuras y equipos se retiren sin

causar daños a los ecosistemas locales. Esto ayuda a mitigar los efectos negativos a largo plazo y promueve la restauración del hábitat.

PROCESO PARTICIPATIVO Y COMUNICACIÓN DEL DESMANTELAMIENTO

Recomendación: Incluir un proceso participativo que permita decidir, junto con administraciones, actores locales y ciudadanía, la retirada total o parcial de las infraestructuras y las opciones de restauración paisajística, considerando los posibles valores recreativos o culturales asociados a determinadas estructuras. Asimismo, garantizar una comunicación clara y comprensible del cierre del parque, incluyendo el calendario previsto, los impactos derivados y las medidas de restauración, junto con la devolución pública de resultados y de las lecciones aprendidas durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Justificación: La participación en la fase de desmantelamiento contribuye a generar confianza y a reducir conflictos al integrar las expectativas sociales en la decisión final. Una comunicación transparente sobre el cierre y la restauración asegura la legitimidad del proceso y permite que la sociedad conozca los aprendizajes obtenidos, reforzando la mejora continua en la planificación y gestión de futuros proyectos.

2.2. RECOMENDACIONES PARA EL SECTOR PROMOTOR DE PARQUES EÓLICOS MARINOS

RECOMENDACIONES GLOBALES

Las recomendaciones globales son aquellas que tienen aplicación a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos que los promotores llevan a cabo, desde la fase de prospección geofísica hasta el desmantelamiento. Estas recomendaciones buscan garantizar una integración sostenible del proyecto en el entorno natural y social, abordando aspectos clave que afectan la viabilidad ambiental, social y económica del proyecto en su totalidad.

ALINEACIÓN CON MARCOS Y NORMAS INTERNACIONALES

Recomendación: Garantizar que el desarrollo de parques eólicos marinos cumpla con las normas y recomendaciones técnicas internacionales pertinentes, alineándose con los lineamientos establecidos por organismos reconocidos como la Comisión Europea, el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Agencia Ejecutiva para las Pequeñas y Medianas Empresas / Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y de Acuicultura (EASME/EMFF). Además, se recomienda

realizar revisiones periódicas de las estrategias de gestión para garantizar su actualización conforme a la evolución de las normativas y mejores prácticas internacionales. Se integrarán igualmente los marcos europeos de calidad paisajística, como el Convenio Europeo del Paisaje, la Directiva de Evaluación de Impacto Ambiental (2011/92/UE, modificada por 2014/52/UE) y la Directiva de Ordenación del Espacio Marítimo (2014/89/UE), que establecen la obligación de integrar los efectos sobre el paisaje y los valores culturales en los procesos de planificación y evaluación.

Justificación: Seguir estándares internacionales permite mitigar los impactos ambientales de los parques eólicos marinos, alineando su desarrollo con las mejores prácticas globales y minimizando riesgos para la biodiversidad. Esto no solo garantiza el cumplimiento de los requisitos legales, sino que también refuerza la aceptación social de los proyectos al demostrar un compromiso claro con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. La incorporación del Convenio Europeo del Paisaje y de las directivas comunitarias en materia de impacto ambiental y ordenación marítima refuerza la coherencia territorial del proyecto y legitima su compatibilidad con los valores culturales, identitarios y visuales del entorno.

TRANSPARENCIA, COMUNICACIÓN Y ACCESO A LA INFORMACIÓN

Recomendación: Definir e implementar una estrategia de comunicación integral, transparente y accesible que acompañe todo el ciclo de vida del proyecto eólico marino, desde la fase de prospección hasta el desmantelamiento. Esta estrategia debe garantizar la difusión de información clara, comprensible y actualizada sobre el diseño del proyecto, sus impactos ambientales, paisajísticos y socioeconómicos, así como sobre las medidas de mitigación y compensación previstas. Se recomienda combinar diferentes canales y formatos (sesiones de participación pública, medios de comunicación, portales digitales y redes sociales) para llegar a públicos diversos y favorecer un diálogo continuo con la ciudadanía. Las representaciones visuales, simulaciones y materiales gráficos son herramientas clave para facilitar la comprensión de los posibles impactos paisajísticos y territoriales. Asimismo, los promotores deberán asegurar que todos los datos generados durante las distintas fases del proyecto, incluidos los estudios de caracterización del sustrato, biodiversidad, hábitats marinos, oceanografía o impactos acumulativos, estén disponibles en un repositorio de datos abiertos conforme a los principios FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*). Estos repositorios deberán incluir metadatos estandarizados, códigos y protocolos metodológicos reproducibles, y garantizar el acceso tanto a la comunidad científica como al público general y a las administraciones competentes. Al finalizar cada fase del proyecto (planificación, construcción, operación y desmantelamiento), los promotores deberán publicar informes detallados sobre los avances, dificultades encontradas, medidas adoptadas y resultados del monitoreo ambiental, incluyendo la restauración de los ecosistemas y el cumplimiento de los compromisos adquiridos. Dichos informes deben difundirse de manera abierta, en formatos accesibles y con lenguaje comprensible, sin perjuicio de su rigor técnico.

Justificación: La transparencia en la gestión y la comunicación proactiva son pilares esenciales para construir confianza social y fortalecer la legitimidad del promotor.

Garantizar el acceso público a los datos y resultados permite una evaluación más rigurosa de los impactos, facilita la planificación de medidas de mitigación eficaces y promueve la trazabilidad y credibilidad del proceso. Una estrategia de comunicación inclusiva y sostenida en el tiempo contribuye a prevenir conflictos y a favorecer la aceptación social del proyecto, reforzando la colaboración con comunidades locales, sectores económicos y entidades científicas. Del mismo modo, la publicación periódica de resultados impulsa el aprendizaje colectivo y facilita la transferencia de conocimiento entre proyectos, promoviendo una mejora continua hacia una gestión ambiental más responsable, verificable y sostenible.

PARTICIPACIÓN TEMPRANA Y CONTINUA DE LAS COMUNIDADES LOCALES

Recomendación: Los promotores deben diseñar e implementar una arquitectura de participación temprana, continua y efectiva que abarque todas las fases del ciclo de vida del proyecto, desde la planificación hasta el desmantelamiento. Esta estrategia debe garantizar que las comunidades locales (ayuntamientos, entidades supramunicipales, sectores económicos como la pesca, el turismo o la navegación, asociaciones ciudadanas, ONG locales y la sociedad civil) participen de manera real y significativa en la toma de decisiones. Para ello, se recomienda llevar a cabo un análisis exhaustivo de los actores clave, identificando sus percepciones, intereses y preocupaciones mediante métodos complementarios como entrevistas, encuestas y talleres participativos, de forma que se obtenga una comprensión integral de las dinámicas sociales y territoriales implicadas. La participación debe canalizarse a través de mecanismos accesibles y permanentes, que incluyan puntos de información y atención territorial, reuniones periódicas, paneles informativos y plataformas digitales abiertas, asegurando una comunicación bidireccional y una devolución constante de resultados. Es fundamental que los procesos participativos sean transparentes y trazables, con actas públicas, criterios de representatividad y respuestas claras a las aportaciones recibidas. Asimismo, se recomienda promover acuerdos de beneficio mutuo con los sectores afectados, de modo que la participación no se limite a la expresión de opiniones, sino que se traduzca en compromisos concretos y compartidos. Estos acuerdos pueden orientarse a ámbitos como la diversificación pesquera, el turismo sostenible, la conservación del paisaje o la creación de oportunidades de empleo local, contribuyendo así a reforzar el vínculo entre los proyectos eólicos marinos y las comunidades costeras.

Justificación: La participación temprana y sostenida constituye un elemento central para garantizar la legitimidad territorial y la aceptación social de los proyectos. Su desarrollo desde las primeras fases de planificación permite anticipar conflictos, mejorar la calidad de las decisiones y asegurar que el diseño y la gestión de los parques eólicos marinos respondan a las necesidades reales del territorio. La combinación de métodos de consulta y análisis facilita una visión más completa de los intereses y valores locales, fortaleciendo el diálogo entre promotores, sectores económicos, administraciones y ciudadanía. Además, la existencia de espacios de participación estables y con capacidad de incidencia contribuye a generar confianza y a consolidar una licencia social para

operar basada en la transparencia, la corresponsabilidad y la equidad. Finalmente, los acuerdos de colaboración y beneficio mutuo refuerzan la percepción de justicia territorial, impulsan la cohesión social y facilitan una implementación más equilibrada y sostenible del proyecto a largo plazo.



FIGURA 16. Dinámica colectiva realizada en un taller participativo con comunidades locales; utilizada para identificar percepciones, preocupaciones y oportunidades relacionadas con los futuros parques eólicos marinos. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

INTEGRACIÓN DE VALORES TERRITORIALES Y MONITOREO PARTICIPATIVO

Recomendación: Incorporar los valores culturales, paisajísticos y emocionales en la planificación y diseño del proyecto, teniendo en cuenta las preocupaciones y recomendaciones de los agentes sociales clave, así como de la población residente y visitante. Implementar planes de monitoreo participativo que involucren a residentes, pescadores y otros actores locales en la recolección de datos sobre el impacto del parque en el paisaje y la actividad económica, garantizando la capacitación adecuada para asegurar la calidad de los datos recabados.

Justificación: La integración de los valores culturales, paisajísticos y emocionales en el diseño de proyectos de energía eólica marina garantiza una adaptación respetuosa al entorno, minimizando los conflictos socioambientales y fortaleciendo la identidad territorial. Estos valores forman parte de los servicios ecosistémicos culturales, pero requieren una atención diferenciada por su dimensión identitaria y social. Además, el monitoreo participativo no solo genera mayor confianza y transparencia en la gestión del proyecto, sino que también fortalece el vínculo con las comunidades locales, fomentando el sentido de pertenencia y responsabilidad compartida. Este enfoque integral contribuye a

la sostenibilidad del desarrollo y facilita la detección temprana de problemas, promoviendo una mejor toma de decisiones basada en información comunitaria y científica combinada.

INTEGRACIÓN SOCIOECONÓMICA Y EQUIDAD TERRITORIAL

Recomendación: Desarrollar un enfoque integral para compatibilizar el desarrollo de la energía eólica marina con las actividades socioeconómicas locales, asegurando que el aprovechamiento del espacio marino no genere conflictos significativos con otros sectores económicos clave, como la pesca, la acuicultura, el turismo y la navegación. Esto debe incluir la elaboración de planes específicos que permitan coordinar el uso del espacio marítimo, identificando medidas que minimicen los impactos negativos en la economía local. Además, se recomienda implementar políticas que prioricen la creación de empleo regional y fomenten la participación de empresas locales en los proyectos, siguiendo el enfoque de «contenido local» adoptado en países como el Reino Unido, donde se busca incrementar progresivamente la contratación de personal trabajador, proveedores y servicios de la región donde se desarrolla el parque eólico. Durante la fase de construcción, se debe promover la contratación de mano de obra local y establecer programas de formación específicos que permitan a la población acceder a los puestos de trabajo generados. Asimismo, es esencial evaluar el impacto socioeconómico de todas las fases del proyecto sobre sectores vulnerables, identificando riesgos específicos y estableciendo medidas de mitigación que incluyan compensaciones económicas o colaboraciones estratégicas que fortalezcan la coexistencia de actividades.



FIGURA 17. Actividad pesquera, sector clave en la economía local que requiere una planificación coordinada para garantizar la coexistencia con futuros proyectos de energía eólica marina. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

Justificación: La integración efectiva de los parques eólicos marinos con las actividades socioeconómicas locales es fundamental para garantizar su viabilidad social y económica. La coexistencia con sectores como la pesca y el turismo es esencial para reducir conflictos y asegurar el apoyo de las comunidades afectadas. La vinculación con la formación y la contratación local refuerza la percepción positiva del proyecto. Además, priorizar la contratación y capacitación local contribuye al desarrollo económico regional, favoreciendo el arraigo social y maximizando los beneficios directos e indirectos derivados de los proyectos. La implementación de políticas que incentiven la contratación regional refuerza la percepción positiva de los proyectos y contribuye a una distribución más equitativa de los beneficios económicos.

INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y MONITOREO A LARGO PLAZO

Recomendación: Los promotores de parques eólicos marinos deben comprometerse con la investigación aplicada, la innovación tecnológica y el monitoreo ambiental a largo plazo como pilares de una gestión sostenible. Este compromiso requiere invertir de forma continuada en programas que mejoren la comprensión de los ecosistemas marinos, reduzcan los impactos de las infraestructuras flotantes y evalúen la eficacia de las medidas de mitigación y restauración implementadas. Los programas de monitoreo deben desarrollarse durante todas las fases del proyecto (planificación, construcción, operación y desmantelamiento) e incluir variables físicas, biológicas y socioecológicas, con especial atención a la biodiversidad, los hábitats sensibles, el paisaje marino y los servicios ecosistémicos. Se recomienda incorporar tecnologías avanzadas, como sensores remotos, sistemas acústicos de baja emisión o plataformas autónomas de observación, que faciliten la recopilación continua de datos y la reducción de impactos, en especial del ruido submarino. Asimismo, los promotores deberían fomentar la formación continua del personal y de las partes interesadas en materia de sostenibilidad, gestión ambiental y mitigación de impactos, así como promover la colaboración con universidades, centros de investigación y organizaciones de conservación. Estas alianzas facilitan la transferencia de conocimiento, impulsan la innovación y refuerzan la contribución del sector a los objetivos globales de conservación y transición energética sostenible.

Justificación: La inversión en investigación, innovación y monitoreo a largo plazo permite detectar efectos imprevistos, ajustar las medidas de mitigación en tiempo real y generar evidencia científica verificable sobre los impactos acumulativos y las soluciones más eficaces. La apertura y trazabilidad de los datos fortalecen la credibilidad del proyecto y la confianza pública, mientras que la capacitación y la cooperación interinstitucional incrementan la capacidad técnica y la cultura ambiental del sector. En conjunto, estos elementos consolidan el papel de los promotores como agentes activos de la sostenibilidad y la mejora continua en la transición hacia un modelo energético más justo y responsable.

RESILIENCIA Y RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

Recomendación: Desarrollar e implementar planes de contingencia detallados para responder de manera efectiva a posibles incidentes o accidentes relacionados con la operación de parques eólicos marinos, así como a eventos derivados del cambio climático, que puedan amenazar la salud de los ecosistemas marinos y la seguridad de las personas. Estos planes deben contemplar una serie de escenarios posibles, incluyendo fallos en los aerogeneradores, derrames de materiales o alteraciones del entorno marino causadas por el cambio climático.

Justificación: Los planes de contingencia son fundamentales para garantizar una respuesta rápida y coordinada ante emergencias, minimizando los daños inmediatos en los ecosistemas marinos y en las comunidades cercanas. La implementación de estos planes mejora la resiliencia de los proyectos de energía eólica marina, asegurando que las actividades no solo sean sostenibles desde el punto de vista ambiental, sino que también garanticen la seguridad de las personas involucradas y de los ecosistemas marinos a largo plazo.



FIGURA 18. Detalle de un aerogenerador marino, cuya operación exige protocolos de seguridad y planes de contingencia robustos. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO

La fase de diseño es crucial para definir las características técnicas y espaciales del parque eólico, mientras que las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) y la evaluación ambiental estratégica (EAE), especialmente en proyectos que puedan afectar zonas Natura 2000, donde se requiere una evaluación adecuada (EA), permiten identificar, mitigar y gestionar los riesgos asociados al proyecto, asegurando que sus impactos se aborden de manera adecuada antes de su implementación. Es recomendable integrar desde el inicio un enfoque ecosistémico y paisajístico en estas evaluaciones, incorporando tanto la dimensión ecológica como los valores culturales y sociales del territorio.

REALIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ADECUADA (EA)

Recomendación: Para proyectos que puedan afectar zonas Natura 2000, la evaluación adecuada (EA) debe ser independiente y no influenciada por las entidades promotoras. El sector promotor debe colaborar con las administraciones y la comunidad científica independiente en la ejecución de esta evaluación, pero no debería realizarla.

Justificación: Asegura que la evaluación adecuada (EA) se realice de manera objetiva, evaluando adecuadamente los impactos sobre los sitios Natura 2000.

ELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS MENOS INVASIVAS Y ALTERNATIVAS

Recomendación: Adoptar tecnologías y diseños que minimicen los impactos ambientales, incluyendo el uso de líneas de amarre tensas en lugar de sistemas de amarre en catenaria para reducir la interacción con el lecho marino. Asimismo, explorar e implementar soluciones innovadoras, priorizando diseños inclusivos para la naturaleza (en inglés, *Nature Inclusive Designs*, NID) que reduzcan la alteración de los ecosistemas marinos o que ayuden, cuando sea necesario, a su renaturalización. No obstante, estas medidas no deben sustituir una planificación marina adecuada que evite la instalación de parques eólicos dentro y en las cercanías de áreas marinas protegidas.

Justificación: El uso de NID y tecnologías menos invasivas, como los amarres tensos, disminuye el contacto con el fondo marino, reduciendo la degradación de hábitats bentónicos y la resuspensión de sedimentos. La integración de enfoques tecnológicos avanzados y diseños adaptativos en los parques eólicos marinos permite minimizar su huella ecológica y mitigar los efectos negativos sobre la biodiversidad. No obstante, la implementación de estas soluciones debe complementarse con una planificación estratégica que evite impactos irreversibles en ecosistemas sensibles.



FIGURA 19. Ejemplar del crinoideo *Leptometra phalangium*, representativo de hábitats bentónicos sensibles del Mediterráneo. Fuente: ICM-CSIC.

INTEGRAR EL DESMANTELAMIENTO Y RECICLAJE EN LA FASE DE DISEÑO

Recomendación: Diseñar los componentes de los dispositivos de energía renovable marina, considerando desde el principio los aspectos técnicos, económicos y ambientales del desmantelamiento de la energía eólica marina, con un enfoque en su reciclaje y reutilización, garantizando que dicha actividad se lleva a cabo cuando llegue el momento oportuno. Los diseños deben ser compatibles con métodos de extensión de vida útil como la reutilización, la repotenciación y el repropósito.

Justificación: Incorporar criterios de desmantelamiento y reciclaje desde la fase de diseño mejora la sostenibilidad a largo plazo de los proyectos, reduce costos y facilita la gestión eficiente de los materiales al final de su vida útil. Este enfoque también contribuye a la economía circular, minimizando residuos y maximizando el valor de los recursos utilizados.

DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN E INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

Recomendación: Desarrollar estrategias de integración visual, adaptadas a distintos paisajes costeros, que incluyan la selección de colores y materiales adecuados para los aerogeneradores, la disposición de las turbinas y la reducción de la contaminación lumínica nocturna. Evaluar opciones de diseño que minimicen el impacto paisajístico en el entorno costero, considerando aspectos como la alineación de estructuras, la densidad del parque y ajustes en la iluminación para favorecer la armonización con el paisaje. En zonas con vistas restringidas, como calas y playas pequeñas, considerar la reducción de la altura o el número de aerogeneradores. Asimismo, se recomienda realizar simulaciones visuales y análisis comparativos de alternativas de diseño que permitan una mejor toma de decisiones. Estas estrategias deben apoyarse también en evaluaciones de sensibilidad

visual, que identifiquen las áreas más vulnerables a la presencia de aerogeneradores en función de la calidad escénica del territorio y de su capacidad para absorber cambios. Este tipo de análisis, junto con la identificación de ventanas paisajísticas significativas y simulaciones desde miradores, playas y bienes culturales, facilita que el diseño tenga en cuenta tanto los valores objetivos del paisaje como las percepciones sociales asociadas.

Justificación: Los paisajes costeros presentan una gran diversidad de valores visuales y recreativos. En calas y playas pequeñas, la presencia dominante de aerogeneradores de gran altura puede afectar la percepción del paisaje y reducir su atractivo turístico. En otros tramos del litoral, como acantilados o zonas portuarias, los impactos pueden mitigarse mediante estrategias específicas, como la integración cromática con el entorno o la optimización del diseño de la iluminación nocturna. El uso de herramientas de simulación visual y análisis de percepción social puede anticipar los impactos y orientar soluciones adaptadas. La integración visual en el paisaje costero es fundamental para reducir el rechazo social asociado a la percepción de impacto visual negativo. Aplicar estrategias de diseño adaptadas al entorno contribuye a conservar la identidad visual del territorio, mejorando la aceptación social del proyecto y minimizando los efectos negativos en el paisaje costero. La aplicación de evaluaciones de sensibilidad visual ayuda a identificar los lugares más expuestos y valiosos, ya que combina la calidad escénica y el valor cultural del paisaje con su capacidad de absorber transformaciones. Incorporar esta perspectiva refuerza la transparencia del diseño y reduce el riesgo de rechazo social al asegurar que las decisiones se toman considerando tanto criterios técnicos como valores culturales y estéticos.

INTEGRAR EL ANÁLISIS DE INTERVISIBILIDAD EN EL DISEÑO DEL PROYECTO

Recomendación: Considerar la intervisibilidad entre los aerogeneradores para evitar el solapamiento visual y maximizar la eficiencia energética del parque eólico. Este análisis debe integrarse con los estudios de cuencas visuales, de manera que se evalúe tanto el impacto en el paisaje costero como la percepción desde miradores, playas y áreas de interés cultural. Los resultados deberán compararse con las evaluaciones de sensibilidad visual del territorio, lo que permitirá identificar niveles de visibilidad compatibles con la preservación de paisajes emblemáticos y ajustar la disposición de las turbinas para minimizar solapamientos en vistas clave.

Justificación: Tener en cuenta la intervisibilidad entre los aerogeneradores permite optimizar la distribución del parque eólico, evitando solapamientos visuales que puedan generar un mayor impacto paisajístico. Además, una planificación eficiente maximiza la captación del viento y la producción de energía, reduciendo posibles interferencias y mejorando la integración del proyecto en el entorno marino y costero. La combinación de criterios técnicos (eficiencia energética) y criterios paisajísticos (visibilidad y percepción) refuerza la sostenibilidad del diseño. El uso combinado de estudios de intervisibilidad y sensibilidad visual proporciona una base objetiva para definir qué niveles de visibilidad son aceptables en cada contexto, reforzando la legitimidad del diseño y reduciendo el riesgo de rechazo social.

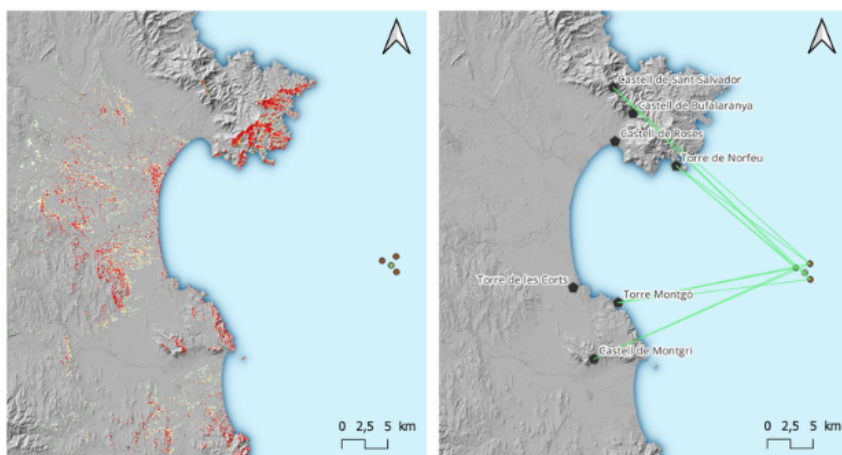


FIGURA 20. Resultados del análisis territorial de visibilidad. A la izquierda, cuencas visuales acumuladas que muestran las áreas del territorio desde las cuales serían visibles los aerogeneradores. A la derecha, análisis de intervisibilidad que representa las conexiones visuales entre los miradores y la disposición propuesta de turbinas. Estos resultados permiten identificar puntos sensibles y orientar el diseño del proyecto. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

ESTUDIOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN

Los estudios previos a la construcción recopilan información crítica sobre las condiciones ambientales, ecológicas y socioeconómicas de la zona. Estos datos son esenciales para ajustar el diseño del parque eólico marino, anticipar posibles impactos y garantizar que las medidas de mitigación sean efectivas y sostenibles.

MINIMIZACIÓN DEL IMPACTO DE LOS MUESTREOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN

Recomendación: Implementar metodologías de muestreo menos invasivas para la caracterización del sustrato marino y otros estudios previos a la construcción de parques eólicos marinos. Priorizar tecnologías de bajo impacto, como técnicas de muestreo indirecto, y reducir al mínimo el uso de métodos más intrusivos como la perforación exploratoria, empleándolos solo cuando sea estrictamente necesario y optimizando su aplicación para limitar su alcance y frecuencia.

Justificación: Los estudios previos a la construcción son fundamentales para la planificación del parque eólico marino, pero algunos métodos pueden alterar significativamente los hábitats bentónicos y afectar la fauna asociada. La adopción de tecnologías de menor impacto minimiza la perturbación de los ecosistemas marinos, reduce la resuspensión de sedimentos y disminuye el estrés en especies sensibles. Además, optimizar el uso de técnicas invasivas ayuda a mitigar la degradación del hábitat y garantiza un enfoque más sostenible en la evaluación ambiental previa a la instalación del parque eólico.

CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL FONDO MARINO

Recomendación: Se insta a la realización de estudios geofísicos y geotécnicos exhaustivos. Esto comprende la ejecución de estudios geofísicos de alta resolución; complementariamente, se deben efectuar estudios geotécnicos con muestreos de sedimentos. Es crucial identificar y cartografiar hábitats bentónicos sensibles.

Justificación: Esta caracterización exhaustiva permite seleccionar las tecnologías de cimentación más adecuadas, evitando o minimizando el impacto en hábitats bentónicos sensibles, protegiendo la biodiversidad marina. También proporciona información esencial para el diseño de medidas de mitigación y la planificación del monitoreo ambiental.



FIGURA 21. Hábitat bentónico sensible con *Alcyonium palmatum* registrado en campañas científicas del Mediterráneo noroccidental. Fuente: ICM-CSIC.

ESTUDIOS DE BIODIVERSIDAD ESPECÍFICOS

Recomendación: Se aconseja llevar a cabo censos de fauna marina, utilizando técnicas de muestreo visual y acústica pasiva, así como estudios de las comunidades bentónicas, mediante muestreos de sedimentos y análisis de ADN ambiental. Se debe establecer una línea base de la diversidad y abundancia de especies, incluyendo peces, mamíferos marinos, aves, tortugas marinas e invertebrados, e identificar áreas de reproducción, alimentación y migración de especies clave (Wawrzynkowski et al., 2025).

Justificación: Estos estudios permiten evaluar el impacto potencial del parque eólico en las especies y hábitats marinos, incluyendo el riesgo de colisiones, enredos, pérdida de hábitat y alteración de patrones de comportamiento. Asimismo, permiten diseñar medidas de mitigación específicas para proteger a las especies más vulnerables y proporcionan datos para el monitoreo a largo plazo de los impactos del parque eólico.



FIGURA 22. Tortuga boba (*Caretta caretta*) en aguas del Golfo de Roses. La conservación de especies migratorias como esta requiere estudios detallados de biodiversidad que permitan identificar áreas de alimentación, reproducción y migración, así como evaluar los posibles impactos asociados al desarrollo eólico marino. Fuente: Tomàs Baiges.

MODELIZACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE SEDIMENTOS

Recomendación: Se propone el uso de modelos numéricos hidrodinámicos y de transporte de sedimentos para simular la dispersión de sedimentos durante la construcción y operación (resuspensión por turbinas y cables). Se deben considerar las condiciones hidrodinámicas locales (corrientes, olas) y las propiedades del sedimento, y predecir la extensión y concentración de la pluma de sedimentos, evaluando el impacto en la calidad del agua (turbidez, nutrientes) y los ecosistemas bentónicos.

Justificación: Esta modelización permite predecir el impacto en la calidad del agua y los ecosistemas bentónicos, y diseñar medidas para minimizar la resuspensión de sedimentos. Además, permite optimizar la planificación de las actividades de construcción para minimizar la dispersión de sedimentos.

ESTUDIOS DE RUIDO SUBMARINO PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN

Recomendación: Se recomienda realizar mediciones de los niveles de ruido submarino existentes, utilizando hidrófonos calibrados, en diferentes frecuencias y ubicaciones dentro y alrededor del área del proyecto. Se deben considerar las fuentes de ruido existentes, como el tráfico marítimo y la actividad pesquera. Es preciso crear mapas de ruido submarino para establecer una línea base de los niveles de ruido ambiental.

Justificación: Estos estudios permiten evaluar el impacto potencial que genera el ruido submarino durante la construcción y operación del parque eólico en la fauna marina,

especialmente en mamíferos marinos y peces. Igualmente, permiten diseñar medidas de mitigación específicas para reducir el ruido submarino y proporcionan datos para el monitoreo a largo plazo del ruido submarino y sus impactos.

CONSTRUCCIÓN Y MONITOREO

La etapa de construcción constituye una de las fases de mayor presión ambiental en el ciclo de vida de un parque eólico marino. Es fundamental implementar medidas que reduzcan las perturbaciones sobre la flora y la fauna, los hábitats y las actividades humanas cercanas, junto con un monitoreo continuo que permita evaluar la efectividad de estas acciones y ajustar las operaciones en tiempo real.

PREVENIR LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS A TRAVÉS DE LOS BARCOS DE CONSTRUCCIÓN

Recomendación: Implementar protocolos estrictos de bioseguridad para evitar la introducción y propagación de especies exóticas invasoras a través de los barcos y equipos utilizados en la construcción del parque eólico marino.

Justificación: Las especies exóticas invasoras transportadas en el casco de los barcos o en el agua de lastre pueden alterar los ecosistemas locales, competir con especies nativas y generar impactos ecológicos significativos. La adopción de medidas preventivas, como limpieza de cascos y gestión adecuada del agua de lastre, es esencial para minimizar este riesgo.

MINIMIZAR EL IMPACTO VISUAL DE LAS ESTRUCTURAS TEMPORALES EN LA COSTA

Recomendación: Regular el diseño y ubicación de las infraestructuras temporales (plataformas, embarcaderos, grúas, etc.) en zonas costeras para reducir su impacto visual y evitar la degradación del paisaje. Se recomienda emplear materiales y colores que favorezcan la integración paisajística, así como limitar la altura y superficie, y establecer plazos estrictos de permanencia que eviten prolongar su visibilidad más allá de lo necesario.

Justificación: Durante la construcción, pueden instalarse estructuras temporales visibles desde la costa, lo que podría afectar la percepción del paisaje y generar rechazo en la población local y turistas. La planificación anticipada, junto con la integración cromática y la limitación temporal de las estructuras, permite reducir estos impactos transitorios, mantener la coherencia con la identidad visual del litoral y favorecer una mejor aceptación social del proyecto.



FIGURA 23. Estructuras temporales empleadas durante la fase de construcción de parques eólicos marinos, visibles desde la costa. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

CONTROLAR LAS MOLESTIAS GENERADAS EN ÁREAS URBANAS Y TURÍSTICAS

Recomendación: Establecer regulaciones sobre horarios de trabajo, rutas de transporte de materiales y zonas de almacenamiento para reducir el impacto en la vida cotidiana de las personas residentes y turistas. Es importante definir protocolos de comunicación con los municipios y sectores turísticos para informar de manera transparente sobre la duración y el alcance de las actividades, incluyendo mecanismos de queja y respuesta rápida.

Justificación: El ruido, el tráfico y la ocupación del espacio costero pueden afectar la calidad de vida de los habitantes y la experiencia de los visitantes. La coordinación con autoridades locales y operadores turísticos ayuda a minimizar conflictos y a garantizar la convivencia entre el desarrollo del proyecto y la actividad social y económica del territorio.

OPERACIÓN Y MONITOREO

Durante la fase operativa, los parques eólicos marinos aportan beneficios energéticos, pero también pueden generar impactos acumulativos y sinérgicos sobre la biodiversidad, el paisaje y las actividades socioeconómicas. Un sistema de monitoreo ambiental continuo permite evaluar la persistencia de los impactos, verificar la eficacia de las medidas de mitigación y aplicar ajustes adaptativos en función de la evolución de los ecosistemas, la percepción social y los cambios regulatorios.

MONITOREO DEL RUIDO SUBMARINO CONTINUO

Recomendación: Se propone implementar un sistema de monitoreo continuo del ruido submarino. Esto implica el despliegue de una red de hidrófonos fijos y móviles para

monitorear los niveles de ruido submarino en tiempo real. Se deben analizar los datos para identificar fuentes de ruido, variaciones temporales y espaciales, y eventos de ruido excesivo. Es necesario comparar los niveles de ruido con los estándares y umbrales de ruido establecidos y utilizar modelos de ruido para predecir la propagación del ruido y evaluar el impacto en la fauna marina.

Justificación: Este monitoreo permite detectar y corregir problemas relacionados con el ruido submarino, como el aumento de los niveles de ruido debido al desgaste de las turbinas o a la actividad de mantenimiento. Asimismo, permite evaluar la efectividad de las medidas de mitigación del ruido submarino y proporciona datos para la investigación científica sobre los impactos del ruido submarino en la fauna marina.

MONITOREO DE LA INTERACCIÓN CON LA FAUNA MARINA

Recomendación: Se aconseja utilizar tecnologías de seguimiento para monitorear la interacción de la fauna marina con las turbinas y los cables submarinos. Se deben analizar los datos para identificar patrones de comportamiento, rutas de migración y áreas de concentración de fauna marina, y registrar eventos de colisión, enredo y otros impactos.

Justificación: Este monitoreo permite evaluar el riesgo de colisiones, enredos y otros impactos y diseñar medidas para proteger a las especies marinas más vulnerables. Además, permite evaluar la efectividad de las medidas de mitigación, como la parada de turbinas en caso de presencia de fauna marina sensible, y proporciona datos para la investigación científica sobre la interacción de la fauna marina con los parques eólicos marinos.



FIGURA 24. Ejemplar de tintorera o tiburón azul (*Prionace glauca*) documentado en las aguas de Cap de Creus. La presencia de especies pelágicas vulnerables refuerza la necesidad de implementar sistemas de monitoreo que permitan identificar los impactos sobre ellas. Fuente: Sotamar Diving Center (Jordi Riera).

EVALUAR Y MITIGAR EL IMPACTO DE LA ILUMINACIÓN NOCTURNA EN EL ENTORNO COSTERO

Recomendación: Utilizar tecnologías avanzadas de balizamiento para minimizar la contaminación lumínica sin comprometer la seguridad aeronáutica y marítima. Se recomienda priorizar sistemas de iluminación inteligente (balizas activadas por radar o con intensidad variable según condiciones de visibilidad y tráfico aéreo/marítimo), así como la utilización de colores y frecuencias de luz menos disruptivos para la fauna marina y la avifauna. Asimismo, debe evaluarse el impacto visual de la iluminación en diferentes escenarios (zonas turísticas, miradores, espacios naturales protegidos) y establecer protocolos de monitoreo nocturno que permitan detectar efectos acumulativos en el paisaje y en el comportamiento de especies sensibles.

Justificación: La iluminación nocturna puede generar rechazo visual en la costa, especialmente en zonas turísticas o de gran valor paisajístico. Además, la contaminación lumínica puede afectar negativamente a la fauna marina y a las aves, alterando ciclos reproductivos, migratorios o de alimentación. La aplicación de tecnologías avanzadas y de planes de monitoreo adaptativos no solo reduce el impacto paisajístico, sino que también favorece la aceptación social y refuerza el cumplimiento de objetivos de conservación.

DESMANTELAMIENTO Y MONITOREO POSDESMANTELAMIENTO

El desmantelamiento y la restauración son etapas críticas para cerrar de manera responsable el ciclo de vida de un parque eólico marino. Su adecuada planificación permite reducir los impactos residuales, restaurar las funciones ecológicas y socioeconómicas de las áreas intervenidas y garantizar una transición ordenada hacia nuevos usos del espacio marítimo. Planificar esta fase desde el inicio del proyecto es fundamental para asegurar la disponibilidad de recursos técnicos y financieros, así como para establecer compromisos claros con las administraciones y comunidades locales.

FOMENTAR ESTÁNDARES INDUSTRIALES PARA EL DESMANTELAMIENTO Y RECICLAJE

Recomendación: Desarrollar estándares y directrices integrales para el desmantelamiento de los parques eólicos marinos, que aborden todos los aspectos del proceso, desde las evaluaciones de impacto ambiental hasta la viabilidad económica del reciclaje de materiales. Es crucial incorporar alternativas que permitan la reutilización o el reciclaje de los componentes retirados (como aerogeneradores y estructuras) en otros proyectos renovables o de infraestructura, favoreciendo un enfoque circular.

Justificación: El establecimiento de estándares industriales claros garantiza un desmantelamiento responsable y sostenible, asegurando la minimización de impactos ambientales y la optimización de los recursos disponibles. Al integrar prácticas de reutilización y reciclaje, se refuerza la imagen de responsabilidad ambiental de los

promotores, se reduce la generación de residuos industriales y se apoya la transición hacia una economía circular donde los materiales y componentes se reutilizan para nuevos proyectos. Esto no solo mejora la sostenibilidad de las operaciones de energía eólica marina, sino que también ofrece un valor económico adicional, reduciendo costos a largo plazo y promoviendo un ciclo de vida más eficiente para los recursos utilizados.

FOMENTO DE LA CONSERVACIÓN ECOLÓGICA Y COMPENSACIONES SOCIALES

Recomendación: Participar activamente en iniciativas de conservación marina y restauración ecológica, contribuyendo a la rehabilitación de los hábitats afectados y promoviendo la recuperación de los ecosistemas marinos. Se recomienda establecer acuerdos de colaboración con administraciones, ONG y centros de investigación para garantizar la eficacia de las acciones de conservación. A su vez, evaluar la posibilidad de financiar proyectos de restauración costera o desarrollo económico y social local (formación, turismo sostenible, diversificación pesquera) como medida compensatoria por el impacto del parque durante su vida útil.

Justificación: La participación en iniciativas de conservación y restauración ecológica ayuda a mitigar los impactos negativos tanto durante la operación como en la fase de desmantelamiento y promueve la recuperación de la biodiversidad y los servicios del ecosistema. Además, financiar proyectos compensatorios en áreas locales mejora la percepción social del proyecto, dejando un impacto positivo y duradero en la comunidad. Estas medidas generan beneficios compartidos, refuerzan la responsabilidad ambiental y social del promotor y contribuyen a una integración más armoniosa del parque eólico marino en su entorno.

MINIMIZAR EL IMPACTO PAISAJÍSTICO DEL PROCESO DE DESMANTELAMIENTO

Recomendación: Planificar las operaciones de desmontaje para evitar una presencia prolongada de maquinaria pesada en la costa y utilizar tecnologías que reduzcan el impacto visual de la retirada de infraestructuras. Es recomendable programar los trabajos en periodos de menor afluencia turística, emplear accesos ya existentes para reducir la apertura de nuevas vías y realizar simulaciones visuales previas que permitan anticipar la percepción del desmantelamiento en puntos sensibles del litoral.

Justificación: La programación estratégica y el uso de simulaciones contribuyen a disminuir la alteración del paisaje y las molestias a residentes y turistas, mejorando la aceptación del proceso. Una gestión planificada y transparente de esta fase transmite confianza a la población local y refuerza la imagen de responsabilidad del proyecto, facilitando que el cierre del ciclo de vida del parque deje una huella positiva tanto en el territorio como en la sociedad.

2.3. RECOMENDACIONES PARA LA COMUNIDAD CIENTÍFICA

RECOMENDACIONES GLOBALES

Las recomendaciones globales tienen aplicación a lo largo de todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos, desde la planificación hasta el desmantelamiento. Buscan garantizar una integración sostenible del proyecto en el entorno natural y social, abordando dimensiones ecológicas, paisajísticas, socioeconómicas y culturales que condicionan su viabilidad ambiental, social y económica.

COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a adoptar un enfoque proactivo en la comunicación y difusión de los resultados de sus investigaciones y mejores prácticas relacionadas con los parques eólicos marinos. Esto incluye la publicación de estudios en revistas científicas revisadas por pares, la presentación en conferencias y seminarios, y la divulgación a través de plataformas de acceso abierto y otros medios accesibles al público en general, incluyendo a las comunidades locales y a los responsables de la formulación de políticas y gestión de espacios marinos. Es recomendable elaborar materiales de síntesis y divulgación adaptados a diferentes públicos (infografías, informes ejecutivos, bases de datos abiertas), garantizando la transferencia de conocimiento más allá del ámbito académico. Se debe hacer especial énfasis en la comunicación de información detallada sobre los procesos de desmantelamiento, incluyendo impactos observados, metodologías empleadas y resultados obtenidos.



FIGURA 25. Actividad de difusión científica del proyecto BIOPÁIS en la que se compartieron resultados y recomendaciones con la ciudadanía y los agentes del territorio para reforzar la transparencia y la toma de decisiones informada sobre la eólica marina. Fuente: Proyecto BIOPÁIS.

Justificación: La difusión transparente y accesible del conocimiento científico es fundamental para garantizar la adopción de prácticas sostenibles y basadas en evidencia en todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos. Esto facilita la colaboración entre diferentes actores, fortalece la confianza pública y permite la mejora continua de las estrategias de mitigación y gestión. Además, la comunicación efectiva de los resultados científicos a los responsables de la formulación de políticas contribuye a la toma de decisiones informadas y a la creación de marcos regulatorios sólidos. La y la compartición de datos en acceso abierto permiten a la comunidad científica validar, contrastar y replicar la información, fortaleciendo la credibilidad de la evidencia. Difundir estos estudios a través de conferencias y foros especializados facilita el intercambio de información entre investigadores, gestores ambientales y promotores de energía renovable, promoviendo un enfoque interdisciplinar, participativo y transparente.

MONITOREO AMBIENTAL Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a desarrollar e implementar un programa de monitoreo integral y a largo plazo, aplicable a todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos, que abarque aspectos bióticos, abióticos y servicios ecosistémicos. El programa debe incluir la revisión y optimización continua de metodologías, asegurando que los parámetros medidos sean adecuados para detectar y cuantificar impactos en hábitats y especies, y que los métodos estén validados. Se prestará especial atención a procesos oceanográficos, comunidades bentónicas, productividad primaria y secundaria y especies sensibles, incluyendo ecosistemas menos estudiados como el mar Mediterráneo. Asimismo, se fomentará el desarrollo de modelos predictivos y de simulación para estimar impactos futuros y acumulativos con otras actividades marítimas, incluyendo efectos sobre hidrodinámica, vientos locales y regionales. Se insta a la estandarización de protocolos y a la creación de sistemas de monitoreo continuo que permitan la detección precisa de cambios y la gestión adaptativa, priorizando el uso y la generación de datos locales y actualizados con alta resolución (biodiversidad, procesos físicos, actividades socioeconómicas y percepción social).

Justificación: Un monitoreo integral y prolongado proporciona una visión holística de los impactos, permite detectar efectos persistentes o imprevistos y facilita la aplicación de medidas correctivas. La validación de métodos asegura la calidad de los datos; la estandarización mejora la comparabilidad entre regiones y proyectos. La modelización predictiva permite anticipar y mitigar impactos potenciales, minimizando riesgos para ecosistemas y especies sensibles. Los datos locales y abiertos fortalecen la cooperación entre ciencia, administraciones y comunidades, y sostienen una gestión adaptativa informada.

CONSIDERACIÓN DE ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS Y SU CONECTIVIDAD

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a integrar la consideración de las Áreas Marinas Protegidas (AMP) y su conectividad ecológica en todas las fases del ciclo de vida de los parques eólicos marinos (Lloret et al., 2023). Esto implica llevar a cabo estudios detallados sobre la proximidad de los parques eólicos marinos a las AMP y evaluar la conectividad ecológica entre ellas, considerando los corredores biológicos y las rutas migratorias de especies marinas protegidas. Se recomienda diseñar y operar los parques eólicos marinos de manera que se minimicen los impactos negativos en las AMP y su conectividad, implementando medidas de mitigación para evitar la fragmentación de hábitats y la interrupción de los flujos genéticos. Es fundamental establecer una colaboración estrecha con los gestores de las AMP para compartir información, coordinar acciones y evaluar los impactos de los parques eólicos marinos, participando en la planificación y gestión de las AMP para asegurar la coherencia con los objetivos de conservación.

Justificación: Las AMP desempeñan un papel fundamental en la conservación de la biodiversidad marina y la protección de ecosistemas vulnerables. La conectividad ecológica entre las AMP es esencial para mantener la salud y resiliencia de los ecosistemas marinos. La construcción y operación de parques eólicos marinos pueden generar impactos negativos en las AMP y su conectividad, como la pérdida de hábitats, la alteración de los flujos hidrodinámicos y la interrupción de las rutas migratorias. La consideración de las AMP y su conectividad en el desarrollo de parques eólicos marinos es esencial para garantizar la coexistencia de estas actividades y la protección de los ecosistemas marinos.

COLABORACIÓN Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a fomentar la colaboración multidisciplinaria entre expertos en ciencias marinas, ciencias sociales, ingeniería y otras disciplinas relevantes para lograr una comprensión integral de los impactos de los parques eólicos marinos en todas las fases de su ciclo de vida. Esto incluye el establecimiento de redes de colaboración entre universidades y centros de investigación para compartir datos, metodologías y resultados; la colaboración activa con administraciones y promotores de energía eólica marina para compartir conocimientos y mejores prácticas en la evaluación y mitigación de impactos; y la inclusión de expertos en ciencias sociales y humanidades en los estudios sobre los efectos sociales y culturales de los parques eólicos marinos. Se recomienda, además, promover proyectos conjuntos financiados a nivel nacional e internacional que refuercen la transferencia de conocimiento y la creación de protocolos estandarizados. Asimismo, se recomienda colaborar en la generación de estrategias de comunicación basadas en evidencia científica, participando en la creación de materiales divulgativos claros y accesibles sobre los impactos y beneficios de los parques eólicos marinos.

Justificación: La colaboración interdisciplinaria mejora la calidad de la investigación y la capacidad de abordar los impactos desde múltiples perspectivas, permitiendo desarrollar soluciones más eficaces para minimizar los impactos ambientales y sociales.

La colaboración entre instituciones mejora el intercambio de conocimientos y recursos, y permite una investigación más completa y efectiva. La transferencia de conocimiento y la estandarización de metodologías facilitan la coherencia de los estudios a nivel regional e internacional, fortaleciendo la base científica para la gestión de estos proyectos a largo plazo. Involucrar a la comunidad científica en la comunicación ayuda a construir confianza y a mejorar la percepción pública, contrarrestando la desinformación, que puede generar resistencia al proyecto.

PERCEPCIÓN SOCIAL, IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS E IMPACTOS VISUALES Y DE ILUMINACIÓN

Recomendación: Se insta a desarrollar metodologías mixtas y comparables para evaluar la percepción social y paisajística de los parques eólicos marinos mediante encuestas, entrevistas, análisis de redes sociales y estudios longitudinales antes, durante y después de la instalación. Estos estudios deben comparar fases (construcción, operación, desmantelamiento), analizar la relación con actividades locales (pesca, turismo, navegación, recreo) y elaborar modelos de aceptación social. Es recomendable integrar la percepción del impacto visual y acústico, especialmente en la construcción, y evaluar de forma específica los efectos de la iluminación nocturna en el paisaje y en especies sensibles a la luz, aplicando modelado 3D e intervisibilidad. Se aconseja vincular estos estudios a procesos participativos, para que los resultados retroalimenten planificación y gestión adaptativa.

Justificación: La percepción pública evoluciona con el tiempo y depende del contexto territorial y de la experiencia acumulada; su seguimiento continuado ofrece indicadores para ajustar mitigaciones y compensaciones. El análisis detallado de la fase de construcción es clave por su potencial efecto sobre turismo, pesca y recreo. En algunos contextos, los parques pueden generar oportunidades (p. ej., turismo), mientras que en otros se perciben como amenaza. La evaluación visual y lumínica, combinada con participación social, permite anticipar conflictos, mejorar el diseño e incrementar la legitimidad del proyecto.

DISEÑO DEL PARQUE EÓLICO Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO

La fase de diseño es crucial para definir las características técnicas y espaciales del parque eólico marino. Las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) y la evaluación adecuada (EA) para proyectos que puedan afectar sitios Natura 2000 permiten identificar, mitigar y gestionar los riesgos asociados al proyecto, asegurando una adecuada gestión de los impactos antes de su implementación.

EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y DISEÑOS PARA LA MINIMIZACIÓN DE IMPACTOS

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a colaborar activamente en el diseño de parques eólicos marinos, aportando su conocimiento especializado para evaluar y promover la adopción de tecnologías y diseños innovadores que minimicen los impactos ambientales y sociales. Esto incluye la evaluación de tecnologías menos invasivas, diseños inclusivos para la naturaleza (en inglés, *Nature Inclusive Designs*, NID) y estrategias que favorezcan la coexistencia con otras actividades marítimas, con el objetivo de reducir al máximo la alteración de los ecosistemas marinos y las comunidades locales.

Justificación: La participación de la comunidad científica en el diseño de parques eólicos marinos asegura que se incorporen las mejores prácticas y los últimos avances tecnológicos para minimizar los impactos negativos desde la fase inicial del proyecto. Su conocimiento especializado permite identificar y promover soluciones que protejan los ecosistemas marinos y garanticen la sostenibilidad de las comunidades locales.



FIGURA 26. Vista general de un parque eólico marino en funcionamiento. Fuente: Andrey Sharpilo/Unsplash.

ESTUDIOS PREVIOS A LA CONSTRUCCIÓN

Los estudios preconstrucción recopilan información crítica sobre las condiciones ambientales, ecológicas y socioeconómicas de la zona. Estos estudios deben abarcar la biodiversidad marina y costera, los procesos oceanográficos, los valores paisajísticos y culturales, así como las dinámicas socioeconómicas locales (pesca, turismo, navegación). Estos datos son esenciales para ajustar el diseño y garantizar que las medidas de mitigación sean efectivas. Además, constituyen la línea base necesaria para comparar los impactos durante la fase de operación y el desmantelamiento.

REALIZACIÓN DE ESTUDIOS BASALES

Recomendación: Llevar a cabo estudios basales exhaustivos para establecer las condiciones preexistentes en las áreas de desarrollo de parques eólicos marinos, incluyendo la caracterización de los hábitats, la biodiversidad y los procesos oceanográficos. Dentro de estos estudios, es clave evaluar los efectos de los cambios hidrodinámicos inducidos por los parques eólicos en la conectividad entre poblaciones marinas, tanto en sus etapas larvales como adultas.

Justificación: Los estudios basales proporcionan una línea de base esencial para evaluar los impactos futuros y guiar la toma de decisiones en la gestión de los parques eólicos marinos. La conectividad entre poblaciones es un factor crítico para la sostenibilidad de las especies marinas, y los cambios en los patrones hidrodinámicos pueden alterar la dispersión larval y la distribución de organismos adultos. Comprender estos efectos permite anticipar impactos ecológicos a largo plazo, diseñar estrategias de mitigación adecuadas y asegurar la integración de los parques eólicos marinos en el ecosistema sin comprometer la biodiversidad y la funcionalidad de los ecosistemas marinos.

CONSTRUCCIÓN Y MONITOREO

La etapa de construcción representa un período de mayor intensidad de impactos sobre el medio ambiente marino. En esta fase se concentran actividades de gran magnitud (transporte de materiales, instalación de cimentaciones, dragados, movimiento de embarcaciones) que pueden afectar la fauna, la flora, el paisaje y las actividades humanas cercanas. Es fundamental implementar medidas que reduzcan las perturbaciones ambientales y socioeconómicas, junto con un monitoreo continuo que permita evaluar la efectividad de estas acciones y ajustar las medidas de mitigación cuando sea necesario.

EVALUAR LA VISIBILIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS TEMPORALES Y SU IMPACTO EN LA EXPERIENCIA DEL PAISAJE

Recomendación: Aplicar técnicas de modelado tridimensional (3D) y análisis de intervisibilidad para comprender cómo las plataformas, grúas y otras infraestructuras afectan el paisaje costero y marítimo. Estos análisis deben complementarse con estudios de percepción social (encuestas, entrevistas o grupos focales) que valoren cómo residentes y visitantes experimentan el paisaje durante la fase de construcción.

Justificación: La magnitud de las obras puede modificar la experiencia visual del entorno, afectando la identidad del paisaje y la percepción de los residentes y visitantes. La combinación de simulaciones visuales y estudios sociales permite anticipar los puntos de mayor conflicto y diseñar medidas específicas, como la limitación de la altura de infraestructuras temporales, la elección de materiales y colores menos intrusivos o la

reducción de la iluminación nocturna. De este modo, se mejora la aceptación social y se reduce el rechazo a los impactos transitorios de la construcción.



FIGURA 27. Uso de modelización 3D en entrevistas semiestructuradas con pescadores de l'Estartit para analizar la percepción visual de infraestructuras temporales asociadas a la eólica marina. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

MONITOREO DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

Recomendación: Implementar un programa integral de monitoreo ambiental y gestión adaptativa durante la fase de construcción de parques eólicos marinos, incluyendo estudios *in situ* sobre los impactos en hábitats y especies, mecanismos de mitigación y medidas preventivas contra especies invasoras.

Justificación: La construcción de parques eólicos marinos puede generar alteraciones en los ecosistemas marinos, afectando hábitats y especies a través de cambios en el uso del espacio, modificaciones en la hidrodinámica, introducción de especies invasoras y aumento del estrés en la fauna marina. Evaluar los impactos *in situ* durante la construcción permite identificar alteraciones en la biodiversidad y adaptar medidas de mitigación en tiempo real. Un enfoque de gestión adaptativa basado en la recopilación y análisis continuo de datos facilita la implementación de estrategias de mitigación más eficaces, reduciendo los efectos negativos en el ecosistema.

OPERACIÓN Y MONITOREO

Durante la fase de operación, los parques eólicos marinos generan beneficios energéticos, pero también pueden tener impactos acumulativos y sinérgicos sobre la biodiversidad, los procesos ecológicos, el paisaje y las actividades socioeconómicas. Un programa de

monitoreo continuo y adaptativo asegura que las medidas de mitigación implementadas sigan siendo efectivas y permite ajustarlas en función de la evidencia científica y de la evolución de los ecosistemas y las comunidades locales.

MONITOREO INTEGRAL DE IMPACTOS Y CREACIÓN DE HÁBITATS

Recomendación: Se insta a la comunidad científica a diseñar e implementar un programa de monitoreo integral y a largo plazo durante la operación de los parques eólicos marinos que evalúe tanto los impactos en los hábitats existentes como la creación de nuevos hábitats. Este programa debe incluir el estudio de la colonización de las estructuras de los parques eólicos por especies marinas, documentando la biodiversidad y la funcionalidad de los nuevos hábitats creados; el monitoreo de los impactos continuos en los hábitats circundantes, evaluando los efectos de la presencia de las estructuras, el ruido submarino y otros factores; la evaluación de la conectividad ecológica entre los nuevos hábitats creados y los hábitats existentes, así como la funcionalidad de los ecosistemas en su conjunto; y la realización de estudios a largo plazo para comprender la evolución de los nuevos hábitats y su contribución a la biodiversidad y la productividad marina.

Justificación: Los parques eólicos marinos pueden generar tanto impactos negativos como positivos en los hábitats marinos. Durante la operación, es esencial monitorear los impactos continuos en los hábitats existentes, así como la creación de nuevos hábitats en las estructuras de los parques. Comprender la colonización de las estructuras, la conectividad ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas es crucial para evaluar el impacto neto de los parques eólicos marinos en la biodiversidad y la productividad marina, y para desarrollar estrategias de gestión adaptativa que maximicen los beneficios y minimicen los riesgos.

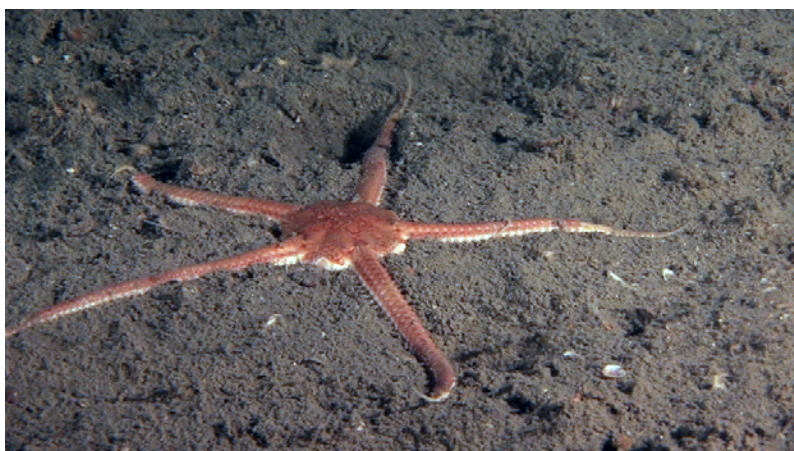


FIGURA 28. Equinodermo del género *Ophioderma* observado sobre fondos blandos del Golfo de Roses. Fuente: ICM-CSIC.

MONITOREAR LA EVOLUCIÓN DEL IMPACTO VISUAL EN DIFERENTES CONDICIONES METEOROLÓGICAS Y LUMÍNICAS

Recomendación: Aplicar modelos de intervisibilidad para analizar cómo las condiciones climáticas, la luz y la distancia influyen en la percepción visual del parque. Se recomienda complementar estos modelos con simulaciones 3D y técnicas de realidad virtual/aumentada que permitan recrear distintos escenarios de visibilidad (días despejados, neblina, amanecer, atardecer, nocturnidad), así como con estudios de percepción social que recojan la valoración de residentes y visitantes bajo esas condiciones variables.

Justificación: Factores como la neblina, la dirección de la luz solar y la distancia de observación afectan la visibilidad del parque eólico. Un monitoreo sistemático en diferentes condiciones meteorológicas y lumínicas permite anticipar los momentos y lugares de mayor impacto visual, orientar estrategias de mitigación paisajística y mejorar la planificación del diseño. Además, la integración de análisis técnicos y percepciones sociales facilita una evaluación más realista del impacto visual y contribuye a la aceptación del proyecto.

DESMANTELAMIENTO Y MONITOREO POSDESMANTELAMIENTO

El desmantelamiento y la restauración son etapas críticas para reducir los impactos residuales en el entorno marino y garantizar que las áreas intervenidas puedan recuperar sus funciones ecológicas y socioeconómicas. Planificar y evaluar científicamente esta fase desde el inicio del proyecto asegura una transición ordenada del espacio marino y fortalece la confianza social en la gestión sostenible del ciclo de vida del parque eólico marino.

ANALIZAR EL IMPACTO VISUAL DEL DESMANTELAMIENTO Y LA PERCEPCIÓN DEL PAISAJE POSINTERVENCIÓN

Recomendación: Aplicar modelizaciones tridimensionales (3D) y estudios de intervisibilidad para comparar el antes y después del desmantelamiento desde diferentes puntos clave. Complementar estos análisis con encuestas y estudios de percepción social que permitan evaluar cómo residentes y visitantes valoran los cambios en el paisaje tras la retirada de infraestructuras.

Justificación: Permite evaluar si el paisaje recupera su estado original, si quedan elementos residuales visibles o si hay cambios en la percepción estética del entorno. La combinación de técnicas de simulación visual y estudios sociales proporciona una visión integral de la recuperación paisajística y de su dimensión simbólica.

MONITOREAR LA TRANSICIÓN DEL USO DEL ESPACIO MARINO TRAS EL DESMANTELAMIENTO

Recomendación: Estudiar si la zona donde estaba el parque eólico vuelve a sus usos previos (pesca, navegación, turismo) o si surgen nuevas dinámicas y actividades en

el territorio. Es recomendable emplear metodologías participativas con los sectores implicados, de modo que los datos científicos se contrasten con la experiencia de pescadores, navegantes y operadores turísticos.

Justificación: Ayuda a entender si el desmantelamiento devuelve el espacio marino a la comunidad o si se generan nuevas oportunidades de uso. Este conocimiento orienta políticas de reconversión o aprovechamiento alternativo en beneficio de las comunidades locales.

ESTUDIAR LOS EFECTOS DEL DESMANTELAMIENTO EN LA ECONOMÍA LOCAL

Recomendación: Investigar cómo la retirada del parque eólico afecta a sectores como la pesca, el turismo y el empleo local. Se recomienda llevar a cabo análisis comparativos con la fase de operación y la etapa posterior al desmantelamiento para identificar tanto pérdidas como posibles beneficios derivados de la recuperación del espacio.

Justificación: Ofrece información clave sobre impactos socioeconómicos y posibles medidas necesarias de mitigación o compensación. La evidencia científica sobre esta transición permite planificar estrategias de diversificación económica y de apoyo a los sectores afectados.



FIGURA 29. Pescador artesanal faenando con redes de enmalle en el Golfo de Roses. La pesca es uno de los sectores potencialmente afectados por los cambios en el uso del espacio marino debido a la infraestructura eólica. Fuente: Josep Lloret (ICM-CSIC).

EVALUAR LA PERCEPCIÓN SOCIAL DEL DESMANTELAMIENTO Y SU IMPACTO EN LA IDENTIDAD TERRITORIAL

Recomendación: Realizar encuestas, entrevistas y grupos focales con comunidades locales para analizar su percepción sobre el desmantelamiento y cómo influye en la identidad del territorio. Es aconsejable comparar percepciones previas y posteriores al desmantelamiento para detectar cambios en la aceptación social y en la vinculación simbólica con el paisaje costero.

Justificación: Este análisis permite comprender si la retirada del parque eólico marino se percibe como una mejora paisajística, una pérdida de inversión o una alteración en la identidad del territorio. Los resultados contribuyen a diseñar estrategias de comunicación y participación que refuercen la confianza en la gestión integral del proyecto y en el compromiso con la restauración del entorno.



CONCLUSIÓN PARA LA ZONA DE ALTO POTENCIAL PARA LA ENERGÍA EÓLICA MARINA (ZAPER) LEBA-1 (GOLFO DE ROSES / CAP DE CREUS)



Tras las recomendaciones generales presentadas en la guía para el desarrollo de la eólica marina en España y en base a los conocimientos generados durante el proyecto BIOPAÍS, se llega a la siguiente conclusión para el caso específico del Cap de Creus y el Golfo de Roses, una de las zonas de alto potencial para la eólica marina (ZAPER LEBA-1) definidas en los planes de ordenación del espacio marítimo (POEM) aprobados por el Gobierno español en 2023:

Se debe excluir la zona del Golfo de Roses (LEBA-1) de las zonas de alto potencial para la eólica marina (ZAPER) debido a su fragilidad ecológica y a las potenciales repercusiones sobre la alta biodiversidad de la región y las comunidades locales, donde la pesca y el turismo, principales fuentes de bienestar, podrían verse gravemente afectadas. Los parques eólicos en esta zona afectarían significativamente a la biodiversidad marina, incluyendo las especies sensibles, los recursos pesqueros, los hábitats marinos vulnerables y el paisaje.

La exclusión de esta zona por motivos ecológicos y socioeconómicos debe abordarse para su estudio en el segundo ciclo de planificación marítima. La consideración del LEBA-1 como área de alto potencial para la conservación de la biodiversidad, tal como reconocen los POEM aprobados en 2023, debe prevalecer claramente sobre su designación

como zona de desarrollo eólico, dado el **solapamiento o situación adyacente a diversas áreas marinas protegidas (incluyendo una zona restringida a la pesca)** y otras áreas importantes para la biodiversidad marina, la elevada sensibilidad socioeconómica (pesca y turismo), así como el valor paisajístico singular del territorio.

La exclusión de los parques eólicos en esta zona LEBA-1 debe extenderse también a los de tipo experimental (I+D) o piloto, ya que incluso proyectos de pequeña escala pueden generar impactos significativos sobre la biodiversidad, el paisaje y las actividades socioeconómicas locales. Además, permitir proyectos piloto en áreas de alta sensibilidad contradiría el principio de precaución recogido en la Ley 41/2010 y abriría la puerta a una industrialización progresiva de la zona, incompatible con su designación como espacio de alto valor para la conservación en los POEM de 2023.

JUSTIFICACIÓN DE LA EXCLUSIÓN POR MOTIVOS ECOLÓGICOS

En base a los artículos publicados en la revista *Science of the Total Environment* (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153803>), *ICES Journal of Marine Science* (<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad131>), *Marine Policy* (<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106518>) y *Marine Environmental Research* (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141113625008281>) los impactos ecológicos de los parques eólicos marinos serían especialmente severos en el LEBA-1, donde confluyen hasta diez áreas marinas protegidas reconocidas nacional e internacionalmente y una excepcional biodiversidad de especies (muchas de las cuales protegidas o incluidas en convenios de protección de la fauna y la flora salvaje) y hábitats (algunos de ellos protegidos).

Entre las áreas marinas protegidas afectadas en el LEBA-1, están las que cuentan con respaldo normativo, como los sitios Natura 2000 (Cap Bear-Cap Cerbère, Cap de Creus, Montgrí-Medes-Baix Ter, Sistema de Cañones submarinos occidentales del Golfo de León; Espacio Marino de l'Empordà, Aiguamolls (marismas) de l'Empordà y Litoral del Baix Empordà); el Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo aprobado por el Real Decreto por el que se declara Área Marina Protegida el Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo, propuesto para ser incluido en la Lista de Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo (ZEPIIM), en el marco del Convenio para la Protección del mar Mediterráneo contra la contaminación (Convenio de Barcelona) y dos áreas de interés pesquero: el Área de interés pesquero para la merluza de Roses (donde se produce un solapamiento con el ZAPER LEBA-1) y el Área de interés pesquero Roses-Palamós, según el Orden APA/753/2020, de 31 de julio, por la que se modifica el Anexo III de la Orden APA/423/2020, de 18 de mayo, por la que se establece un plan de gestión para la conservación de los recursos pesqueros demersales en el mar Mediterráneo.

Cabe destacar que el LEBA-1 está pegado al oeste por el sitio Natura 2000 Espacio marino del Empordà (Directiva Aves), y a muy poca distancia del sitio Natura 2000 Sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León (Directiva Hábitats). **El cable de**

exportación de la energía hacia tierra de muchos proyectos eólicos propuestos hasta el momento afectaría el sitio Natura 2000 Espacio marino del Empordà.

Además, según los estudios efectuados en el marco del proyecto BIOPAÍS, la eólica marina en el ZAPER LEBA-1 podría afectar también a otras áreas importantes para la biodiversidad que se hallan dentro o cerca del LEBA-1. En concreto, se produce un solapamiento del LEBA-1 con tres de estas áreas: el Área Importante para los Mamíferos Marinos (IMMA, North Western Mediterranean Sea, Slope and Canyon System Important Marine Mammal Area), el Área Importante para Tiburones y Rayas (ISRA) de Roses, el Área Importante para Tiburones y Rayas (ISRA) de los cañones de la Costa Brava. Además, la instalación de parques en esta zona implica también considerar la evacuación eléctrica: algunos de los proyectos propuestos prevén cables submarinos que atravesarían el Área Importante para la Biodiversidad (KBA) Mar del Empordà y el Área Importante para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA) Mar del Empordà, con posibles afecciones potenciales adicionales sobre humedales y áreas costeras de alto valor ecológico.

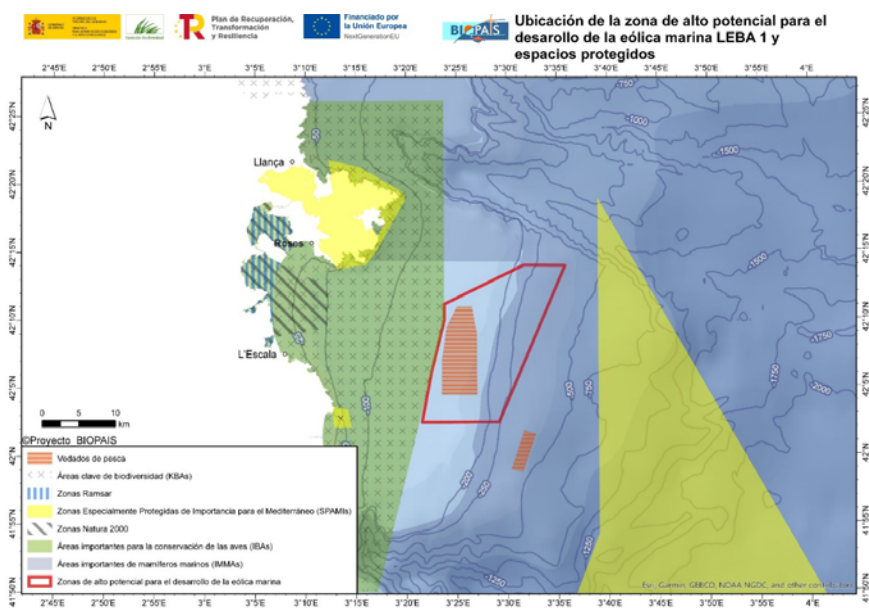


FIGURA 30. Mapa de la zona de alto potencial para energía eólica marina (ZAPER) LEBA-1 (zona delimitada en rojo), sitios Natura 2000 y otras áreas de valor para la biodiversidad marina. Fuente: Proyecto BIOPAÍS.

Según el artículo publicado en la revista *Marine Policy* en el marco del proyecto BIOPAÍS (<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106518>), la eólica marina del Golfo de Roses y el Cap de Creus perjudicaría hasta 135 especies vulnerables que son relevantes para las políticas de conservación nacionales e internacionales, algunas de las cuales tienen un papel crucial

en el estado ambiental de las aguas marinas, según lo definido por la **Directiva Marco sobre la Estrategia Marina y los objetivos de la estrategia de biodiversidad de la UE para 2030**. La muestra estudiada está incluida en los catálogos nacionales de protección de especies de la Directiva Hábitats y Directiva Aves de la normativa europea y la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y en los convenios internacionales para la protección de la flora y la fauna de Barcelona, Berna o Washington. Los mamíferos y las aves marinas, los tiburones, las rayas y los invertebrados bentónicos son las especies que tienen mayor riesgo de sufrir los impactos de la tecnología flotante (la que se quiere utilizar en el Golfo de Roses / Cap de Creus).

Otro estudio realizado en el marco del BIOPAIS (Wawrzynkowski, 2025) demuestra que la **eólica marina en el LEBA-1 afectaría hasta 18 hábitats marinos, de los cuales dos están formados por fanerógamas marinas protegidas por la Directiva Hábitats: *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa***. Además, ambas están protegidas por el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (LESPRE), y la *Cymodocea nodosa* está incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (CEEa). **Entre los hábitats potencialmente afectados por la eólica flotante en el Golfo de Roses se encuentran también los de la plataforma profunda, afectados directamente por las cadenas y las anclas de los aerogeneradores.**

En este sentido, y en línea de la conclusión razonada en el artículo publicado en el *Marine Pollution Bulletin* (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X25008434>), **la guía para el desarrollo sostenible de la eólica marina en España recomienda excluir la eólica marina de las áreas marinas protegidas (AMP) y sus proximidades (zonas *buffer* o amortiguamiento de como mínimo 10 km)**. En las AMP, los riesgos para la biodiversidad marina ligados al desarrollo de la energía eólica marina pueden superar fácilmente los beneficios de este tipo de energía renovable en relación con los objetivos de descarbonización. Es imperativo excluir y alejar los parques eólicos (comerciales y experimentales) de las áreas marinas protegidas, no solo de aquellas que cuenten con respaldo normativo, como los sitios Natura 2000 y las áreas restringidas a la pesca (en inglés, *Fisheries Restricted Areas*, FRA), sino también de otras categorías de AMP destinadas a la protección de la biodiversidad como las Áreas Clave para la Biodiversidad (en inglés, *Key Biodiversity Areas*; KBA), las Áreas Importantes para los Mamíferos Marinos (en inglés, *Important Marine Mammal Areas*, IMMA), las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (en inglés, *Important Birds Areas*; IBA), y las Áreas Importantes para Tiburones y Rayas (en inglés, *Important Shark and Rays Areas*; ISRA). Todas estas categorías de AMP son necesarias para conseguir la protección del 30 % de los mares en 2030.

Hay que tener en cuenta que los proyectos de eólica marina comportarían la industrialización de la zona LEBA-1: los impactos no se limitarían a alta mar (*offshore*), sino que también afectarían al prelitoral, al acoger infraestructuras (carreteras de acceso, subestaciones eléctricas, líneas de transmisión de electricidad o estructuras temporales) que pueden dañar ecosistemas frágiles como, por ejemplo, los humedales Aiguamolls de l'Empordà.

El artículo publicado en *Science of the Total Environment* (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153803>) también pone de manifiesto el riesgo de accidentes asociados a fenómenos meteorológicos extremos, que cada vez serán más habituales con el cambio climático, y los problemas inherentes a los mismos aerogeneradores, como la caída de la estructura al mar y los choques de barcos en una zona con actividad de navegación (ferris, buques de carga, cruceros, barcos de pesca y embarcaciones de náutica recreativa) como es la ZAPER LEBA-1.

Finalmente, hay que tener en cuenta que la ZAPER LEBA-1 se ubica sobre un área de veda de la pesca comercial para la recuperación del *stock* de la merluza (*Merluccius merluccius*). Esta área de veda fue impulsada por los pescadores de Roses en 2014, y se incorporó por ley (Orden APA/753/2020) en el plan de gestión del gobierno español para la conservación de los recursos pesqueros del mar Mediterráneo. El objetivo de esta área de restricción de pesca es proteger a los juveniles y reclutas de la merluza mediterránea, una de las especies marcadas en color rojo (mal estado) y considerada indicadora en el descriptor 3 de Estrategias Marinas (segundo ciclo 2018-2024) en la demarcación Levantino-Balear (Especies comerciales). Además, las últimas (2024) evaluaciones realizadas por STECF (Comisión Europea, Joint Research Center) y GFCM-FAO sobre el *stock* de esta especie en el área GSA 06 (Mediterráneo español) y por ICATMAR (Generalitat de Catalunya e ICM-CSIC) en el norte de la GSA 06 (Mediterráneo catalán), señalan una situación actual preocupante del *stock* de la merluza en esta zona, con un descenso significativo de la biomasa de reproductores y las capturas en los últimos años, que se mantienen actualmente en unos niveles históricamente bajos, a pesar de que existe una tendencia decreciente en la mortalidad por pesca por parte de todos los artes de pesca que capturan esta especie. La evaluación de STECF en el área GSA 06 en 2024 definió el *stock* de merluza como sobreexplotado, mientras que la evaluación de GFCM-FAO en el área GSA 06 para 2024 lo define como «posiblemente sobreexplotado». La posible destrucción o afectación del hábitat protegido por esta área de veda de la pesca debido a la infraestructura de la eólica marina comprometería aún más la delicada situación de la especie e iría en contra del objetivo finalista de la Ley 41/2010 de 29 de diciembre, de protección del medio marino para conseguir un buen estado medioambiental de las aguas marinas. Asimismo, cabe señalar que, después del establecimiento de dicha área de veda de pesca, se han llevado a cabo determinadas medidas de restauración activa con la participación del sector pesquero en esta área en el marco del proyecto LIFE Ecorest (<https://www.life-ecorest.es/>), financiado con fondos de la Unión Europea. En el supuesto de dedicarse la zona a la energía eólica marina, estos fondos europeos no solo no habrían servido para aquello a lo que se destinaron, sino que se daría un giro de 180 grados en las políticas de restauración, con lo que se iría en contra del Reglamento (UE) 2024/1991 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869, que entró en vigor el 18 de agosto de 2024.

JUSTIFICACIÓN DE LA EXCLUSIÓN POR MOTIVOS PAISAJÍSTICOS Y SOCIALES

A la elevada concentración de figuras de protección ambiental y de especies sensibles y hábitats frágiles, se añade un paisaje costero-marino de alto valor cultural y simbólico, intensamente reconocido por la población vinculada (residentes, segundas residencias y visitantes). Este reconocimiento trasciende el ámbito local: la bahía de Roses forma parte desde 2011 del Club de las Bahías más Bellas del Mundo, una asociación internacional avalada por la UNESCO que agrupa espacios costeros de excepcional valor paisajístico (<https://world-bays.com/web/en/>). El análisis de intervisibilidad y las unidades de paisaje del Observatori del Paisatge de Catalunya confirman que los proyectos en esta zona afectarían de forma directa a vistas emblemáticas y a la percepción social del litoral, lo que refuerza la necesidad de exclusión.

Si se tiene en cuenta el posicionamiento de las comunidades locales en el desarrollo de la eólica marina en el LEBA-1, según el estudio efectuado en el marco del proyecto BIOPAÍS, **una parte muy significativa de la población vinculada (residentes, segundas residencias, visitantes frecuentes y esporádicos) muestra unas actitudes críticas hacia el despliegue de parques eólicos en esta zona.** Los pescadores destacan los riesgos asociados a la actividad pesquera y los ecosistemas marinos, mientras que los residentes y visitantes expresan preocupación por el impacto sobre el paisaje y la calidad de vida. El apoyo explícito a proyectos de energía eólica marina está condicionado a que se garantice la protección de la biodiversidad y a la compatibilidad con la pesca y el turismo. Estos resultados confirman la elevada sensibilidad social del territorio y la importancia de incluir procesos de participación temprana y vinculante. Tal como señalan García et al. (2026b) (manuscrito en revisión, desarrollado en el marco del proyecto BIOPAÍS), la percepción y valoración de la población afectada debe considerarse un criterio central en la planificación de la eólica marina, no solo como un aspecto complementario, sino como parte de la garantía de una transición energética justa y equitativa.

En este sentido, el análisis del debate público y mediático en torno a la eólica marina en el Golfo de Roses y Cap de Creus muestra que estas tensiones sociales y territoriales se manifiestan de forma precoz en la esfera pública, permitiendo identificar actores clave, asimetrías de poder y conflictos emergentes ya en las fases iniciales de la planificación (García et al., 2026).

Es necesario recalcar el impacto potencial de la eólica marina en el paisaje, tal como evidencian los **modelos de análisis visual mediante SIG** elaborados en el marco del proyecto BIOPAÍS. Estos modelos muestran que los aerogeneradores proyectados en la zona ZAPER LEBA-1 serían visibles desde gran parte del litoral de la Costa Brava y desde miradores emblemáticos del Cap de Creus, lo que afectaría directamente a la **percepción del paisaje costero.**

Los resultados de las **encuestas realizadas en el proyecto BIOPAÍS** indican que el **valor paisajístico** constituye uno de los elementos más relevantes para la población local y para los visitantes, quienes expresan una **percepción mayoritariamente negativa** ante la posible instalación de parques eólicos flotantes en el LEBA-1. En una zona de **alta dependencia del turismo** como la Costa Brava, estas percepciones

refuerzan la necesidad de **integrar el paisaje como criterio central** en la evaluación estratégica y en los procesos de participación pública vinculados a la planificación de la eólica marina.

Además, la exclusión de la actividad pesquera del ZAPER LEBA-1 puede tener consecuencias económicas y sociales sobre la actividad pesquera local, según reveló el estudio publicado en la revista *Science of the Total Environment* (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153803>). Además, los sonidos, las vibraciones y los campos electromagnéticos de los cables pueden hacer menguar las capturas. El debate sobre los impactos potenciales de los parques eólicos marinos sobre la pesca y el turismo es mucho más intenso en el Mediterráneo que en los países nórdicos. Esto está en relación con la relevancia del turismo costero y marítimo en torno a este mar. Por ejemplo, el parque eólico proyectado en el Cap de Creus se construiría entre 12 y 30 km de la costa, mientras que en 2019 la distancia media de todos los parques eólicos marinos instalados en Europa fue de 60 km de la costa. En términos económicos, según recoge el estudio publicado por Voltaire et al. (2017), en la costa catalana estiman pérdidas de hasta 203 millones de euros por temporada turística (no se ha realizado, sin embargo, ningún análisis coste-beneficio específico por municipio y temporada).

ALTERNATIVA PROPUESTA

Como alternativa al desarrollo de la eólica marina en la ZAPER LEBA-1, se propone la siguiente línea de trabajo para buscar zonas prioritarias para el ensayo-experimentación e implementación de la eólica marina comercial: emprender un estudio exhaustivo que comprenda la costa catalana desde los 0 metros hasta los 400 m de profundidad para identificar aquellas zonas ya industrializadas y fondos fangosos degradados, preferentemente profundos y alejados de la costa, donde la afectación sobre la biodiversidad y las comunidades locales (básicamente población residente, pesca y turismo) sea mínima. Estas zonas deberán validarse mediante las evaluaciones ambientales que correspondan (EAE, EIA y EA) con enfoque ecosistémico, puesto que algunos fondos profundos pueden albergar comunidades bentónicas de gran valor (por ejemplo, corales profundos) o zonas de migración de aves o mamíferos marinos (por ejemplo, el Corredor de Migración de Cetáceos del Mediterráneo). Además, se tendría que emprender un estudio social y paisajístico específico por tramo litoral, con un debate participativo desde el inicio.



CONCLUSIONES GENERALES

1. UNA PLANIFICACIÓN ESPACIAL RIGUROSA EVITA DAÑOS Y CONFLICTOS

Una planificación rigurosa es clave para una eólica marina ambiental y socialmente sostenible, que evite daños irreversibles sobre la biodiversidad, minimice la conflictividad y no comprometa el bienestar de las comunidades locales ni de la sociedad. Una mala planificación conlleva impactos ambientales y alta polarización social, especialmente cuando se seleccionan lugares inadecuados o faltan debate público transparente y participación suficiente.

Es esencial durante la planificación evitar graves impactos ecológicos para poder así equilibrar la descarbonización de la economía con la preservación de los ecosistemas marinos y, especialmente, proteger zonas de alta biodiversidad. Antes de cualquier licitación, cuando se planifiquen zonas de alto potencial para la eólica marina, se solapen o no con otras zonas de alto potencial para la conservación de la biodiversidad, debe efectuarse una evaluación ambiental estratégica (EAE) previa vinculante que determine la ubicación definitiva o su descarte, incluya criterios claros de exclusión e inclusión y el informe de compatibilidad con las Estrategias Marinas (Real Decreto 79/2019). **Si el plan o proyecto puede afectar a sitios Natura 2000, conforme al artículo 6.3 de la Directiva Hábitat, deberá elaborarse además una evaluación adecuada (EA).** La participación social en la búsqueda de las mejores alternativas posibles es esencial en la evaluación estratégica ambiental de los planes de acuerdo a la aplicación del enfoque por ecosistema; **dejar esto para los procesos de evaluación de impacto ambiental es un error.** En temáticas de alta controversia como la que nos ocupa, debiera

efectuarse una evaluación estratégica ambiental sectorial que cribara las zonas de alto potencial para la eólica marina basadas en el recurso en función de las otras variables que se dictaminan en este documento.

No se debe dar por hecho que el desarrollo de este tipo de proyectos pueda ser beneficioso para la biodiversidad, como sucede en algunos casos estudiados en el mar del Norte, ya que esto debe analizarse caso por caso, especialmente en un mar como el Mediterráneo, donde no hay estudios al respecto y los fondos marinos son muy diversos. En ningún caso se deben considerar las instalaciones eólicas marinas como si se trataran de áreas marinas protegidas, pues estamos frente a actividades de carácter industrial. Tanto los promotores como las administraciones competentes deben garantizar una información clara y transparente a las comunidades locales que, para los parques eólicos marinos, implica la industrialización de la zona donde se implante, no solo por la presencia de aerogeneradores, sino también por las infraestructuras y servicios asociados.

2. EL VALOR DEL FACTOR LOCAL PARA LA PLANIFICACIÓN

La planificación de la eólica marina debe considerar criterios ambientales y socioeconómicos específicos de cada mar y de cada zona, así como la elección de la tecnología más idónea que sea económicamente factible y minimice su impacto ambiental. Se tienen que incorporar criterios ambientales y sociales en las subastas, ya que la posibilidad de que ulteriores subastas se basen únicamente en criterios economicistas puede resultar peligrosa para el medio socioecológico de las distintas zonas en concesión.

Es necesario recopilar y analizar datos ecológicos y sociales específicos de cada lugar, incluyendo tanto la biodiversidad y los hábitats vulnerables como las percepciones de los distintos grupos de población vinculada (residentes, segundas residencias, visitantes y trabajadores). Este enfoque multiescalar permite identificar vínculos territoriales y sociales más allá de la población local estricta, aspecto clave en zonas de alta afluencia turística como el Mediterráneo. **Se debe evitar el uso de datos generalistas y datos masivos (*big data*),** como las bases de datos a gran escala con un bajo nivel de precisión local (por ejemplo, EMODnet Seabed Habitats), ya que no permiten priorizar ni seleccionar con garantías zonas concretas para la implementación de la eólica marina. En su lugar, debería llevarse a cabo una evaluación ambiental estratégica adaptada a cada ZAPER, con criterios claros de exclusión e inclusión definidos en detalle para cada zona en concreto, y que incorpore la dimensión social local además de la ambiental.

En este sentido, **resulta fundamental integrar metodologías mixtas,** como encuestas a población vinculada, análisis de intervisibilidad y estudios de paisaje junto con procesos de mapeo de actores (*stakeholders*) y análisis del debate público. Este tipo de información proporciona un conocimiento situado que permite evaluar tanto los impactos ecológicos como los socioculturales.

Resulta imprescindible el análisis en cada lugar de las especies sensibles y los hábitats vulnerables, así como de los agentes sociales clave implicados y afectados. **Este enfoque local y territorializado es esencial para descartar emplazamientos inadecuados, así como para reconocer aquellos socialmente más legítimos y ambientalmente más compatibles.**

3. ES NECESARIO CONTAR CON DIFERENTES ÁMBITOS DE CONOCIMIENTO Y ACTORES

De acuerdo a la Ley 41/2010, es fundamental utilizar toda la información científica disponible de los diferentes ámbitos relacionados con la eólica marina (medio ambiente, sociedad, tecnología, economía y marco legal), adoptando un enfoque por ecosistemas que sea holístico, multidisciplinar y transdisciplinar. La eólica marina es un tema extremadamente complejo que exige la participación de personas expertas de diferentes disciplinas, además de la ingeniería, como la biología y la ecología marina, la oceanografía física, la tecnología, la geografía, la economía, la antropología social y las ciencias jurídicas, entre otras. A este abanico debe añadirse el conocimiento derivado de las ciencias sociales aplicadas al estudio de las percepciones ciudadanas, el paisaje y la gobernanza, ámbitos que permiten anticipar tensiones y evaluar la legitimidad territorial de los proyectos.

Durante la planificación, la participación debe considerar todas las partes afectadas. La planificación marítima debe regirse por los principios del enfoque por ecosistema, como marca la Directiva 2014/89/EU, 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, transpuesta en el Real Decreto (363/2017), así como la Ley de protección del medio marino (Ley 41/2010) y, por ello, un gran consenso y la participación pública debiera ser de obligado cumplimiento.

Es imprescindible contar con la activa participación del equipo técnico de las administraciones públicas encargado de la planificación marítima. Del mismo modo, como se comentó en el punto 2, resulta clave involucrar a los actores socioeconómicos locales y vinculados (sector pesquero, turístico, cultural, organizaciones ambientales y plataformas ciudadanas), así como garantizar mecanismos de participación inclusiva para la población vinculada al territorio (residentes, visitantes y usuarios).

La colaboración entre todos estos actores es indispensable para abordar los desafíos que plantea la planificación de la eólica marina desde una perspectiva integral y eficiente. Experiencias como el proyecto BIOPAÍS muestran que el trabajo conjunto de científicos, administraciones y ciudadanía vinculada permite generar un conocimiento situado y útil para la toma de decisiones.

La participación de diferentes ámbitos de conocimiento resulta igualmente esencial para dimensionar adecuadamente los parques eólicos marinos en función de las necesidades energéticas reales del territorio. Este proceso debe sustentarse en una planificación

rigurosa que evalúe la idoneidad de cada tipo de energía renovable según el contexto local, el modelo o estrategia de producción energética (centralizada o descentralizada) y la capacidad y estructura de las redes eléctricas existentes.

4. ES IMPRESCINDIBLE CONTEMPLAR LA PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA

La biodiversidad marina es clave para mitigar los efectos del cambio climático, por lo que la eólica marina no debe dañarla, asegurando la parte que le corresponde en el buen estado medioambiental de las aguas marinas. En el despliegue de la eólica marina no solo debe considerarse como factor determinante la disponibilidad del viento, sino también criterios ambientales integrales, como los utilizados en el proyecto BIOPAÍS (identificación de especies y hábitats vulnerables, especies de interés pesquero, servicios ecosistémicos y áreas de alto valor paisajístico y cultural), para evitar impactos graves en la biodiversidad marina.

Por ello, antes de decidir sobre la idoneidad de una zona u otra para la ubicación de la eólica marina, es fundamental recopilar y analizar toda la información existente, contando con la activa participación de los científicos y científicas y de otras personas expertas con un contrastado conocimiento de la zona en cuestión, creando esa información cuando no esté disponible. De igual forma, en esta fase hay que integrar las percepciones de la población vinculada al territorio y de los sectores socioeconómicos afectados, dado que el paisaje y los usos del mar forman parte de los servicios ecosistémicos que la ciudadanía valora y defiende.

El paraguas que ofrece la evaluación ambiental estratégica (EAE), acompañada de la evaluación adecuada (EA) para planes que pueden afectar un sitio Natura 2000, debe utilizarse más y mejor, con informes trazables, para lograr así el buen estado medioambiental de las aguas marinas. Dichas evaluaciones deberían contemplar no solo la biodiversidad en sentido estricto, sino también las interacciones con actividades como la pesca y el turismo, así como los valores paisajísticos y culturales, de manera que la planificación energética no comprometa el capital natural y social de cada territorio. Una buena valoración de los beneficios y riesgos que conlleva cada plan o proyecto de eólica marina es imprescindible.

Hay que evaluar todos los impactos ambientales de manera integral. En las evaluaciones de impacto ambiental, hay que considerar los impactos ambientales potenciales en todas las fases del ciclo de vida de un parque eólico marino (desde la preconstrucción hasta el desmantelamiento), así como de la infraestructura asociada a la eólica marina más allá de los aerogeneradores (cables de exportación de la energía, subestaciones eléctricas, infraestructura terrestre, etc.).

También se debe considerar, como impacto ambiental potencial, el riesgo de accidentes (desprendimiento al mar de componentes de la infraestructura, colisión con barcos, fuego, fenómenos meteorológicos adversos, etc.) y la contaminación química procedente de la infraestructura (como, por ejemplo, desgaste de las palas o elementos anticorrosión).

5. ES NECESARIO EXCLUIR LA EÓLICA MARINA DE LAS ÁREAS MARINAS PROTEGIDAS (AMP) Y SUS PROXIMIDADES (ZONAS *BUFFER* O AMORTIGUAMIENTO DE COMO MÍNIMO 10 KM), ASÍ COMO DE LOS CORREDORES ENTRE AMP

En las áreas marinas protegidas (AMP), los riesgos para la biodiversidad marina ligados al desarrollo de la eólica marina pueden superar fácilmente los beneficios de este tipo de energía renovable en relación a los objetivos de descarbonización. Es imperativo excluir y alejar los parques eólicos (comerciales y experimentales) de las áreas marinas protegidas, no solo de aquellas que cuenten con respaldo normativo, como los sitios Natura 2000 y las áreas restringidas a la pesca (en inglés, *Fisheries Restricted Areas*, FRA), sino también de otras zonas relevantes para la biodiversidad, como las Áreas Clave para la Biodiversidad (en inglés, *Key Biodiversity Areas*, KBA), las Áreas Importantes para los Mamíferos Marinos (en inglés, *Important Marine Mammal Areas*, IMMA), las Áreas importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (en inglés, *Important Birds Areas*, IBA), y las Áreas importantes para Tiburones y Rayas (en inglés, *Important Shark and Rays Areas*, ISRA). Todas estas categorías de AMP son necesarias para conseguir la protección del 30 % de los mares en 2030.

Esta exclusión debería considerar especialmente las zonas que albergan una gran cantidad de AMP con una notable diversidad de especies sensibles y hábitats vulnerables, zonas de restauración de los recursos pesqueros (áreas de veda de la pesca) o un paisaje costero-marino de alto valor cultural y simbólico, intensamente reconocido por la población vinculada (residentes, segundas residencias y visitantes).

Esto permitirá cumplir con el objetivo finalista de la Ley 41/2010 de alcanzar un buen estado medioambiental de las aguas marinas, y evitará la alteración de la funcionalidad de estos espacios protegidos y los procesos de conectividad ecológica, garantizando simultáneamente la legitimidad territorial de las decisiones. **El proyecto de diseño de una infraestructura verde marina es esencial a este respecto, pues delimita esos corredores esenciales para los temas de funcionalidad de los ecosistemas en el medio marino.**

Se debe priorizar, como primera opción, la planificación de la eólica marina sobre fondos marinos degradados. Los fondos marinos alterados por actividades humanas en lugares ya industrializados son, sin duda, los más adecuados para instalaciones comerciales, y asimismo lo son para llevar a cabo pruebas experimentales o proyectos piloto. Sobre la base de estos ensayos, se podrán desarrollar posteriormente los parques comerciales, ubicándolos en la misma tipología de fondos.

En planificación marina a gran escala, no se debe desarrollar la eólica marina en lugares que integran una mezcla de zonas con naturaleza más o menos bien conservada, incluyendo áreas marinas protegidas y otras zonas de importancia para la biodiversidad (IMMA, ISRA, KBA, IBA, ZEPIM) y para la recuperación de los recursos pesqueros (FRA o vedados de pesca) y actividades humanas. En cambio, la eólica marina podría desarrollarse en los ecosistemas muy modificados o degradados por la actividad humana, siempre y cuando las evaluaciones de impacto demuestren la compatibilidad con la protección de especies y hábitats.

6. ES IMPRESCINDIBLE APLICAR UN ENFOQUE POR ECOSISTEMA Y EL PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN EN TODAS LAS ETAPAS DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA, ASPECTOS QUE SON DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO (ESTRATEGIAS MARINAS: REAL DECRETO 79/2019 Y LEY 41/2010 DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO)

El «**enfoque por ecosistema**» sostiene que no solo se tenga en cuenta la diversidad de especies y hábitats, sino también las funciones ecológicas para diferentes especies (zonas de alevinaje, zonas de alimentación, corredores de migración, etcétera) y los bienes y servicios de los ecosistemas asociados. El principio de precaución aplica cuando no existe conocimiento sobre una zona determinada, y antes de que se abra una etapa para la presentación de proyectos comerciales.

En consecuencia, la **evaluación estratégica ambiental** previa y específica para las posibles áreas para el desarrollo de la eólica marina (ZAPER) tiene que disponer del conocimiento necesario en la zona. Dicha evaluación debe integrar también la dimensión paisajística y social, identificando percepciones ciudadanas, vínculos territoriales y valores paisajísticos que son determinantes para la planificación.

Asimismo, los promotores de parques eólicos (experimentales, piloto o comerciales) deberán llevar a cabo una **evaluación de impacto ambiental** utilizando el enfoque por ecosistemas, y demostrar la compatibilidad con las estrategias marinas, antes de que las administraciones otorguen las licencias correspondientes. La evaluación de impacto ambiental deberá tener en cuenta los criterios especificados detallados en la evaluación estratégica ambiental, demostrando de forma expresa su compatibilidad con las estrategias marinas (RD 79/2019).

Además, en el caso de que una zona potencialmente destinada a la eólica marina (ZAPER) diseñada durante los planes de planificación marítima, o un proyecto de parque eólico comercial o experimental/piloto, pueda afectar una zona Natura 2000, ya sea por solapamiento o por proximidad, se debe elaborar una **evaluación adecuada (EA)** (en inglés, *Appropriate assessment*) según el artículo 4 de la Directiva Hábitats, incluyendo escenarios alternativos y medidas de exclusión cuando proceda.

Por consiguiente, **en ausencia de estudios científicos locales sobre los potenciales impactos de la eólica marina, no se debería autorizar la construcción de ningún parque eólico hasta que se hayan completado los estudios independientes correspondientes**. Esta medida es especialmente relevante en España, donde se están proponiendo parques eólicos flotantes que presentan numerosas incertidumbres, tanto tecnológicas como en cuanto a su impacto ecológico y social.

7. EL USO DE LA CIENCIA INTERDISCIPLINAR E INDEPENDIENTE ES IMPRESCINDIBLE

Más allá de los estudios de impacto ambiental desarrollados por los promotores de parques eólicos (ya sean de carácter comercial o experimental), la planificación y el desarrollo de la eólica marina deben considerarse necesariamente con investigaciones interdisciplinarias realizadas por científicos y científicas independientes, es decir, que se hagan al margen de la financiación de los promotores de parques eólicos, sean comerciales o experimentales. Debe garantizarse tiempo suficiente para llevar a cabo estos estudios y evitar posibles conflictos de interés, contando con la participación de equipos multidisciplinarios con experiencia en biología marina, oceanografía física, ingeniería, geografía y otras ciencias sociales. **Bajo este paraguas, es absolutamente necesario llevar a cabo una evaluación ambiental estratégica (EAE) para la eólica marina en España, antes de dar paso a las licitaciones y subastas.**

Las evaluaciones adecuadas (EA) para planes o proyectos de eólica marina que puedan afectar sitios Natura 2000 deberían ser encargadas a organismos académicos y científicos independientes (que no tengan conflictos de interés con los promotores), ya que existe el riesgo de que los resultados de la evaluación se ajusten a las expectativas particulares, comprometiendo la objetividad del análisis.

8. LA PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES LOCALES EN LA PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA ES CLAVE

La planificación de la eólica marina debe incluir activamente a las comunidades y actores locales, además de los equipos técnicos de la administración, la academia y las empresas, como marcan los principios del enfoque por ecosistema. **Es necesario impulsar procesos de participación ciudadana locales que permitan la planificación conjunta y la gestión colaborativa entre instituciones académicas, administraciones, empresas y comunidades locales.** Los proyectos comerciales de eólica marina alteran estas relaciones y deberían estar consensuados en mesas de diálogo. En la actualidad, se está evaluando la relación entre agentes sociales y servicios del ecosistema para su implementación en el tercer ciclo de estrategias marinas.

Hay que contemplar tanto las administraciones locales (ayuntamientos y otros órganos administrativos locales como diputaciones y consejos comarcales) como los sectores económicos locales (cofradías de pescadores, asociaciones de agricultores, asociaciones de negocios turísticos locales, etc.) y la sociedad (ONG locales, plataformas ciudadanas, entre otros). Entre los criterios sociales, no deben considerarse únicamente valores cuantitativos, sino también los valores intangibles asociados al paisaje, al bienestar y a la identidad territorial, como la percepción y la valoración por parte de las comunidades locales, así como su vinculación con las actividades económicas y el bienestar de la población.

Además, se debe analizar de forma detallada el posible impacto negativo de la eólica sobre la economía local (pesca y turismo) y sobre el bienestar de las comunidades locales y el conjunto de la población afectada. Solo contando activamente con las comunidades locales se conseguirá una transición energética justa y equitativa legítima desde el punto de vista territorial.

9. LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICAS NO SUSTITUYEN UNA BUENA PLANIFICACIÓN

Las soluciones tecnológicas para restaurar la biodiversidad o evitar impactos de la eólica marina sobre la biodiversidad marina (conocidas en inglés como *Nature Inclusive Designs* o NID) son muy aconsejables, pero deben aplicarse únicamente después de haber realizado, y en ningún caso como sustituto, una buena planificación que defina las zonas de inclusión y exclusión de la eólica marina. Su papel es complementario y posterior a la correcta zonificación y a la evaluación ambiental estratégica. **Estas soluciones tecnológicas son útiles y necesarias después de seleccionar las ubicaciones óptimas para el desarrollo de los parques eólicos en fondos degradados y áreas ya industrializadas.**

10. HAY QUE EVALUAR EXHAUSTIVAMENTE EL IMPACTO DE LA EÓLICA MARINA SOBRE LA PESCA Y EL TURISMO

La exclusión de la actividad pesquera de las zonas afectadas por los parques eólicos marinos (sobre todo los flotantes que se pretenden desarrollar en las aguas españolas) tiene consecuencias económicas y sociales sobre la actividad pesquera local. Además, los sonidos, las vibraciones y los campos electromagnéticos de los cables pueden afectar los recursos pesqueros y hacer menguar las capturas. El debate sobre los impactos potenciales de los parques eólicos marinos sobre la pesca y el turismo es mucho más intenso en España que en los países nórdicos. Esto está en relación con la relevancia de la pesca y el turismo costero en la costa española.

Para que estas recomendaciones sean realmente efectivas, deben incorporarse en un marco jurídico y de gobernanza que garantice no solo la sostenibilidad ambiental de los planes y proyectos de eólica marina, sino también su equidad, coherencia, justicia y transparencia.

BIBLIOGRAFÍA

PUBLICACIONES GENERADAS POR EL PROYECTO BIOPAÍS

Los resultados del proyecto BIOPAÍS (2022-2025) se han materializado en diversas publicaciones científicas, artículos de divulgación y materiales de transferencia de conocimiento. En conjunto, estas contribuciones reflejan el carácter interdisciplinario del proyecto y su compromiso con la generación de conocimiento riguroso y útil para la gestión sostenible de la energía eólica marina en el Mediterráneo.

Garcia, L., Sardà, R., Lloret, J., & Vila, J. (2023). Stakeholder mapping in the context of offshore wind energy in the Gulf of Roses/Cap de Creus [Póster]. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8328765>

Garcia, L., Vila-Subirós, J., Lloret, J., Sardà, R., & Wawrzynkowski, P. (2026). Stakeholder mapping and early detection of tensions in offshore wind development: A press analysis in the Gulf of Roses and Cap de Creus (NW Mediterranean). *Marine Policy*, 185, 106978. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106978>

Lloret, J. (2025, 10 de febrero). *Energia eòlica marina: com promoure les energies renovables sense malmetre la biodiversitat*. Residencia de Investigadores CSIC-Generalitat de Catalunya. <https://digital.csic.es/handle/10261/385941>

Lloret, J. (2025). Offshore wind farms and marine protected areas in European waters: Better apart than together. *Marine Pollution Bulletin*, 220, 118368. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118368>

Lloret, J., Turiel, A., Solé, J., Berdalet, E., Sabatés, A., Olivares, A., Gili, J., Vila-Subirós, J., & Sardà, R. (2022). Unravelling the ecological impacts of large-scale offshore wind farms in the

- Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 824, 153803. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153803>
- Lloret, J., Wawrzynkowski, P., Amorós-García, L., Vila-Subirós, J., & Sardà, R. (2024). Nueve preguntas sobre la eólica marina en España. *The Conversation*. <https://theconversation.com/nueve-preguntas-sobre-la-eolica-marina-en-espana-219743>
- Lloret, J., Wawrzynkowski, P., Domínguez-Carrió, C., Sardà, R., Molins, C., Gili, J. M., Sabatés, A., Vila-Subirós, J., García, L., Solé, J., Berdalet, E., Turiel, A., & Olivares, A. (2023). Floating offshore wind farms in Mediterranean marine protected areas: a cautionary tale. *ICES Journal Of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad131>
- Lloret, J., Wawrzynkowski, P., García, L., Mujal, A., Turiel, A., Sabatés, A., Sardà, R., Vila-Subirós, J., Gili, J. M., Solé, J., Berdalet, E., Olivares, A., & Domínguez-Carrió, C. (2024, 23 de noviembre). Certezas e incertidumbres de la eólica marina en España. *Mètode Science Studies Journal*, 123(4). <https://metode.es/revistas-metode/article-revistas/eolica-marina-espana-certezas-incertidumbres.html>
- Turiel, A., Lloret, J., Sabatés, A., & Olivares, A. (2021, 4 de mayo). Los riesgos de la energía eólica para los ecosistemas marinos. *The Conversation*. <https://theconversation.com/los-riesgos-de-la-energia-eolica-para-los-ecosistemas-marinos-161303>
- Wawrzynkowski, P., & Lloret, J. (2023). Assessing the potential impacts of floating offshore wind farms on vulnerable species in the Mediterranean Sea [Póster]. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8027014>
- Wawrzynkowski, P., & Lloret, J. (2023). Ecological assessment of floating offshore wind farms in the Mediterranean Sea: Implications for vulnerable species conservation [Póster]. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8321049>
- Wawrzynkowski, P., Molins, C., & Lloret, J. (2024). Assessing the potential impacts of floating Offshore Wind Farms on policy-relevant species: A case study in the Gulf of Roses, NW Mediterranean. *Marine Policy*, 172, 106518. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106518>
- Wawrzynkowski, P. (2025). Ecological impacts of floating offshore wind development in the Mediterranean in the context of climate and biodiversity crisis [Tesis doctoral, Universitat de Barcelona].
- Wawrzynkowski, P., Sabatés, A., & Lloret, J. (2026). Balancing wind energy expansion and fisheries in the Mediterranean Sea: A trait-based assessment of vulnerability to floating offshore wind farms for commercially important species. *Marine Environmental Research*, 214, 107770. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107770>

PUBLICACIONES, TESIS Y MANUSCRITOS EN REVISIÓN

El equipo del proyecto continúa avanzando en la difusión de los resultados de BIOPAÍS mediante diversos documentos, artículos y trabajos académicos actualmente en revisión, entre ellos una tesis doctoral en curso. Los títulos son provisionales y es posible que sean modificados antes de su envío o publicación definitiva.

BIOPAÍS. (2024–2025). *Informes parcial y final del proyecto BIOPAÍS*. Fundación Biodiversidad.

BIOPAÍS. (2025). *Sitio web del proyecto BIOPAÍS*. <https://oceanshealth.icm.csic.es/ca/biopais.html>

BIOPAÍS. (2025). *Story Map del proyecto BIOPAÍS*. <https://arcg.is/18H4b5>

García, L., Vila-Subirós, J., Lloret-Romañach, J., Sardà-Borroy, R., & Wawrzynkowski, P. (2026) *Social perceptions of offshore wind energy in an ecologically and culturally significant coastal landscape: Insights from the NW Mediterranean*. *Energy Research and Social Science* [manuscrito en revisión].

Wawrzynkowski, P., Domínguez-Carrió, C., Demestre, M., Gili, J. M., Sardà, R., & Lloret, J. (en revisión). *Unveiling benthic habitat sensitivity to floating offshore wind development in the NW Mediterranean*.

- Comisión Europea. (2019). *The ecosystem-based approach in maritime spatial planning: A handbook for analysing and implementing the ecosystem-based approach in maritime spatial planning*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2926/84261>
- Comisión Europea. (2020). *An EU strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future* (COM/2020: 741 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:741:FIN>
- Comisión Europea. (2020). *Commission notice: Wind energy developments and nature legislation* (C(2020) 7730 final). https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/wind_farms_en.pdf
- Comisión Europea. (2021). *Guidance document on wind energy developments and EU nature legislation*. Directorate-General for Environment, Publicaciones de la Oficina de la Unión Europea. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/457035>
- Comisión Europea. (2021). Evaluación de planes y proyectos en relación con los lugares Natura 2000: Orientación metodológica sobre las disposiciones del artículo 6(3) y 6(4) de la Directiva Hábitats 92/43/CEE (2021/C 437/01). *Diario Oficial de la Unión Europea*, C 437. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=oj%3AJOC_2021_437_R_0001
- Comisión Europea, Centro Común de Investigación, Comité Científico, Técnico y Económico de Pesca (STECF). (2025). *Ad-hoc hake assessment (STECF-25-06)*. Publicaciones de la Oficina de la Unión Europea.
- Defingou, M. et al. (2019). *PHAROS4MPAs: A review of solutions to avoid and mitigate environmental impacts of offshore wind farms*. BioConsult SH, WWF-France.
- Estrategias marinas. (2018–2024). *Documentos del Segundo Ciclo 2018–2024. Demarcación Levantino-Balear (LEBA). Parte IV. Fichas del análisis socioeconómico*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/temas-pm/eemm/1-evaluacion-inicial/dm_leba/Anexo%20PARTE%20IV.%20FICHAS%20EI%20Y%20BEA%20DM%20LEBA\(maq\).pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/costas/temas/temas-pm/eemm/1-evaluacion-inicial/dm_leba/Anexo%20PARTE%20IV.%20FICHAS%20EI%20Y%20BEA%20DM%20LEBA(maq).pdf)
- Farr, H., Ruttenberg, B. I., Walter, R. K., & White, C. (2021). *Potential environmental effects of deep-water floating offshore wind energy facilities*. *Ocean & Coastal Management*, 207, 105611.
- GFCM–FAO. (2024). *Stock assessment results (STAR)*. <https://www.fao.org/gfcm/data/star/es/>
- Gobierno de España. (2007). *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad* (art. 46.4–7). *Boletín Oficial del Estado*, núm. 299 (versión consolidada). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=B0E-A-2007-21490>
- Goodale, M. W., Milman, R., & Arnett, E. B. (2016). *Cumulative adverse effects of offshore wind energy development on wildlife*. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(1), 1–21.
- ICATMAR – Institut Català de Recerca per a la Governança del Mar. (2023). *Fisheries advisory report for the northern GSA 06 2023*. ICATMAR.
- ICATMAR – Institut Català de Recerca per a la Governança del Mar. (2025). *Commercial fisheries advisory report for the northern GSA 6 2025*. ICATMAR <https://digital.csic.es/handle/10261/394967>.
- NID4OCEAN Project. (2025). *EU Horizon Project*. <https://cordis.europa.eu/project/id/101156861/es>
- Parlamento Europeo. (2021). *Report on the impact on the fishing sector of offshore wind farms and other renewable energy systems* [A9-0184/2021]. *Committee on Fisheries*. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2021-0184_EN.html.
- Pörtner, H. O., Scholes, R. J., Arneeth, A., Barnes, D. K. A., Burrows, M. T., Diamond, S. E., Duarte, C. M., ... & Young, O. R. (2023). Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*, 380, eabl4881.
- Roberts, C. M., Jones, P. J. S., & Hawkins, J. P. (2021). *Assessing the current state of ecological connectivity in a large marine protected areas system*. *Conservation Biology*, 35, 699–710.
- Szostek, C., Watson, S., Trifonova, N., Beaumont, N., & Scott, B. (2025). Spatial conflict in offshore wind farms: Challenges and solutions for the commercial fishing industry. *Energy Policy*, 200, 114555. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114555>

- The Most Beautiful Bays in the World. (s. f.). Member bays – The Most Beautiful Bays in the World. <https://www.world-bays.com/web/en/>
- UNESCO–IOC. (2017). *Marine spatial planning: A step-by-step approach toward ecosystem-based management*. Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. <http://msp.ioc-unesco.org/msp-guides/msp-step-by-step-approach-toward-ecosystem-based-management/>.
- Van Hoey, G., Bastardie, F., Birchenough, S., De Backer, A., Gill, A., de Koning, S., Hodgson, S., Mangi Chai, S., Steenbergen, J., Termeer, E., van den Burg, S., Hintzen, N. (2021). *Overview of the effects of offshore wind farms on fisheries and aquaculture*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Voltaire, L., Louriero, M., Knudsen, C., Nunes, P. (2017). The impact of offshore wind farms on beach recreation demand: Policy intake from an economic study on the Catalan coast. *Marine Policy*, 81, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.019>

La planificación de la eólica marina se ha convertido en uno de los grandes retos de la transición energética en el Mediterráneo. Su desarrollo plantea oportunidades claras para la descarbonización del sistema energético, pero también importantes desafíos ambientales, territoriales y sociales, especialmente en un contexto de elevada biodiversidad, fuerte identidad paisajística y coexistencia de múltiples usos del espacio marino.

Este libro presenta las conclusiones científicas del proyecto BIOPAIS, centrado en el análisis de los impactos potenciales de la eólica marina desde una perspectiva interdisciplinar. Basándose en el análisis de la ZAPER LEBA-1 en el contexto del Golfo de Roses y el Cap de Creus, el trabajo combina pruebas ecológicas, paisajísticas, socioeconómicas y de gobernanza para proporcionar directrices robustas para guiar una planificación marina.

Las aportaciones reunidas en este volumen no solo identifican riesgos y limitaciones, sino que proponen recomendaciones estratégicas para compatibilizar la transición energética con la conservación de la biodiversidad, el paisaje y el bienestar de las comunidades costeras. Se trata de una obra dirigida a responsables públicos, profesionales de la planificación, comunidad científica y a todas aquellas personas interesadas en un desarrollo sostenible y territorialmente informado de la eólica marina en el Mediterráneo.



**Documenta
Universitaria**

@DocUniv
documentauniversitaria.com

**Universitat
de Girona**