



PRADERAS
MARINAS
TESORO DE
BIODIVERSIDAD

Praderas marinas, tesoros de biodiversidad

Publicación científico-técnica



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



CEIDA

CENTRO DE EXTENSION
UNIVERSITARIA E DIVULGACION
AMBIENTAL DE GALICIA

Praderas marinas, tesoros de biodiversidad

Publicación científico-técnica

El proyecto ZOSTERA. Praderas marinas, tesoros de biodiversidad tiene como objetivo concienciar sobre la importancia de la conservación de las praderas de fanerógamas marinas de la costa cántabro-atlántica (Galicia, Asturias, Cantabria y Euskadi) mediante la transferencia de conocimiento y la información a la sociedad de los beneficios ambientales, económicos y sociales que las praderas proporcionan, así como la integración de colectivos específicos de la población local en la conservación mediante la aplicación de un programa de seguimiento de las praderas de fanerógamas marinas.

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente este proyecto.

Edita: CEIDA – Centro de Extensión Universitaria e Divulgación Ambiental de Galicia.

Con el apoyo de: Fundación Biodiversidad, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Año de publicación: 2021

Fotografía de Portada: Manuel E. Garci_Bioimaxe

Cita recomendada: Vales Vázquez, C.; París Gómez, S.; García Redondo, V. (coord.) (2021). *Praderas marinas, tesoros de biodiversidad. Publicación científico-técnica*. CEIDA, Oleiros.

De un artículo: Garmendia, J. M. (2021). Restauración de praderas marinas: estuarios vascos. En Vales Vázquez, C.; París Gómez, S.; García Redondo, V. (coord.) (2021). *Praderas marinas, tesoros de biodiversidad. Publicación científico-técnica*, pp. 57-74. CEIDA, Oleiros.

ISBN 978-84-09-29716-0

Depósito Legal: C 599-2021

Praderas marinas, tesoros de biodiversidad

Publicación científico-técnica



PRADERAS
MARINAS
TESORO DE
BIODIVERSIDAD



ÍNDICE

- 1 **Introducción** 9
- 2 **Las praderas de angiospermas marinas en Europa** 15
Carmen B. de los Santos
- 3 **Conservación y futuro de las praderas marinas en Galicia** 27
Verónica García-Redondo
- 4 **La historia reciente de las praderas de *Zostera noltei* en los estuarios cantábricos: pasado, presente y futuro** 41
Bárbara Ondiviela, Cristina Galván, María Recio, Araceli Puente, José A. Juanes
- 5 **Restauración de praderas marinas: estuarios vascos** 57
Joxe Mikel Garmendia
- 6 **El valor ecológico, social y económico de las fanerógamas marinas** 75
Miguel Ángel Mateo, Verónica García-Redondo, Carmen Leiva-Dueñas,
Oscar Serrano, Elena Díaz-Almela

Introducción

Las praderas marinas están formadas por angiospermas marinas, las únicas plantas vasculares sumergidas dotadas de un sistema subterráneo de raíz y rizomas que se pueden reproducir tanto de forma vegetativa como sexual mediante la producción de flores y frutos. Habitan en fondos blandos someros, ya sean fangosos o areno-fangosos y están distribuidas por todo el mundo. Las angiospermas marinas colonizaron todos los océanos, excepto el Antártico, hace aproximadamente 100 millones de años. Han evolucionado a partir de varias especies ancestrales que habitaban el medio terrestre y que colonizaron el medio marino de manera independiente.

Actualmente se reconocen 66 especies de angiospermas marinas, que se clasifican en 4 familias: 3 que incluyen especies exclusivamente marinas (*Posidoniaceae*, *Cymodoceaceae* y *Zosteraceae*) y 1 con especies tanto de agua dulce como marinas (*Hydrocharitaceae*). En las costas de la península ibérica existen cinco especies de angiospermas marinas: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Z. noltei*, *Halophila decipiens*, así como varias especies de angiospermas eurihalinas del género *Ruppia* spp.

Las praderas de fanerógamas marinas tienen una elevada importancia ecológica, ya que proporcionan numerosas ventajas en los hábitats circundantes como, por ejemplo, estabilización de los sedimentos, participación en el ciclo de los nutrientes, constitución del suelo para la fijación de numerosos organismos bentónicos, creación del área de cría para muchas especies e incremento de la biodiversidad.

Presentan altas tasas de producción primaria ya que al ser organismos fotosintéticos fijan el dióxido de carbono utilizando la energía proporcionada por la luz, transformándola en carbono orgánico para sostener el crecimiento de las plantas y la producción de biomasa. Las altas tasas de producción primaria implican una elevada producción de oxígeno que se libera a las aguas circundantes. Por lo tanto, las praderas marinas juegan un papel decisivo en la regulación del ciclo global del carbono.

Las praderas de fanerógamas marinas proporcionan un hábitat adecuado para un gran número de organismos que no pueden vivir en fondos sin vegetación. Tanto hojas, rizomas y raíces generan sustrato, estabilizan el sedimento y reducen la turbidez, generando micro hábitats que no estarían disponibles en

ausencia de estas comunidades vegetales. Además, su estructura tridimensional proporciona zonas de refugio que diversas especies de fauna emplean para evitar la depredación. Las poblaciones de crustáceos, moluscos o peces que viven en praderas marinas se componen de una alta proporción de larvas e individuos juveniles, sugiriendo que las praderas de fanerógamas marinas son hábitats de cría para dichas poblaciones, algunas de las cuales son explotadas por pesquerías. Igualmente, las aves migratorias utilizan praderas marinas intermareales y someras como áreas de descanso y alimentación durante sus viajes. Por lo tanto, las praderas de fanerógamas marinas aumentan la diversidad del hábitat y la biodiversidad de la zona costera.

Las hojas de las fanerógamas marinas amortiguan el movimiento del agua y favorecen la retención de las partículas suspendidas, regulando de esta manera la transparencia del agua. El aumento de la disponibilidad de luz en la parte inferior de la pradera facilita el crecimiento de las plantas y de algas bentónicas que aumentarán aún más el control de la transparencia del agua. Los rizomas y las raíces fijan y estabilizan el sedimento sobre el que crecen las praderas marinas reduciendo la resuspensión de partículas por las corrientes y las olas. Los sedimentos sobre los que crecen las praderas tienen menos posibilidades de ser movilizados, por lo que las praderas marinas pueden reducir la erosión de la costa.

Las especies formadoras de praderas marinas están consideradas como bioindicadores, ya que son organismos sésiles, perennes y sensibles a los cambios en su entorno; como puede ser la creciente presión antropogénica o la calidad ambiental de los ecosistemas costeros.

Como consecuencia de la relevancia ecológica de las praderas marinas y las potenciales amenazas humanas, las praderas marinas de la costa cántabro-atlántica están actualmente protegidas bajo diversas figuras de protección medioambiental.

- Están indirectamente incluidos en la Directiva Hábitats, donde están considerados en cinco hábitats de interés: “Hábitat 1110” (banco de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda), “Hábitat 1130” (estuarios), “Hábitat 1140” (llanos fangosos o arenosos que no están cubiertos de agua cuando hay marea baja), “Hábitat 1150” (marismas costeras) o “Hábitat 1160” (grandes calas y bahías poco profundas).
- Además, las praderas de fanerógamas están indirectamente protegidas por la Red Natura 2000 a través de figuras como Zona de Especial Con-

servación (ZEC). En la costa cántabro-atlántica de la península ibérica se incluyen praderas marinas en algunas áreas: ZEPVN (Zonas de Especial Protección de los Valores Naturales) o RAMSAR (Humedal de importancia Internacional por la Convención RAMSAR).

- Por otro lado, la Directiva Europea Marco del Agua afecta también a las praderas de manera indirecta al designar como protegidas sus áreas de distribución.
- En el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas se considera a *Zostera marina* y *Z. noltei* como “Especies silvestres en Régimen de Protección Especial”.
- En Asturias se ha incluido en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de la Flora: *Zostera marina* como planta “Sensible a la Alteración de su Hábitat”, *Zostera noltei* y *Ruppia maritima* incluidas como plantas “Vulnerables”.
- En Cantabria ninguna de las dos especies de angiospermas marinas está incluida en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas.
- En el País Vasco, *Zostera noltei* está considerada como “Especie en peligro de extinción” en el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina del País Vasco y se encuentra en la Lista Roja de la Flora vascular de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

La presencia de praderas de fanerógamas marinas ha sido relevante a la hora de seleccionar algunos de estos lugares como espacios protegidos.

Las praderas de fanerógamas marinas cántabro-atlánticas soportan presiones antrópicas como el marisqueo, la pesca artesanal, los dragados, la modificación de la línea costera, el cambio climático, la eutrofización, las invasiones biológicas, el efecto de contaminantes o el incremento de la población en la época estival. Los fuertes impactos antropogénicos a los que se enfrentan las praderas junto con los problemas asociados al cambio climático están provocando que se enfrenten a notables cambios ambientales. En numerosos casos, los impactos a los que se ven sometidas las praderas provocan la reducción o pérdida de las extensiones conocidas. Hay estudios que demuestran la regresión de las praderas de *Zostera* en áreas del norte de la península ibérica. Lamentablemente, la pérdida de muchas praderas quedará posiblemente en el anonimato debido al escaso conocimiento que tenemos de ellas en algunas

áreas geográficas. Es por ello, que desde hace unos años se está incrementando la necesidad de ampliar el conocimiento y la distribución a nivel mundial de las praderas, así como la creación de programas de protección, seguimiento, manejo y restauración.

El proyecto “Praderas marinas, tesoros de biodiversidad”

En los últimos años ha aumentado el conocimiento sobre las praderas marinas de *Zostera* de la costa cántabro-atlántica. Tanto las universidades gallegas, como centros tecnológicos cántabros y vascos han desarrollado proyectos centrados en estudiar diversos aspectos de las praderas marinas. Sin embargo, el progreso científico muchas veces no se transfiere a la sociedad, y queda relegado a lo escrito en tesis, artículos de investigación e informes. “No se puede proteger lo que no se conoce” sería un lema idóneo para este proyecto. Ya que para que la ciudadanía en general conozca qué son las praderas marinas, qué beneficios aportan a la sociedad y se conciencie sobre la importancia de su conservación; es necesario que conozcan las praderas marinas *in situ* o mediante la información que este proyecto les proporcionará.

Así pues, el CEIDA como centro de referencia para la Educación Ambiental en Galicia, ha puesto en marcha el proyecto “ZOSTERA. Praderas marinas, tesoros de biodiversidad” con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Este proyecto tiene como objetivo concienciar sobre la importancia de la conservación de las praderas de fanerógamas marinas de la costa cántabro-atlántica (Galicia, Asturias, Cantabria y Euskadi), con el que pretende dar a conocer los beneficios ambientales, económicos y sociales que las praderas proporcionan entre la ciudadanía, así como la integración de colectivos específicos de la población local en la conservación mediante la aplicación de un programa de seguimiento y protección. La colaboración con sectores vinculados a las praderas marinas permitirá obtener información clave que ayudaría a comprender y cuantificar el valor socio-económico que generan estos hábitats para las comunidades locales, lo cual es un aspecto muy relevante para fomentar esta mayor implicación social en la conservación de las praderas marinas.

Durante el transcurso de este proyecto se van a realizar las siguientes acciones:

- Seminario “Conservación y futuro de las praderas marinas”.
- Publicación técnica “Conservación y futuro de las praderas marinas”.
- Talleres de Educación Ambiental para escolares sobre praderas marinas.
- Unidad didáctica para el profesorado.
- Seguimiento anual de praderas marinas intermareales con centros educativos.
- Manual para el seguimiento de praderas marinas intermareales.
- Congreso Escolar sobre praderas marinas.
- Publicación sobre el proyecto de seguimiento con centros educativos.
- Taller sobre buenas prácticas en praderas marinas para los sectores pesquero, marisquero y recreativo.
- Manual de buenas prácticas para la conservación de las praderas marinas.

Esta publicación se complementa con el seminario científico-técnico del mismo nombre y que tendrá lugar en el CEIDA. Los autores de los textos incluidos en este libro aportan, tanto en la publicación que tienes en tus manos como en el futuro seminario, su visión como expertos de reconocido prestigio en el conocimiento y gestión de praderas marinas, con el objeto de contribuir a la difusión del conocimiento en estos ecosistemas y reflexionar sobre su importancia, estado actual, retos y necesidades de conservación.

Las praderas de angiospermas marinas en Europa

Seagrass meadows in Europe

Carmen B. de los Santos

Centro de Ciências do Mar, Universidade do Algarve
cbsantos@ualg.pt

Resumen

Las praderas de angiospermas marinas son consideradas uno de los ecosistemas más productivos del planeta y proveedores de importantes beneficios para el bienestar del ser humano. En Europa, estos ecosistemas han sufrido un gran declive, estimándose que una tercera parte del área histórica ocupada por ellos se ha perdido durante el siglo XX por impactos humanos y causas naturales. Sin embargo, las tendencias de pérdidas se han revertido a principios del siglo XXI debido a la recolonización en algunos sitios, junto con una desaceleración de las pérdidas para el conjunto de todas las especies. El futuro de las praderas de angiospermas marinas en Europa presenta incertidumbres. Por una parte, hay optimismo debido al aumento de la sensibilización sobre las praderas marinas entre gestores y políticos, junto con las acciones de conservación que han ido emergiendo en las últimas décadas. Por otro lado, el cambio climático es una amenaza para las praderas marinas debido al aumento de la frecuencia y la intensidad de tempestades y al aumento de la temperatura, que pueden ocasionar impactos negativos sobre estos ecosistemas. Siguen existiendo, por tanto, desafíos para asegurar el futuro de estos valiosos ecosistemas y así mantener los beneficios que nos proporcionan.

Palabras clave: Cambio Climático, Conservación, Posidonia, Zostera.

Abstract

Seagrass meadows are considered one of the most productive ecosystems on the planet and providers of important benefits for human well-being. In Europe, these ecosystems suffered a great decline and it is estimated that a third of the historical area occupied by them was lost during the 20th century due to human impacts and natural causes. However, loss trends have reversed at the beginning of the 21st century due to recolonization at some sites along with a generalised slowdown in losses for all species. The future of seagrass meadows in Europe presents uncertainties. On one hand, there is optimism due to the increase in awareness about seagrass beds among managers and politicians, together with the conservation actions that emerged in recent decades. On the other hand, climate change is a threat to seagrass beds due to the increase in the frequency and intensity of storms and the increase in temperature, which can have negative impacts on seagrass beds. Therefore, challenges remain to ensure the future of these valuable ecosystems in Europe and the benefits they provide us.

Keywords: Climate Change, Conservation, Posidonia, Zostera.

Introducción

LAS praderas de angiospermas marinas son consideradas uno de los ecosistemas más productivos del planeta y proveedores de importantes beneficios para el bienestar del ser humano (UNEP 2020). Juegan un papel primordial en la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono, protegen las costas frente a inundaciones y la erosión costera, y soportan una gran biodiversidad, incluyendo un gran número de especies protegidas, carismáticas y de interés comercial, siendo por tanto un ecosistema clave para el soporte de las pesquerías y la seguridad alimentaria (de los Santos et al. 2020).

A pesar de su elevado valor, las praderas de angiospermas marinas también se encuentran entre los ecosistemas más amenazados de la Tierra, con pérdidas globales que se han ido acelerando a lo largo del siglo XX, alcanzando tasas del 7 % de pérdidas por año (Waycott et al. 2009). Estas pérdidas se han atribuido a impactos causados por la actividad del hombre, particularmente al deterioro de la calidad del agua y al desarrollo costero, y conllevan la pérdida de los beneficios que las personas obtienen de ellas (de los Santos et al. 2020).

La comunidad científica ha alertado de las consecuencias de estas pérdidas y de la necesidad de una mayor atención pública y política para poner fin a la situación de deterioro de estos ecosistemas, llamando a acciones para la conservación de las praderas que existen en la actualidad y para la restauración de aquellas que se perdieron, con el fin de conservar y recuperar los beneficios que obtenemos de ellas (Cullen-Unsworth & Unsworth 2018). A pesar de que aún hay grandes desafíos en la conservación de praderas marinas (Unsworth et al. 2019), esta necesidad ha ido ganando atención a nivel internacional, europeo, nacional y local en la última década. Ejemplos de ello son la evaluación de las especies de angiospermas marinas para la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), a través de la cual se categorizaron 10 especies con un elevado riesgo de extinción, tres de ellas estando en la categoría de Amenazadas (Short et al. 2011); o la reciente publicación del informe de síntesis global titulado *Un Tesoro Sumergido Oculto: El Valor de los Pastos Marinos para el Medio Ambiente y las Personas* por el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas en 2020 (UNEP 2020). Este último documento tiene como objetivo informar

sobre el valor de las praderas marinas para las personas y el planeta, y los riesgos de perderlas. Además, proporciona opciones de gestión y de políticas a nivel local, regional y global para prevenir futuras pérdidas. En definitiva, este informe de la UNEP se considera un hito para un llamamiento de la atención pública y política hacia la conservación, restauración y uso sostenible de los ecosistemas de praderas de angiospermas marinas en todo el mundo.

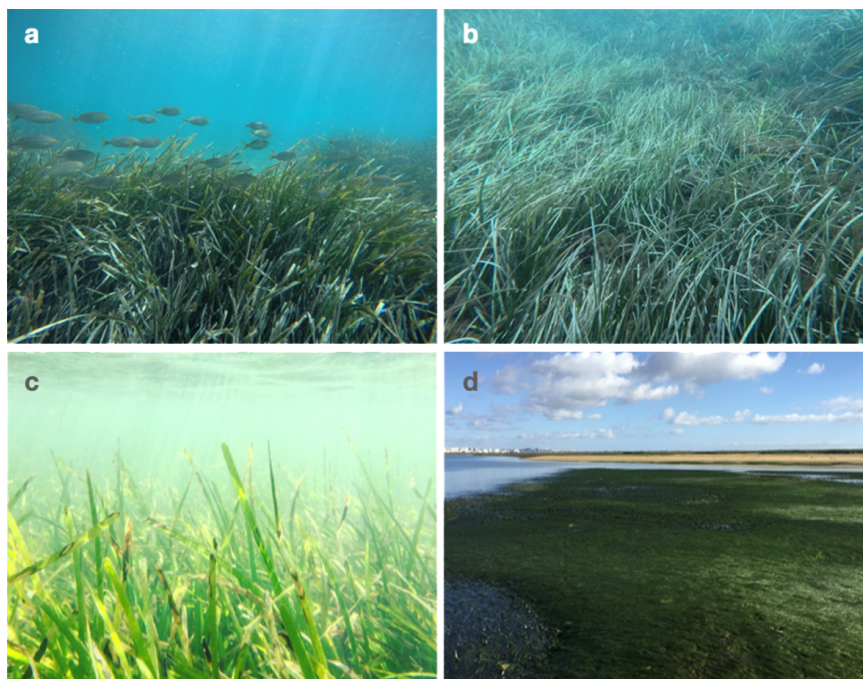


Figura 1. Las cuatro especies principales de angiospermas marinas en Europa: a) *Posidonia oceanica*, b) *Cymodocea nodosa*, c) *Zostera marina* y d) *Z. noltei*.

En Europa, las especies de angiospermas marinas que podemos encontrar son la endémica *Posidonia oceanica*, las nativas *Zostera marina*, *Z. noltei*, *Cymodocea nodosa*, y *Halophila decipiens*, así como la alóctona *Halophila stipulacea* (Green & Short 2003) (Figura 1). Se pueden encontrar también especies del género *Ruppia*. *Posidonia oceanica* se encuentra exclusivamente en el Mediterráneo y forma praderas de grandes extensiones a profundidades de entre 0,5 y 45 m. *Cymodocea nodosa* se distribuye en el Mediterráneo y en la costa ibérica sudatlántica, entre 0 y 40 m, estando también presente en las Islas Canarias y Madeira. *Zostera marina* y *Z. noltei* son las especies con

un rango de distribución mayor, estando presentes en Europa tanto en aguas del Mediterráneo como del Atlántico, a profundidades de hasta 15 y 10 m, respectivamente. La especie pantropical *H. decipiens* (1-58 m) se distribuye en las islas Canarias y, muy recientemente, también se ha registrado en el Mediterráneo (Gerakaris et al. 2020). La presencia de la especie *Halophila stipulacea* en el Mediterráneo es el resultado de una migración lessepsiana, es decir con origen en el mar Rojo y el océano Índico, y llega a profundidades de 70 m (Winters et al. 2020).

El estado actual de las praderas en Europa es el resultado de un balance entre las pérdidas y las recuperaciones que han experimentado estos ecosistemas en las últimas décadas, bien por causas naturales, bien por causas mediadas por el ser humano (de los Santos et al. 2019). De la misma forma, el futuro de las praderas marinas en el continente europeo dependerá del uso y de las acciones de conservación que se realicen en el presente, de la posibilidad de mediar las amenazas presentes y futuras, como el cambio climático, así como de la capacidad de estas plantas para recuperarse de forma natural o mediante acciones de restauración.

Este artículo tiene como objetivo presentar una visión general, a nivel divulgativo, de las praderas de angiospermas marinas en Europa, haciendo hincapié en sus tendencias de cambios, en las medidas de conservación y en las amenazas futuras, con el objetivo de llamar a la atención pública sobre la fragilidad de estos ecosistemas y sobre cómo las acciones que realicemos en el presente contribuirán a mantener los beneficios ambientales que obtenemos de ellas.

Las praderas marinas de Europa en el pasado

Las praderas de angiospermas marinas en Europa, como ha ocurrido en muchas otras zonas del planeta (Waycott et al. 2009), han sufrido un fuerte declive. Un estudio recientemente publicado en que se analizaron las series temporales sobre cambios en la extensión y densidad de las praderas marinas en Europa entre 1869 y 2016, mostró que el 49 % de los sitios estudiados han sufrido pérdidas, siendo este estado el prevalente frente al estado de mejoría (22 %) o de estabilidad (29 %) (de los Santos et al. 2019). La especie más castigada ha sido *Z. marina*, con un 67 % de los sitios estudiados con registros de pérdidas o deterioro. En este estudio se estima que, en términos

de área, un tercio de la extensión de las praderas se ha perdido desde finales del siglo XIX debido, principalmente, a una enfermedad que asoló grandes extensiones de *Z. marina* en la década de 1930, a la pérdida de la calidad del agua, al desarrollo costero y a los daños físicos como, por ejemplo, el causado por embarcaciones de recreo y la pesca (de los Santos et al. 2019). Las mayores pérdidas se alcanzaron en las décadas de 1970 y 1980, y los sitios con registros que sufrieron una mayor reducción en su extensión se localizan en el mar de Frisia en las costas neerlandesas y alemanas (7190 ha perdidas), la bahía de Puck en Polonia (3296 ha), el fiordo de Odense en Dinamarca (2490 ha), el golfo de Morbihan en la Bretaña francesa (1358 ha) y el lago Grevelingen en Holanda (1358 ha), así como una extensión de 4364 ha perdida de *P. oceanica* entre el cabo Circeo y Sperlonga en Italia.

Frente al deterioro de estos y otros ecosistemas costeros, en Europa se fueron adoptando iniciativas de gestión y políticas comunitarias que, de forma directa o indirecta, han podido contribuir a frenar los impactos que estaban sufriendo las praderas marinas. Por ejemplo, en la década de 1990, se adoptaron dos Directivas en la Unión Europea con el objetivo de reducir la carga de nutrientes de las aguas urbanas (Directiva 91/271/CEE) y de la agricultura (Directiva 91/676/CEE). Estas regulaciones contribuyeron a mejorar la calidad del agua en las costas europeas, de lo que se pueden haber beneficiado las praderas de angiospermas marinas, ya que son muy sensibles al deterioro de la calidad del agua. Otro hito importante para la conservación de las praderas marinas en Europa fue la designación de áreas marinas protegidas dentro de la legislación de cada país y bajo la Directiva Hábitats adoptada en 1992 (Directiva 92/43/CEE). Esta directiva tiene como objetivo asegurar la conservación de las especies raras, amenazadas y endémicas de Europa, donde se incluyen la *P. oceanica* y *Z. marina*, así como ciertos hábitats característicos, donde se incluyen praderas de *C. nodosa* y *Z. noltei*. Posteriormente, la entrada en vigor en la década de los años 2000 de la Directiva Marco de Aguas (Directiva 2000/60/CEE) supuso también una medida importante para las praderas marinas en Europa. Esta directiva identificó las praderas marinas como indicadores de la salud del ecosistema y obligaba, en caso de que el estado ecológico de los indicadores fuese moderado o pobre, a restaurar el estado ecológico. Con esta legislación, se piensa que los gestores ambientales adquirieron una mayor sensibilización hacia las praderas marinas y, además, se aumentó considerablemente el esfuerzo y los recursos para monitorizar la salud y, por tanto, el conocimiento de estos ecosistemas.

El estado actual de las praderas marinas en Europa

A pesar de las extensas pérdidas registradas en las praderas de angiospermas marinas a lo largo del siglo XX en las costas europeas, hay evidencias de un cambio de tendencia al inicio del siglo XXI. Si bien se siguen registrando pérdidas y deterioro de las praderas en muchos puntos de la geografía europea, se ha comprobado que, a finales del siglo XX, las tasas de pérdidas disminuyeron y que, en la década de los años 2000-2010, hubo registros de recuperación de ciertas especies, principalmente la especie de crecimiento rápido *Z. noltei* (de los Santos et al. 2019). La recuperación de esta especie en algunos lugares, junto con la desaceleración generalizada en las pérdidas de todas las especies, ha hecho que, en el conjunto de las praderas europeas, se pueda hablar de una tasa de cambio positiva en la década 2000-2010 por primera vez desde 1950; es decir, que se han registrado más ganancias que pérdidas (de los Santos et al. 2019).

Los ejemplos de recuperación se extienden por varios sitios de la costa europea. En Dinamarca, el límite profundo de las praderas de *Z. marina*, incrementó al haber una reducción en la entrada de nutrientes en los fiordos (Riemann et al. 2016). En Cataluña, el aumento de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la década 2000-2010 resultó en un incremento significativo de la calidad del agua, que se vio reflejado en los indicadores de *P. oceanica* (Roca et al. 2015). En Chipre, el traslado de las granjas de acuicultura a zonas más profundas reveló una recuperación en las praderas marinas que habían sido inicialmente afectadas (Kletou et al. 2018). Estos estudios, junto con otros casos de recuperación de praderas en Europa, demuestran que las acciones para mejorar la calidad del agua o la retirada directa de los impactos, como, por ejemplo, a través de las directivas mencionadas anteriormente, pueden llevar a una recuperación de estas o, al menos, a detener las pérdidas.

El futuro de las praderas marinas en Europa

La rápida recuperación de ciertas especies de angiospermas marinas en algunas zonas de Europa, junto con la desaceleración generalizada de las pérdidas durante la primera década del siglo XXI, arroja cierta esperanza en el futuro de estos ecosistemas. No obstante, la recuperación de algunas praderas que se perdieron será inviable como, por ejemplo, aquellas que



Figura 2. Ejemplo de proyecto de restauración de praderas de angiospermas marinas en la costa oeste de Suecia: vista área de la zona a restaurar (arriba) y buceador evaluando la pradera de *Zostera marina* restaurada (abajo). *Fotografías: Eduardo Infante Oanes (todos los derechos reservados).*

ocupaban las zonas ganadas al mar o sobre las que se construyeron puertos u otras infraestructuras costeras. Además, en algunos lugares donde desaparecieron las praderas de angiospermas marinas, el cambio tan severo producido en las condiciones ambientales imposibilita su recuperación natural o su restauración. Por ejemplo, en la costa oeste de Suecia, la ausencia de praderas provoca una resuspensión del sedimento con una consecuente reducción de la luz que llega al lecho marino, resultando en la incapacidad de las angiospermas marinas para recolonizar nuevamente esas zonas (Moksnes et al. 2018). Finalmente, la recuperación de especies como *P. oceanica*, con tasas de crecimiento extremadamente lentas, podrá requerir centenas de años aún dándose las condiciones ambientales idóneas para su crecimiento.

El optimismo de la recuperación de las praderas marinas en Europa se refuerza con la existencia de acciones de restauración a diferentes escalas en varios puntos de Europa (Figura 2). En Reino Unido, por ejemplo, el proyecto Seagrass Ocean Rescue, actualmente en marcha y liderado por varias ONG y por científicos, tiene como objetivo restaurar un área de 2 hectáreas de *Z. marina* en la bahía de Dale (Gales) en colaboración con la comunidad local (<https://www.projectseagrass.org/seagrass-ocean-rescue/>). Otras zonas de Europa donde se están realizando grandes esfuerzos de restauración son en Portugal (Paulo et al. 2019), en la costa oeste de Suecia (Moksnes et al. 2018) o en las costas holandesas (Floor et al. 2018). Si bien los resultados no son siempre satisfactorios o de la envergadura esperada, la restauración de praderas marinas es viable en muchos casos (Tan et al. 2020). La comunidad científica continúa investigando nuevas formas para posibilitar la restauración de las praderas como, por ejemplo, el uso de praderas artificiales biodegradables que creen condiciones ambientales favorables para la restauración y el crecimiento de las angiospermas marinas trasplantadas (<http://www.sea-art.org>) o el uso de estructuras que ayudan a estabilizar el sedimento durante el trasplante (Temminck et al. 2020). En general, por el gran coste que tiene la restauración y las incertidumbres asociadas a ellas, la opción prioritaria es la de asegurar la conservación de las praderas aún existentes.

El futuro de las praderas de angiospermas marinas en Europa depende también de las amenazas e impactos que siguen sufriendo. Una de las amenazas a la que se enfrentan las praderas marinas es el cambio climático, el cual ya está teniendo consecuencias en estos ecosistemas. El incremento de eventos extremos, como son las olas de calor (Arias-Ortiz et al. 2018), ha causado impactos negativos sobre las praderas en todo el mundo. Existen estudios basados en modelos que predicen, por ejemplo, grandes pérdidas

de *P. oceanica*, llegando incluso a la extinción funcional en 2100, si se cumplen los escenarios de cambio climático que se prevén (Chefaoui et al. 2018).

Globalmente, se han identificado seis desafíos para la conservación de las praderas de angiospermas marinas (Unsworth et al. 2019) que se pueden aplicar al contexto de Europa: reconocimiento social de la importancia de las praderas marinas, información actualizada del estado y la condición de las praderas, identificación de las actividades que amenazan las praderas a nivel local para tomar las correspondientes acciones de gestión, equilibrio entre las necesidades del planeta y de las personas, generación de investigación científica para apoyar las acciones de conservación, y acciones de conservación en la era del cambio climático. Los agentes implicados, desde ciudadanos y educadores a gestores, políticos y científicos, tienen, por tanto, que hacer frente a estos desafíos para poder asegurar la conservación y la recuperación, en la medida de lo posible, de las praderas marinas europeas.

Agradecimientos

La autora agradece el apoyo de la Fundación Portuguesa para la Ciencia y la Tecnología (FCT) a través de los proyectos SFRH/BPD/119344/2016 y UIDB/04326/2020, y a Eduardo Infantes por las fotografías cedidas para esta publicación.

Referencias bibliográficas

- Arias-Ortiz, A., Serrano, O., Masqué, P., Lavery, P. S., Mueller, U., Kendrick, G. A. (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*. 8: 338.
- Chefaoui, R. M., Duarte, C. M., & Serrão, E. A. (2018). Dramatic loss of seagrass habitat under projected climate change in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*. 24: 4919-4928.
- Cullen-Unsworth, L. C., & Unsworth, R. (2018). A call for seagrass protection. *Science*. 361, 6401: 446-448.
- de los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., van Katwijk, M. M., & 21 autores más. (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications*. 10: 3356.
- de los Santos, C. B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., Jones, B., Kennedy, H., Mazarra, I., McKenzie, L., Nordlund, L. M., & de la Torre-Castro, M. (2020). Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. En: Poutouoglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (Eds). *Out of the blue: The value of seagrasses to the environment and to people*. United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
- Directiva 2000/60/CEE 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* (DO L 327 de 23/10/2000, pp. 1-73).
- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas* (DO L 135 de 30/5/1991, pp. 40-52).
- Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura* (DO L 375 de 31/12/1991, pp. 0001-0008).
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres* (OJ L 206 de 22/07/1992, pp. 7-50).
- Floor, J. R., van Koppen, C. K., & van Tatenhove, J. P. (2018). Science, uncertainty and changing storylines in nature restoration: The case of seagrass restoration in the Dutch Wadden Sea. *Ocean & Coastal Management*. 157, 227-236.
- Gerakaris, V., Lardi, P-L., & Issaris, Y. (2020). First record of the tropical seagrass species *Halophila decipiens* Ostenfeld in the Mediterranean Sea. *Aquatic Botany*. 160: 103151.

- Green, E. P., & Short, F. T. (2003). *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press. Berkeley.
- Kletou, D., Kleitou, P., Savva, I., Attrill, M. J., Antoniou, C., & Hall-Spencer, J. M. (2018). Seagrass recovery after fish farm relocation in the eastern Mediterranean. *Marine Environmental Research*, 140: 221-233.
- Moksnes, P. O., Eriander, L., Infantes, E., & Holmer, M. (2018). Local regime shifts prevent natural recovery and restoration of lost eelgrass beds along the Swedish west coast. *Estuaries and Coasts*, 41: 1712-1731.
- Paulo, D., Cunha, A. H., Boavida, J., Serrão, E. A., Gonçalves, E. J., & Fonseca, M. (2019). Open coast seagrass restoration. Can we do it? Large scale seagrass transplants. *Frontiers in Marine Science*, 6: 52.
- Riemann, B., Carstensen, J., Dahl, K., Fossing, H., Hansen, J. W., Jakobsen, H., Josefson, A. B., Krause-Jensen, D., Markager, S., Stæhr, P. A., Timmermann, K., Windolf, J., & Andersen, J. H. (2016). Recovery of Danish coastal ecosystems after reductions in nutrient loading: a holistic ecosystem approach. *Estuaries and Coasts*, 39: 82–97.
- Roca, G., Alcoverro, T., de Torres, M., Manzanera, M., Martínez-Crego, B., Bennett, S., Farina, S., Pérez, M., & Romero, J. (2015). Detecting water quality improvement along the Catalan coast (Spain) using stress-specific biochemical seagrass indicators. *Ecological Indicators*, 54: 161-170.
- Short, F. T., Polidoro, B., Livingstone, S.R., Carpenter, K. E., Bandeira, S., Bujang, J. S. y veinte autores más (2011). Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144, 7: 1961-1971.
- Tan, Y. M., Dalby, O., Kendrick, G. A., Statton, J., Sinclair, E. A., Fraser, M. W. y veinte autores más (2020). Seagrass restoration is possible: Insights and lessons from Australia and New Zealand. *Frontiers in Marine Science*, 7, 617.
- Temmink, R. J., Christianen, M. J., Fivash, G. S., Angelini, C., Boström, C., Didderen, K. y 16 autores más (2020). Mimicry of emergent traits amplifies coastal restoration success. *Nature communications*, 11: 1, 1-9.
- Unsworth, R. K., McKenzie, L. J., Collier, C. J., Cullen-Unsworth, L. C., Duarte, C. M., Eklöf, J. S., Jarvis, J. C., Jones, B. L. & Nordlund, L. M. (2019). *Global challenges for seagrass conservation*. *Ambio*, 48, 8: 801-815.

