

Gestión sostenible de zonas costeras

| | | | |
|--|----------|---|----------------|
| Introducción | 1 | Marco legal y de gobernanza de la costa | 12 |
| | | La Ley de Costas | 12 |
| Presiones y sus consecuencias en la costa | 2 | | |
| Erosión y retroceso de la línea de costa | 2 | El Reglamento de costas | 14 |
| Otras formas de degradación de ecosistemas y servicios ecosistémicos | 5 | Interacción con medio marino y con aguas continentales | 14 |
| Monitorización de presiones y estado de la costa | 6 | Resiliencia socioecológica y relación con el medio natural | 15 |
| Adaptación sostenible de un sistema dinámico | 7 | Ideas fuerza | 16 |
| Ordenación del territorio y urbanismo adaptado | 8 | | |
| Tipos de medidas de adaptación | 9 | Bibliografía | I – VII |
| Hacia un turismo más sostenible | 10 | | |
| Sector portuario | 12 | | |

Cómo citar este informe:

Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados (Oficina C). Informe C. Gestión sostenible de zonas costeras. (2024) www.doi.org/10.57952/cgi0-da61

Personal experto consultado (por orden alfabético)

Bhargava, Radhika¹. Investigadora, Centro para las soluciones basadas en la naturaleza, Universidad Nacional de Singapur (NUS), Singapur.

Bordehore Fontanet, César¹. Profesor titular, Universidad de Alicante (UA), España.

Bujosa Bestard, Ángel¹. Profesor titular, Universidad de les Illes Balears, España.

De Andrés García, María¹. Profesora contratada doctora, Universidad de Cádiz, España.

Desdentado Daroca, Eva¹. Catedrática, Universidad de Alcalá (UAH), España.

Fernández Mora, Àngels¹. Investigadora, Sistema de Observación y Predicción Costero de las Illes Balears (SOCIB), España.

García García, Míriam¹. CEO, LANDLAB, Laboratorio de Paisajes SLP. Profesora asociada, UPC-DUTP-ETSAB, España.

García-Ayllón Veintimilla, Salvador¹. Profesor titular, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), España. Profesor visitante Fullbright, Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos.

González Pérez, Manuel¹. Investigador, Centro de investigación Marina y Alimentaria (AZTI), España.

Guisado-Pintado, Emilia¹. Profesora titular e Investigadora, Universidad de Sevilla, España.

Lorente Jiménez, Pablo¹. Jefe de División de apoyo a redes y validación de modelos, Área de Medio Físico, Subdirección de Conectividad y Sostenibilidad, Organismo Público Puertos del Estado, España.

Mai Huynh, Lam Thi¹. Investigadora, Universidad de Tokio, Japón.

Medina Santamaría, Raúl¹. Director General, Instituto de Hidráulica Ambiental de Cantabria (IH Cantabria), España.

Méndez Martínez, Gonzalo¹. Profesor titular, Universidad de Vigo (UVigo), España.

Nunn, Chloe¹. Consultora and Coordinadora de Proyectos Marinos, North Devon UNESCO Biosphere, Reino Unido.

Orfila Förster, Alejandro¹. Investigador, Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA, CSIC-UIB), España.

Pagès Fauria, Jordi¹. Investigador Ramón y Cajal, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC), España.

Piñeiro Juncal, Nerea¹. Investigadora postdoctoral, Universidad de Vigo (UVigo), España.

Sanz Larruga, Francisco Javier¹. Catedrático y Director del Observatorio del Litoral, Universidad de La Coruña, España.

Sardá Borroy, Rafael¹. Investigador principal, Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC), España.

EQUIPO C (por orden alfabético)

Este informe ha sido liderado por:

Rüdiger Ortiz-Álvarez. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

El equipo de trabajo está compuesto por:

Coordinación

Ana Elorza. Coordinadora de la Oficina C en la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.

Pedro Peña. Letrado de las Cortes Generales. Director de Estudios, Análisis y Publicaciones.

Equipo técnico

Bárbara Cosculluela. Letrada de las Cortes Generales. Jefa del Departamento de Asuntos Europeos.

Cristina Fernández-García. Técnica de conexión con la comunidad científica y la sociedad.

Maite Iriando de Hond. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Sofía Otero. Técnica de evidencia científica y tecnológica.

Jose L. Roscales. Técnico de evidencia científica y tecnológica.

Equipo en prácticas

Claudia Pereira Domingues. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Nelly Pérez Gutiérrez. Técnica en prácticas de la Oficina C.

Método de elaboración

Los Informes C son documentos sobre los temas seleccionados por la Mesa del Congreso que contextualizan y resumen la evidencia científica disponible para el tema de análisis. Además, recogen las áreas de consenso, disenso, las incógnitas y los debates en curso. Su proceso de elaboración se fundamenta en una exhaustiva revisión bibliográfica que se complementa con entrevistas individuales y metodologías de consulta participativa basadas en el diálogo estructurado de personal experto. El informe es revisado posteriormente por el personal experto consultado. La Oficina C colabora con la Dirección de Documentación, Biblioteca y Archivo del Congreso de los Diputados en este proceso.

Para la elaboración del presente informe, la Oficina C ha referenciado 305 documentos y consultado a un total de 20 personas expertas en la materia. Se trata de un conjunto multidisciplinar del cual el 40 % pertenecen al área de ciencias de la vida (biología, ecología y ciencias ambientales), el 40 % a las ciencias físicas e ingenierías (ingeniería de caminos, canales y puertos, ingeniería civil y física) y el 30 % a las ciencias sociales y humanidades (geografía, economía aplicada, turismo, ciencias de la sostenibilidad, arquitectura y urbanismo, y derecho). El 80 % trabaja en centros o instituciones españolas, mientras que el 20 % lo hace al menos en una institución extranjera.

La Oficina C es la responsable del contenido del informe y actúa como supervisora editorial del mismo.

¹ Especialistas que también han participado en la revisión total o parcial del informe.

La costa española es un territorio de gran valor ecológico y económico. A lo largo de sus 7905 kilómetros se dan algunos de los espacios naturales más importantes del país (como el Delta del Ebro, el Parque Nacional de Doñana, o la Albufera de Valencia, entre otros muchos). En los municipios costeros, vive en torno al 40 % de la población y se recibe un importante turismo nacional e internacional, lo que genera empleo y una parte sustancial del PIB. Asimismo, se dan actividades económicas como la pesca, o el transporte portuario. A nivel legal, un elemento diferenciador de la costa española respecto a otros países de la Unión Europea es la existencia del dominio público marítimo terrestre, una franja en la intersección entre la tierra y el mar protegida por la Constitución Española, y una ley de costas estatal que regula su uso.

En la costa, se dan una serie de problemas que están bien documentados y estudiados por la comunidad científica. El principal es la erosión que sufren las playas debido a las alteraciones que ocurren en el transporte natural de arena. Entre las causas de las alteraciones destacan las presas de los ríos, que impiden que la arena llegue a las playas y las barreras litorales (como puertos, diques o edificaciones) que dificultan que los sedimentos viajen a lo largo de la costa. En las últimas décadas, tanto la erosión como las inundaciones se han incrementado como consecuencia de la subida del nivel del mar y del potencial incremento en intensidad de temporales marítimos debidos al cambio climático. Un efecto colateral de la erosión de las playas que tiene una gran relevancia social es la mayor exposición de viviendas e infraestructuras críticas a inundación por eventos meteorológicos extremos, como se comprobó con las tormentas Gloria (en 2020) o Nelson (en 2024).

El segundo problema resaltado por la comunidad experta radica en distintas formas de degradación de la costa, incluyendo contaminación (presencia de plásticos, metales pesados o sustancias procedentes de la agricultura y las ciudades), vertidos (como hidrocarburos, aguas residuales o aguas de lastre), la llegada de especies invasoras, o la sobreexplotación de recursos (como los pesqueros). Vinculado a todo ello, se encuentran la presión urbanística y el modelo turístico, así como conflictos derivados del solape de competencias entre distintos sectores y administraciones.

A pesar de la relevancia social y económica de la costa, los recursos disponibles para su gestión a nivel estatal son insuficientes ante los desafíos presentes y futuros. Si no se actúa a corto plazo sobre los problemas descritos, pueden darse importantes impactos en el medio-largo plazo (en los próximos 50-75 años), que podrían afectar a la propiedad privada, a las actividades que actualmente se realizan en la costa o sobre infraestructuras críticas. La comunidad experta alerta de que se está acabando la fase de diagnóstico de los problemas y que es momento de proponer planes y acciones disruptivas, que sean capaces de asumir un cierto grado de incertidumbre (por ejemplo, en las estimaciones de subida del nivel del mar).

Hacia una gestión integrada de zonas costeras

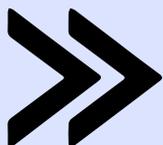
La comunidad científica insiste en que para dar una respuesta sostenible y duradera en el tiempo a los problemas que presenta la costa ya hay una solución: virar de la actual gestión sectorial a una gestión integrada de zonas costeras (GIJC), como establece el protocolo del Mediterráneo, ratificado en 2011 por España. Al mismo tiempo, pide que se dote al ente encargado de la gestión de la costa de los recursos materiales y humanos adecuados.

La razón para alcanzar ese modelo es la creciente presión que enfrentan las zonas costeras por el modelo urbanístico, el turístico y por la explotación de los recursos naturales. La gestión integrada permite equilibrar el desarrollo económico con la conservación ambiental, promoviendo un uso sostenible del litoral. En la misma línea es importante considerar la zona costera en su conjunto, la conexión tierra-mar y a los múltiples actores y administraciones implicadas. La comunidad científica insiste en que se debe fomentar la participación ciudadana en las decisiones de gestión y en que se debe mantener una visión a largo plazo.

En el foco

Dentro del modelo de GIJC, no hay una solución única a los problemas que presenta la costa. Las adaptaciones del medio físico se plantean para dar respuesta a la erosión y a los efectos del cambio climático. En esta línea, para conseguir una costa más resiliente y un paisaje que pueda soportar las distintas presiones a las que está expuesto, caben distintos tipos de medidas: las estructurales o ingenieriles, las basadas en la naturaleza y las híbridas. De hecho, las soluciones híbridas destacan como las que aportan una mejor adaptación del medio físico ante riesgos derivados del cambio climático. En cualquier caso, la implementación de adaptaciones bien diseñadas está considerada por la comunidad científica como una oportunidad para mejorar los entornos costeros. Entre otras medidas, se encuentra la renaturalización de los ríos para incrementar la transferencia de sedimentos que llegan al mar y dan forma a las playas. Así, destaca la importancia de las dunas que amortiguan el avance del mar y la intrusión salina.

Los expertos señalan que la existencia de un dominio público es pieza clave para poder adaptarse adecuadamente a la subida del nivel del mar y reducir las consecuencias de la inundación costera. Por otra parte, diversos estudios han detectado que las medidas deben tener en cuenta, además de las presiones y los riesgos, la conexión de las personas con el entorno. En otras palabras: hay que mejorar el bienestar de los habitantes que hacen uso de estos espacios a la vez que estos se adaptan a las presiones futuras. En la misma línea, hay cada vez más voces entre la comunidad experta que abogan por una transformación hacia modelos de turismo que aumenten la oferta vinculada a los valores naturales del territorio y demandan una regulación que solucione las repercusiones negativas de la masificación, especialmente, durante la época estival.



Horizonte

Para conseguir una gestión integrada que considere las múltiples presiones a las que se enfrenta la costa, incluidos posibles agravamientos derivados de la subida del nivel del mar, es necesario evaluar si el marco legal y de gobernanza la posibilita.

Algunos análisis realizados por la comunidad científica indican que la actual gestión es lenta y reactiva, en lugar de proactiva, lo que dificulta la implementación de una gestión integrada. Esto se debe en parte a las dificultades que plantea el reparto competencial, las interacciones tierra-mar, y la dimensión social. En este sentido cabe plantearse si pasados casi 40 años desde su concepción, la actual legislación de costas ha conseguido resolver los objetivos que planteaba en su preámbulo: (1) la eliminación de enclaves privados del dominio público de forma eficaz y respetuosa con los derechos de los particulares, y (2) proteger medioambientalmente la costa. Actualmente, distintas disciplinas y movimientos sociales cuestionan que se estén logrando estos objetivos.

En el futuro, se ha reclamado que el marco de gobernanza busque la protección ambiental de la superficie que aún no tiene figuras de protección, un mejor equilibrio de la propiedad público-privada en la línea de costa, tal y como reclaman movimientos sociales, y la mejor integración de ámbitos sectoriales que tienen relación directa como el portuario, el turismo o la ordenación del territorio.

Hay experiencias exitosas y en curso en distintos puntos del país que han buscado reordenar el espacio costero para rebajar la presión de uso de la playa, fomentar la naturalización y anticipar futuros aumentos del nivel del mar. A la vez, se han puesto a prueba fórmulas de gobernanza incluyendo participación ciudadana. Para lograr esta transformación a gran escala, y con una necesaria mirada en el medio-largo plazo, resulta conveniente superar las barreras jurídicas, sociales y políticas que puedan ralentizarla, a la vez que se invierte en sensibilizar y capacitar a la sociedad. Los espacios de gobernanza de las costas deberían ser lugares donde todas las administraciones competentes, disciplinas científicas, sectores económicos afectados, y la ciudadanía puedan reimaginar sus costas para que sean disfrutadas en el futuro. Todo ello, permitiría una implementación real y efectiva del marco conceptual de gestión integrada de zonas costeras.

Gestión sostenible de zonas costeras

Introducción

En la costa, las playas son los espacios que aportan un mayor valor económico al país. Pero se están empequeñeciendo por déficits de arena. Para lograr una gestión sostenible a largo plazo se requiere una gobernanza consensuada entre las distintas partes interesadas, pues en la costa las situaciones estáticas no son la regla.

España es un país de **costa**. Esta frontera entre el medio marino y el terrestre se extiende a lo largo de 7905 kilómetros a lo largo del océano Atlántico y del mar Mediterráneo¹. En ella existen distintos tipos de ambientes: desde **dunas**, hasta **estuarios**, **marismas**, lagunas interiores o acantilados; pero son las playas los espacios que articulan una mayor actividad económica. En 2019, el 70,5 % del Producto Interior Bruto (PIB) turístico y el 62 % del empleo directo del turismo en España se dieron en destinos conocidos como “de sol y playa”². Además, con datos de 2020, un 39,2 % de la población del país estaba empadronada en 480 **municipios costeros**³.

Más allá del impacto económico directo, la población que vive cerca de un espacio costero y, en general, del medio natural, goza de beneficios en su salud mental y bienestar⁴. Pero cuando el ecosistema que aportaba beneficios se pierde, la respuesta es de duelo, sufrimiento y sensación de pérdida⁵. Esta pérdida no solo es emocional, puesto que las zonas costeras son los espacios que más **servicios ecosistémicos** ofrecen a la sociedad⁶. Algunos son tangibles, como la obtención de alimentos a través de la pesca sostenible, pero también hay servicios de regulación de temperatura, de protección frente a temporales, otros que evitan la erosión de las costas o conservan la biodiversidad, además de valores recreativos y turísticos⁷⁻¹⁰.

La situación actual en gran parte de las zonas costeras españolas es de una gran artificialización: el cambio de usos de suelo ha resultado en la degradación de ecosistemas naturales¹¹. En este contexto, el principal problema de las costas arenosas, particularmente las playas del arco mediterráneo, es que se están empequeñeciendo por déficits de arena en la dinámica sedimentaria (porque la presencia de puertos, espigones, paseos marítimos y otras infraestructuras costeras y fluviales interfiere en el transporte de arena), pero también por los efectos observados y pronosticados del cambio climático. De hecho, desde 1900 hasta 2018, el nivel medio del mar a escala global ha aumentado 21 centímetros, y la velocidad de subida se está acelerando¹². Además, en los últimos años se han dado intensos temporales, como Gloria (2020) o Nelson (2024), que han inundado zonas tierra adentro. A esto se suma la dificultad de adaptarse y desplazar la línea de costa tierra adentro de forma natural en zonas urbanizadas con barreras construidas¹³. En general, tanto las playas como otros ecosistemas de la zona costera se degradan por razones adicionales: contaminación, especies invasoras, intensificación del turismo y el urbanismo, o sobreexplotación de recursos. En esta línea, la comunidad científica aboga por soluciones y gestión sostenibles: duraderas en el tiempo y que no comprometan la capacidad de adaptación futura¹⁴⁻¹⁶.

En las zonas costeras, convergen actividades económicas, tanto en tierra como en mar, y se cruzan intereses de distintas partes, que no siempre están alineados. La gestión se da a distintos niveles de la Administración pública que ostentan distintas competencias (**ver apartado de marco legal**). La primera Ley de Costas se aprueba en el año 1969¹⁷, con el fin

- **Costa:** Desde el ámbito de la ecología, se entiende como costa la franja de unión de las tierras emergidas con las sumergidas. Por extensión, también se refiere a las zonas tanto terrestres como acuáticas, próximas a la verdadera costa.
- **Duna:** Colina de arena movediza que en los desiertos y en las playas es formada y empujada por el viento. En la costa, discurren de forma paralela y son importantes para proteger la tierra frente al impacto del oleaje durante tormentas marinas.
- **Estuario:** Cuerpo de agua parcialmente encerrado que se forma cuando las aguas dulces procedentes de ríos se mezclan con el agua salada del mar.
- **Marisma:** Ecosistema húmedo con plantas herbáceas que crecen en el agua. Suelen estar vinculadas a estuarios y son importantes para distintos grupos de animales y plantas.
- **Municipio costero:** De acuerdo con Eurostat, los municipios (LAU2) que limitan con la costa o poseen el 50 % de su superficie a un máximo de 10 kilómetros de la misma.
- **Servicios ecosistémicos:** Beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad y que mejoran la salud, el bienestar, y la calidad de vida de las personas. Resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas. Son, por ejemplo, la provisión de agua limpia, madera o el uso de espacios o paisajes naturales con fin recreativo o deportivo.

de organizar y planificar el desarrollo, las actividades, y los sectores, así como solucionar problemas existentes y tener un marco de gobernanza conjunto con el que tomar decisiones y responder a los riesgos actuales y futuros¹⁸. Si bien, durante las décadas de 1960, 1970 y 1980, la principal solución de los problemas costeros se fundamentaba en dar rigidez estructural pese a ser ecosistemas en constante movimiento y evolución¹⁸.

La comunidad experta indica que lidiar con todos estos aspectos necesita una gestión capaz de integrar todos los actores y políticas sectoriales presentes en la costa. Señala que se requiere una gobernanza consensuada entre todas las administraciones, empresas¹⁹, asociaciones interesadas y comunidad científica²⁰, para lograr que la gestión sea sostenible^{21,22}. De igual manera, es crítico transmitir a la sociedad que las zonas costeras tienen una naturaleza dinámica en escalas temporales que van desde ciclos estacionales, a décadas, o siglos, y que las situaciones estáticas y deterministas son una excepción²³.

Presiones y sus consecuencias en la costa

Los principales problemas del litoral español son la erosión y el retroceso de la línea de costa, así como la degradación de ecosistemas por contaminación, sobreexplotación de recursos o especies invasoras.

Las zonas costeras en todo el mundo están expuestas a presiones, que pueden tener un origen y alcance global o restringido a lo local y regional²⁴. Además, las distintas presiones pueden combinarse y crear sinergias²⁵ y, por ejemplo, acelerar la erosión de una playa²⁶, o debilitar los ecosistemas y reducir la resiliencia ante otras perturbaciones²⁷. Según uno de los últimos informes sobre el estado de la naturaleza en la Unión Europea solo el 15 % de los hábitats marinos y terrestres evaluados están en buen estado²⁸. En España, colectivos ecologistas recogen un listado de las zonas más afectadas del litoral español a la vez que señalan posibles medidas correctoras²⁹. En este informe, se detallan las presiones que dan lugar a dos de los grandes problemas de la costa española (no los únicos): (1) la erosión y el retroceso de la línea de costa, y (2) la degradación de ecosistemas por contaminación, sobreexplotación de recursos y especies invasoras.

Erosión y retroceso de la línea de costa

La erosión de las playas ha estado vinculada a la antropización de la línea de costa, pero se une el agravante de la subida del nivel del mar y el potencial daño de las tormentas, pudiendo producir inundaciones, intrusiones salinas, y daño en las infraestructuras. La erosión afecta al dominio público marítimo-terrestre, en el que convergen actividades económicas y limita físicamente con propiedades privadas en riesgo.

Un elevado número de costas arenosas españolas está en regresión^{30,31}, ha perdido sus sistemas dunares³² o necesita aportes de arena continuados para no desaparecer³³. La erosión de las playas ha estado vinculada principalmente a la antropización de la línea de costa y a la presión urbanística y turística. Además, la subida del nivel del mar y el daño de las tormentas puede producir inundaciones, intrusiones salinas, daño en las infraestructuras y cambios en los ecosistemas. Esta erosión supone una reducción del espacio físico en las playas y genera un problema social y turístico^{34,35}. Por ejemplo, en el País Vasco, se ha estimado un retroceso de entre 10 y 60 metros de sus playas³⁶, en la Ría de Vigo la reducción es de un 35 %³⁷, y se esperan valores similares en el resto de la costa. En España, se han desarrollado varias estrategias regionales contra la erosión: por ejemplo, en Huelva, El Maresme, Castellón, Valencia o Granada³⁸. Numerosos municipios reclaman mayor protección de las playas para sostener su turismo, o evitar que el agua alcance a las propiedades privadas y, tras una revisión del **deslinde**, estas pasen a situarse en terrenos públicos^{39,40}. Como medida paliativa, hay una gran demanda de arena por parte de los municipios que basan parte importante de su economía en el turismo, y piden a la Administración central del estado la inversión de elevadas cifras para reponer la arena y regenerar sus playas cada año y, así, mantener toda su extensión^{41,42} (como referencia, la regeneración de las playas del Saler y Garrofera en Valencia en 2022 costó 24 millones de euros⁴³, y un informe indica que entre 2016 y 2020 se emplearon cerca de 60 millones en el total del territorio⁴⁴). Una de las fuentes de arena es la procedente del fondo marino, pero su extracción puede afectar a la integridad de los ecosistemas y reducir su biodiversidad⁴⁵; también procede de canteras y de cauces de ríos. Además, es una fuente finita y por tanto no es sostenible a largo plazo. Por otro lado, hay empresas que reciclan residuos de construcción para reconvertirlos en arena^{46,47}.

¹⁸ **Deslinde:** Proceso administrativo que delimita físicamente qué terrenos corresponden al dominio público marítimo-terrestre.

El aporte de arena vía fluvial (mayoritario) se interrumpe por sequías, sobreexplotación agraria o presencia de presas. Además, las barreras físicas en el mar, como puertos, diques, o espigones, pueden generar déficits de arena al interrumpir el transporte a lo largo de las playas.

España ha vivido un desarrollo urbanístico y residencial que ha descuidado consideraciones ecológicas y culturales, reemplazando ecosistemas por infraestructuras duras, muchas vinculadas al turismo.

La subida del nivel del mar aumenta la erosión de la playa, perjudica a bienes y actividades económicas y modifica los límites del dominio público marítimo-terrestre.

Cambios en la dinámica sedimentaria. La reducción de las playas ocurre cuando se pierden más sedimentos de los que se ganan, y cuando hay barreras que impiden el movimiento de los que llegan¹³. En una parte importante del territorio peninsular, la mayor parte de arena de las playas procede de los ríos, y el resto procede de bancos de arena marinos o de la erosión de costas rocosas (como acantilados)¹³. Esta llegada de sedimentos disminuye cuando se reduce el caudal del río, ya sea por causas naturales como una sequía, por la sobreexplotación agraria del agua, o por la presencia de presas y embalses que retienen el flujo de sedimentos¹³. Cambios en el balance sedimentario hacen especialmente sensibles y vulnerables a los deltas, como el del Ebro, el cual ya está experimentando problemas similares a los proyectados en otras zonas costeras para dentro de 50 años⁴⁸. Por otro lado, el reparto y movimiento de los sedimentos en las diferentes playas depende del [transporte longitudinal](#). Concretamente, en nuestra costa mediterránea, las corrientes de agua distribuyen la arena desde el norte hacia el sur, por lo que una barrera (como un puerto, un dique o un espigón) detiene el transporte: provoca que se acumule arena en su parte norte y genera un déficit en el sur⁴⁹. En la costa cantábrica y atlántica gallega, las playas suelen ser encajadas y no tienen este problema. Por su parte, la urbanización del litoral ha eliminado los cordones dunares e impide la formación nuevas dunas, que son el reservorio natural de arena de las playas y las permitiría recuperarse de forma natural¹³. En resumen: la canalización de ríos, la construcción de barreras y el urbanismo excesivo han tenido un impacto en las dinámicas naturales para la formación de las playas y contribuyen a su desaparición.

Presión urbanística y turística. España ha vivido un importante desarrollo urbanístico en las zonas costeras desde la década de 1950⁵⁰, que ha descuidado habitualmente consideraciones ecológicas, paisajísticas, de calidad urbana o culturales⁵¹. La utilización extensiva del territorio, la construcción de infraestructuras y el aumento de población, ha llevado a un reemplazo de sistemas naturales por infraestructuras “duras”, como paseos marítimos, muros, muelles, puertos o viviendas vinculadas al turismo (por demanda habitacional⁵²). Esta presión ha derivado en la existencia de playas urbanizadas que, al contrario que las naturales, suelen estar rodeadas de infraestructuras y no pueden desplazarse tierra adentro de forma natural^{53,54}. También, ha supuesto una fragmentación y degradación de hábitats⁵⁵, una reducción de biodiversidad⁵⁶ y un incremento en demanda de servicios, incluyendo el agua, con la consecuente sobreexplotación y alteración de sus características físico-químicas, en particular en máximos de temporada vacacional⁵⁷.

Subida del nivel del mar. La subida del nivel medio del mar, combinada con eventos meteorológicos extremos (como tormentas intensas o fuerte oleaje), puede causar inundaciones costeras en lugares expuestos y vulnerables, donde antes no se daban⁵⁸⁻⁶⁰ y agravar la erosión. El aumento del nivel del mar es consecuencia directa del cambio climático, por dos mecanismos diferentes. En primer lugar, por expansión térmica: un agua más caliente ocupa más volumen⁶¹. Los gases de efecto invernadero emitidos por la actividad humana han aumentado la temperatura de la superficie oceánica a nivel global⁶² (el aumento de CO₂ causa el 70 % del calentamiento global por su capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja, es decir, calor, que se retiene en el planeta⁶³). En segundo lugar, la cantidad de agua en el océano aumenta a medida que se derriten los hielos polares sobre tierra firme y los glaciares⁶¹ (**Cuadro 1**). Su impacto para la línea de costa se da a varios niveles: (1) económico, por su participación en la erosión de playas y deterioro de infraestructuras (carreteras, líneas de tren, líneas eléctricas, depuradoras, etc.) y negocios asociados al turismo; (2) urbanístico, al afectar a los límites del dominio público marítimo-terrestre (DPMT) y, por tanto, poniendo propiedades en riesgo de expropiación; y (3) ecológico, al modificar las condiciones del sistema costero en las que viven distintas especies. Actualmente se manejan distintos rangos de subida, más o menos intensos, para el año 2100 (**Cuadro 1**).

· [Transporte longitudinal](#): Movimiento de sedimentos a lo largo de la línea de costa debido a las corrientes y al oleaje y que determina su estado morfodinámico. Este transporte puede verse interrumpido por barreras físicas.

El nivel del mar ha aumentado 0.21 metros desde 1900 y la velocidad de subida se está acelerando, debido al calentamiento de los océanos y por el deshielo polar y glaciario. Cabe la posibilidad de incrementos abruptos, aunque su predicción está sujeta a incertidumbre.

Cuadro 1. ¿Cuánto va a subir el nivel del mar de aquí a 2100?

Existe consenso científico en que el nivel medio del mar está aumentando en todo el mundo y va a continuar haciéndolo. La incertidumbre radica en el 'cuánto'.

Estimaciones de subida. La velocidad de subida se está acelerando continuamente: se ha pasado de un aumento medio de 1,3 mm/año (periodo 1900–1971) a 3,7 mm/año (2006–2018)^{12,64}. Desde el año 1900 el nivel del mar ha aumentado 0,21 metros, y las predicciones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (conocido por el acrónimo en inglés *IPCC*) para el año 2100 prevén una subida (respecto a la media del nivel del mar de 1995–2014) de 0,28–0,55m en el escenario más optimista (*SSP1-1.9*), hasta 0,63–1,02m en el escenario más pesimista (*SSP5-8.5*)¹². Ante un escenario de subida de un metro aumentarían los riesgos de inundación y erosión en, por ejemplo, ciudades costeras importantes como Huelva, Santander, infraestructuras como el Aeropuerto del Prat, o zonas protegidas como el Parque Nacional de Doñana⁶⁵.

Por qué va a seguir subiendo el nivel del mar. Incluso en un escenario optimista de cese de emisiones de gases de efecto invernadero, la temperatura de la superficie del océano tardará varios siglos en disminuir. La razón es que el planeta no puede emitir inmediatamente la energía extra del Sol absorbida. En otras palabras, el balance energético de energía solar absorbida y energía irradiada de vuelta al espacio tiene una alta persistencia⁶⁶. Este balance disminuye por la absorción del exceso de CO₂ atmosférico por los océanos y la tierra⁶⁶, pero este proceso se da a una escala que supera la duración de la vida de una persona⁶⁷. Se está buscando compensar emisiones de CO₂ con una eliminación intencionada (por ejemplo, con tecnología), aunque se ha comprobado que evitar la emisión es más efectivo que una eliminación posterior⁶⁸.

Incertidumbre y posibles interrupciones. Hay estudios que apuntan a que contemplar un escenario de bajas emisiones es poco realista, y que el efecto del cambio climático podría acelerarse más de lo previsto⁶⁹. Los planes y acciones que se diseñen deben integrar la incertidumbre en cada fase de ejecución. Ante la posibilidad de un deshielo rápido e irreversible de zonas heladas (en concreto, de las masas de hielo de Groenlandia, de la Antártida oeste, o el permafrost del Ártico^{70,71}), se estima una subida de hasta 2,3 metros para 2100, y de 5 metros para 2150^{72–75}. Además, en 2023, la temperatura del mar a nivel global fue más alta de lo que predijeron todos los modelos matemáticos⁷⁶. Considerar estos escenarios, así como otros procesos climáticos disruptivos, como un posible cambio de corrientes oceánicas⁷⁷, es importante en la gestión de riesgos costeros y la adaptación a largo plazo, sobre todo, en zonas costeras densamente pobladas⁷⁸.

Se espera un aumento en la intensidad de las tormentas, pero no en su frecuencia. Este hecho sería perjudicial en zonas muy urbanizadas y contribuiría al retroceso de las playas.

Eventos meteoceanográficos extremos. En el litoral español son comunes las tormentas y las **DANA**, que llevan asociadas precipitaciones intensas y fuertes oleajes⁷⁹. Estos eventos tienen un fuerte impacto en la erosión de las playas y pueden mover grandes cantidades de arena mar adentro. Por otro lado, también los ríos pueden movilizar arena que luego se reparte en las playas. La problemática se agudiza en áreas muy urbanizadas, en las que se ha perdido la red hidrográfica original⁷⁹ y el impacto de posibles inundaciones (en playas o en infraestructuras) es muy elevado^{79,80}. Destacan las consecuencias de los temporales de 2014 en el cantábrico⁸¹; la tormenta Gloria en enero del año 2020, en el litoral mediterráneo, que erosionó numerosas playas y afectó a paseos marítimos⁸² (aunque también movilizó una gran cantidad de arena desde las redes fluviales que lo permitían, y hay zonas que no han sufrido regresión desde entonces, como en El Maresme alto, en Cataluña), o la tormenta Nelson en 2024, en las costas catalana y valenciana. Respecto a las predicciones a futuro, según el **IPCC AR6** no se espera un aumento en la frecuencia de este tipo de eventos, pero sí que estos pueden manifestarse con un mayor oleaje⁸³ y, en general, con mayor intensidad^{84,85}. En conjunto, la suma del aumento del nivel del mar y de los temporales incrementa la extensión en riesgo de inundación. En el ámbito portuario, el Sistema de Apoyo Meteorológico y Oceanográfico de la Autoridad Portuaria (SAMOA), permite monitorizar y predecir las condiciones extremas de oleaje (entre otras variables) y si existe la posibilidad de que se rebasen diques, lo cual comprometería la eficiencia y seguridad de las operaciones portuarias. Enmarcado dentro de

· **DANA**: Depresión Aislada en Niveles Altos. Antiguamente conocida como "gota fría".

· **IPCC AR6**: De las siglas del inglés Intergovernmental Panel on Climate Change, correspondiente al sexto Assessment Report, publicado en 2021.

la iniciativa SAMOA, el Cuadro de Mando Ambiental (CMA) permite establecer umbrales de alerta personalizados para cada puerto en función de su clima marítimo (caracterizado con observaciones proporcionadas por diversas redes de medida⁸⁶). Estos facilitan la toma de decisiones y una gestión ambiental eficaz y sostenible ante situaciones meteoceanográficas adversas, con el fin de mejorar la competitividad del sistema portuario español. Finalmente, aunque no son frecuentes en España, se dispone de un plan estatal de protección civil ante el riesgo de maremotos⁸⁷.

Otras formas de degradación de ecosistemas y servicios ecosistémicos

Otros fenómenos que degradan los ecosistemas costeros son la contaminación, los vertidos, la sobreexplotación pesquera o las especies invasoras.

Existe exposición a metales pesados, aceites, hidrocarburos, plásticos, exceso de nutrientes o contaminación acústica, entre otros.

Los vertidos de oleoductos y petroleros se han reducido sustancialmente en la última década.

Además de la erosión, hay muchos otros fenómenos que pueden degradar los ecosistemas costeros y poner en peligro los beneficios que las personas obtienen de ellos, lo que se denomina servicios ecosistémicos. Estos procesos son muy variados y, en el presente informe, se abordan cuatro de ellos: distintas formas de contaminación, vertidos, la sobrepesca, y las especies invasoras.

Contaminación. La costa está expuesta a contaminantes de diferentes tipos: metales pesados, aceites e hidrocarburos, plásticos, exceso de nutrientes, o contaminación acústica, entre otros. Los microplásticos son fragmentos y compuestos que pueden entrar en los alimentos y ser ingeridos por las personas^{88,89}. Entre sus fuentes se encuentran bolsas y botellas de plástico, artes de pesca o toallitas higiénicas de poliéster no biodegradables^{90,91}. Respecto a los contaminantes desde zonas agrarias⁹², industriales o urbanas, estos pueden generar un exceso de nutrientes en ecosistemas acuáticos, incrementar la producción primaria y desencadenar distintos problemas: floraciones algales (que pueden ser o no tóxicas), turbidez, falta de luz o hipoxia (condiciones de poco oxígeno)⁹³. Todo ello provoca degradación de hábitats, pérdida de especies, y cambios en los ciclos biogeoquímicos⁹⁴. Aunque numerosas directivas europeas han conseguido que se reduzcan los aportes de nutrientes al mar⁹⁵⁻⁹⁹, estas no son suficientes para mejorar la estructura ecológica y función de muchas zonas costeras¹⁰⁰. Ello genera un elevado gasto para los municipios que deben potabilizar las aguas con exceso de nitratos¹⁰¹. Finalmente, los buques portacontenedores de pasajeros y petroleros generan ruido en el mar y en la costa¹⁰², el cual puede afectar la capacidad de especies marinas para comunicarse, causando cambios de comportamiento o daño físico, incluyendo ballenas varadas o muertas¹⁰³. La comunidad experta sugiere avanzar hacia una regulación global del ruido submarino que aborde su impacto y su interacción con otras presiones de la costa, para lo que un informe europeo ha listado distintas acciones prioritarias¹⁰⁴.

Vertidos. Los contaminantes pueden tomar la forma de vertidos. La actividad de puertos y buques de crucero y pasajeros puede liberar aguas residuales, aguas de lastre con elementos contaminantes y especies potencialmente invasoras, o compuestos anti incrustantes, entre otros¹⁰⁵. Asimismo, los vertidos de aguas residuales con un tratamiento deficiente, o desde emisarios submarinos con poco mantenimiento¹⁰⁶, aportan contaminantes microbiológicos (con efecto en la calidad del agua) así como nutrientes y materia orgánica¹⁰⁷. Junto con los vertidos de salmuera de las desaladoras, estos pueden tener un impacto en los ecosistemas marinos^{108,109} (como, por ejemplo, en las praderas marinas, ver **Cuadro 2**). Cabe resaltar la recuperación de la ría de Bilbao como ejemplo de buena praxis en un espacio extremadamente degradado^{110,111}. Por otra parte, los vertidos procedentes de oleoductos y buques petroleros en áreas costeras han disminuido por diez, globalmente en la última década¹¹², aunque aún se pueden dar vertidos de hidrocarburos, como el que afectó en 2024 a la Albufera de Valencia¹¹³. El estado dispone de un plan contra la contaminación por hidrocarburos, el Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar (orden AAA/702/2014), con un atlas de sensibilidad y un análisis de vulnerabilidad y riesgo¹¹⁴. Desde el organismo público Puertos del Estado se ha coordinado, en el marco de la iniciativa SAMOA, el desarrollo de modelos matemáticos para predecir la trayectoria de posibles vertidos accidentales de hidrocarburos en el interior de los puertos y en sus fondeaderos. Estos modelos, integrados dentro del CMA de cada puerto, facilitan la toma de decisiones, consensuada y eficaz, ante este tipo de incidente medioambiental⁸⁶.

Las áreas marinas bajo protección estricta mejorarían la pesca en zonas aledañas, al servir de criadero de especies.

Pesca, acuicultura y marisqueo. La sobreexplotación pesquera genera una reducción de la población de animales, puede dañar el hábitat (como ocurre con la pesca de arrastre) y genera daños en todo el ecosistema marino¹¹⁵. Por tanto, afecta al rendimiento de las propias pesquerías¹¹⁶. La comunidad científica ha demostrado que proteger áreas marinas (y no pescar en ellas) favorece a la industria pesquera regional, al ejercer de criadero de peces, que se desplazan a las zonas donde sí está permitido pescar^{117,118}. La Unión Europea y España se han comprometido a través de la “Estrategia de Biodiversidad para 2030”, a proteger al menos el 30 % de los mares en 2023 y que el 10 % goce de protección estricta (es decir, que no se permitan actividades extractivas)¹¹⁹. Este 10 % podría no ser suficiente para maximizar la producción pesquera¹²⁰. No obstante, los países de la UE (incluido España) apenas alcanzan el 1 % de protección estricta¹²¹. Por otro lado, se ha cuantificado que el 90 % de espacios protegidos pertenecientes a la [Red Natura 2000](#) han experimentado pesca de arrastre, sobre todo, en la costa del sur de Almería¹²². Asociaciones ambientales están promoviendo alcanzar los compromisos adquiridos^{123,124}, lo que supondría un impacto económico positivo para los pescadores (ya que la protección permite la recuperación de poblaciones de peces), además de considerables beneficios para los ecosistemas marinos¹²⁵. Además, la UE ha aprobado un plan en 2024 para que los Estados miembros apliquen una gestión pesquera sostenible basada en la protección del ecosistema, la reducción de la captura incidental y el aumento de la integridad del lecho marino¹²⁶. Respecto al marisqueo, que supone entorno al 10 % del PIB en Galicia, hay un declive de algunas especies como resultado de la sobreexplotación, la actividad furtiva, la degradación de hábitats, la contaminación, la [acidificación](#)¹²⁷ y el calentamiento del mar. Ello supone un fuerte impacto socioeconómico¹²⁸.

Las especies invasoras tienen impactos en los sectores pesquero y turístico. En España, destaca la problemática del alga invasora *Rugulopteryx okamurae*, que crece muy rápidamente.

Especies invasoras. Estas afectan a los servicios ecosistémicos que aportan otras especies¹²⁸, y pueden impactar a los sectores pesquero o turístico¹²⁹. La introducción y la dispersión de especies no autóctonas está aumentando debido al transporte marítimo (en las aguas de lastres) y a la acuicultura¹³⁰, así como a cambios de habitabilidad a medida que se calienta el agua¹³¹. Las infraestructuras “duras” en la costa también facilitan que se dispersen y que arraiguen estas especies¹³²⁻¹³⁴. El mar Mediterráneo ha sido el más afectado por la introducción de especies exóticas a través del Canal de Suez (que conecta con el Mar Rojo)¹³⁵. Entre ellas se encuentra el alga de origen japonés *Rugulopteryx okamurae*, que tiene una gran capacidad competitiva de crecimiento¹²⁸. España tiene una estrategia de control específica para esta especie¹³⁶, aunque su erradicación completa se considera de muy complicada a imposible. Algunas voces sugieren que las posibles iniciativas de valorización de sus restos pueden abordarse siempre y cuando no se facilite su perpetuación en el medio¹³⁷. Toda la problemática se articula a través de un catálogo español de especies exóticas invasoras, dinámico y determinado por el Real Decreto 630/2013¹³⁸, cuyo seguimiento se realiza por instituciones regionales que emiten informes detallados, como en el Informe del Mar Balear¹³⁹. Además, iniciativas de ciencia ciudadana, como Observadores del Mar, contribuyen a la detección de especies de interés en el mar y la costa^{140,141}.

Monitorización de presiones y estado de la costa

La obtención de datos de alta calidad y resolución de la zona costera es el primer paso para una toma de decisiones basada en la evidencia científica.

La obtención de datos de alta calidad y resolución de la zona costera es el primer paso para una toma de decisiones basada en la evidencia científica. La vigilancia permite obtener información sobre cambios morfológicos de la costa y el mar, así como de calidad del agua y distintas presiones. Estos datos permiten realizar sistemas predictivos basados en modelos matemáticos que dan información a corto plazo (por ejemplo, anticipando las condiciones de oleaje con días de antelación), pero también en el medio-largo plazo (como respecto al cambio climático).

· [Red Natura 2000](#): Red europea compuesta por los Lugares de Importancia Comunitaria, las Zonas Especiales de Conservación y las Zonas de Especial Protección para las Aves. Estos espacios tendrán la consideración de espacios protegidos, con la denominación específica de espacios protegidos Red Natura 2000. De acuerdo con la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, deben disponer de instrumentos de planificación.

· [Acidificación](#): Fenómeno que implica la disminución del pH del agua de mar debido a la absorción de dióxido de carbono atmosférico. Este proceso tiene implicaciones significativas para los ecosistemas marinos, como, por ejemplo, en los organismos calcificadores.

En la Administración pública destacan las redes de medición operadas por Puertos del Estado, distribuidas a lo largo del litoral. Incluyen boyas, mareógrafos, estaciones meteorológicas, y radares de alta frecuencia (que se sitúan en la línea de costa y son capaces de proporcionar datos sobre corrientes marinas superficiales y el oleaje, entre otros parámetros¹⁴²). Además de aplicaciones para el público general, las redes de medida dan apoyo a los puertos en el marco del sistema SAMOA para tomar decisiones operativas que garanticen la seguridad y la gestión ambiental sostenible en el ámbito portuario⁸⁶.

Por otro lado, también puede obtenerse información sobre el estado de la costa a través de videometría^{143,144} (sistema de cámaras para estudiar la evolución de la línea de costa y estado de las playas), satélites como los Sentinel-3 del programa europeo *Copernicus* (información de alta resolución del estado de la línea de costa o calidad del agua^{145,146}), drones, vuelos en avioneta, y técnicas de observación con LIDAR que permiten hacer modelos 3D de la costa¹⁴⁷. Además, la monitorización de la erosión costera puede realizarse a través de iniciativas de ciencia ciudadana como *CoastSnap*^{148,149}, un proyecto a nivel mundial que permite a los usuarios de las playas registrar imágenes con sus teléfonos móviles en estaciones fijas de bajo coste. Esta iniciativa logra la concienciación de la población sobre la erosión costera a la vez que obtiene datos de alta resolución de las playas españolas¹⁵⁰.

Adaptación sostenible de un sistema dinámico

La comunidad experta señala que, para lograr la sostenibilidad a medio y largo plazo se hace necesario llevar a cabo una gestión integrada de zonas costeras (GIZC).

Una costa adaptada para resistir las presiones a las que está expuesta requiere considerar todas las dimensiones socioecológicas presentes, asumir su interconexión, y equilibrarlas simultáneamente²³. La comunidad experta señala que para lograr la sostenibilidad del litoral, se hace necesario llevar a cabo una **gestión integrada de zonas costeras (GIZC)**¹⁵¹. Esta es una aproximación a medio y largo plazo basada en el conocimiento que persigue equilibrar los objetivos ambientales, económicos, culturales y recreativos, dentro de los límites impuestos por la dinámica natural de un lugar¹⁵². En definitiva, promueve la sostenibilidad de las zonas costeras mediante la participación y cooperación de las partes involucradas en el terreno, y definir acciones para alcanzar los objetivos consensuados. Cada solución debe estar ajustada a las particularidades locales, pero teniendo en cuenta el posible impacto de las medidas a nivel regional (por ejemplo, la presencia de una barrera física para que se acumule arena en una playa podría privar de arena a un municipio adyacente; o ciertas prácticas agrícolas pueden contaminar una masa de agua cercana, como ocurre en el Mar Menor)¹⁵².

La Unión Europea explicita estos principios como recomendaciones desde el año 2002¹⁵², e indica que las medidas deben tener el apoyo y la participación de todos los órganos administrativos locales, regionales y estatales. Asimismo, señala que se deben usar diferentes instrumentos conjuntamente para facilitar la coherencia entre objetivos de políticas sectoriales, planificación y en definitiva, la gestión. Específicamente, para las zonas costeras del Mediterráneo, desde 2011 hay un protocolo internacional oficial relativo a la gestión integrada, firmado por España, la UE y otros países del entorno^{153,154}. Hay voces en la comunidad científica que observan que la aplicación práctica de este protocolo en España es escasa¹⁵⁵, pero podría destacarse la estrategia diseñada para el Mar Menor y su entorno¹⁵⁶, en la que se realizó un proceso con la participación pública de todos los actores de la sociedad involucrados y considerando una zona costera amplia, en la que se pudieron cuantificar las presiones desde tierra y mar para evaluar los impactos¹⁵⁷.

· **Gestión integrada de zonas costeras:** Se puede definir como el proceso legitimado a través de una política pública, con fundamentación técnico-científica pero que tiene en cuenta los saberes tradicionales, dirigido a la administración de bienes comunes e intereses públicos; que se orienta a la toma de decisiones para obtener el mejor y más equitativo beneficio social y económico de los servicios de los ecosistemas costero marinos, poniendo especial esmero en conservar el capital natural, el patrimonio cultural, el paisaje; al tiempo que afronta los riesgos y amenazas que se ciernen sobre personas, bienes o recursos.

Por otro lado, se están desarrollando **gemelos digitales** de la costa que incorporan todos los procesos, cuantifican la incertidumbre y posibilidades, para facilitar la toma de decisiones¹⁵⁸. Las medidas elegidas deben tener potencial adaptativo y capacidad de **autoorganización** (social y ecológica)²³. Finalmente, se ha señalado la necesidad de formar a gestores y a quienes toman las decisiones sobre las posibles soluciones teniendo en mente la dinámica costera a largo plazo, y que la implementación de medidas de adaptación se hará más difícil a medida que aumente el nivel del mar¹⁵⁹.

Ordenación del territorio y urbanismo adaptado

La comunidad científica aboga por transitar de la obra civil tradicional a una reconstrucción del paisaje en su conjunto, considerando riesgos actuales y previsiones futuras.

El desarrollismo urbano en la costa, iniciado en la década de 1950, se hizo en gran parte sin tener en cuenta las dinámicas naturales del litoral, lo cual ha aumentado la vulnerabilidad ante distintas presiones. Se ha cuantificado que el 80 % de las zonas urbanizadas en la costa contienen ecosistemas que podrían beneficiarse de una gestión integrada efectiva¹⁶⁰. Actualmente, existen voces desde el urbanismo y diseño de paisaje que abogan por un cambio de escala: de la obra civil tradicional, a una reconstrucción del paisaje en su conjunto²³; y que a la vez se consideren los riesgos actuales y las previsiones de posibles amenazas a largo plazo (por ejemplo, de subida del nivel del mar), y el marco de gobernanza. Hay que considerar que las competencias de urbanismo las ostentan las comunidades autónomas y los municipios, pero el DPMT es público y la gestión corresponde al Estado, aunque a nivel ecológico y de dinámicas litorales ambas partes están conectadas¹⁶¹. El objetivo es lograr la resiliencia del conjunto del sistema, al integrar en la planificación del litoral los elementos urbanísticos ya presentes en los diseños, acciones y estructuras previstas²³.

Para alcanzar una costa resiliente es necesario el pensamiento multiescala (desde el barrio hasta la región), así como la gestión adaptativa y basada en lo local.

Diseño de paisajes resilientes. Los principios generales de la **resiliencia** han de ser la base para construir un paisaje que proteja ante las presiones climáticas, que reduzca los impactos de la subida del nivel del mar y eventos extremos y al mismo tiempo, mejore la biodiversidad y la salud de los habitantes^{23,162}. Ello requiere un pensamiento a múltiples escalas simultáneamente: desde la región hasta el barrio²³. La modelización numérica para determinar el efecto del aumento del nivel del mar permite cuantificar el riesgo local y la incertidumbre, ayudando en la planificación del paisaje y a definir las acciones a tomar en la **gestión adaptativa**¹⁶³. Existen estudios que incluyen la participación social a través de una **gestión basada en lo local**, como herramienta para comprender los valores, intereses, y necesidades de los habitantes de cada lugar, y lograr una mayor aceptación social de las soluciones adoptadas¹⁶⁴⁻¹⁶⁶.

En caso de modificarse la línea de costa, puede ocurrir que propiedades privadas entren en contacto con el agua y pasen a ser de dominio público. Existe un intenso malestar social en las zonas afectadas.

Propiedad privada en primera línea de costa. Las zonas urbanizadas cerca del agua están más expuestas a posibles inundaciones y son susceptibles de varios enfoques de adaptación: defensa, acomodación, reubicación estratégica o disminución del riesgo¹⁶⁷. La franja más inmediata a la línea de costa es de dominio público y pertenece al Estado. Estos límites están definidos por la legislación estatal de costas^{168,169}. En caso de retroceso de la línea de costa, puede ocurrir que propiedades privadas entren en contacto con el agua y pasen a estar dentro del dominio público mediante el procedimiento administrativo de deslinde¹⁷⁰ y, por tanto, ser susceptibles a un cambio de titularidad. Esto, unido a la pérdida de algunas playas, genera alarma social¹⁷¹. La planificación urbana adaptada a las predicciones de aumento del nivel del mar debe vincularse a la acción colectiva y garantizar la equidad de su aplicación¹⁷².

· **Gemelos digitales:** Modelo virtual de un objeto o sistema que se actualiza a partir de datos masivos. Puede simular desde una célula a un sistema informático, un ecosistema, o una ciudad entera. Se utilizan para realizar simulaciones y estudiar el comportamiento de dicho sistema para después adaptar las soluciones al mundo real.

· **Autoorganización:** Proceso en el que se establece un orden o coordinación a partir de las interacciones locales de los componentes de un sistema inicialmente desordenado, que se da de forma espontánea, sin control de agentes externos o internos.

· **Resiliencia:** En el marco de la Ordenación del territorio, la resiliencia es la capacidad de resistir a las presiones y de volver a un estado anterior. Se basa en los principios de diversidad, redundancia, conectividad en red, modularidad y adaptabilidad.

· **Gestión adaptativa:** Tipo de gestión en la que se realiza un ciclo y se observa la situación y el escenario resultante, se realizan acciones de nuevo, y se responde a los cambios observados. Entonces, se vuelve a evaluar la situación y se toman de nuevo acciones, aplicando las lecciones aprendidas. En otras palabras, tiene en cuenta la naturaleza dinámica del sistema costero.

· **Gestión basada en lo local:** Gestión que considera cómo los diferentes grupos de personas se identifican con espacios costeros como "lugares" que tienen sus valores y significados, más allá de ser simplemente "espacios". Hay herramientas y técnicas que pueden obtener información de la población local para apoyar distintas estrategias de gestión costera.

Tipos de medidas de adaptación

Existen medidas ingenieriles, basadas en la naturaleza, o híbridas.

Para conseguir una costa más resiliente y un paisaje que pueda soportar las distintas presiones a las que está expuesto, caben distintos tipos de medidas: las estructurales o ingenieriles (también conocidas como soluciones 'duras', o infraestructura 'gris'), las basadas en la naturaleza, y las híbridas entre ambos tipos. Un metaanálisis comprobó que combinar soluciones basadas en naturaleza y basadas en ingeniería ofrecía una mejor adaptación a presiones derivadas del cambio climático, particularmente en contextos de riesgo de catástrofes bajo o medio¹⁷³, como es el caso de España (siendo, por ejemplo, Japón un país en riesgo alto, por la exposición que tiene a maremotos). Las medidas que se detallan a continuación pueden implementarse para mantener la línea de costa, incluso, para avanzarla, o para permitir una recolocación o retroceso controlado, un enfoque que es la base de la gestión en Reino Unido¹⁷⁴, y que también se ha contemplado en Francia¹⁷⁵. Este modelo es compatible con voces de la comunidad científica que hablan de zonas que deben protegerse (poco alteradas), zonas que pueden llevarse a un estado deseable (y por tanto, adaptarse), y otras demasiado alteradas, que no serían prioritarias.

Las soluciones clásicas basadas en acero y cemento pueden combinarse con soluciones basadas en la naturaleza y lograr ser soluciones híbridas.

Soluciones estructurales o ingenieriles. Son las infraestructuras tradicionales creadas por el hombre, basadas en piedra, acero y hormigón¹⁷⁶, que protegen la costa de las inundaciones e intentan reducir la fuerza del oleaje. En muchas localizaciones se ha extendido la vida operativa de algunos muros de contención marítimos con el objetivo de mantener estable la línea de costa¹⁷⁷. Sin embargo las preocupaciones sobre los impactos ecológicos¹⁷⁸ y la sostenibilidad a medio plazo¹⁷⁹ han llevado a enfoques más estratégicos^{42,180,181}. Si bien pueden estar limitadas frente a la naturaleza dinámica de las presiones y los riesgos a los que está expuesta la costa¹⁷⁶, estas pueden pasar de ser estructuras duras a semiduras, o de fijas a móviles. Al volverse multifuncionales estas pueden integrarse con las soluciones basadas en la naturaleza y lograr ser soluciones híbridas²³. Un ejemplo son los denominados arrecifes vivos artificiales que mitigan el oleaje y, a la vez, por la tipología del material, sus formas y disposición de las piezas, han servido de hábitat para la vida marina y mejorado la biodiversidad¹⁸².

Funcionan como parte de los ecosistemas naturales y pueden reducir el impacto de las presiones climáticas. Ejemplos son los sistemas dunares, los humedales o los arrecifes artificiales.

Soluciones basadas en la naturaleza. Están diseñadas para trabajar con los procesos naturales, y proporcionan múltiples beneficios ecosistémicos y de protección costera. Tendrían un funcionamiento análogo a los ecosistemas naturales sin intervención humana en cuanto a su resiliencia y biodiversidad asociada¹⁸³. Han ganado impulso en Europa desde la década de 1990 y especialmente entre 2005 y 2015, sobre todo en humedales, por su capacidad de ser sostenibles y resilientes¹⁸⁴. Su efectividad dependerá de la magnitud de las presiones climáticas y realidad social de la zona. Por ello, es importante considerar y gestionar la incertidumbre a través de una variedad de opciones estratégicas¹⁸⁵. Por ejemplo, la restauración (con criterios basados en el funcionamiento de la naturaleza) de los cauces de ríos y humedales asociados reduce los efectos de las riadas en términos municipales que tengan una desembocadura¹⁸⁶ y mejora los aportes de arena naturales. La existencia de humedales mitiga las inundaciones¹⁸⁷, reduce la energía de las olas^{188,189} y se considera una opción económicamente viable ante una subida intermedia del nivel del mar^{190,191}. Junto con las dunas, los humedales son una buena solución natural para proteger frente a inundaciones¹⁹² y absorben la energía de las olas^{193,194}. Aunque no siempre es posible, eliminar barreras físicas para que las dunas puedan desplazarse al interior hace que mantengan su función protectora al subir el nivel del mar¹⁹⁵. Cabe señalar que la restauración ecológica de estos sistemas debe tener en cuenta que también ecosistemas jóvenes son óptimos para muchas especies¹⁹⁶. Por otro lado, las praderas marinas aportan un gran número de beneficios, y entre ellos, la protección frente al oleaje (**Cuadro 2**).

La conservación de praderas marinas es una solución para reducir la fuerza de las olas. Son particularmente efectivas ante grandes tormentas y eventos meteorológicos extremos.

La mejor estrategia respecto a las praderas marinas es su conservación, pues tienen un crecimiento lento. En la actualidad, su capacidad para compensar CO₂ ya emitido está debatida.

Hay voces que abogan por una transformación hacia modelos de turismo que aumenten la oferta vinculada y que proteja los valores naturales del territorio.

Cuadro 2. Conservación y restauración de praderas de fanerógamas marinas.

La existencia de praderas submarinas es una solución basada en la naturaleza. Se ha observado que su presencia reduce la fuerza del oleaje y que incluso las praderas con poca altura pueden reducir hasta tres veces la erosión de la playa derivada del oleaje¹⁹⁷. Son particularmente efectivas ante grandes tormentas y eventos meteoceanográficos extremos^{198,199}. En el borde atlántico-cantábrico, ayudan a estabilizar humedales costeros, contribuyendo a que la sedimentación permita adaptarse al ascenso del nivel medio del mar²⁰⁰. Además, estos ecosistemas aportan otros beneficios: son un hábitat para especies de peces y otros animales marinos, aportan seguridad alimentaria a las poblaciones costeras y pueden acumular y eliminar de la columna de agua microplásticos²⁰¹ y metales pesados²⁰². Así, si una perturbación degrada las praderas, los contaminantes acumulados podrían liberarse²⁰³. Entre sus amenazas se encuentran su eliminación física por las anclas de embarcaciones (las recreativas pueden dañarlas con mucha facilidad)^{204,205}, algunas prácticas de marisqueo y, hasta la década de 1980, la pesca de arrastre a menos de 50 metros de profundidad²⁰⁶ (prohibida desde 1975²⁰⁷). También les afecta una mala calidad del agua derivada de vertidos de nutrientes procedentes de la agricultura o acuicultura^{208,209}, o por depuradoras infradimensionadas), mientras que la regeneración de playas con arenas de sedimentos muy finos puede ralentizar o impedir su recuperación²¹⁰. Bajo esta casuística es cuando las praderas son más vulnerables ante olas de calor marinas²¹¹. Cabe señalar que, en zonas del mar Mediterráneo, la degradación de praderas de *Posidonia oceánica* parece estar ralentizándose²¹², en parte gracias a mejoras en la calidad de agua²¹³. Por otro lado, en el océano Atlántico, las praderas están en recuperación²¹⁴. Aun así, la recuperación completa es muy lenta y puede tardar desde una década²¹⁵ hasta casi 100 años, por su baja tasa de crecimiento²⁰⁶. Por este motivo, la comunidad científica insiste en la importancia de proteger y conservar las praderas existentes, además de planificar una restauración a largo plazo.

Ecosistemas de carbono azul como sumidero de emisiones. El carbono, capturado y almacenado en ecosistemas costeros con vegetación, como praderas marinas o marismas²¹⁶ se llama "carbono azul". Las estrategias de mitigación de cambio climático requieren: (1) reducir las emisiones de CO₂ procedentes de los combustibles fósiles, (2) soluciones tecnológicas de eliminación de CO₂ atmosférico^{217,218}, cuya efectividad y riesgos aún son muy desconocidos²¹⁹, y (3) expandir los ecosistemas que acumulan carbono largos periodos, mientras se valoran otras opciones. En este contexto, se ha estimado que la restauración de ecosistemas costeros podría retirar aproximadamente un 3 % de las emisiones globales anuales hasta 2030 (respecto a la media de emisiones del 2019 y 2020)²¹⁶. Pese al interés científico y mediático, una restauración completa es lenta y tiene muchas dificultades²¹⁶. Tanto es así, que se ha cuestionado la capacidad de llegar así a este 3 % de compensación de emisiones²²⁰. Además, voces dentro de la comunidad científica informan de que hay un desajuste entre la escala de tiempo a la que se realizan emisiones (más rápida) y a la que podrían retirarse mediante los ecosistemas (más lenta)²²¹. Por ello, la restauración o protección de estos ecosistemas nunca podrá sustituir las estrategias de reducción de emisiones. La gran ventaja está en que su protección puede estabilizar el carbono ya almacenado en el sedimento y evitar la emisión de más CO₂ a la atmósfera, aunque no absorban más del que ya tienen acumulado²²¹.

Hacia un turismo más sostenible

En los próximos años y de acuerdo con las tendencias actuales, ya se observan cambios en la demanda debido al cambio climático. Al mismo tiempo, el sector reclama proteger sus actividades económicas, sobre todo en aquellos negocios vinculados al turismo de sol y playa²²². Cada vez hay más voces que abogan por una transformación hacia modelos de turismo que aumenten la oferta vinculada y respetuosa con los valores naturales del territorio. Mientras, las poblaciones receptoras de turismo estacional, en especial, en las Islas Canarias y Baleares están mostrando su malestar sobre las repercusiones negativas de la masificación que reciben durante la época estival^{223,224}.

Se está observando una menor afluencia turística en las provincias costeras del sur de España, en beneficio de las provincias más frescas del norte.

Los turistas están dispuestos a pagar tasas destinadas a financiar políticas públicas que reduzcan los efectos del cambio climático en los destinos costeros.

El turismo sostenible tiene en cuenta la capacidad de carga ambiental, el espacio físico y los condicionantes climáticos de los destinos.

Efecto del cambio climático en el flujo turístico. Los aumentos en temperatura y humedad provocan pérdida de confort y, a medida que ascienden estos pueden llegar a poner en peligro la salud humana y aumentar la tasa de mortalidad por calor. Ante un incremento de temperatura global de 2°C, algunas zonas de Europa, incluida España, podrían acercarse a los límites térmicos de supervivencia humana²²⁵. Este efecto parece más grave en algunas localizaciones costeras subtropicales donde ya están informando de **temperaturas de bulbo húmedo** que alcanzan dicho límite²²⁶. En España, no se predice alcanzar este nivel a corto plazo, pero sí se espera una variación en el volumen estacional, con un posible aumento del turismo en primavera y otoño y una disminución en verano debido al excesivo calor, especialmente en la región mediterránea²²⁷. Otro patrón que ya se está observando, y que se espera que aumente, es que las provincias costeras del sur de España pierdan atractivo por un aumento de temperatura que el turista considera por encima de su zona de confort²²⁸. Así, se esperan pérdidas económicas (al reducirse su cuota de mercado) durante el verano²²⁸, con un beneficio para las provincias más frías del norte y una disminución de viajes a las provincias del sur²²⁹. Esto requiere una serie de medidas adaptativas a corto plazo.

Medidas adaptativas. La adaptación puede beneficiarse del análisis de preferencias para diseñar políticas que permitan maximizar el bienestar social y recuperar, así, las pérdidas esperadas en la cuota del mercado de viajes²²⁸. Entre los muchos factores clásicos que pesan en la decisión de un destino u otro (como el precio, la oferta de actividades, etc.), en los últimos años están ganando peso la disminución de la superficie de las playas²³⁰ y el aumento del calor, en particular en los turistas extranjeros²³¹. Asimismo, algunos estudios apuntan que han medido que los turistas están dispuestos a pagar tasas destinadas a financiar políticas públicas que reduzcan los impactos del propio turismo y del cambio climático en los destinos costeros, y que valoran económicamente la preservación ambiental de áreas turísticas³⁵. Al mismo tiempo, están dispuestos a reducir y compensar su huella de carbono en los destinos²³². A nivel de gobernanza estratégica, el "Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)"²³³ indica la necesidad de integrar la adaptación al cambio climático en los planes, programas y estrategias del ámbito del turismo, incluyendo la "Estrategia de Turismo sostenible de España 2030", aún en desarrollo²³⁴.

Promoción del turismo sostenible. Tal y como se menciona en el PNACC, el turismo sostenible es aquel que tiene en cuenta la capacidad de carga ambiental, espacio físico y los condicionantes climáticos de los destinos²³³. Los beneficios son válidos tanto para lugares que ya están expuestos a una alta presión estacional, como Andalucía²³⁵, como para zonas que pueden ver un incremento en la demanda (norte de España). Algunos ejemplos de medidas son fomentar un tipo de turista que valora la naturaleza, el senderismo o el cicloturismo. De igual manera, se propone impulsar las rutas verdes en zonas menos calurosas, la vinculación de la actividad turística a proyectos de protección ambiental²³⁶ o establecer un sistema de cupos, como el existente en el archipiélago de las Islas Cíes²³⁷. Por otro lado, cabe considerar aumentar la capacidad de gestión de residuos y la depuración de aguas en situaciones en las que la población se duplica o se triplica, para reducir la contaminación y presión sobre el medio, así como la presión sobre servicios básicos y precio de la vivienda^{238,239}. En este sentido, algunas organizaciones y movimientos sociales en las Islas Canarias reclaman que se limite y regule la compra de vivienda por extranjeros, una ecotasa, y revisar el modelo económico de las islas²²⁴. Parte de la comunidad científica señala la necesidad de una mayor investigación multidisciplinar sobre los impactos del turismo a la hora de tomar decisiones estratégicas de gestión y en la sociedad.

· **Temperatura de bulbo húmedo:** Del inglés, wet-bulb temperature, es una temperatura que considera la humedad relativa. Se considera que 35°C con humedad máxima es el límite fisiológico de supervivencia para las personas (este límite sube a 40°C con una humedad relativa del 75 %).

Sector portuario

Los puertos del Estado están expuestos a las presiones derivadas del cambio climático y, por ello han desarrollado estrategias de adaptación. Se prevé un aumento en la demanda portuaria para 2050.

España tiene 46 puertos de interés general gestionados por 28 autoridades portuarias, que constituyen el dominio público portuario estatal, además de otros de competencia autonómica (de pequeño tamaño, como puertos deportivos). Los puertos son críticos para la economía española, puesto que el 60 % de las exportaciones y el 85 % de las importaciones pasan por ellos, contribuyendo al 1,1 % del PIB Español²⁴⁰. Pero la subida del nivel del mar combinada con un incremento en la intensidad de eventos meteorológicos extremos amenazan la operatividad de los puertos, pudiendo reducir significativamente la capacidad operativa actual, especialmente después del año 2070, si no se toman medidas de adaptación²⁴¹. Por ello, el organismo público de Puertos del Estado ha editado informes específicos sobre la vulnerabilidad de sus puertos, con información que trasciende su sector y es de interés para la gestión sostenible de toda la costa²⁴⁰.

Los puertos europeos corren el riesgo de verse afectados por variaciones extremas del nivel del mar, con un aumento de más del 25 % en la carga afectada por el escenario de calentamiento alto (escenario RCP8.5 del IPCC) en comparación con el escenario intermedio (RCP4.5)²⁴². Por otro lado, se anticipa un aumento significativo en la demanda de zonas de actividad portuaria para 2050, lo que requerirá la construcción de nuevas áreas y la adaptación de las existentes para mantener los niveles actuales de operatividad frente a la subida del nivel del mar²⁴³. El número de puertos afectados por el rebase de las olas sobre los diques y el impacto económico de estos eventos aumentará a medida que sube el nivel del mar, aunque se pueden lograr ahorros significativos en medidas de adaptación si se permite un nivel mínimo de daño, como muestra un estudio en Cataluña²⁴⁴. Asimismo, Puertos del Estado dispone de una estrategia de sostenibilidad²⁴⁵ que incluye fórmulas para reducir residuos, contaminación y vertidos de desechos derivados de la actividad portuaria²⁴⁶. De forma complementaria al Marco Estratégico para el sistema portuario de interés general (Orden TMA/1014/2022)²⁴⁷, las CC. AA. pueden proponer acciones adicionales en su ámbito competencial²⁴⁸.

Marco legal y de gobernanza de la costa

La protección del litoral requiere una visión integrada, pero las competencias están fragmentadas entre distintas administraciones.

La regulación legal requiere una visión informada en la ciencia, en los derechos de las personas y el medioambiente. Aunque la protección del litoral requiere una perspectiva y visión integral, las competencias relacionadas están muy fragmentadas entre distintas administraciones públicas²⁴⁹ (**Cuadro 3**). La gestión integral debe considerar la legislación y gobernanza a niveles estatal, autonómico y municipal, en la ordenación del territorio y litoral²⁴⁹. No obstante, el reparto competencial, las interacciones tierra-mar y la dimensión social hacen que la gestión derivada sea lenta y reactiva en lugar de proactiva; en otras palabras, dificulta la implementación real de una gestión integrada¹⁵⁵. Estudiosos de la materia desde el punto de vista legal, indican que es necesario lograr una cultura de la cooperación administrativa frente a una visión compartimentada de las competencias²⁵⁰.

La Ley de Costas

No se han cumplido los objetivos de la ley de costas eficazmente, respecto a la eliminación de enclaves privados del dominio público, y respecto a la protección medioambiental.

Limitaciones de la Ley de Costas. La Ley de Costas de 1988¹⁶⁹, reformada en 2013²⁵², dio respuesta al ordenamiento constitucional. En su preámbulo se resumen dos objetivos primordiales: (1) eliminar los enclaves privados del dominio público de forma eficaz y respetuosa con los derechos de los particulares, y (2) proteger medioambientalmente la costa²⁷⁰. No obstante, desde diferentes disciplinas (incluyendo el ámbito legal, movimientos sociales y diversas asociaciones²⁷¹), se indica que estos objetivos aún no se cumplen eficazmente. La reforma de 2013 puso en valor el litoral desde una perspectiva económica, pero la "protección y el uso sostenible del litoral" no fueron el centro de la nueva legislación²⁷². Además, resolvía algunos problemas derivados de la aplicación de la Ley de Costas mediante excepciones (se excluyeron del DPMT algunos núcleos de población, y se prorrogaron las concesiones de propiedades privadas en terrenos públicos)²⁷². Con sus virtudes y deficiencias, este marco regulatorio fue un hito en la relación entre el ciudadano y la Administración con la costa²⁷³.

La costa contiene la única categoría de bienes de dominio público mencionados por la Constitución Española de 1978. El marco de gobernanza es el de un reparto competencial amplio, con numerosas políticas sectoriales en distintos departamentos.

Cuadro 3. ¿Cuál es el marco de gobernanza en las zonas costeras?

Ordenamiento jurídico. Las costas contienen la única categoría de bienes de dominio público directamente mencionados por la Constitución Española de 1978: el “Dominio Público Marítimo-Terrestre” (DPMT). Este incluye la ribera del mar (playas, dunas y costa rocosa afectada por las mareas y las salpicaduras del oleaje), el mar territorial y las aguas interiores, así como los recursos naturales de la zona económica y de la plataforma continental¹⁶⁸. El DPMT está precisado por la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas¹⁶⁹, y el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas²⁵¹. Además, el Estado tiene atribuida la competencia para dictar la legislación básica sobre protección del medio ambiente (que las CC. AA. pueden ampliar y gestionar). Por otro lado, las CC. AA., según sus estatutos de autonomía, y los municipios tienen las competencias y legislación en ordenación del territorio, urbanismo, obras públicas o puertos, tal y como establece la constitución y resume la Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección del litoral²⁵², lo que implica la gestión fuera del DPMT. Estas competencias permiten a las CC. AA. gestionar franjas de 100 y 500 metros tierra adentro, llamadas “franja de servidumbre de protección” y “zona de influencia”, en la que se limitan las obras y edificaciones y deben evitarse las pantallas arquitectónicas. Asimismo, algunas CC. AA. tienen traspasadas funciones y servicios de la Administración General del Estado en materia de ordenación y gestión del litoral, como Islas Canarias²⁵³, Islas Baleares²⁵⁴, Andalucía²⁵⁵, Galicia^{256,257} o Cataluña²⁵⁸. Por otro lado, una sentencia del tribunal constitucional en 2024 respecto a la ley gallega (STC 68/2024)²⁵⁹, entiende incluida la función de otorgar autorizaciones de utilización y ocupación del DPMT en la competencia exclusiva sobre ordenación del territorio y del litoral, a la vez que mantiene incólumes las facultades estatales si dichas autorizaciones o el plan aprobado incumplieran la legislación en materia de costas.

Legislación sectorial. Hay numerosas actividades que se realizan en la costa que tienen su legislación específica o instrumentos de ordenación. Respecto a la protección medioambiental, destacan la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad²⁶⁰ que regula los espacios protegidos, y la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación ambiental²⁶¹ que regula los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente. Por otro lado, resaltan el Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante²⁶², y la Ley 5/2023, de 17 de marzo, de Pesca Sostenible e Investigación Pesquera²⁶³.

Instrumentos estratégicos y operativos. En el ejecutivo, el principal departamento competente es la Dirección General de Costas y el Mar²⁶⁴, con las subdirecciones de DPMT, Protección de la Costa, y Protección del Mar. Este departamento ha articulado nueve estrategias para la protección de la costa³⁸. También se ocupa de las obras de reparación tras temporales, y la evaluación y gestión de riesgos de inundación en la costa a través de la directiva 2007/60/CE²⁶⁵. Por otro lado, todas las CC. AA. tienen un instrumento estratégico específico, además de distintos mecanismos operativos sectoriales (para recursos pesqueros, actividades portuarias, espacios protegidos, usos del territorio, actividades culturales, turismo, o DPMT)²⁶⁶. En 2016 se presentó la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española²⁶⁷, que se concretó en actuaciones a través del PIMA Adapta COSTA²⁶⁸. Con este instrumento, las CC. AA. han podido evaluar la vulnerabilidad de sus zonas costeras^{83,269}.

Las propiedades privadas en el límite, o en el dominio público marítimo-terrestre, son especialmente vulnerables ante el retroceso de la línea de costa. Se reclama un mayor equilibrio respecto a la propiedad pública y privada.

Equilibrio público-privado en la línea de costa. El actual retroceso de la línea de costa (así como el que arrojan las predicciones a medio plazo) derivado por el cambio climático y la erosión costera está aumentando la conflictividad social, al afectar a nuevas propiedades privadas en el límite del dominio público²²². Se han activado numerosos contenciosos administrativos y movimientos sociales que piden regeneración de las playas³⁹ para evitar que nuevas zonas pasen a ser de dominio público²⁷⁴. En este mismo contexto, se enmarcan propuestas legislativas de protección de conjuntos urbanos de interés cultural, histórico o turístico que existieran antes de su inclusión en el DPMT²⁷⁵. También se ha reclamado un mayor equilibrio legal respecto a la propiedad pública y privada y que la eliminación de enclaves privados del dominio público se haga de forma eficaz y respetuosa con los derechos de los particulares). Desde el Derecho, se habla de reconsiderar y reconfigurar las concesiones compensatorias en las afectaciones, que es el principal problema para los propietarios privados en zonas costeras^{276,277}.

Organizaciones ecologistas piden profundizar en la competencia estatal básica de protección medioambiental para preservar zonas no construidas, y crear más franjas protegidas.

Protección medioambiental. El principal freno a la urbanización en las zonas costeras lo han puesto las figuras de protección de la naturaleza²⁷⁸. Sin embargo, el 13,5 % de superficie costera aún tiene hábitats naturales sin ninguna figura de protección²⁷⁸. Por ello, desde las organizaciones conservacionistas y ecologistas se pide profundizar en la competencia estatal básica de protección medioambiental para preservar las zonas no construidas, y crear más franjas protegidas²⁷⁸. Se ha señalado el beneficio de normas taxativas y sustantivas que establezcan límites ambientales que cumplir en la ordenación territorial. Por ejemplo, una ordenación sostenible debe considerar la capacidad de carga de las playas y no crecer urbanística y económicamente más allá de lo que permite el espacio físico y natural²³⁹. Pese al riesgo de conflicto de competencia (entre medio ambiente y ordenación del territorio), en ocasiones anteriores, el Tribunal Constitucional (STC 149/1991, FJ 1.B) ha respaldado la normativa que ha establecido el Estado sobre la base de su competencia básica medioambiental, entendiendo que la competencia en ordenación del territorio no puede obviar las competencias medioambientales que la Constitución reserva al Estado^{279,280}.

El Reglamento de costas

El reglamento precisa la legislación básica de costas, e incluye matices derivados de la legislación de cambio climático.

A partir de la Ley de Costas se genera un reglamento que desarrolla la legislación. En la década de 2010, el marco regulatorio no tenía una metodología completa para delimitar los límites del dominio público marítimo terrestre, lo que podía desembocar en incertidumbres en la aplicación técnica y por tanto, en los derechos legales²⁸¹. En 2024, el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico sacó a consulta pública el Proyecto de Real Decreto para modificar el Reglamento General de Costas del 2014²⁸². Su finalidad es la de progresar en la adaptación de la normativa de costas a la realidad climática actual y predicha, e indica que no hay una alternativa regulatoria que no pase por un cambio del reglamento. Concretamente, sus objetivos son: (1) que la regulación module y objetive la decisión sobre el otorgamiento de concesiones y prórrogas para que el DPMT esté protegido para uso y disfrute público y asegurar su conservación y protección, (2) adaptar el reglamento a la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética, (3) desarrollar las definiciones legales de ciertos bienes de DPMT, y (4) corregir algunas erratas y disfuncionalidades²⁸². Una reforma similar de 2022 tuvo el visto bueno de organizaciones ecologistas²⁸³, pero fue declarada nula por el Tribunal Supremo en 2024.

Interacción con medio marino y con aguas continentales

La regulación de medio marino y aguas continentales tiene importancia en la gestión costera.

En lo referente al medio marino, es decir, aquellas zonas que trascienden aguas adentro el DPMT, España está sujeta a la directiva europea 2008/65/CE, de 17 de junio de 2018 de Estrategia Marina, que vela por el buen estado de sus aguas²⁸⁴. Esta directiva está traspuesta en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de Protección del Medio Marino²⁸⁵. Asimismo, España coordina su gestión marina a través de 5 Planes de Ordenación del Espacio Marítimo (POEM), aprobados por el Real Decreto 150/2023²⁸⁶, que velan por los usos sostenibles del mar, en el marco de la directiva europea 2014/89/UE²⁸⁷. En dicho Real Decreto, se aborda la declaración de reserva de yacimientos estratégicos de arena y su inclusión como DPMT.

Respecto a la interacción tierra-mar, particularmente sobre las aguas procedentes tierra adentro, la directiva europea Marco del Agua²⁸⁸ promueve una gestión global e integradora de todas las aguas, incluyendo las aguas de transición (cerca de las desembocaduras de los ríos) y costeras (hasta una milla náutica mar adentro). Dicha regulación establece (1) prevenir todo deterioro de las masas de agua, (2) alcanzar el buen estado (ecológico y químico), y (3) reducir la contaminación y eliminar vertidos y emisiones. España regula las aguas de transición a través de la Ley de Aguas²⁸⁹ y las enmarca dentro del DPMT.

Resiliencia socioecológica y relación con el medio natural

La consideración del valor que aporta el entorno a las personas mejora la aceptación social de las intervenciones en la costa. Hay ejemplos exitosos en la costa española.

Como sistema socioecológico, cualquier medida adaptativa ante las presiones de la zona costera debe considerar tanto al medio natural como a la sociedad, así como la relación o interacción entre ambos²⁹⁰⁻²⁹². Esta consideración aumenta la resiliencia de la zona y mejora el bienestar y la sostenibilidad ante situaciones de cambio o perturbaciones²⁹³. Para garantizar que las medidas que se adopten mejoren el bienestar de la sociedad y sumen el mayor apoyo posible, a la vez que se utilizan de manera eficiente los recursos públicos es necesario tener en cuenta todos los beneficios que la sociedad obtiene de los ecosistemas de las zonas costeras^{10,294,295}. Para ello, la valoración económica debe ir más allá de la contribución económica sobre el PIB y el empleo, y tener en cuenta todos los servicios ecosistémicos que provee, e incorporar al análisis otros beneficios que contribuyen al bienestar y a la salud, a la conservación del patrimonio, a la dinamización social, o al desarrollo personal vinculado al medio²⁹⁵.

En esta línea, se han desarrollado experiencias exitosas en algunos puntos de la costa española. Uno de ellos es el caso de la zona del Puerto de Huelva. Allí se realizó con éxito una restauración ecológica de 4 kilómetros de largo en la que se integraron las actividades industriales con los valores naturales, sociales e históricos de la zona, contando con participación social²⁹⁶. Se valoraron las preferencias de los habitantes respecto a distintas plantas nativas y se comprobó que aunque el 75 % de los ciudadanos reconocían los beneficios de los humedales costeros, muchos no conocían sus funciones y servicios ecosistémicos²⁹⁷. Así, tras la restauración, el número de visitantes aumentó un 27 %, y las razones para visitarla fueron: caminar, montar en bici, pescar, hacer fotos y observar aves²⁹⁷. Esta integración incluye educación ambiental mediante paneles informativos²⁹⁶. Es uno de los 116 ejemplos de buenas prácticas a lo largo del mundo respecto a la integración híbrida de ciudades-puerto que ha recopilado en un compendio la "Asociación internacional ciudades y puertos"²⁹⁸.

Respecto a playas o espacios urbanos, otro ejemplo es el Plan Litoral del ayuntamiento de Barcelona, que incluye 63 proyectos a lo largo de 15 kilómetros de costa²⁹⁹. Entre ellos, el centrado en el paseo marítimo de *la Mar Bella*: se ha aprobado reordenar el espacio para rebajar la presión de uso de la playa seca y fomentar otras actividades (deportivas y de ocio) en un parque equipado y en un paseo naturalizado con un borde aterrazado que mejora la relación de la ciudad con el mar, y que está preparado para futuros escenarios de erosión e incremento del nivel del mar^{300,301}. Otro ejemplo es *LIFE AdaptCalaMillor*, un proyecto piloto de gobernanza respaldado por la Unión Europea para la adaptación al cambio climático en la costa balear centrado en la bahía de *Cala Millor*, una playa urbana con más de diez años de monitorización ambiental³⁰². Incluye todos los elementos de gestión integrada y sostenible: ciencia, participación ciudadana, gobernanza y soluciones basadas en la naturaleza. El objetivo es evaluar estrategias de adaptación que cuenten con el respaldo de la sociedad y de distintas partes interesadas, con acciones tangibles y delimitadas. A largo plazo, este proyecto pretende servir de inspiración y ser escalable en otras playas urbanas del litoral español³⁰³. Con el mismo objetivo se encuentra el proyecto *LIFE Garachico*, en Islas Canarias y en Azores, para lograr una adaptación flexible en zonas costeras frente a eventos extremos e inundaciones costeras, involucrando a los distintos actores sociales y económicos^{304,305}.

Estos y otros ejemplos ilustran que las soluciones más efectivas son aquellas híbridas que incorporan el conocimiento de la ingeniería con soluciones basadas en la naturaleza, con participación social, dentro de un marco legal robusto y con recursos que faciliten la adaptación a los retos actuales y futuros de la costa española.

Ideas fuerza

- Las costas españolas son un territorio de gran valor ecológico y económico: en ellas vive en torno al 40 % de la población, hay importantes espacios naturales, y se articulan diversas actividades económicas. La Constitución Española protege la franja interfaz marítimo-terrestre, que es de dominio público.
- Sin embargo, su integridad está amenazada por la erosión, debida a la reducción del aporte de arena por presas y embalses, el aumento del nivel del mar y la destrucción tras temporales. También enfrentan contaminación y vertidos, especies invasoras y sobreexplotación de recursos. Estos factores, junto con la presión urbanística y el modelo turístico, afectan a los servicios ecosistémicos de la costa.
- La comunidad experta alerta de que se está acabando la fase de diagnóstico de los problemas y que es momento de proponer planes y acciones disruptivas, asumiendo cierta incertidumbre. Adaptar la costa sigue siendo urgente y supone una oportunidad para mejorar los entornos costeros.
- El Protocolo del Mediterráneo sobre Gestión Integrada de Zonas Costeras (GIZC, ratificado por España en 2011) incluye directrices apoyadas por la comunidad científica y establece virar de la actual gestión sectorial por una integrada, pero no se ha desarrollado.
- La adaptación de la línea de costa incluye medidas estructurales o ingenieriles, basadas en la naturaleza, o híbridas, que destacan ante riesgos derivados del cambio climático. En paralelo, también se ha señalado la necesidad de soluciones que mejoren el bienestar y de la conexión de las personas con su entorno.
- La gestión actual es lenta y reactiva, debido a la complejidad del reparto de competencias, la interacción tierra-mar y a los aspectos sociales, lo que dificulta la implementación de una gestión integrada.
- La legislación costera vigente tiene como objetivos proteger el medio ambiente y eliminar enclaves privados del dominio público (de forma eficaz y respetuosa con los derechos de los particulares), pero voces expertas piden más ambición y una mejor integración de sectores como el portuario, el turismo y la ordenación territorial.
- La comunidad científica especializada en GIZC trabaja en superar las barreras competenciales, impulsando proyectos locales que fomentan espacios de gobernanza compartida entre distintos sectores y administraciones.

Bibliografía

1. Ministerio de Medio Ambiente. *Perfil Ambiental de España 2006*. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/perfil_ambiental_2006.html (2006).
2. Exceltur. *SOLYTUR 2019. Monitor de competitividad turística de los destinos del 'Sol y Playa' españoles del litoral mediterráneo, Baleares y Canarias*. <https://www.exceltur.org/wp-content/uploads/2021/03/Solytur-2019-resumen-ejecutivo-Mar2021.pdf> (2021).
3. S.G. Análisis, Coordinación y Estadística & Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. *Análisis y Prospectiva – Serie Pesca nº5. DEMOGRAFÍA DE LA POBLACIÓN COSTERA EN 2020*. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/aypseriepesca5-demografiapoblacioncostera2020_tcm30-617441.pdf (2022).
4. White, M. P. et al. Associations between green/blue spaces and mental health across 18 countries. *Scientific Reports* **11**, 8903 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87675-0>.
5. Cunsolo, A. & Ellis, N. R. Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. *Nature Climate Change* **8**, 275–281 (2018) <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0092-2>.
6. UNEP. *Marine and coastal ecosystems and human well-being: A synthesis report based on the findings of the Millennium Ecosystem Assessment*. <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/120064.pdf> (2006).
7. Cullen-Unsworth, L. & Unsworth, R. A call for seagrass protection. *Science* **361**, 446–448 (2018) <https://doi.org/10.1126/science.aat7318>.
8. Blandon, A. & Ermgassen, P. Quantitative estimate of commercial fish enhancement by seagrass habitat in southern Australia. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **141**, 1–8 (2014) <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.01.009>.
9. Campagne, C. S., Salles, J., Boissery, P. & Deter, J. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Marine pollution bulletin* **97** 1–2, 391–400 (2015) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.061>.
10. Guisado-Pintado, E., Navas, F. & Malvárez, G. Ecosystem Services and Their Benefits as Coastal Protection in Highly Urbanised Environments. *Journal of Coastal Research* **75**, 1097–1101 (2016) <https://doi.org/10.2112/SI75-220.1>.
11. Biodiversity Foundation of the Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment. *Ecosystems and biodiversity for human wellbeing. Synthesis of the key findings*. (2013).
12. EEA. 'EEA indicator: Global and European sea level rise', EEA indicator. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/global-and-european-sea-level-rise> (2024).
13. Morales, J. A. & Pérez-Alberti, F. Introducing the Spanish Coast. *The Spanish Coastal Systems: Dynamic Processes, Sediments and Management* (ed. Morales, J. A.) 1–23 (Springer International Publishing, 2019). ISBN: 978-3-319-93169-2.
14. Cabezas, H., Pawlowski, C., Mayer, A. L. & Hoagland, N. Sustainability: ecological, social, economic, technological, and systems perspectives. *Clean Technologies and Environmental Policy* **5**, 167–180 (2003) <https://doi.org/10.1007/S10098-003-0214-Y>.
15. Neumann, B., Ott, K. & Kenchington, R. Strong sustainability in coastal areas: a conceptual interpretation of SDG 14. *Sustainability Science* **12**, 1019–1035 (2017) <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0472-y>.
16. Duxbury, J. & Dickinson, S. Principles for sustainable governance of the coastal zone: In the context of coastal disasters. *Ecological Economics* **63**, 319–330 (2007) <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.016>.
17. Jefatura del Estado. *Ley 28/1969, de 26 de abril, sobre costas*. vol. BOE-A-1969-494 6358–6361 (1969). <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02682-w>.
18. de la Peña Olivas, J. M. Gestión integral e integrada de la costa. *Guía técnica de estudios litorales. Manual de costas 731–735* (Ibergaceta Publicaciones S.L., 2022). ISBN: 978-84-17289-96-6.
19. Sardá, R. et al. Business for ocean sustainability: Early responses of ocean governance in the private sector. *Ambio* **52**, 253–270 (2023) <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01784-2>.
20. Glavovic, B. C. Coastal Innovation Imperative. *Sustainability* **5**, 934–954 (2013) <https://doi.org/10.3390/su5030934>.
21. Ballinger, R. On the Edge: Coastal Governance and Risk. *Risk Governance: The Articulation of Hazard, Politics and Ecology* (ed. Fra.Paleo, U.) 373–394 (Springer Netherlands, 2015). ISBN: 978-94-017-9328-5.
22. Gallagher, A. The coastal sustainability standard: A management systems approach to ICZM. *Ocean & Coastal Management* **53**, 336–349 (2010) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2010.04.017>.
23. García García, M. Hacia la metamorfosis sintética de la costa diseñando paisajes resilientes. (E.T.S. Arquitectura (UPM), 2017).
24. European Environment Agency. *Marine messages II: Navigating the course towards clean, healthy and productive seas through implementation of an ecosystem-based approach*. <https://www.eea.europa.eu/publications/marine-messages-2/> (2019).
25. Richardson, C. M. et al. The impacts of climate change on coastal groundwater. *Nature Reviews Earth & Environment* **5**, 100–119 (2024) <https://doi.org/10.1038/s43017-023-00500-2>.
26. Villasante, S. et al. *Building Coastal Resilience in Europe*. Position Paper 27 <https://zenodo.org/record/8224055> (2023) <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8224055>.
27. European Environment Agency. *European climate risk assessment (EEA Report 01/2024)*. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment> (2024).
28. European Environment Agency. *State of nature in the EU: Results from reporting under the nature directives 2013 – 2018*. Report No 10/2020 <https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020> (2020).
29. Ecologistas en Acción. *Informe Banderas Negras 2024*. <https://www.ecologistasenaccion.org/318735/informe-banderas-negras-2024/> (2024).
30. Río, L. D., Gracia, F. & Benavente, J. Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology* **196**, 252–266 (2013) <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.027>.
31. Rodríguez-Galiano, V., Guisado-Pintado, E., Prieto-Campos, A. & Ojeda-Zujar, J. A machine-learning hybrid-classification method for stratification of multidecadal beach dynamics. *Geocarto International* **37**, 16534–16558 (2022) <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2110616>.
32. García-Lozano, C., Pintó, J. & Daunis-i-Estadella, P. Changes in coastal dune systems on the Catalan shoreline (Spain, NW Mediterranean Sea). Comparing dune landscapes between 1890 and 1960 with their current status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **208**, 235–247 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.05.004>.
33. Muñoz-Pérez, J. J., Román-Blanco, B. L. de S., Gutiérrez-Mas, J., Moreno, L. & Cuena, G. Cost of beach maintenance in the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Coastal Engineering* **42**, 143–153 (2001) [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(00\)00054-5](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(00)00054-5).
34. Arabadzhyan, A., Figini, P., García, C., González, M. M., Lam-González, Y. E. & León, C. J. Climate change, coastal tourism, and impact chains – a literature review. *Current Issues in Tourism* **24**, 2233–2268 (2021) <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1825351>.
35. Enríquez, A. R. & Bestard, A. B. Measuring the economic impact of climate-induced environmental changes on sun-and-beach tourism. *Climatic Change* **160**, 203–217 (2020) <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02682-w>.
36. de Santiago, I. et al. Impact of climate change on beach erosion in the Basque Coast (NE Spain). *Coastal Engineering* **167**, 103916 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2021.103916>.
37. Fernández, E., Álvarez-Salgado, X. A., Beiras, R., Ovejero, A. & Méndez, G. Coexistence of urban uses and shellfish production in an upwelling-driven, highly productive marine environment: The case of the Ría de Vigo (Galicia, Spain). *Regional Studies in Marine Science* **8**, 362–370 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.04.002>.
38. Estrategias para la protección de la costa. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico* <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategias-proteccion-costa.html> [03/07/2024].
39. Congreso por la regeneración de las costas españolas organizado e impulsado por la Concejalía de Playas del Ayuntamiento de Oropesa del Mar. *Cada grano de arena cuenta* <https://www.cadagranodearenacueta.es/> [03/07/2024].
40. el7set. III Congreso por la Regeneración de las Costas Españolas: Un compromiso unánime con la conservación del litoral. *El 7 Set noticias de la Plana y el Maestrat* <http://el7set.es/art/46538/iii-congreso-por-la-regeneracion-de-las-costas-espanolas-un-compromiso-unanime-con-la-conservacion-del-litoral> [16/10/2024].
41. Moreno, L. J. & Muñoz-Pérez, J. J. Beach Nourishment: A 21st Century Review. *Journal of Marine Science and Engineering* **9**, 499 (2021) <https://doi.org/10.3390/jmse9050499>.
42. Stive, M. J. F. et al. A New Alternative to Saving Our Beaches from Sea-Level Rise: The Sand Engine. *Journal of Coastal Research* **29**, 1001–1008 (2013) <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00070.1>.
43. BOE-B-2022-23946 Anuncio de licitación de: Dirección General de la Costa y el Mar. Objeto: Proyecto de regeneración de las playas del Saler y Garrofera (Valencia), en el Marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR). Expediente: P02.CO5.IO4.P01.94_46-0351. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-B-2022-23946 [19/09/2024].
44. Greenpeace España. *Crisis a toda costa*. <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2024/07/crisis-a-toda-costa-2024.pdf> (2024).
45. Cooper, K. M., Curtis, M., Wan Hussin, W. M. R., Barrio Froján, C. R. S., Defew, E. C., Nye, V. & Paterson, D. M. Implications of dredging induced changes in sediment particle size composition for the structure and function of marine benthic macrofaunal communities. *Marine Pollution Bulletin* **62**, 2087–2094 (2011) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.07.021>.
46. Reig, L., Pitarch, Á. M., Soriano, L., Borrachero, M. V., Monzó, J. M., Payá, J. & Tashima, M. M. Ceramic Waste: Reuse as a Recycled Aggregate. *Building Engineering Facing the Challenges of the 21st Century: Holistic Study from the Perspectives of Materials, Construction, Energy and Sustainability* (eds. Bienvenido-Huertas, D. & Durán-Álvarez, J.) 533–551 (Springer Nature, 2023). ISBN: 978-981-9927-14-2.
47. Productos – Tratamiento de residuos Castellón | Hope & Effort. <https://www.hopeffort.es/productos/> [11/07/2024].
48. Grases, A., Gracia, V., García-León, M., Lin-ye, J. & Sierra, J. P. Coastal Flooding and Erosion under a Changing Climate: Implications at a Low-Lying Coast (Ebro Delta). *Water* **12**, 346 (2020) <https://doi.org/10.3390/w12020346>.
49. Molina, R., Anfuso, G., Manno, G. & Gracia Prieto, F. J. The Mediterranean Coast of Andalusia (Spain): Medium-Term Evolution and Impacts of Coastal Structures. *Sustainability* **11**, 3539 (2019) <https://doi.org/10.3390/su1133539>.
50. Losada, I., Izaguirre, C. & Díaz, P. *Cambio climático en la costa española. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente*. 133

https://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2021-2027/PHJ/ReferenBibliograficas/Losada,I.,etal,2014_CambioClimaticoCostaEspana%20Blola.pdf (2014).

51. Floerl, O. et al. A global model to forecast coastal hardening and mitigate associated socioecological risks. *Nature Sustainability* **4**, 1060–1067 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00780-w>.

52. Ferradás Carrasco, S. El consumo del espacio litoral en las ciudades turísticas. *Espacio y Tiempo: Revista de Ciencias Humanas* 251–270 (2009) <https://doi.org/ISSN:1885-0138>.

53. Borchert, S. M., Osland, M. J., Enwright, N. & Griffith, K. Coastal wetland adaptation to sea level rise: Quantifying potential for landward migration and coastal squeeze. *Journal of Applied Ecology* (2018) <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13169>.

54. Enwright, N., Griffith, K. & Osland, M. J. Barriers to and opportunities for landward migration of coastal wetlands with sea-level rise. *Frontiers in Ecology and the Environment* **14**, 307–316 (2016) <https://doi.org/10.1002/FEE.1282>.

55. de Andrés, M., Barragán, J. M. & García Sanabria, J. Ecosystem services and urban development in coastal Social-Ecological Systems: The Bay of Cádiz case study. *Ocean & Coastal Management* **154**, 155–167 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.011>.

56. Davenport, J. & Davenport, J. L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **67**, 280–292 (2006) <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2005.11.026>.

57. Hattam, C. et al. Marine ecosystem services: Linking indicators to their classification. *Ecological Indicators* **49**, 61–75 (2015) <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.09.026>.

58. Fraile-Jurado, P., Álvarez-Francoso, J. I., Guisado-Pintado, E., Sánchez-Carnero, N., Ojeda-Zújar, J. & Leatherman, S. P. Mapping inundation probability due to increasing sea level rise along El Puerto de Santa María (SW Spain). *Natural Hazards* **87**, 581–598 (2017) <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2782-x>.

59. Fraile Jurado, P., Guisado Pintado, E., Álvarez Francoso, J. I., Díaz Cuevas, M. del P. & Ojeda Zújar, J. Wave energy patterns under different sea level rise (SLR) probabilities in the Andalusian Atlantic coast. (2020) <https://doi.org/10.2112/SI95-2121>.

60. National Oceanic and Atmospheric Administration. A NOAA Capability for: Coastal Flooding and Inundation Information and Services at Climate Timescales to Reduce Risk and Improve Resilience. <https://cpo.noaa.gov/wp-content/uploads/2023/08/NOAA-Coastal-Inundation-at-Climatic-Timescales-Whitepaper.pdf> (2022).

61. IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the IPCC AR5. Sea Level Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIAR5_Chapter13_FINAL.pdf (2013).

62. IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the IPCC AR5. Summary for Policymakers*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIAR5_SPM_FINAL.pdf (2013).

63. How are CO2 concentrations related to warming? Fakta o klimatu <https://factsonclimate.org/infographics/concentration-warming-relationship> [01/04/2024].

64. Le Cozannet, G., Durand, G. & Nicholls, R. *When will a 2-metre rise in sea level occur, and how might we adapt?* (PROTECT/COCLICO/SCORE). <https://cloud.univ-grenoble-alpes.fr/s/J4WRBw4cbzd3biK> (2023).

65. Spain Flood Map: Elevation Map, Sea Level Rise Map. <https://www.floodmap.net/?ct=ES> [28/05/2024].

66. Williams, R. G., Roussenov, V., Frölicher, T. L. & Goodwin, P. Drivers of Continued Surface Warming After Cessation of Carbon Emissions. *Geophysical Research Letters* **44**, 10,633–10,642 (2017) <https://doi.org/10.1002/2017GL075080>.

67. Knutti, R. & Rogelj, J. The legacy of our CO2 emissions: a clash of scientific facts, politics and ethics. *Climatic Change* **133**, 361–373 (2015) <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1340-3>.

68. Zickfeld, K., Azevedo, D., Mathesius, S. & Matthews, H. D. Asymmetry in the climate-carbon cycle response to positive and negative CO2 emissions. *Nature Climate Change* **11**, 613–617 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01061-2>.

69. Hansen, J. E. et al. Global warming in the pipeline. *Oxford Open Climate Change* **3**, kgad008 (2023) <https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgad008>.

70. OECD. *Climate Tipping Points: Insights for Effective Policy Action*. (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2022).

71. Moon, T., Ahlström, A., Goelzer, H., Lipscomb, W. & Nowicki, S. Rising Oceans Guaranteed: Arctic Land Ice Loss and Sea Level Rise. *Current Climate Change Reports* **4**, 211–222 (2018) <https://doi.org/10.1007/s40641-018-0107-0>.

72. Bakker, A. M. R., Wong, T. E., Ruckert, K. L. & Keller, K. Sea-level projections representing the deeply uncertain contribution of the West Antarctic ice sheet. *Scientific Reports* **7**, 3880 (2017) <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04134-5>.

73. Kopp, R. E. et al. Evolving Understanding of Antarctic Ice-Sheet Physics and Ambiguity in Probabilistic Sea-Level Projections. *Earth's Future* **5**, 1217–1233 (2017) <https://doi.org/10.1002/2017EF000663>.

74. DeConto, R. M. et al. The Paris Climate Agreement and future sea-level rise from Antarctica. *Nature* **593**, 83–89 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03427-0>.

75. Fox-Kemper, B. et al. Chapter 9: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge University Press, 2021).

76. Schmidt, G. Climate models can't explain 2023's huge heat anomaly – we could be in uncharted territory. *Nature* **627**, 467–467 (2024) <https://doi.org/10.1038/d41586-024-00816-z>.

77. Biló, T. C., Perez, R. C., Dong, S., Johns, W. & Kanzow, T. Weakening of the Atlantic Meridional Overturning Circulation abyssal limb in the North Atlantic. *Nature Geoscience* **17**, 419–425 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41561-024-01422-4>.

78. Mengel, M., Nauels, A., Rogelj, J. & Schlessner, C.-F. Committed sea-level rise under the Paris Agreement and the legacy of delayed mitigation action. *Nature Communications* **9**, 601 (2018) <https://doi.org/10.1038/s41467-018-02985-8>.

79. García-Ayllón, S. & Radke, J. Geostatistical Analysis of the Spatial Correlation between Territorial Anthropization and Flooding Vulnerability: Application to the DANA Phenomenon in a Mediterranean Watershed. *Applied Sciences* (2021) <https://doi.org/10.3390/AP11020809>.

80. Eguibar, M., Porta-García, R., Torrijo, F. & Garzón-Roca, J. Flood Hazards in Flat Coastal Areas of the Eastern Iberian Peninsula: A Case Study in Oliva (Valencia, Spain). *Water* (2021) <https://doi.org/10.3390/w13212975>.

81. Manero Lecea, G. Análisis de los temporales marinos entre 2013–2014 y de sus impactos en las costas de Cantabria. (2015).

82. Amores, Á., Marcos, M., Carrió, D. & Gómez-Pujol, L. Coastal impacts of Storm Gloria (January 2020) over the north-western Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (2020) <https://doi.org/10.5194/nhess-2020-75>.

83. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, Generalitat de Catalunya & Servei Meteorològic de Catalunya. *Estudio de la evolución de los temporales de mar históricos en la costa catalana a partir de las observaciones y las simulaciones marítimas (1990–2020)*.

https://canviclimatic.gencat.cat/web/_content/O2_OFICINA/publicacions/publicacions_de_canvi_climatic/Estudis_i_docs_adaptacio/PIMA_Adapta_Costas/PIMA-Informe-temporals-martims-jul2021_v2_correccions_OCCC.pdf (2021).

84. Cooley, S. R. & Schoeman, D. S. *Chapter 3: Oceans and Coastal Ecosystems and their Services*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-3/>.

85. González-Alemán, J. J., Pascale, S., Gutierrez-Fernandez, J., Murakami, H., Gaertner, M. A. & Vecchi, G. A. Potential Increase in Hazard From Mediterranean Hurricane Activity With Global Warming. *Geophysical Research Letters* **46**, 1754–1764 (2019) <https://doi.org/10.1029/2018GL081253>.

86. Sotillo, M. G., Cerralbo, P., Lorente, P., Grifol, M., Espino, M., Sanchez-Arcilla, A. & Álvarez-Fanjul, E. Coastal ocean forecasting in Spanish ports: the SAMOA operational service. *Journal of Operational Oceanography* **13**, 37–54 (2020) <https://doi.org/10.1080/1755876X.2019.1606765>.

87. Centro Nacional de Información Geográfica (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana). *Plan Estatal de Protección Civil ante el riesgo de maremotos. Edición comentada*. (2021).

88. Benson, N., Agboola, O. D., Fred-Ahmadu, O. H., De-la-Torre, G., Oluwalana, A. & Williams, A. B. Micro(nano) plastics Prevalence, Food Web Interactions, and Toxicity Assessment in Aquatic Organisms: A Review. **9**, (2022) <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.851281>.

89. Bergami, E., Bocci, E., Vannuccini, M., Monopoli, M., Salvati, A., Dawson, K. & Corsi, I. Nano-sized polystyrene affects feeding, behavior and physiology of brine shrimp *Artemia franciscana* larvae. *Ecotoxicology and environmental safety* **123**, 18–25 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.021>.

90. Lee, J., Jeong, S. & Chae, K.-J. Discharge of microplastics fibres from wet wipes in aquatic and solid environments under different release conditions. *Science of The Total Environment* **784**, 147144 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147144>.

91. Ó Briain, C., Marques Mendes, A. R., McCarron, S., Healy, M. G. & Morrison, L. The role of wet wipes and sanitary towels as a source of white microplastic fibres in the marine environment. *Water Research* **182**, 116021 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116021>.

92. Malone, T. C. & Newton, A. The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers in Marine Science* **7**, (2020) <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00670>.

93. Breitburg, D. et al. Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science* **359**, eaam7240 (2018) <https://doi.org/10.1126/science.aam7240>.

94. Kemp, W. M., Testa, J. M., Conley, D. J., Gilbert, D. & Hagy, J. D. Temporal responses of coastal hypoxia to nutrient loading and physical controls. *Biogeosciences* **6**, 2985–3008 (2009) <https://doi.org/10.5194/bg-6-2985-2009>.

95. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. (2014).

96. *Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC)*. (2008).

97. *Council Directive of 21 May 1991 concerning urban waste water treatment (91/271/EEC)*. (2014).

98. *Directive 2006/7/EC of the European Parliament and of the Council of 15 February 2006 concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC*. (2014).

99. *Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora*. (2013).

100. Piroddi, C. et al. Effects of Nutrient Management Scenarios on Marine Food Webs: A Pan-European Assessment in Support of the Marine Strategy Framework Directive. *Frontiers in Marine Science* **8**, (2021) <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.596797>.

101. Ecologistas en Acción. *La contaminación por nitratos y su impacto en el medio ambiente y el agua de consumo humano*. <https://www.ecologistasenaccion.org/311484/informe-la-contaminacion-por-nitratos-y-su-impacto-en-el-medio-ambiente-y-el-agua-de-consumo-humano/> (2024).
102. European Maritime Transport Environmental Report 2021 – European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/maritime-transport> [28/05/2024].
103. Duarte, C. M. et al. The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science* **371**, eaba4658 (2021) <https://doi.org/10.1126/science.aba4658>.
104. Thomsen, F. et al. *Addressing underwater noise in Europe: Current state of knowledge and future priorities*. <https://zenodo.org/record/5534224> (2021) <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5534224>.
105. Byrnes, T. A. & Dunn, R. J. K. Boating- and Shipping-Related Environmental Impacts and Example Management Measures: A Review. *Journal of Marine Science and Engineering* **8**, 908 (2020) <https://doi.org/10.3390/jmse8110908>.
106. Megías, C. & Ecologistas en Acción. *Emisarios submarinos: brev guía*. <https://www.ecologistasenaccion.org/182194> (2021).
107. Landrigan, P. et al. Human Health and Ocean Pollution. *Annals of Global Health* **86**, (2020) <https://doi.org/10.5334/aogh.2831>.
108. Palomar, P. & Losada, I. Desalination in Spain: Recent developments and recommendations. *Desalination* **255**, 97–106 (2010) <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.01.008>.
109. Gacia, E., Invers, O., Manzanera, M., Ballesteros, E. & Romero, J. Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (Posidonia oceanica) meadow. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **72**, 579–590 (2007) <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.11.021>.
110. Pascual, M., Borja, A., Franco, J., Burdon, D., Atkins, J. P. & Elliott, M. What are the costs and benefits of biodiversity recovery in a highly polluted estuary? *Water Research* **46**, 205–217 (2012) <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.10.053>.
111. Borja, Á., Muxika, I. & Franco, J. Long-term recovery of soft-bottom benthos following urban and industrial sewage treatment in the Nervión estuary (southern Bay of Biscay). *Marine Ecology Progress Series* **313**, 43–55 (2006) <https://doi.org/10.3354/meps313043>.
112. Oil Tanker Spill Statistics 2023 – ITOPF. <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/> [28/05/2024].
113. Pilar, S. A. El vertido sobre la Albufera pone de relieve la fragilidad de este humedal, uno de los más importantes de España. RTVE.es <https://www.rtve.es/noticias/20240717/vertido-sobre-albufera-vuelve-a-poner-relieve-fragilidad-este-humedal-uno-mas-importantes-espana/16189006.shtml> [25/09/2024].
114. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Orden AAA/702/2014, de 28 de abril, por la que se aprueba el Plan Estatal de Protección de la Ribera del Mar contra la Contaminación*. vol. BOE-A-2014-4651 34450-34464 (2014).
115. Crowder, L. B., Hazen, E. L., Avissar, N., Bjorkland, R., Latanich, C. & Ogburn, M. B. The Impacts of Fisheries on Marine Ecosystems and the Transition to Ecosystem-Based Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **39**, 259–278 (2008) <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173406>.
116. Möllmann, C. et al. Tipping point realized in cod fishery. *Scientific Reports* **11**, 14259 (2021) <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93843-z>.
117. Favoretto, F., López-Sagástegui, C., Sala, E. & Aburto-Oropeza, O. The largest fully protected marine area in North America does not harm industrial fishing. *Science Advances* **9**, eadg0709 (2023) <https://doi.org/10.1126/sciadv.adg0709>.
118. Sala, E. & Giakoumi, S. No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. *ICES Journal of Marine Science* **75**, 1166–1168 (2018) <https://doi.org/10.1093/icesjms/fts059>.
119. Biodiversity strategy for 2030 – European Commission. https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en [15/07/2024].
120. Dobson, J. Y., Flores-García, A., Fonfría, E. S., García, D., Sumaila, R. & Bordehore, C. Understanding the Fisheries Crisis: Unraveling the Interplay Between Subsidies, Marine Reserves, and Fishing Effort. (2023).
121. Oceana. *50 refugios marinos de España. Propuesta de áreas marinas de protección estricta*. <https://europe.oceana.org/wp-content/uploads/sites/26/2023/09/OCEANA-50-REFUGIOS-MARINOS-DE-ESPANA-OCTUBRE-2023.pdf> (2023).
122. Seas At Risk, Marine Conservation Society and Oceana. *A quantification of bottom towed fishing activity in marine Natura 2000 sites*. <https://europe.oceana.org/wp-content/uploads/sites/26/2024/04/FINAL-BTG-natura-2000.pdf> (2024).
123. ANSE et al. *Mediterráneo 30x30. Acuerdo marino entre organizaciones ambientales para la protección de un 30% del Mediterráneo español en 2030*. https://europe.oceana.org/wp-content/uploads/sites/26/2024/02/Acuerdo-Azul_def_ONLINE.pdf (2024).
124. La pesca de arrastre en áreas marinas protegidas españolas acumula 460.000 horas en nueve años. *Oceana Europe* <https://europe.oceana.org/es/press-releases/la-pesca-de-arrastre-en-areas-marinas-protegidas-espanolas-acumula-460-000-horas-en-nueve-anos/> [28/06/2024].
125. ICES. *EU request on spatial trade-off analysis between reducing the extent of mobile bottom-contacting gear (MBCG) disturbance to seabed habitats and potential costs to fisheries*. https://ices-library.figshare.com/articles/report/EU_request_on_spatial_trade-off_analysis_between_reducing_the_extent_of_mobile_bottom-contacting_gear_MBCG_disturbance_to_seabed_habitats_and_potential_costs_to_fisheries/25601121/1 (2024) <https://doi.org/10.17895/ices.advice.25601121.v1>.
126. COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES *Plan de acción de la UE: proteger y restaurar los ecosistemas marinos en pro de una pesca sostenible y resiliente*. (2023).
127. Hassoun, A. E. R. et al. Ocean acidification research in the Mediterranean Sea: Status, trends and next steps. *Frontiers in Marine Science* **9**, (2022) <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.892670>.
128. García-Gómez, J. C. et al. From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the strait of Gibraltar. *Science of The Total Environment* **704**, 135408 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135408>.
129. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Memoria Técnica Justificativa. Rugulopteryx okamurae. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies-mtjrugulopteryxokamurae_tcm30-523165.pdf (2020).
130. Galil, B. S., Marchini, A., Occhipinti-Ambrogi, A., Minchin, D., Naršcius, A., Ojaveer, H. & Olenin, S. International arrivals: widespread bioinvasions in European Seas. *Ethology Ecology & Evolution* **26**, 152–171 (2014) <https://doi.org/10.1080/O3949370.2014.897651>.
131. King, N. G. et al. Climate change accelerates range expansion of the invasive non-native species, the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *ICES Journal of Marine Science* **78**, 70–81 (2021) <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa189>.
132. Glasby, T. M., Connell, S. D., Holloway, M. G. & Hewitt, C. L. Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions? *Marine Biology* **151**, 887–895 (2007) <https://doi.org/10.1007/s00227-006-0552-5>.
133. Airoldi, L., Turon, X., Perkol-Finkel, S. & Rius, M. Corridors for aliens but not for natives: effects of marine urban sprawl at a regional scale. *Diversity and Distributions* **21**, 755–768 (2015) <https://doi.org/10.1111/ddi.12301>.
134. Dafforn, K. A., Glasby, T. M. & Johnston, E. L. Comparing the Invasibility of Experimental “Reefs” with Field Observations of Natural Reefs and Artificial Structures. *PLOS ONE* **7**, e38124 (2012) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038124>.
135. *The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I*. (Cambridge University Press, 2017). ISBN: 978–1–316–51001–8.
136. Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Estrategia de control del alga Rugulopteryx okamurae en España*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/biodiversidad/publicaciones/estrategias/estrategia_rokamurae_cs_28072022_tcm30-543560.pdf (2022).
137. Barcellos, L., Pham, C., Menezes, G., Bettencourt, R., Rocha, N., Carvalho, M. & Felgueiras, H. A Concise Review on the Potential Applications of Rugulopteryx okamurae Macroalgae. *Marine Drugs* **21**, (2023) <https://doi.org/10.3390/md21010040>.
138. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras*. vol. BOE-A-2013-8565 56764–56786 (2013).
139. Png-González, L., Cefali, M. E., Comas-González, R., Ballesteros, E. & Carbonell, A. *Especies exóticas e invasoras en el mar Balear*. <https://digital.csic.es/handle/10261/317694> (2021).
140. Garrabou, J. & Broglio, E. Observadores del Mar, diez años de ciencia ciudadana marina. (2022).
141. Martínez-Laiz, G., Bazairi, H., Espinosa, F., Peñalver-Duque, P., León-Muez, D., García-Gutiérrez, M. L. & Terrón-Sigler, A. Public engagement and its challenging role in conservation and monitoring. *Coastal Habitat Conservation: New Perspectives and Sustainable Development of Biodiversity in the Anthropocene* 193–224 (2022).
142. Reyes, E. et al. Coastal high-frequency radars in the Mediterranean – Part 2: Applications in support of science priorities and societal needs. *Ocean Science* **18**, 797–837 (2022) <https://doi.org/10.5194/os-18-797-2022>.
143. Abalia, A., de Santiago, I., Liria, P., Garnier, R., Epelde, I., Nieto, A. & Morichon, D. Analysis of the coastal flooding exposure of embayed beaches at a regional scale using a video monitoring network: Basque Coast (Spain). *Ocean & Coastal Management* **254**, 107193 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107193>.
144. Nieto, M. A. et al. An open source, low cost video-based coastal monitoring system. *Earth Surface Processes and Landforms* **35**, 1712–1719 (2010) <https://doi.org/10.1002/esp.2025>.
145. Pahlevan, N. et al. Seamless retrievals of chlorophyll-a from Sentinel-2 (MSI) and Sentinel-3 (OLCI) in inland and coastal waters: A machine-learning approach. *Remote Sensing of Environment* **240**, 111604 (2020) <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111604>.
146. Sentinel-3. <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/sentinel-3> [11/07/2024].
147. D’Urban Jackson, T., Williams, G. J., Walker-Springett, G. & Davies, A. J. Three-dimensional digital mapping of ecosystems: a new era in spatial ecology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **287**, 20192383 (2020) <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.2383>.
148. Harley, M. D., Kinsela, M. A., Sánchez-García, E. & Vos, K. Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images. *Coastal Engineering* **150**, 175–189 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.003>.
149. Harley, M. D. & Kinsela, M. A. CoastSnap: A global citizen science program to monitor changing coastlines. *Continental Shelf Research* **245**, 104796 (2022) <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104796>.

150. González-Villanueva, R. et al. SCShores: a comprehensive shoreline dataset of Spanish sandy beaches from a citizen-science monitoring programme. *Earth System Science Data* **15**, 4613–4629 (2023) <https://doi.org/10.5194/essd-15-4613-2023>.
151. López Trigal, L. *Diccionario de geografía aplicada y profesional: terminología de análisis, planificación y gestión del territorio*. (2015). ISBN: 978-84-9773-722-7.
152. Commission of the european communities. *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE COUNCIL AND THE EUROPEAN PARLIAMENT ON INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT: A STRATEGY FOR EUROPE*. COM(2000) 547 final. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2000:0547:FIN:EN:PDF> (2000).
153. Jefatura del Estado. *Instrumento de Ratificación del Protocolo relativo a la gestión integrada de las zonas costeras del Mediterráneo, hecho en Madrid el 21 de enero de 2008*. vol. BOE-A-2011-5294 30849–30863 (2011).
154. ICZM Protocol | UNEPMAP. <https://www.unep.org/unepmap/who-we-are/contracting-parties/iczm-protocol> [04/09/2024].
155. Sardá, R. Hacia una Gestión Integrada de la Zona Costera basada en la Gestión por Ecosistema. *Capacitat de càrrega i gestió adaptativa per a la preservació dels ecosistemes marins i costaners* vol. 7 119 (Documenta Universitaria, 2020). ISBN: 978-84-9984-555-5.
156. Barragán, J. M. & García Sanabria, J. *Estrategia de gestión integrada de zonas costeras en el mar menor y su entorno*. <https://canalmarmenor.carm.es/wp-content/uploads/Estrategia-de-Gestion-Integrada-de-zonas-costeras-en-el-Mar-Menor-y-su-entorno.pdf> (2021).
157. Barragán Muñoz, J. M., García Sanabria, J. & de Andrés García, M. ICZM Strategy for the Socioecological System of the Mar Menor (Spain): Methodological Aspects and Public Participation. *Socio-ecological Studies in Natural Protected Areas: Linking Community Development and Conservation in Mexico* (ed. Ortega-Rubio, A.) 243–272 (Springer International Publishing, 2020). ISBN: 978-3-030-47264-1.
158. Jiang, P. et al. Digital Twin Earth -- Coasts: Developing a fast and physics-informed surrogate model for coastal floods via neural operators. (2021) <http://arxiv.org/abs/2110.07100>.
159. Haasnoot, M., Brown, S., Scussolini, P., Jimenez, J. A., Vafeidis, A. T. & Nicholls, R. J. Generic adaptation pathways for coastal archetypes under uncertain sea-level rise. *Environmental Research Communications* **1**, 071006 (2019) <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab1871>.
160. de Andrés, M., Barragán, J. M. & García Sanabria, J. Relationships between coastal urbanization and ecosystems in Spain. *Cities* **68**, 8–17 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.05.004>.
161. Fu, X., Gomma, M., Deng, Y. & Peng, Z. Adaptation planning for sea level rise: a study of US coastal cities. *Journal of Environmental Planning and Management* **60**, 249–265 (2017) <https://doi.org/10.1080/09640568.2016.1151771>.
162. Albers, M. & Deppisch, S. Resilience in the Light of Climate Change: Useful Approach or Empty Phrase for Spatial Planning? *European Planning Studies* **21**, 1598–1610 (2013) <https://doi.org/10.1080/09654313.2012.722961>.
163. Spirandelli, D. J., Anderson, T., Porro, R. & Fletcher, C. Improving Adaptation Planning for Future Sea-Level Rise. *Journal of Planning Education and Research* **36**, 290–303 (2016) <https://doi.org/10.1177/0739456X16657160>.
164. Käyhkö, N., Khamis, Z. A., Eilola, S., Virtanen, E., Muhammad, M. J., Viitasalo, M. & Fagerholm, N. The role of place-based local knowledge in supporting integrated coastal and marine spatial planning in Zanzibar, Tanzania. *Ocean & Coastal Management* **177**, 64–75 (2019) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.04.016>.
165. Gee, K. & Siedschlag, D. A place-based perspective on marine and coastal space. *Europa XXI* **36**, 61–75 (2019) <https://doi.org/10.7163/Eu21.2019.36.6>.
166. Newell, R. & Canessa, R. Picturing a place by the sea: Geovisualizations as place-based tools for collaborative coastal management. *Ocean & Coastal Management* **141**, 29–42 (2017) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.002>.
167. Jacob, K. Sea level rise, storm risk, denial, and the future of coastal cities. *Bulletin of the Atomic Scientists* **71**, 40–50 (2015) <https://doi.org/10.1177/0096340215599777>.
168. Constitución Española. *Título VII. Economía y Hacienda. Artículo 132*. (1978).
169. Jefatura del Estado. *Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas*. vol. BOE-A-1988-18762 23386–23401 (1988).
170. El proceso administrativo del deslinde. *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico* <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/delimitacion-dph-proyecto-linde/proceso-administrativo-deslinde.html> [31/05/2024].
171. El varapalo del Supremo a los deslindes del Gobierno no calma a los afectados: 'Es un galimatías jurídico que obligará a revisar caso por caso'. *EL MUNDO* <https://www.elmundo.es/economia/2024/02/13/65ca5878e85e8ce8c4a8b45a1.html> [31/05/2024].
172. Hurlimann, A., Barnett, J., Fincher, R., Osbaldiston, N., Mortreux, C. & Graham, S. Urban planning and sustainable adaptation to sea-level rise. *Landscape and Urban Planning* **126**, 84–93 (2014) <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.12.013>.
173. Huynh, L. T. M., Su, J., Wang, Q., Stringer, L. C., Switzer, A. D. & Gasparatos, A. Meta-analysis indicates better climate adaptation and mitigation performance of hybrid engineering-natural coastal defence measures. *Nature Communications* **15**, 2870 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46970-w>.
174. National Flood and Coastal Erosion Risk Management Strategy for England. *GOV.UK* <https://www.gov.uk/government/publications/national-flood-and-coastal-erosion-risk-management-strategy-for-england--2> [02/04/2024].
175. Ministère de l'Environnement, & de l'Énergie et de la Mer. *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte Programme d'actions 2017–2019*. https://webissimo.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/sngitc_pg2017-2019_web_cle73e4c7.pdf (2017).
176. Morris, R., Konlechner, T., Ghisalberti, M. & Swearer, S. From grey to green: Efficacy of ecoengineering solutions for naturebased coastal defence. *Global Change Biology* **24**, 1827–1842 (2018) <https://doi.org/10.1111/gcb.14063>.
177. Hanson, H. et al. Beach nourishment projects, practices, and objectives—a European overview. *Coastal Engineering* **47**, 81–111 (2002) [https://doi.org/10.1016/S0378-3839\(02\)00122-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3839(02)00122-9).
178. Peterson, C. H., Bishop, M. J., Johnson, G. A., D'Anna, L. M. & Manning, L. M. Exploiting beach filling as an unaffordable experiment: Benthic intertidal impacts propagating upwards to shorebirds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **338**, 205–221 (2006) <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.06.021>.
179. Parkinson, R. W. & Ogurcak, D. E. Beach nourishment is not a sustainable strategy to mitigate climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **212**, 203–209 (2018) <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.07.011>.
180. Escudero, M., Mendoza, E. & Silva, R. Micro Sand Engine Beach Stabilization Strategy at Puerto Morelos, Mexico. *Journal of Marine Science and Engineering* **8**, 247 (2020) <https://doi.org/10.3390/jmse8040247>.
181. Clipsham, V., Flikweert, J. J., Goodliffe, R., Courtneil, E., Fletcher, A. & Hesk, P. Bacton to Walcott sandscaping, UK: a softer approach to coastal management. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Civil Engineering* **174**, 49–56 (2021) <https://doi.org/10.1680/jcienv.20.00064>.
182. Ronglan, E. et al. Architected materials for artificial reefs to increase storm energy dissipation. *PNAS Nexus* **3**, pgae101 (2024) <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae101>.
183. United Nations Environment Programme. *Nature-based solutions for supporting sustainable development*. <https://wedocs.unep.org/xmlui/handle/20.500.11822/39752> (2022).
184. Moraes, R. P. L., Reguero, B. G., Mazarrasa, I., Ricker, M. & Juanes, J. A. Nature-Based Solutions in Coastal and Estuarine Areas of Europe. *Frontiers in Environmental Science* **10**, (2022) <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.829526>.
185. Sun, Y. Thresholds and Adaptation Pathways of Nature-based Solutions for Sea-level Rise. *Lecture Notes in Education Psychology and Public Media* **21**, 6–13 (2023) <https://doi.org/10.54254/2753-7048/21/20230014>.
186. Justina, C. R. V. D., Junior, J. L., Ferreira, M. I. P. & Rodrigues, P. G. W. Nature based solutions as a promising alternative for river restoration and flood reduction. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego* **13**, 198–212 (2020) <https://doi.org/10.19180/2177-4560.v13n2019p198-212>.
187. Ferreira, C. S. S., Kalantari, Z., Hartmann, T. & Pereira, P. Introduction: Nature-Based Solutions for Flood Mitigation. *Nature-Based Solutions for Flood Mitigation: Environmental and Socio-Economic Aspects* (eds. Ferreira, C. S. S., Kalantari, Z., Hartmann, T. & Pereira, P.) 1–7 (Springer International Publishing, 2022). ISBN: 978-3-030-77505-6.
188. Möller, I., Spencer, T., French, J. R., Leggett, D. J. & Dixon, M. Wave Transformation Over Salt Marshes: A Field and Numerical Modelling Study from North Norfolk, England. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **49**, 411–426 (1999) <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0509>.
189. Möller, I. et al. Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. *Nature Geoscience* **7**, 727–731 (2014) <https://doi.org/10.1038/ngeo2251>.
190. Spek, A. J. F. van der. The development of the tidal basins in the Dutch Wadden Sea until 2100: the impact of accelerated sea-level rise and subsidence on their sediment budget – a synthesis. *Netherlands Journal of Geosciences* **97**, 71–78 (2018) <https://doi.org/10.1017/njg.2018.10>.
191. Spencer, T. et al. Global coastal wetland change under sea-level rise and related stresses: The DIVA Wetland Change Model. *Global and Planetary Change* **139**, 15–30 (2016) <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.12.018>.
192. Zhu, Z. et al. Historic storms and the hidden value of coastal wetlands for nature-based flood defence. *Nature Sustainability* **3**, 853–862 (2020) <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0556-z>.
193. Hanley, M. E. et al. Shifting sands? Coastal protection by sand banks, beaches and dunes. *Coastal Engineering* **87**, 136–146 (2014) <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.10.020>.
194. Laso Bayas, J. C., Marohn, C. & Cadisch, G. Tsunami in the Seychelles: Assessing mitigation mechanisms. *Ocean & Coastal Management* **86**, 42–52 (2013) <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.004>.
195. Laporte-Fauret, Q., Castelle, B., Michalet, R., Marieu, V., Bujan, S. & Rosebery, D. Morphological and ecological responses of a managed coastal sand dune to experimental notches. *Science of The Total Environment* **782**, 146813 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146813>.
196. Gómez-Serrano, M. Á. Dune restoration must consider species that need open and early successional dune habitats. *Nature Ecology & Evolution* **8**, 1201–1202 (2024) <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02441-5>.
197. Christianen, M. J. A., Belzen, J. van, Herman, P. M. J., Katwijk, M. M., Lamers, L. P. M., Leent, P. J. M. van & Bouma, T. J. Low-Canopy Seagrass Beds Still Provide Important Coastal Protection Services. *PLOS ONE* **8**, e62413 (2013) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062413>.
198. Ondiviela, B., Losada, I. J., Lara, J. L., Maza, M., Galván, C., Bouma, T. J. & van Belzen, J. The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering* **87**, 158–168 (2014)

- <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2013.11.005>.
199. Sánchez-González, J. F., Sánchez-Rojas, V. & Memos, C. D. Wave attenuation due to Posidonia oceanica meadows. *Journal of Hydraulic Research* **49**, 503–514 (2011) <https://doi.org/10.1080/OO221686.2011.552464>.
200. Potouroglou, M. et al. Measuring the role of seagrasses in regulating sediment surface elevation. *Scientific Reports* **7**, (2017) <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12354-y>.
201. Dahl, M. et al. A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution* **273**, 116451 (2021) <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116451>.
202. Laffratta, A., Serrano, O., Masqué, P., Fernandes, M., Gaylard, S. & Lavery, P. S. Seagrass soils sequester up to half the metal emissions of one of the world's largest smelters. *Marine Pollution Bulletin* **197**, 115684 (2023) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115684>.
203. Apostolaki, E. T., Caviglia, L., Santinelli, V., Cundy, A. B., Tramati, C. D., Mazzola, A. & Vizzini, S. The Importance of Dead Seagrass (Posidonia oceanica) Matte as a Biogeochemical Sink. *Frontiers in Marine Science* **9**, (2022) <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861998>.
204. Marbà, N. et al. Effectiveness of protection of seagrass (Posidonia oceanica) populations in Cabrera National Park (Spain). (2002) <https://doi.org/10.1017/S037689290200036X>.
205. Demers, M.-C. A., Davis, A. R. & Knott, N. A. A comparison of the impact of 'seagrass-friendly' boat mooring systems on Posidonia australis. *Marine Environmental Research* **83**, 54–62 (2013) <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2012.10.010>.
206. González-Correa, J., Bayle, J., Sánchez-Lizaso, J., Valle, C., Sanchez-Jerez, P. & Ruiz, J. Recovery of deep Posidonia oceanica meadows degraded by trawling. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **320**, 65–76 (2005) <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2004.12.032>.
207. BOE-A-1975-17128 Orden de 30 de julio de 1975 sobre pesca de arrastre en el Mediterráneo.
208. Jiménez-Casero, J., Belando, M., Bernardau Esteller, J., Marín-Guirao, L., García-Muñoz, R., Sánchez-Lizaso, J. & Ruiz, J. A Critical Gap in Seagrass Protection: Impact of Anthropogenic Off-Shore Nutrient Discharges on Deep Posidonia oceanica Meadows. *Plants* **12**, (2023) <https://doi.org/10.3390/plants12030457>.
209. Pérez, M., García, T., Invers, O. & Ruiz, J. Physiological responses of the seagrass Posidonia oceanica as indicators of fish farm impact. *Marine pollution bulletin* **56** 5, 869–79 (2008) <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.02.001>.
210. González-Correa, J., Torquemada, Y. F. & Lizaso, J. Long-term effect of beach replenishment on natural recovery of shallow Posidonia oceanica meadows. *Estuarine Coastal and Shelf Science* **76**, 834–844 (2008) <https://doi.org/10.1016/J.ECSS.2007.08.012>.
211. Pazzaglia, J., Santillán-Sarmiento, A., Helber, S., Ruocco, M., Terlizzi, A., Marín-Guirao, L. & Procaccini, G. Does Warming Enhance the Effects of Eutrophication in the Seagrass Posidonia oceanica? *7*, (2020) <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.564805>.
212. Dunic, J. C., Brown, C. J., Connolly, R. M., Turschwell, M. P. & Côté, I. M. Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology* **27**, 4096–4109 (2021) <https://doi.org/10.1111/gcb.15684>.
213. Roca, G. et al. Detecting water quality improvement along the Catalan coast (Spain) using stress-specific biochemical seagrass indicators. *Ecological Indicators* **54**, 161–170 (2015) <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.031>.
214. de los Santos, C. B. et al. Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications* **10**, 3356 (2019) <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11340-4>.
215. Calvo, S., Calvo, R., Luzzu, F., Raimondi, V., Assenzo, M., Cassetti, F. P. & Tomasello, A. Performance Assessment of Posidonia oceanica (L.) Delle Restoration Experiment on Dead matte Twelve Years after Planting—Structural and Functional Meadow Features. *Water* (2021) <https://doi.org/10.3390/W13050724>.
216. Macreadie, P. I. et al. Blue carbon as a natural climate solution. *Nature Reviews Earth & Environment* **2**, 826–839 (2021) <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00224-1>.
217. Azar, C., Johansson, D. J. A. & Mattsson, N. Meeting global temperature targets—the role of bioenergy with carbon capture and storage. *Environmental Research Letters* **8**, 034004 (2013) <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/034004>.
218. Snæbjörnsdóttir, S. Ó., Sigfússon, B., Marieni, C., Goldberg, D., Gislason, S. R. & Oelkers, E. H. Carbon dioxide storage through mineral carbonation. *Nature Reviews Earth & Environment* **1**, 90–102 (2020) <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0011-8>.
219. Gattuso, J.-P., Williamson, P., Duarte, C. M. & Magnan, A. K. The Potential for Ocean-Based Climate Action: Negative Emissions Technologies and Beyond. *Frontiers in Climate* **2**, (2021) <https://doi.org/10.3389/fclim.2020.575716>.
220. Johannessen, S. C. & Macdonald, R. W. Geoengineering with seagrasses: is credit due where credit is given? *Environmental Research Letters* **11**, 113001 (2016) <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/113001>.
221. Johannessen, S. C. & Christian, J. R. Why blue carbon cannot truly offset fossil fuel emissions. *Communications Earth & Environment* **4**, 1–4 (2023) <https://doi.org/10.1038/s43247-023-01068-x>.
222. forumnatura.eu. La Ley de Costas: amenaza o realidad ante impactos climáticos. <https://forumnatura.org/2024/04/04/la-ley-de-costas-amenaza-o-realidad-ante-impactos-climaticos/> [13/07/2024].
223. EFE. Canarias se harta de los excesos del turismo y se echa a la calle para protestar. <http://Economista.es> <https://www.economista.es/transportes-turismo/noticias/12778675/04/24/canarias-se-harta-de-los-excesos-del-turismo-y-se-echa-a-la-calle-para-protestar.html> [30/05/2024].
224. Miles de personas protestan en Canarias contra el turismo de masas: 'Las islas tienen un límite'. <https://www.publico.es/sociedad/marea-humana-protesta-calles-turismo-masas-canarias-limite.html> [30/05/2024].
225. Powis, C. M., Byrne, D., Zobel, Z., Gassert, K. N., Lute, A. C. & Schwalm, C. R. Observational and model evidence together support wide-spread exposure to noncompensable heat under continued global warming. *Science Advances* **9**, eadg9297 (2023) <https://doi.org/10.1126/sciadv.adg9297>.
226. Raymond, C., Matthews, T. & Horton, R. M. The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance. *Science Advances* **6**, eaaw1838 (2020) <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838>.
227. Amelung, B. & Viner, D. Mediterranean Tourism: Exploring the Future with the Tourism Climatic Index. *Journal of Sustainable Tourism* **14**, 349–366 (2006) <https://doi.org/10.2167/jost549.O>.
228. Bujosa, A., Riera, A. & Torres, C. M. Valuing tourism demand attributes to guide climate change adaptation measures efficiently: The case of the Spanish domestic travel market. *Tourism Management* **47**, 233–239 (2015) <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.09.023>.
229. Bujosa, A. & Rosselló, J. Climate change and summer mass tourism: the case of Spanish domestic tourism. *Climatic Change* **117**, 363–375 (2013) <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0554-x>.
230. Coombes, E., Jones, A. & Sutherland, W. The Implications of Climate Change on Coastal Visitor Numbers: A Regional Analysis. 981–990 (2009) <https://doi.org/10.2112/07-0993.1>.
231. Bombana, B., Santos-Lacueva, R. & Saladié, Ò. Will Climate Change Affect the Attractiveness of Beaches? Beach Users' Perceptions in Catalonia (NW Mediterranean). *Sustainability* **15**, 7805 (2023) <https://doi.org/10.3390/su15107805>.
232. Femenias Rosselló, L. B., Bujosa Bestard, A. & Riera Font, A. Is carbon footprint reduction always preferred over offsetting? An analysis of tourists' preferences in the Mallorca region. *Economic Analysis and Policy* **81**, 1371–1381 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2024.02.018>.
233. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021–2030). (2021).
234. Ministerio de Industria y Turismo – Estrategia de Turismo Sostenible de España 2030. <https://turismo.gob.es/es-es/estrategia-turismo-sostenible/paginas/index.aspx> [30/05/2024].
235. Martín, J. M. M., Aguilera, J. D. D. J. & Moreno, V. M. Impacts of Seasonality on Environmental Sustainability in the Tourism Sector Based on Destination Type: An Application to Spain's Andalusia Region. *Tourism Economics* **20**, 123–142 (2014) <https://doi.org/10.5367/te.2013.0256>.
236. Save Posidonia Project – Formentera. <http://www.saveposidoniproject.org/en/sobre-el-proyecto/> [30/05/2024].
237. Xunta de Galicia. DECRETO 177/2018, de 27 de diciembre, por el que se aprueba el Plan rector de uso y gestión del Parque Nacional Marítimo-Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia. https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2019/20190218/AnuncioG0532-280119-0002_es.html (2019).
238. Rodríguez-Pérez de Arenaza, D., Hierro, L. Á. & Patiño, D. Airbnb, sun-and-beach tourism and residential rental prices. The case of the coast of Andalusia (Spain). *Current Issues in Tourism* **25**, 3261–3278 (2022) <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1705768>.
239. Vera-Rebollo, J. F. & Ivars-Baidal, J. Measuring sustainability in a mass tourist destination: pressures, perceptions and policy responses in Torrevieja, Spain. (2003) <https://doi.org/10.1080/096695803088667202>.
240. Gomis, D. & Álvarez Fanjul, E. Vulnerabilidad de los puertos españoles ante el cambio climático. Vol. 1: Tendencias de variables físicas oceánicas y atmosféricas durante las últimas décadas y proyecciones para el siglo XXI. https://www.puertos.es/es-es/layouts/download.aspx?SourceUrl=es-es/BibliotecaV2/VULNERABILIDAD-completo_alta.pdf (2016).
241. Gracia, V., Sierra, J. P., Gómez, M., Pedrol, M., Sampé, S., García-León, M. & Girónella, X. Assessing the impact of sea level rise on port operability using LiDAR-derived digital elevation models. *Remote Sensing of Environment* (2019) <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2019.111318>.
242. Christodoulou, A., Christidis, P. & Demirel, H. Sea-level rise in ports: a wider focus on impacts. *Maritime Economics & Logistics* **1**–15 (2018) <https://doi.org/10.1057/S41278-018-0114-Z>.
243. Hanson, S. & Nicholls, R. Demand for Ports to 2050: Climate Policy, Growing Trade and the Impacts of Sea Level Rise. *Earth's Future* **8**, (2020) <https://doi.org/10.1029/2020EF001543>.
244. Sierra, J. P. Economic Impact of Overtopping and Adaptation Measures in Catalan Ports Due to Sea Level Rise. *Water* **11**, 1440 (2019) <https://doi.org/10.3390/w11071440>.
245. Puertos del Estado. Estrategia de sostenibilidad de Puertos del Estado. <https://www.puertos.es/es-es/medioambiente>.
246. Puertos del Estado. Estrategia de sostenibilidad del sistema portuario. Contribuir a mejorar la calidad del agua y de los sedimentos de los puertos. <https://www.puertos.es/es-es/medioambiente/Documents/Transporte%20Sostenible%2010%20-%20Calidad%20Agua.pdf> (2010).
247. BOE-A-2022-17512 Orden TMA/1014/2022, de 7 de octubre, por la que se aprueba el Marco Estratégico del sistema portuario de interés general.
248. Urban Klima 2050. Adaptación de los puertos. <https://urbanklima2050.eu/es/adaptacion-de-los-puertos/accion/18/> [13/07/2024].

249. Blasco Díaz, J. L. La distribución competencial en materia de costas. *Revista d'estudis autonòmics i federals* 245–285 (2010).
250. Menéndez Rexach, Á. La distribución de competencias en la Ley de costas y la gestión integrada del litoral. Estudios sobre la ordenación, planificación y gestión del litoral: hacia un modelo integrado y sostenible, 2009, ISBN 978-84-95892-79-9, págs. 119–129 119–129 (2009).
251. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas. vol. BOE-A-2014-10345 83098–83216 (2014).
252. Jefatura del Estado. Ley 2/2013, de 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral y de modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. vol. BOE-A-2013-5670 40691–40736 (2013).
253. Ministerio de Política Territorial. Real Decreto 713/2022, de 30 de agosto, de traspaso de funciones y servicios de la Administración General del Estado a la Comunidad Autónoma de Canarias en materia de ordenación y gestión del litoral. vol. BOE-A-2022-14778 125207–125217 (2022).
254. Ministerio de Política Territorial. Real Decreto 994/2022, de 29 de noviembre, de traspaso de funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de las Illes Balears en materia de ordenación y gestión del litoral. vol. BOE-A-2022-20275 165717–165728 (2022).
255. Ministerio de Política Territorial y Administración Pública. Real Decreto 62/2011, de 21 de enero, sobre traspaso de funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de ordenación y gestión del litoral. vol. BOE-A-2011-2617 14580–14591 (2011).
256. Xunta de Galicia. La Xunta solicita al Estado el traspaso de las funciones y servicios necesarios para poder asumir la gestión completa de su litoral. https://www.xunta.gal/notas-de-prensa/-/nova/OO1657/xunta-solicita-estado-traspaso-las-funciones-servicios-necesarios-para-poder-plangl=es_ES [09/09/2024].
257. Comunidad Autónoma de Galicia. Ley 4/2023, de 6 de julio, de ordenación y gestión integrada del litoral de Galicia. vol. BOE-A-2023-19356 124490–124541 (2023).
258. Ministerio de Administraciones Públicas. Real Decreto 1387/2008, de 1 de agosto, sobre ampliación de funciones y servicios traspasados a la Generalitat de Cataluña por Real Decreto 1404/2007, de 29 de octubre, en materia de ordenación y gestión del litoral. vol. BOE-A-2008-14858 37180–37185 (2008).
259. Tribunal Constitucional. Pleno. Sentencia 68/2024, de 23 de abril de 2024. Recurso de inconstitucionalidad 6521-2023. Interpuesto por el presidente del Gobierno respecto de la Ley del Parlamento de Galicia 4/2023, de 6 de julio, de ordenación y gestión integrada del litoral de Galicia. Competencias sobre el dominio público marítimo terrestre: nulidad parcial de los preceptos relativos a la garantía del acceso y permanencia de las embarcaciones gallegas en los caladeros de competencia autonómica y a la ocupación del dominio público marítimo terrestre por los sistemas de recogida, almacenamiento, tratamiento y vertido de aguas residuales; interpretación conforme con la Constitución del precepto legal autonómico que prevé la ocupación por establecimientos de la cadena mar-industria alimentaria del demanio o de la zona de servidumbre de protección. Voto particular. 63032–63144.
260. Jefatura del Estado. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. vol. BOE-A-2007-21490 51275–51327 (2007).
261. Jefatura del Estado. Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. vol. BOE-A-2013-12913 98151–98227 (2013).
262. Ministerio de Fomento. Real Decreto Legislativo 2/2011, de 5 de septiembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. vol. BOE-A-2011-16467 109456–109710 (2011).
263. Jefatura del Estado. Ley 5/2023, de 17 de marzo, de pesca sostenible e investigación pesquera. vol. BOE-A-2023-7052 40658–40705 (2023).
264. Costas y Medio Marino. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas.html> [18/04/2024].
265. Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (Texto pertinente a efectos del EEE). OJ L vol. 288 (2007).
266. de Andrés, M., Barragán, J. M., Arenas Granados, P., García Sanabria, J. & García Onetti, J. Gestión de las Zonas Costeras y Marinas en España. *Revista Costas* 1, 117–132 (2020) <https://doi.org/10.26359/costas.e106>.
267. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente & Dirección general de sostenibilidad de la costa y el mar. Estrategia de Adaptación al Cambio Climático de la Costa Española. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/costas/temas/proteccion-costa/estrategiaadaptacionccaprobada_tcm30-420088.pdf (2016).
268. Servicio provincial de costas en Alicante, Rodríguez, A. M., Solchaga Elizalde, O., Cobos Campos, G., & Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. PIMA ADAPTA. Conocimiento y acción frente a los riesgos derivados del cambio climático. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias/pimaadapta2020_tcm30-521929.pdf (2020).
269. PIMA Adapta Costas Canarias. <https://pimacostas.grafcan.es/> [26/06/2024].
270. Sanz Larruga, F. J. La protección ambiental del litoral español: hacia una gestión sostenible e integrada de las zonas costeras. Anuario da Facultade de Dereito da Universidade da Coruña 459–486 (2000).
271. Greenpeace. 30 años de la Ley de Costas ¿Qué nos ha dejado? Greenpeace España <https://es.greenpeace.org/es/noticias/30-anos-de-la-ley-de-costas-que-nos-ha-dejado/> [02/07/2024].
272. Carro Fernández-Valmayor, J. L., Ferreira Fernández, A. J., Nogueira López, A., Carro Fernández-Valmayor, J. L., Ferreira Fernández, A. J. & Nogueira López, A. La nueva regulación de las costas: actas del IX Congreso de la Asociación Española de Profesores de Derecho Administrativo, Santiago de Compostela, 7 y 8 de febrero de 2014. La nueva regulación de las costas: actas del IX Congreso de la Asociación Española de Profesores de Derecho Administrativo, Santiago de Compostela, 7 y 8 de febrero de 2014 (Madrid: Instituto Nacional de Administración Pública, 2014). ISBN: 978-84-7351-336-4.
273. Roselló, M. R. Z. Legislación de costas y planificación urbanística: NUÑEZ LOZANO, María del Carmen, Legislación de costas y planificación urbanística, Cuadernos Universitarios de Derecho Administrativo, Edit. Derecho Global, Sevilla, 2009, 266 págs. Prólogo de D. Ángel Menéndez Rexach. *Revista Andaluza de Administración Pública* 485–489 (2010) <https://doi.org/10.46735/raap.n77.652>.
274. La asociación en defensa del litoral de la Comunidad Valenciana 'Mediterránea' suma ya 30 colectivos. El Español https://www.elspanol.com/alicante/20220322/asociacion-defensa-litoral-comunidad-valenciana-mediterranea-colectivos/658934382_O.html [03/07/2024].
275. Boletín Oficial de las Cortes Generales. Senado. Proposición de Ley relativa a la modificación de la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas, para permitir la pervivencia de conjuntos urbanos costeros de tipología tradicional en terrenos que han pasado a ser de dominio público marítimo-terrestre. (2024).
276. Desdentado Daroca, E. La expropiación de los enclaves privados en el litoral (una crítica de la Disposición Transitoria 1a de la Ley de Costas). (2007). ISBN: 978-84-470-2790-3.
277. Desdentado Daroca, E. Los enclaves privados tras el Reglamento de Costas de 2014 y la última jurisprudencia. *Revista General de Derecho Administrativo* 16 (2018).
278. Greenpeace España. A toda costa. Análisis de los ecosistemas naturales costeros vulnerables a la urbanización masiva del litoral. <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2019/06/Costas-2019-completo-ver2.pdf> (2019).
279. Tribunal Constitucional. Pleno. Sentencia 25/2024, de 13 de febrero de 2024. Recurso de inconstitucionalidad 1413-2022. Interpuesto por más de cincuenta diputados pertenecientes a los grupos parlamentarios Confederación Unidas Podemos–En Comú Podem–Galicia en Común, Republicano, Plural y Grupo Mixto del Congreso de los Diputados en relación con la Ley del Parlamento de Andalucía 7/2021, de 1 de diciembre, de impulso para la sostenibilidad del territorio de Andalucía. Principios democrático, de igualdad, legalidad y no discriminación, de seguridad jurídica y autonomía local; interdicción de la arbitrariedad y no regresión ambiental; derecho al ejercicio de las funciones representativas; competencias de protección ambiental: nulidad parcial de los preceptos autonómicos que permiten la edificación residencial en suelo rústico y la desafectación de vías pecuarias sujetas a planeamiento urbanístico y exigen a los usos mineros del requisito de licencia urbanística; interpretación conforme de los preceptos legales relativos a las actuaciones y usos ordinarios del suelo rústico. vol. BOE-A-2024-5836 33945–34000 (2024).
280. Tribunal Constitucional. Pleno. Sentencia 149/1991, de 4 de julio. Recursos de inconstitucionalidad 1.689/1988, 1.708/1988, 1.711/1988, 1.715/1988, 1.717/1988, 1.723/1988, 1.728/1988, 1.729/1988 y 1.740/1988 (acumulados). Interpuestos por la Xunta de Galicia, el Consejo de Gobierno de las Islas Baleares, el Gobierno Vasco, el Parlamento de Cataluña, el Consejo del Gobierno de la Diputación Regional de Cantabria, el Consejo Ejecutivo de la Generalidad de Cataluña, el Gobierno de Canarias, el Gobierno Valenciano y un grupo de 50 Diputados, contra la Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. vol. BOE-T-1991-19353 14–53 (1991).
281. López-Gutiérrez, J. S., Negro, V. & Esteban, M. D. New Coastal Regulation in Spain. A roadmap to a better approach to coastal environment. *Journal of Coastal Research* 75, 662–666 (2016) <https://doi.org/10.2112/SI75-132.1>.
282. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Consulta pública previa sobre el Proyecto de Real Decreto por el que se modificaría el Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprobó el Reglamento General de Costas. (2024).
283. Greenpeace. Greenpeace aplaude la reforma del reglamento de la Ley de Costas y contribuye con la presentación de alegaciones. Greenpeace España <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/greenpeace-aplaude-la-reforma-del-reglamento-de-la-ley-de-costas-y-contribuye-con-la-presentacion-de-alegaciones/> [02/07/2024].
284. Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina). <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-81148> (2008).
285. Jefatura del Estado. Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino. vol. BOE-A-2010-20050 108464–108488 (2010).
286. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Real Decreto 150/2023, de 28 de febrero, por el que se aprueban los planes de ordenación del espacio marítimo de las cinco demarcaciones marinas españolas. vol. BOE-A-2023-5704 32350–32578 (2023).
287. Directiva 2014/89/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de julio de 2014, por la que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2014-81825> (2014).
288. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2000-82524> (2000).

289. Ministerio de Medio Ambiente. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. vol. BOE-A-2001-14276 26791-26817 (2001).
290. Sardá, R., Avila, C. & Mora, J. A methodological approach to be used in integrated coastal zone management processes: the case of the Catalan Coast (Catalonia, Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62, 427-439 (2005)
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2004.09.028>.
291. Lozoya, J. P., Sardá, R. & Jiménez, J. A. Users expectations and the need for differential beach management frameworks along the Costa Brava: Urban vs. natural protected beaches. *Land Use Policy* 38, 397-414 (2014)
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.12.001>.
292. Sagristà, E., Sardá, R. & Serra, J. Consecuencias a Largo Plazo de la Gestión Desintegrada en Zonas Costeras: el Caso del Delta de la Tordera (Cataluña, España). *Costas* Vol. 1, no 1 (2019), 1-22 (2018)
<https://doi.org/10.26359/costas.0101>.
293. Rodríguez Fernández-Blanco, C. Unravelling the role of social innovation for fostering socio-ecological resilience in Mediterranean, fire-prone territories. (Leuven Universitet, 2023).
294. Brenner, J., Jiménez, J. A., Sardá, R. & Garola, A. An assessment of the non-market value of the ecosystem services provided by the Catalan coastal zone, Spain. *Ocean & Coastal Management* 53, 27-38 (2010)
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.10.008>.
295. Huynh, L. T. M., Gasparatos, A., Su, J., Dam Lam, R., Grant, E. I. & Fukushi, K. Linking the nonmaterial dimensions of human-nature relations and human well-being through cultural ecosystem services. *Science Advances* 8, eabn8042 (2022)
<https://doi.org/10.1126/sciadv.abn8042>.
296. Autoridad Portuaria de Huelva. Ecological recovery in the Port of Huelva.
<https://sustainableworldports.org/wp-content/uploads/Project-report.pdf> (2020).
297. Curado, G., Manzano-Arrondo, V., Figueroa, E. & Castillo, j. M. Public Perceptions and Uses of Natural and Restored Salt Marshes. *Landscape Research* 39, 668-679 (2014)
<https://doi.org/10.1080/01426397.2013.772960>.
298. The worldwide network of port cities. PLAN THE CITY WITH THE PORT. Guide of good practices. (2021).
299. Oficina Estratègica de l'Àmbit Litoral, Gerència Municipal, & S. A. Barcelona Regional Agència de Desenvolupament Urbà. Pla Litoral: Pla estratègic dels espais litorals de la ciutat. (2019).
300. Ajuntament de Barcelona & Gerència d'arquitecte en cap. Passeig Marítim de la Mar Bella.
<https://www.barcelona.cat/plalitoral/sites/default/files/2022-10/56.%20Presentaci%C3%B3%20avantprojecte%20Ps%20MarBella%2020210930.pdf> (2021).
301. Llum verda a la transformació del passeig Marítim de la Mar Bella en un nou espai verd i de foment de l'esport: Servei de Premsa.
<https://ajuntament.barcelona.cat/premsa/2023/09/19/llum-verda-a-la-transformacio-del-passeig-maritim-de-la-mar-bella-en-un-nou-espai-verd-i-de-foment-de-lesport/> [16/07/2024].
302. Fernández-Mora, A., Criado-Sudau, F. F., Gómez-Pujol, L., Tintoré, J. & Orfila, A. Ten years of morphodynamic data at a micro-tidal urban beach: Cala Millor (Western Mediterranean Sea). *Scientific Data* 10, 301 (2023)
<https://doi.org/10.1038/s41597-023-02210-2>.
303. LIFE AdaptCalaMillor-El proyecto.
https://www.caib.es/sites/adaptcalamillor/es/portada_dg/?campa=yes [05/07/2024].
304. El Proyecto. LIFE Garachico
<https://lifegarachico.eu/el-proyecto/> [25/09/2024].
305. Lara, J. L., Eulate, M. F. A. D., Tomás, A., Fernandez, A. & Lucio, D. Enhancing Coastal Flooding Preparedness To Climate Change: An Experimental Analysis Of Urban-Integrated Non-Conventional Adaptation Solutions. *CoastLab 2024: Physical Modelling in Coastal Engineering and Science* (2024)
<https://doi.org/10.59490/coastlab.2024.795>.