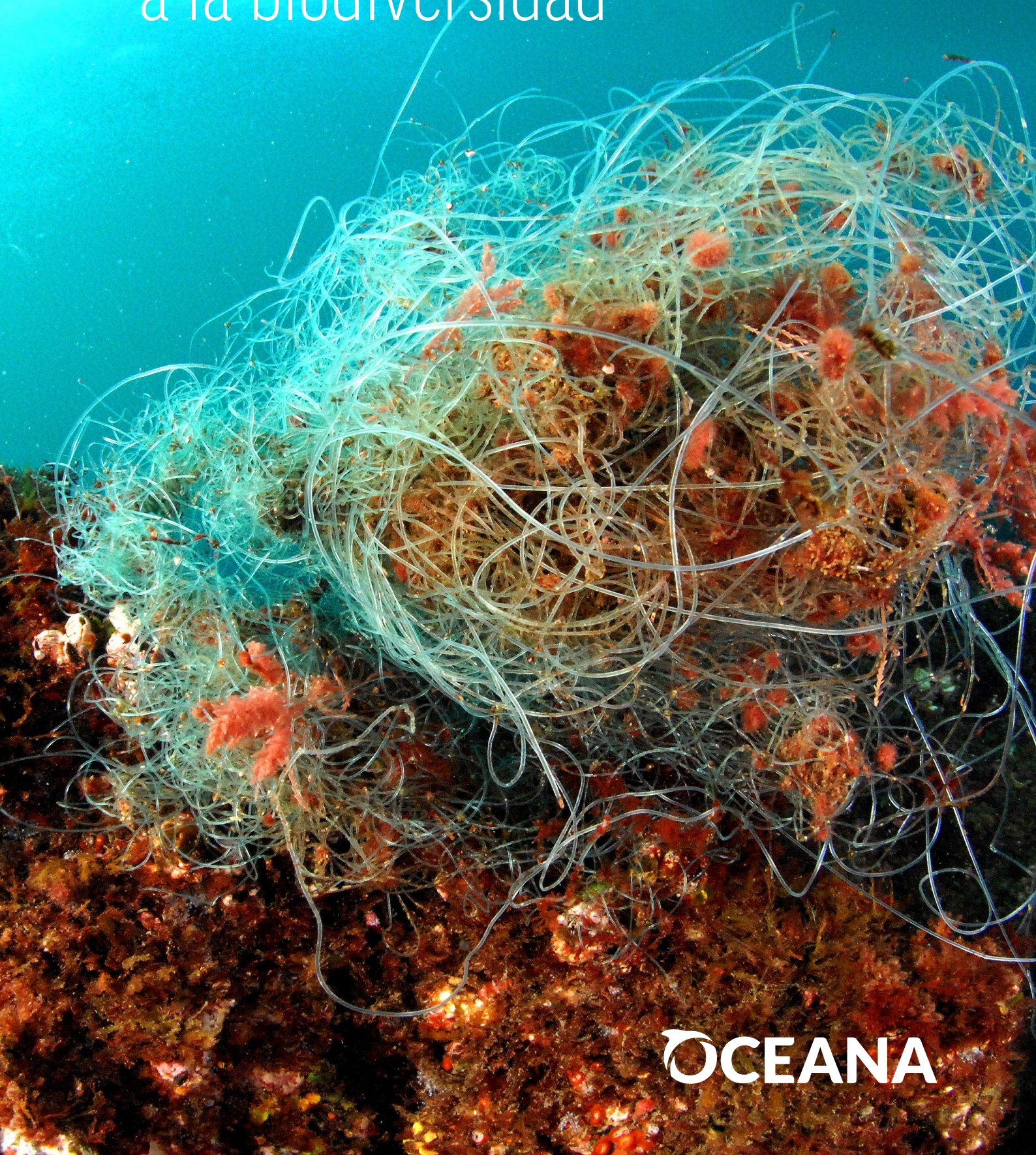


Vertederos submarinos: el asedio del plástico a la biodiversidad



Contenidos

Resumen ejecutivo	3
Introducción	4
Impactos del plástico en los principales hábitats biogénicos	8
1. Arrecifes de corales verdaderos o escleractinios	8
2. Jardines de corales negros, gorgonias, plumas de mar y corales blandos	10
3. Jardines de hidrocorales o falso coral	11
4. Agregaciones de esponjas	11
5. Agregaciones de briozoos	12
6. Agregaciones de moluscos bivalvos	12
7. Bosques de algas	13
8. Praderas marinas	15
9. Otros organismos formadores de hábitats	16
Puntos calientes de biodiversidad: marcos de protección	16
Directrices para unos fondos biogénicos sin plástico	19
1. Recopilar información	19
2. Empezar acciones	21
Conclusiones	23

Créditos

Cita sugerida: Aguilar, R., Álvarez, H., Sánchez, N., Marín, P. (2022).

Vertederos submarinos: el asedio del plástico a la biodiversidad. Oceana, Madrid, 32 pp.

DOI: 10.5281/zenodo.6906795

Revisión: Allison Perry

Coordinación Editorial: Irene Campmany, Ángeles Sáez

Diseño: Yago Yuste

Fotografía de cubierta: Sedal enganchado. Cabo Peñas, Isla Erbosa, Asturias, España. @ Oceana / Enrique Talledo Julio 2022

Todas las fotos son © OCEANA salvo que se indique lo contrario en el pie de foto.

El contenido de este documento es responsabilidad exclusiva de OCEANA y las opiniones que se expresan en el mismo no reflejan necesariamente la posición oficial de la Comisión Europea. La Comisión Europea no es responsable del uso que se pueda hacer de la información contenida en este documento.

Oceana agradece el apoyo de



Resumen ejecutivo

Los hábitats biogénicos son estructuras marinas formadas por diversas especies que sirven de hábitat a otras muchas. Entre ellos se encuentran arrecifes o jardines de corales, agregaciones de esponjas o moluscos, bosques de algas y praderas marinas. La diversidad biológica asociada a estos entornos puede ser enorme. Sin embargo, su contaminación suele pasar desapercibida debido a dos factores: están compuestos por especies que no resultan emblemáticas para la opinión pública, y pueden hallarse a gran profundidad, lejos del impacto visible.^a

Este informe revisa los daños que sufren diversos tipos de hábitats biogénicos, enumera las obligaciones internacionales de proteger aquellos de mayor biodiversidad o fragilidad, y da indicaciones sobre acciones que pueden emprenderse localmente para complementar las políticas con el fin de detener en origen el flujo de residuos.



La inmensa mayoría del plástico que hay en el océano se encuentra en el fondo. Debido a ello, los hábitats biogénicos bentónicos pueden quedar sepultados por acumulación de basura.

Animales filtradores, como corales y esponjas, ingieren microplásticos que pueden resultar tóxicos. Estas sustancias nocivas pueden también bioacumularse, y especies filtradoras como como los bivalvos (mejillones, almejas, ostras) las transfieren a los niveles superiores de la cadena trófica (peces, cefalópodos, etc.).

Las especies estructurantes están expuestas a enganches y enmallamientos por tratarse de organismos sésiles, es decir, que viven fijos al sustrato. En arrecifes de coral y de coralígeno, los residuos provocan casos de roturas y de abrasiones del tejido que abren la puerta a infecciones. Se está estudiando también la propagación de organismos como especies invasoras al fijarse a fragmentos de plástico (*biofouling*) que se desplazan por efectos de las corrientes o el viento.

Los daños que sufren todas estas especies estructurantes afectan a los organismos que dependen de ellas. Muchos hábitats biogénicos que constituyen puntos calientes de biodiversidad se

encuentran amenazados y, por ello, su conservación resulta prioritaria. Esta circunstancia se refleja en diversos instrumentos bajo convenios internacionales, o en la normativa de la Unión Europea.

La ubicuidad de la basura marina exige tomar medidas contundentes. Es necesario desarrollar políticas públicas que fomenten la reducción y la reutilización, para minimizar la llegada de residuos al mar.

© OCEANA / Enrique Talledo



Rascacio (*Scorpaena porcus*) enganchado en un trasmallo. (Ratón de Guetaria, País Vasco, España).

Las estrategias propuestas por Oceana para abordar la llegada de plásticos a los puntos calientes de biodiversidad incluyen una primera fase de recogida de datos, acompañada por restricciones a las actividades desarrolladas en la zona y, en el caso de que sea viable, retirada de los residuos con la precaución de no dañar el hábitat.

^a El desconocimiento sobre la gravedad de la basura en el fondo del mar ya fue señalado en un informe previo de Oceana, en el que se alertaba de que geohábitats (estructuras geológicas en las que viven determinados organismos) como cañones o montañas submarinas se están convirtiendo en "trampas de plástico".

Introducción



La contaminación por plástico amenaza la biodiversidad marina de manera global. Se estima que entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de plástico al año son vertidas al océano,¹ el 80% desde fuentes terrestres,² alterando gravemente la estabilidad de los ecosistemas y la salud de multitud de especies. Estudios más recientes incluso han elevado la cifra a 15 millones de toneladas anuales.³

(Ver pág. 7: infografía *Origen de la contaminación marina por plástico*)

Aunque se sabe que el plástico está muy extendido y ya ha colonizado los lugares más remotos del océano, incluyendo el punto más profundo,⁴ la magnitud real del impacto que este produce en el mar se desconoce. En mayor o menor medida, el plástico afecta negativamente – incluso de manera letal – a la mayor parte de especies marinas impactadas. La forma en la que esto sucede puede variar en función de las características del plástico (tamaño, forma, color), así como de la naturaleza de las propias especies (estrategias de alimentación, hábitat, condiciones físicas).

La mayoría de los estudios se centran en alteraciones producidas en vertebrados superiores conocidos como “especies bandera” marinas, tales como tortugas, cetáceos y aves, que actúan como “bioindicadores” del estado del mar. Los datos arrojan que, actualmente, el 100% de las especies de tortugas, el 66% de las de mamíferos y el 50% de las de aves han ingerido o sufrido enganches en plásticos.⁵

Recientemente se está esclareciendo la gran afección que sufren también animales invertebrados, menos icónicos, pero que desempeñan un papel clave para los ecosistemas marinos porque forman hábitats biogénicos, tales como arrecifes de coral y agregaciones de esponjas. Algo similar ocurre con especies vegetales y algas. Es decir, se trata de organismos que forman estructuras que sirven como base para la proliferación de otras especies, llegando a generar lugares de alta concentración de diversidad biológica o *hotspots* (puntos calientes) de biodiversidad.

Estas especies menos icónicas pueden verse afectadas de múltiples maneras (enganche, abrasión,

ingestión, laceración, arrancamiento, etc.), tanto por macroplásticos (>5 mm) como por micro- o nanoplásticos (0,1-5000 μm y 0,001-0,1 μm , respectivamente).^{6,7} Cuentan con una serie de características comunes a varias o a todas ellas que conllevan importantes problemas asociados y que pueden hacerlas especialmente vulnerables a este tipo de contaminación. A continuación, se describen estas características comunes y los principales impactos derivados de ellas:

Acumulación en el fondo

Las especies que forman hábitats biogénicos en el fondo marino crecen fijas sobre el sustrato en su mayoría: son especies principalmente epibentónicas, sésiles, tales como corales, esponjas, bivalvos, algas o fanerógamas. Los hábitats que forman coinciden con el lugar donde se acumula el 94% del plástico que termina en el mar,² por lo que sus especies asociadas conviven con grandes acumulaciones de plástico de diversa tipología y tamaño (especialmente aquellas que habitan ecosistemas profundos), estando altamente expuestas a sufrir un impacto negativo.

Estas grandes acumulaciones corresponden principalmente a dos tipologías que se diferencian en el tamaño de las piezas de plástico:

- **Plástico fragmentado en forma de nano- o microplástico formando parte del sedimento.** Cabe destacar que las grandes profundidades son los principales sumideros de microplásticos y donde habitan muchas de las especies estructurantes.^{8,9}
- **Macroplástico que tiende a acumularse en formaciones geográficas submarinas** (cañones, fosas o escarpes), donde debido a su morfología quedan atrapados.¹⁰ En estos casos, se han llegado a encontrar hasta 167.540 piezas de plástico por kilómetro cuadrado en un solo muestreo en el cañón del cabo de Creus, procedentes de basura doméstica en mayor medida (72%), además de redes de pesca (17%).¹¹ Estos objetos con el tiempo serán también degradados por efecto de agentes ambientales y oceanográficos hasta ser reducidos a microplásticos.

Ingesta de tóxicos

Si bien es cierto que muchas especies confunden objetos de plástico con sus presas habituales (p. ej., las bolsas de plástico son confundidas con medusas por las tortugas y con calamares por los cachalotes), en el caso de las especies formadoras de hábitats biogénicos la ingesta ocurre a nivel de nano- o microplásticos, dada su estrategia de alimentación.

Se trata de fauna suspensívora (como esponjas, corales o briozoos), que vive erguida sobre el sustrato en zonas de fuertes corrientes y filtra partículas (materia orgánica, plancton, bacterias, etc.) de forma activa o pasiva para extraer alimento.

Los microplásticos son de tamaño y morfología similar a estas partículas, por lo que son ingeridos por un amplio rango de especies, dado que no tienen capacidad de selección, o bien es limitada.¹² Al no poder digerirse, los plásticos producen una serie de impactos físicos que van desde la acumulación en las vías digestivas hasta su distribución por el sistema circulatorio, alojándose en diferentes tejidos y células¹³ y pudiendo acarrear consecuencias más graves:

- **Bioacumulación:** una vez alojado en los tejidos, el microplástico ingerido puede ser transmitido a niveles tróficos superiores, lo que se conoce como "bioacumulación".^{14,15} Esto se debe a que las especies filtradoras se encuentran, generalmente, en la base de la cadena alimentaria.

Este fenómeno se extiende también a especies comerciales, tanto peces como moluscos y crustáceos,¹³ por lo que representa no solo un peligro medioambiental, sino también para el consumidor final.¹⁶ En este sentido, los microplásticos también se han detectado en heces¹⁷ o placenta¹⁸ en seres humanos.

- **Toxicidad:** las especies filtradoras también corren el riesgo de sufrir efectos nocivos derivados de las sustancias tóxicas asociadas a los plásticos. Estas sustancias se agregan durante el proceso de fabricación, y entre ellas se incluyen metales pesados, el estireno, los ftalatos, el bisfenol A, los bifenilos policlorados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos, con el objetivo de proporcionarles unas determinadas propiedades industriales.

Además, debido a sus propiedades químicas y físicas, los plásticos pueden fijar otra serie de sustancias químicas presentes en el océano, incluyendo los denominados contaminantes orgánicos persistentes (POPs, por sus siglas en inglés) y otras sustancias tóxicas y bioacumulativas.¹⁹ Esto conlleva una amenaza más seria que la acumulación, ya que algunas sustancias son cancerígenas o disruptores endocrinos, lo cual potencia una serie de efectos perjudiciales en los procesos biológicos de dichas especies, afectando, entre otras variables, a su desarrollo, reproducción y comportamiento, u ocasionándoles la muerte.²⁰

La flotabilidad de los plásticos. ¿Por qué tienden a acumularse en el fondo?



© OCEANA / Enrique Talledo

Trozo de botella de plástico junto a estrella espinosa (*Marthasterias glacialis*). (Islas Arenillas, Cantabria, España).

Además de los agentes oceanográficos, el factor que determina si un plástico flota en el agua o se hunde es su gravedad específica, es decir, su densidad con respecto al agua. Por lo general, los plásticos de tipo policloruro de vinilo (PVC) o tereftalato de polietileno (PET) tienen una gravedad específica más alta que el agua, por lo que tienden a depositarse en el fondo, aumentando las tasas de sedimentación del plástico en el fondo marino.²⁹

Los plásticos con menor gravedad específica, como el polietileno (PE) o el polipropileno (PP), aunque a priori flotan en la columna de agua,³⁰ sufren diversos procesos biológicos por los cuales se les adhieren material orgánico y/o bacterias. Este proceso es conocido como "bioincrustación" o *biofouling* y puede aumentar el tamaño y la densidad de las partículas de plástico, lo que favorece que se hundan y sean más accesibles para las especies que habitan en el fondo del mar.

Como en el caso anterior, se producen fenómenos de bioacumulación de sustancias tóxicas, tales como sustancias químicas disruptoras endocrinas (EDCs), documentados en numerosas especies marinas como aves, tortugas, tiburones o peces, así como en los humanos.²¹ Recientes estudios en humanos también han detectado la presencia de microplásticos en sangre,²² y se ha recomendado limitar el consumo de ciertas especies comerciales para grupos vulnerables como embarazadas y lactantes por la potencial toxicidad de los microplásticos y los contaminantes asociados a ellos.²³

Rotura y abrasión

Muchas de las especies formadoras de hábitats biogénicos se consideran especies estructurantes o ingenieras, ya que producen estructuras mayormente de carbonato cálcico, que sirven de sustrato para otras muchas especies. Las estructuras, en forma de jardín, arrecife, agregación, etc., son utilizadas como refugio o lugares de puesta, cría, alimentación o descanso, atrayendo así a especies secundarias y siendo en determinados casos hábitats con alto índice de biodiversidad.²⁴

Estas formaciones son muy susceptibles al impacto físico y pueden sufrir rotura o abrasión por basuras plásticas, especialmente en el caso de especies arborescentes cuyas “ramas” favorecen el enganche. Los taxones con morfologías más complejas y ramificadas, como corales, gorgonias, esponjas, hidrocorales, macroalgas y fanerógamas marinas, son los más afectadas por este impacto.²⁵ En algunos casos, las especies generan un mucus protector que recubre el exoesqueleto. Este puede ser dañado simplemente con el roce del plástico (abrasión), lo que deja una zona al descubierto propensa a ser atacada por bacterias u otros patógenos.

Dado el alto valor ecológico que proporcionan, algunos de estos hábitats y especies están protegidos a nivel regional, nacional o local, así como las zonas donde suelen habitar (ver pág. 16: *Puntos calientes de biodiversidad: Convenios de protección*). Las formaciones más propicias para que estos hábitats proliferen son los cañones, montañas submarinas o escarpes, dado su sustrato rocoso y sus fuertes corrientes. Desafortunadamente, estas formaciones coinciden con las denominadas “trampas de plásticos”, zonas donde

los plásticos suelen acumularse, por lo que los hotspots o puntos calientes de biodiversidad son también hotspots de plástico.⁴

Propagación de especies exóticas

Algunos estudios demuestran que diversas especies bentónicas y sésiles pueden emplear los desechos plásticos como sustrato y fijarse sobre ellos, pero en la actualidad se desconoce la verdadera extensión del problema y el impacto que esto puede producir sobre los organismos, como cambios en su integridad, longevidad y resiliencia.^{26,27}

Sobre lo que sí se han constatado efectos perjudiciales es sobre el papel que el plástico, dada su flotabilidad y disponibilidad en el mar, desempeña como vector para especies invasoras. De hecho, más del 80% de las especies exóticas del Mediterráneo podrían haber llegado en basuras flotantes o utilizar la basura para seguir ampliando su distribución.²⁸ La dispersión de las especies puede producir desequilibrios en los ecosistemas y suponen una amenaza para la biodiversidad marina local.

Aparejos de pesca: el plástico más letal

Los aparejos de pesca están fabricados con plástico en su mayoría y constituyen el 10% de la basura plástica marina.³² Los artes perdidos y abandonados continúan pescando de forma no selectiva, produciendo graves daños con consecuencias altamente letales en especies pelágicas, así como roturas y laceraciones en especies bentónicas, incluyendo corales, gorgonias, hidrocorales, esponjas y algas.^{25,33}

Además, se ha comprobado que el impacto de los aparejos de pesca (y también de otros plásticos) puede ser incluso más perjudicial en ecosistemas dominados por especies sésiles como corales o esponjas, ya que, una vez se produce una rotura por enmallamiento, el objeto plástico queda libre para enredarse de nuevo en otro individuo.^{25,34,35} Oceana ha podido observar este fenómeno en las vertientes con cierto grado de inclinación de las montañas submarinas, donde los plásticos, líneas y redes se desplazan verticalmente, dejando un rastro de colonias con evidencias de impacto y continuando con el proceso de destrucción ladera abajo.



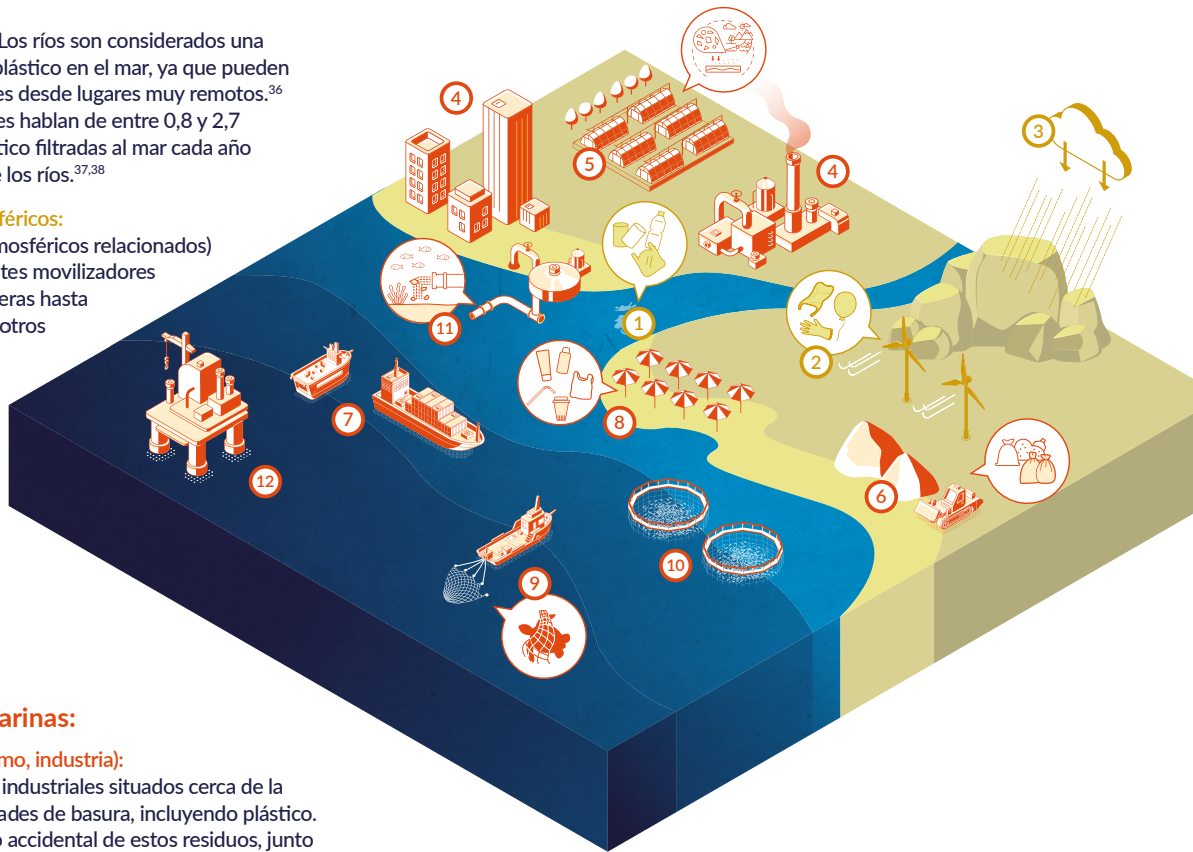
© OCEANA / Carlos Minguell

Origen de la contaminación marina por plástico

El primer paso para acotar el problema del plástico en el mar consiste en identificar sus fuentes, tanto aquellas que suceden en tierra como las que tienen lugar en el mar, así como los vectores que se encargan de transportar los residuos desde sus orígenes hasta los ecosistemas marinos.

Vectores

- 1 **Desembocaduras de los ríos:** Los ríos son considerados una de las principales fuentes de plástico en el mar, ya que pueden transportar grandes cantidades desde lugares muy remotos.³⁶ Las estimaciones más recientes hablan de entre 0,8 y 2,7 millones de toneladas de plástico filtradas al mar cada año desde las desembocaduras de los ríos.^{37,38}
- 2 **Viento y otros eventos atmosféricos:** El viento (y los fenómenos atmosféricos relacionados) es uno de los principales agentes movilizadores de plásticos desde zonas costeras hasta el mar.¹ Los globos, junto con otros elementos compuestos de plásticos ligeros como bolsas de plástico, guantes o envoltorios, son los objetos más fácilmente transportados por el viento, y se encuentran entre los más mortíferos para la fauna marina.^{39,40}
- 3 **Lluvia y escorrentía.**



Fuentes terrestres y marinas:

- 4 **Ocupación del litoral (urbanismo, industria):** Las ciudades y polos industriales situados cerca de la costa generan grandes cantidades de basura, incluyendo plástico. La liberación intencionada y/o accidental de estos residuos, junto con una gestión deficiente de los mismos, convierten estos lugares en principales fuentes de plástico, ya que son propensos a alcanzar el mar transportados por el viento y la escorrentía, así como por otros episodios meteorológicos más violentos como lluvias torrenciales o inundaciones.⁴¹
- 5 **Plásticos agrícolas:** Globalmente se emplean 6,1 millones de toneladas al año de plásticos destinados para la industria agrícola (invernaderos, mantillos, revestimientos, protectores de árboles, etc.), y se prevé un aumento del 50% en la demanda para 2030 (9,5 millones de toneladas en total).⁴⁴ Este gran volumen de plástico genera un problema de contaminación, ya que se descompone en microplásticos acumulados en los suelos agrícolas y perjudica a la salud y el medio ambiente.⁴⁵
- 6 **Vertederos**
- 7 **Tráfico marítimo**
- 8 **Turismo:** El sector turístico desarrollado en la costa es uno de los agentes que más plástico marino genera.⁴² En áreas masificadas como las islas mediterráneas, el 80% de la basura marina encontrada en playas está directamente relacionada con la actividad turística,⁴³ lo cual representa alrededor de 40 millones de artículos al día.
- 9 **Pesca:** Las redes de pesca perdidas o descartadas representan un 10% de los desechos plásticos en el mar.³² Un reciente metaanálisis estimó que el 5,7% de todas las redes, el 8,6% de todas las nasas y el 29% de todas las líneas de pesca se pierden alrededor del mundo cada año.⁴⁶
- 10 **Acuícultura**
- 11 **Emisarios**
- 12 **Plataformas petrolíferas**

A continuación, se lleva a cabo una revisión bibliográfica que recopila información sobre la tipología y los mayores impactos derivados del plástico que sufren las principales especies formadoras de hábitats biogénicos a nivel global, tanto en aguas someras como de profundidad. Se aportan también ejemplos que

se han podido documentar durante las expediciones científicas de Oceana. Por último, se incluyen una guía con recomendaciones sobre cómo reducir las fuentes de plásticos y retirar los residuos para evitar que lleguen a las zonas más comprometidas.

Impactos del plástico en los principales hábitats biogénicos

1. Arrecifes de corales verdaderos o escleractinios

Los corales son organismos muy diversos, que tienen en común su alta sensibilidad a los impactos externos. Los corales escleractinios, también denominados corales pétreos o duros, se caracterizan por generar un exoesqueleto duro, recubierto de escleritos (células especializadas en la formación de calcita) para su crecimiento y protección.

Hay múltiples variables que determinan el tipo y grado de impacto que generan los residuos plásticos en colonias de coral, en función de las características de las especies y el tipo de plástico, pero sus efectos negativos han sido ampliamente documentados. Entre ellos se incluyen:

Enfermedades

Los estudios indican que la presencia de basuras plásticas está asociada con la incidencia de enfermedades en arrecifes de coral – tales como la “banda negra”,⁴⁷ los síndromes blancos o la erosión del esqueleto –, las cuales se incrementan de media entre un 20% y un 80% cuando existe un contacto directo.⁴⁸

Los corales tropicales de tipo masivo corren mayor riesgo de desarrollar enfermedades al entrar en contacto con plásticos (98% de probabilidades) que las estructuras arrecifales más complejas, a pesar de que en estas últimas existe mayor probabilidad de contacto y acumulación de plástico.⁴⁸

Rotura y abrasión

Los daños en arrecifes o colonias de corales pueden ser causados por macro- o microplásticos, los cuales contribuyen al declive que estos organismos sufren a escala global.⁴⁹ Los impactos más documentados causados por macroplásticos son la rotura del exoesqueleto y la abrasión.^{50,51} En este caso, junto con las basuras domésticas, destacan los aparejos de pesca abandonados, incluyendo las nasas,⁵² los cuales causan enmallamiento, apantallamiento, ocupación del sustrato y espacio disponible, e incremento de enfermedades a consecuencia de la abrasión.^{34,53,54,55}

Estos daños pueden originar una rápida colonización de algas, lo que termina produciendo la muerte y reduciendo la cobertura de corales en el sustrato, desplazando los corales en favor de otras especies bentónicas.⁵⁶ La pérdida de biodiversidad asociada tiene consecuencias negativas que también afectan al ser humano,⁵⁷ como así refleja un estudio que calcula que estas modificaciones en los hábitats formados por corales tropicales reducen la productividad pesquera a menos de un tercio.⁵⁸

Ingesta de microplásticos

Al tratarse de organismos filtradores, algunos corales pueden ingerir microplásticos ocasionalmente.⁵⁹⁻⁶³ Esto acarrea una serie de consecuencias directas tales como la disminución de captura de especies naturales que nutrirían adecuadamente al coral, lo cual puede provocar una falsa sensación de saciedad que afecta a la alimentación y, por tanto, a su crecimiento.⁶⁴ Otros efectos de la ingesta de microplásticos son el aumento de la producción de mucus, el incremento del blanqueamiento y pérdida de algas simbióticas y los cambios en la eficiencia fotosintética.^{64,65,66,67}

Trozo de plástico enganchado en corales de profundidad (*Madrepora oculata*, *Desmophyllum pertusum*). (Malta).



OCEANA © LIFE BaHAR for N2K

Los corales dañados por plásticos y aparejos llegan a morir, lo que reduce la biodiversidad y la pesca asociada al arrecife.

Procesos biológicos

Las características biológicas de las especies de corales pueden influir en la naturaleza y la gravedad de los daños causados por el plástico. Por ejemplo, los corales son especialmente vulnerables a la contaminación plástica durante las primeras etapas de su vida, ya que el contacto con microplásticos puede afectar a los gametos y larvas, la fertilización, la supervivencia de embriones e incluso a su asentamiento y fijación en los fondos marinos.^{68,69,70}

Daños a hábitats de profundidad

Los efectos negativos del plástico no solo se han descrito en corales tropicales, sino también en los de aguas profundas. Recientes estudios han analizado el impacto de macro- y microplásticos sobre corales de profundidad, como *Desmophyllum pertusum*, uno de los principales formadores de hábitats en aguas frías.⁶⁴ Estos efectos incluyen la

reducción de la tasa de crecimiento del esqueleto, el incremento en el uso de energía por parte de los pólipos para alimentarse, la disminución del éxito en la captura de sus presas, y la reducción de las tasas de calcificación, lo que pone en peligro la resiliencia del arrecife y la biodiversidad asociada. También se han detectado efectos en otros corales y gorgonias de profundidad, como necrosis parciales.^{5,33}



Aunque la información sobre los corales de aguas frías es reducida en comparación con los arrecifes tropicales, durante las expediciones marinas llevadas a cabo por Oceana, se han podido observar restos plásticos en multitud de especies de corales escleractinios de profundidad imprescindibles para la formación de hábitats, como *Dendrophyllia cornigera*, *D. ramea*, *Desmophyllum pertusum* y *Madrepora oculata*.



En detalle: “Trampa de plástico” en arrecife de *Madrepora oculata*

Durante las investigaciones de Oceana en los alrededores de las islas del archipiélago maltés, se documentó una zona habitada por un denso arrecife de coral blanco *Madrepora oculata*. Además de estos corales, que constituyen un importante refugio para especies de peces como el voraz (*Pagelus bogaraveo*) y el linterna (*Epigonus constanceae*) o de crustáceos como el krill (*Meganyctiphanes norvegica*), se encontraron multitud de residuos plásticos, algunos de reconocida naturaleza doméstica y/o turística, tales como bolsas y vasos desechables. Tratándose de un área remota (a unas 20 mn de la costa) y profunda (en torno a 540 m), constituye un claro ejemplo de “trampa de plástico” y de sus efectos perjudiciales. De hecho, pudieron documentarse numerosos plásticos enganchados en el coral, así como secciones de coral desprendido colindantes a las colonias, lo cual sugiere una rotura causada por enganche y/o abrasión.



Arrecife de coral blanco (*Madrepora oculata*) con basura a 540 metros de profundidad. (Malta).

OCEANA © LIFE BaFAR for N2K

2. Jardines de corales negros, gorgonias, plumas de mar y corales blandos

De forma semejante a los corales escleractinios, los plásticos y restos de aparejos de pesca producen daños en corales negros (antipatarios) y en octocorales, los cuales incluyen gorgonias, plumas de mar y corales blandos. Estos corales forman jardines tanto en fondos blandos como duros, y la fauna asociada a ellos configura valiosas comunidades.

Los datos muestran que cuando estas especies entran en contacto con contaminación por plásticos, son más vulnerables al parasitismo,^{71,72} además de otros efectos negativos como sofocación y abrasión del tejido, lo que causa la mortalidad parcial o total de individuos y colonias.^{26,73,74,75} Como animales filtradores, también están expuestos a la ingesta de microplásticos, hecho que se ha documentado en gorgonias⁷⁶ y plumas de mar.⁷⁷

Cada vez son más los estudios que reflejan la frecuencia del encuentro de plásticos enganchados (mayoritariamente restos de aparejos de pesca), en estos corales en todo el mundo,^{78,79} y se amplía el número de especies a medida que se van realizando más investigaciones en antipatarios y octocorales y se incluyen aguas profundas y remotas. En la montaña submarina Condor, situada en el Atlántico norte, se observaron basuras enganchadas en

gorgonias como *Dentomuricea cf. meteor* y *Viminella flagellum* a profundidades de hasta 1.092 m⁸⁰ y en el Mediterráneo, son diversos los ejemplos de colonias de corales negros y gorgonias dañadas por plásticos.^{33,81-85} Las investigaciones revelan laceraciones e incremento de epibiontes y mortalidad, lo cual puede conducir a la desaparición local de estos bosques submarinos. Esto puede llegar a comprometer la existencia de algunas especies, especialmente si tienen lugar en poblaciones de distribución limitada. Este es el caso de los corales blandos *Dendronephthya australis*, los cuales sirven como refugio para un gran número de individuos, incluyendo juveniles de importantes especies comerciales.⁸⁶



Las observaciones realizadas por Oceana en el Atlántico, Mediterráneo y Mar del Norte han podido verificar y documentar estos impactos en especies tanto de gorgonias como de corales negros, como *Antipathes dichotoma*, *Callogorgia verticillata*, *Elisella paraplexauroides*, *Eunicella spp.*, *Isidella elongata*, *Leiopathes glaberrima*, *Narella sp.*, *Paramuricea clavata* y *Viminella flagellum*.

-0000-
-0000-
-0000-
-0000-

En detalle: Líneas de pesca en jardín de gorgonias

La elevación submarina Seco de Palos está situada aproximadamente 30 mn al este de Cabo de Palos (Región de Murcia), y se ha propuesto su declaración como Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) dentro de la Red Natura 2000.

Dado el gran desconocimiento y la alta diversidad biológica asociada a los montes submarinos,⁸⁷ Oceana llevó a cabo una expedición al Seco de Palos. En ella se observaron –además de un ecosistema altamente productivo– una elevada frecuencia de sedales y aparejos de plástico perdidos, sobre todo en la zona de los escarpes, presumiblemente fruto de la pesca de grandes pelágicos que tiene lugar en la zona. Estos aparejos afectaban de forma directa a las colonias de gorgonias *Callogorgia verticillata*, las cuales mostraban claras roturas o laceraciones por esta causa.⁸⁸



Sedales enganchados en gorgonias de profundidad. (Seco de Palos, Murcia, España).

3. Jardines de hidrocorales

Los hidrocorales son hidrozooos que poseen un exoesqueleto calcáreo similar al de los corales verdaderos. El conocimiento sobre el impacto de la contaminación por plásticos sobre estos organismos en Europa es prácticamente inexistente, ya que son especies menos comunes y que suelen vivir en aguas profundas, frías o con condiciones oceanográficas específicas.

No obstante, existen algunos datos sobre la presencia de restos plásticos de aparejos de pesca en colonias de *Errina aspera* en el estrecho de Messina (Italia), pero no

se ha podido analizar su impacto, salvo la colonización de este hidrocoral sobre los restos de aparejos.⁸⁹

En cambio, estudios llevados a cabo en aguas más someras en los arrecifes de los Cayos de Florida sí que han podido documentar impactos de basuras y artes de pesca perdidas sobre especies de hidrocoral como *Millepora alcicornis* y *M. complanata*.²⁶ Al igual que ocurre en otros organismos sésiles, esta contaminación les provoca abrasión del tejido y causa la mortalidad parcial o total de individuos y colonias.

4. Agregaciones de esponjas

Junto a los corales e hidrocorales, las esponjas parecen estar entre los organismos afectados más habitualmente por aparejos de pesca perdidos o abandonados y otras basuras marinas.²⁶ El efecto más evidente es la abrasión generada por estos residuos, que pueden llevar a una pérdida de tejido o, incluso provocar la muerte del animal.

Las esponjas son uno de los taxones sobre los que menos estudios relacionados con la ingesta de microplásticos se han realizado.^{90,91} Sin embargo, se presume que pueden ser indicadores para detectar y estimar la densidad de microplásticos en el mar,⁹² dada su ubicuidad en los ecosistemas marinos y su gran potencial filtrador (hasta 35 mL de agua por minuto y por cm³ de esponja).⁹³ En particular, se están analizando colecciones almacenadas en museos para esclarecer un periodo temporal de referencia sobre el comienzo de la interacción de los plásticos con los organismos naturales, así como un histórico de sus áreas y niveles de mayor acumulación en los tejidos de la biota marina.⁹⁴

Algunos efectos detectados en esponjas tras ingerir microplásticos son las modificaciones en las pautas de contracción ante la presencia de ftalatos, lo cual puede desempeñar un papel importante en la alimentación de los poríferos.⁹⁵ En algunas zonas, como en el Mediterráneo, la afectación por plásticos en especies filtradoras parece estar muy extendida. Cuando se trata de especies de esponjas mediterráneas incluidas como Vulnerables en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, la tasa de impacto de plásticos llega al 73%.⁹⁶

En las esponjas de mayor porte es donde más se aprecian los efectos de los plásticos. En particular, se han encontrado reiteradamente evidencias de afección por plásticos en las esponjas cristal (Hexactinellida), incluso en zonas remotas como las grandes profundidades del Ártico,⁹⁷ y en el Pacífico,⁹⁸ donde también se han detectado microplásticos en estos poríferos. No obstante, el efecto de estos plásticos ha sido encontrado incluso en individuos de pequeño porte, como la esponja carnívora *Cladorhiza gelida*.⁹⁹



Oceana también ha documentado macroplásticos y restos de aparejos de pesca atrapados en esponjas del género *Geodia* o *Axinella*, o litístidas como *Leiodermatium pfeifferae*,¹⁰⁰ así como en especímenes de hexactinélidas de aguas profundas del Atlántico y Mediterráneo, como *Asconema setubalense* o *Pheronema carpenteri*.

Esponja hexactinélida (*Pheronema* sp.) con restos de plástico. (Punta de Tejada, El Hierro, islas Canarias, España).





En detalle: Restos de aparejos en esponjas cristal

Junto con la Universidad del Algarve, Oceana llevó a cabo una expedición en los cañones submarinos frente al Cabo de San Vicente (Portugal), donde se documentaron grandes volúmenes de basura plástica en densidades que alcanzaban 3,31 objetos por cada 100 metros muestreados.¹⁰¹ En su mayoría, esta basura provenía de actividades pesqueras, tratándose de desechos de aparejos como redes y líneas de pesca. Las especies más impactadas por estos artes fueron las esponjas cristal (*Geodia* sp., *Asconema setubalense*), que se documentaron en contacto con líneas de pesca y con evidentes daños en su estructura.



Esponjas cristal (*Asconema setubalense*) y sedales a 424 metros de profundidad. (Cañón de San Vicente, Portugal).

5. Agregaciones de briozoos



Plástico sobre falso coral (*Myriapora truncata*), rodolitos, algas y esponjas. (Puerto de Mahón, Menorca, Islas Baleares, España).

Hay muchas especies de briozoos que forman grandes estructuras tridimensionales y que, potencialmente, pueden sufrir impactos por plástico similares a los observados en corales y gorgonias.



Oceana ha podido documentar algunos de los impactos de macroplásticos en especies como *Myriapora truncata*, *Pentapora* spp. o *Schizoporella errata*, o incluso el sobrecrecimiento de otras, como *Adeonella calveti*, en restos de artes de pesca.

6. Agregaciones de moluscos bivalvos

Los moluscos bivalvos engloban un gran número de especies, varias de ellas relevantes por la formación de extensas agregaciones que forman hábitats con altos grados de biodiversidad, por el papel fundamental que representan en la base de la cadena trófica y por su valor comercial.¹⁰² Por ello, y al tratarse de animales filtradores, existe una extensa bibliografía sobre como estos organismos pueden acumular una gran cantidad de contaminantes, entre ellos los relacionados con la ingesta de microplásticos en muchas especies.¹⁰³



Lecho de mejillones (*Mytilus* sp.). (Puente de Öresund, Sund Central, Suecia).

© OCEANA / Enrique Talledo

Mejillones

Uno de los casos más estudiados es el de los mejillones (Mytilidae), los cuales sufren la contaminación por microplásticos, como ha sido demostrada en múltiples zonas de Europa. Por ejemplo, en las costas bálticas de Dinamarca y en el Mar del Norte en Francia, Bélgica y los Países Bajos, se han detectado cantidades medias de 0,2-1,5 partículas de microplásticos por gramo de peso húmedo;^{104,105,106} mientras que en las costas del norte de España, se han detectado densidades promedios de 2,55 partículas de microplásticos por gramo de peso húmedo.¹⁰⁷

Entre los principales efectos negativos en mejillones, destacan las respuestas inflamatorias en el aparato digestivo,¹⁰⁸ la reducción de la actividad filtradora,¹⁰⁹ e incluso la disminución de la adherencia de estos moluscos a las rocas.¹¹⁰

Otros bivalvos, tanto coloniales (mytilidos) como no coloniales (pectínidos), también han mostrado efectos por la presencia de microplásticos, como el bloqueo de los apéndices que utilizan para la alimentación.^{111,112}

7. Bosques de algas

Los denominados “bosques de algas” constituyen hábitats de gran importancia en el medio marino, ya que albergan a un gran número de especies y desempeñan un papel principal en la base de la cadena trófica. Por ello, son susceptibles de absorber microplásticos del ambiente y pueden transferir esta contaminación a otros organismos predadores.

Algas pardas

Existen varios estudios donde se investiga el rol de diversas algas como vector para la introducción de plásticos en la cadena alimentaria.^{116,117} Este hecho ya ha sido descrito en el alga *Fucus vesiculosus*, donde los microplásticos son transferidos a niveles superiores de la cadena trófica a través de uno de sus predadores, el molusco *Littorina littorea*.¹¹⁶

También se ha comprobado la acumulación de ftalatos en algas pardas como *Sargassum* spp.¹¹⁸ Este contaminante, directamente relacionado con la ingesta

Ostras

Muchas ostras especies de bivalvos sufren también afecciones derivadas de la ingesta de microplásticos, como es el caso de las ostras. La ostra *Magallana gigas* experimenta reducciones en el potencial reproductor (p. ej., variación en el número y tamaño de los oocitos en hembras y en la velocidad del esperma en machos) cuando se ve expuesta a concentraciones de microperlas de poliestireno. Los datos concluyen que estos efectos pueden derivar en inhibición de la fertilización, reducción de la supervivencia de larvas y problemas en el crecimiento de la descendencia.¹¹³ Otros efectos adversos observados incluyen la reducción del tamaño de los huevos y del éxito de eclosión.¹¹⁴ Las ostras perlíferas (*Pinctada margaritifera*) también presentan efectos negativos sobre la alimentación y reproducción derivados de la contaminación por plásticos tales como la reducción de la eficiencia de asimilación y el balance energético general.¹¹⁵



Las filmaciones realizadas por Oceana en agregaciones de bivalvos han podido verificar la presencia de plásticos y aparejos de pesca en ostras como *Neopycnodonte cochlear* y *N. zibrowii*, tanto en el Atlántico como en el mar Mediterráneo.

de plásticos como PVC, afecta a animales y plantas,¹¹⁹ por lo que actualmente se investiga la posibilidad de que pudiera influir negativamente también en la reproducción de las plantas acuáticas.¹²⁰ Otras especies como *Padina* sp. y *Sargassum ilicifolium* también han sido documentadas con restos de microplásticos, pero sus efectos secundarios aún se desconocen.¹²¹

Bosque de quelpos (*Laminaria* sp.). (Karmoy, Fosa de Noruega).

© OCEANA / Carlos Minguell



Algas verdes

En el caso de las algas verdes, la contaminación plástica puede afectar a la fotosíntesis, generando una reducción de la absorción de nutrientes y fomentando la producción de especies de oxígeno reactivo,¹²² lo cual suele ser indicativo de estrés ante agentes externos nocivos para el organismo.^{123,124} Estas alteraciones pueden provocar daños en las proteínas, lípidos y ADN, incluso llegando a la muerte celular.^{124,125}

Algas rojas

Cabe destacar el impacto que ejercen los macroplásticos sobre hábitats de importante valor ecológico formados por algas, como son las agregaciones de algas rojas calcáreas. Las algas formadoras de coralígeno y maërl crean bioconstrucciones de carbonato cálcico conocidas como formaciones arrecifales, que desempeñan un papel en el ecosistema semejante al de los corales. Estas estructuras son muy frágiles y susceptibles a la abrasión o rotura que pueden crear los plásticos y artes de pesca descartadas, las cuales quedan enganchadas en ellas y afectan tanto a las algas como a los otros organismos formadores de este hábitat único.^{126,127}



Los muestreos de Oceana han encontrado plásticos entre diferentes comunidades algales, incluyendo lechos de maërl, coralígeno, fucales, laminariales, y clorofitas.

Arrecife de algas rojas calcáreas.
(Isla de las Palomas, Murcia, España).

© OCEANA / Juan Cuetos



Los plásticos pueden entrar en la cadena alimentaria a través de las algas. Las formaciones arrecifales de algas rojas calcáreas son muy frágiles.



En detalle: Pesca fantasma en coralígeno

La zona de Fort d'en Moreu (Islas Baleares) constituye una gran extensión de coralígeno situada al este del archipiélago de Cabrera sobre el que destacan los jardines de gorgonias rojas (*Paramuricea clavata*) que crecen sobre un grueso arrecife de algas calcáreas y un bosque de quelpos mediterráneos. Hoy en día la zona está incluida en el área ampliada del Parque Nacional de Cabrera, la cual alberga una gran biodiversidad.

En diversas expediciones, Oceana ha documentado, además de la riqueza de este importante hábitat, numerosos restos de aparejos de pesca recubriendo las formaciones arrecifales de algas calcáreas, afectando a sus estructuras y siendo colonizadas por distintos epibiontes.¹²⁸



Red de arrastre abandonada en fondo de coralígeno con gorgonia roja (*Paramuricea clavata*).
(Fort d'en Moreu, Cabrera, Islas Baleares, España).

8. Praderas marinas

Las praderas de fanerógamas marinas cumplen un papel en el ecosistema semejante al de los bosques de algas, y también sufren los efectos producidos por contaminación de micro- y macrolásticos. En la actualidad, ya se ha constatado la presencia de microplásticos y fibras en praderas de fanerógamas de varias especies, como *Cymodocea rotundata*,¹²⁸ *Enhalus acoroides*,¹²⁹ *Posidonia oceanica*,¹³⁰ *Thalassia hemprichii*,¹²⁹ *T. testudinum*¹³¹ y *Zostera marina*.¹³²

Microlásticos

Las fanerógamas de grandes dimensiones son las más susceptibles a acumular mayores cantidades de epifitos y microlásticos. Como en el caso de las algas, existe la posibilidad de que estos contaminantes pasen a la cadena trófica a través de las especies herbívoras que se alimentan de las hojas o de los epifitos que crecen en ellas.^{133,134} Además, las sustancias tóxicas asociadas a los microlásticos probablemente pueden funcionar como inhibidores y disruptores en los procesos fotosintéticos y de crecimiento de las fanerógamas.¹³⁵

Macrolásticos

El plástico queda atrapado entre las hojas arrancadas y otros restos vegetales que llegan a la costa y ello contribuye a reducir la cantidad de basura en el mar.¹³⁶ Aun así, esto no excluye a las fanerógamas de ser afectadas por los macrolásticos en diferentes maneras. En el Mediterráneo se ha comprobado que las bolsas de plásticos, incluso las biodegradables, pueden aumentar la competición por los recursos en las praderas mixtas de *Cymodocea nodosa* y *Zostera noltii*.¹³⁷ En las marismas costeras se ha documentado cómo los macrolásticos impiden que las plantas obtengan la cantidad de luz necesaria o cubren extensiones en las que desaparece la vegetación (apantallamiento),^{138,139} y modifican las microcorrientes de fondo,¹⁴⁰ ambos importantes para especies fotosintéticas y que necesitan fijarse al fondo reteniendo sedimentos.

A su vez, las fanerógamas también están expuestas a enganches con aparejos de pesca, que pueden reducir la densidad foliar en especies como *Thalassia testudinum* o *Syringodium filiforme*.¹⁴¹

Los daños producidos pueden permanecer durante meses tras la retirada del objeto.¹⁴²



© OCEANA / Enrique Talledo

Tenedor de plástico entre hojas de posidonia (*Posidonia oceanica*). (Magaluf, Mallorca, Islas Baleares, España).



En detalle: Basura plástica en praderas de fanerógamas

En 2019, Oceana documentó algunas zonas de la costa mallorquina para investigar la relación entre las áreas donde se concentra el turismo, considerado una de las principales fuentes de generación de residuos plásticos de un solo uso,¹⁴³ y la presencia de dichos plásticos en los ecosistemas marinos adyacentes. Se halló una gran concentración de plásticos –de carácter doméstico o turístico– sobre fondos con praderas de posidonia (*Posidonia oceanica*) frente a la costa de Magaluf, uno de los polos turísticos más importantes de las Islas Baleares.¹⁴⁴



© OCEANA / Enrique Talledo

Botella de plástico en pradera de posidonia. (Magaluf, Mallorca, Islas Baleares, España).

9. Otros organismos formadores de hábitats

Además de las mencionadas arriba, existen muchas otras especies formadoras de hábitats que también sufren los efectos del plástico en los océanos. Para muchas de ellas, existe aún un gran vacío de información, sobre todo las especies que habitan en zonas más profundas, pero no por ello se debe ignorar esta amenaza. A continuación, se describen varios ejemplos:

- **Balánidos:** Algunos estudios apuntan a enmallamientos y efectos perjudiciales que los microplásticos producen en los crustáceos sésiles, como las bellotas de mar y los percebes.^{145,146,147} Estos estudios señalan especies muy importantes en la formación de hábitats de profundidad,¹⁴⁸ como *Pachylasma giganteum*,⁸⁹ pero también especies fundamentales en los ecosistemas costeros, como *Balanus amphitrite*.¹⁴⁶



© OCEANA / Enrique Talledo

Ascidia y basura marina.
(Punta Entinas - El Sabinar, Almería, España).

- **Tunicados:** La presencia de microplásticos en ascidias (patatas/tomates de mar) ha sido documentada tanto en el tracto digestivo como en el sistema circulatorio.^{149,150} Un estudio ha determinado que las ascidias son capaces de retener hasta 0,62 microplásticos por gramo de tejido, lo cual supone cinco veces más que en animales con gran capacidad filtradora como los bivalvos *Magallana gigas* (0,11 microplásticos/g);¹⁶ *Mytilus galloprovincialis* (0,05 microplásticos/g) y *Anomia ephippium* (0,12 microplásticos/g).¹⁶ También se han detectado en ellas los aditivos tóxicos propios de la elaboración de plásticos, como ftalatos.¹⁵¹



Durante sus expediciones, Oceana ha documentado múltiples ecosistemas marinos que ponen de manifiesto la ubicuidad del plástico en el mar y sus graves afecciones a múltiples especies, además de las citadas en este informe. Estos ecosistemas incluyen jardines de corales bambú, fondos de foraminíferos gigantes, campos de crinoideos y lechos de braquiópodos.

Puntos calientes de biodiversidad: marcos de protección

Un buen número de los hábitats biogénicos descritos en este informe están considerados como prioritarios para su conservación en Europa. Bien sea por su diversidad biológica, su capacidad productiva, su importancia para especies endémicas o su fragilidad ante impactos externos, han sido incluidos en listados de protección y/o son objeto de planes de acción específicos regulados por instrumentos a nivel nacional, europeo o regional. Ello evidencia

su importancia desde el punto de vista de la conservación y es un claro signo de la necesidad de evitar los impactos que la contaminación por plástico produce en ellos.

Entre las herramientas normativas destaca la Directiva Hábitats,¹⁵² ya que su principal objetivo es la conservación de hábitats naturales y especies silvestres de la Unión Europea. Por otro lado, buena

parte de estos hábitats también figuran en las listas de especies y hábitats amenazados y/o en peligro de diferentes convenios regionales (OSPAR,¹⁵³ HELCOM,¹⁵⁴ Convenio de Barcelona UNEP-MAP¹⁵⁵),

para los que, en algunos casos, se han desarrollado Planes de Acción.^{156,157,158} La inclusión de los hábitats en estas listas significa que los países tienen que tomar medidas vinculantes para su conservación y protección.

Tratándose de impactos en el mar, es destacable la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, ya que marca la prevención, protección y conservación del medio marino ante las presiones y los impactos de las actividades humanas perjudiciales como principal objetivo.¹⁵⁹ De hecho, uno de los once descriptores utilizados para evaluar el “Buen Estado Ambiental” es el D10 “Basuras Marinas”, en el que el plástico tiene un papel relevante, ya que ha sido uno de los principales residuos que se encuentran en el mar y en la costa.



© OCEANA / Gorka Leclercq

Plásticos procedentes de un invernadero. (Almería, España).



Trozo de bolsa de plástico junto a sargos breados (*Diplodus cervinus*). (Arenillas, Cantabria, España).

Es posible identificar formaciones biogénicas de interés para la conservación dentro de todas las tipologías de hábitats afectados por residuos plásticos aquí descritos. La que incluye casi todos ellos es la catalogación realizada por la Directiva Hábitats bajo el hábitat de interés comunitario “1170 – Arrecife”. Este contempla todo tipo de arrecifes biogénicos, los cuales son definidos como *incrustaciones, concreciones coralogénicas y lechos de bivalvos procedentes tanto de animales vivos como de sus restos*, que se amplía a un gran número de bioconstructores y algas en su manual de interpretación. Esta Directiva también contempla el hábitat “1120 – Praderas de Posidonia”,

el cual está recogido en el hábitat aquí descrito como “praderas marinas”.

Además de estos instrumentos, la Lista Roja Europea de Hábitats clasifica los hábitats terrestres, marinos y costeros en función de cinco criterios que evalúan su riesgo de colapso.¹⁶⁰ Dentro de los hábitats considerados amenazados, se establecen tres categorías: peligro crítico de extinción, peligro de extinción y vulnerable, distinguiendo entre los distintos mares europeos. Entre los que tienen más probabilidad de resultar amenazados por la basura plástica marina, se encuentran aquellos formados por bosques o agregaciones de algas, tales como *Fucus* spp. o maërl, las praderas marinas y las agregaciones de moluscos, como la icónica almeja de Islandia (*Arctica islandica*) (Tabla 1).

En las regiones mediterránea y atlántica, los hábitats afectados por plásticos más citados en estas listas corresponden a aquellos formados por corales verdaderos, gorgonias, corales negros, corales blandos y agregaciones de esponjas, así como bosques de algas y praderas marinas. En cambio, en la región báltica, HELCOM reduce la lista roja de hábitats a jardines de plumas de mar, bosques de algas y agregaciones de moluscos, de acuerdo con los hábitats que proliferan en esta zona.

Tabla 1: Hábitats biogénicos de interés para la conservación afectados por plásticos.

CR: en peligro crítico de extinción; EN: en peligro de extinción; VU: vulnerable (con probabilidad de convertirse en hábitat en peligro de extinción).

HÁBITATS BIOGÉNICOS	MARCO EUROPEO		MARCO REGIONAL		
	DIRECTIVA HÁBITATS (HÁBITAT TIPO)	LISTA ROJA EUROPEA DE HÁBITATS MARINOS	OSPAR	UNEP-MAP	HELCOM
Arrecifes coral escleractinio	1170 Arrecife		✓	✓	
Jardines de corales negros	1170 Arrecife		✓	✓	
Jardines de gorgonias	1170 Arrecife		✓	✓	
Jardines de corales blandos	1170 Arrecife		✓	✓	
Jardines de plumas de mar	1170 Arrecife		✓		EN ^b
Jardines de hidrocorales	1170 Arrecife				
Agregaciones de esponjas	1170 Arrecife		✓	✓	
Agregaciones de moluscos bivalvos	1170 Arrecife	EN ^{c,d,e}	✓		CR ^f ; VU ^g
Agregaciones de briozoos	1170 Arrecife			✓	
Bosques/agregaciones de algas	1170 Arrecife	EN ^{h,i} ; VU ^j	✓	✓	EN ^{k,l,m,n,o,p}
Praderas marinas	1120 Praderas de Posidonia	CR ^q ; VU ^{r,s}	✓	✓	

- b Báltico: Sedimento fangoso afótico caracterizado por la presencia de plumas de mar
 c Noreste Atlántico: Lechos de mejillones en la zona litoral
 d Mediterráneo: Lechos de mejillones en la zona infralitoral
 e Mediterráneo: Lechos de ostras en la zona infralitoral
 f Báltico: Sedimento fangoso afótico dominado por almeja islandesa (*Arctica islandica*)
 g Báltico: Sedimento arenoso afótico dominado por almeja islandesa (*Arctica islandica*)
 h Mediterráneo: Comunidades fotofílicas con bosque de algas en roca infralitoral y circalitoral superior
 i Mediterráneo: Comunidades dominadas por algas en sedimento infralitoral
 j Noreste Atlántico: Fondos de maërl
 k Báltico: Sustrato mixto fótico dominado por agregaciones estables de *Fucus* spp. (variedad enana)

- l Báltico: Fondos de fango fótico dominado por agregaciones estables de *Fucus* spp. (variedad enana)
 m Báltico: Fondo de cascajo fótico dominado por agregaciones estables de *Fucus* spp. (variedad enana)
 n Báltico: Sedimento arenoso fótico dominado por agregaciones estables de *Fucus* spp. (variedad enana)
 o Báltico: Fondos de maërl en zona fótica (partículas sueltas de alga roja coralina)
 p Báltico: Fondos de maërl en zona afótica (partículas sueltas de alga roja coralina)
 q Noreste Atlántico: Praderas en fondos de arena infralitoral (no Macaronesia)
 r Noreste Atlántico: Praderas en fondos de arena infralitoral (Macaronesia)
 s Mediterráneo: Praderas de posidonia en zona infralitoral

Los hábitats marinos resultan dañados por actividades como la pesca con artes de contacto (p. ej., redes de arrastre, dragas, etc.), la minería o la extracción de hidrocarburos, así como por impactos de otra índole como la dispersión de especies invasoras o la acidificación, por ejemplo. El plástico constituye una amenaza adicional que añade un grado de dificultad a la gestión de estos hábitats, ya que su origen normalmente se encuentra en zonas alejadas de donde se produce el impacto.

Ya se han evaluado los costes de esta contaminación sobre la sociedad, el medio ambiente y la economía,¹⁶¹ aunque sus consecuencias negativas sobre las especies marinas se deben seguir investigando.^{162,163} También se desconoce el efecto acumulativo que

puede ejercer el plástico sobre un hábitat que sufre otros factores de estrés, lo cual ocurre con frecuencia en el medio marino.

El plástico termina en el mar en enormes cantidades y se distribuye de manera ubicua. Esto hace que sea prácticamente imposible de retirar, especialmente cuando ha alcanzado zonas alejadas de la costa y/o de gran profundidad. Por eso, la solución pasa por erradicar el problema en origen, lo que en mayor medida evitaría que entre en contacto con hábitats biogénicos de especial interés para su conservación. A continuación, se incluyen una serie de directrices sobre cómo evitar que el plástico alcance estas zonas de gran importancia para el ecosistema marino y retirar el que ya está presente sin dañar el hábitat.

Directrices para unos fondos biogénicos sin plástico

1. Recopilar información

Para definir las medidas que se pueden aplicar en cada zona en particular, es necesario llevar a cabo un estudio previo en el que se identifiquen las características oceanográficas y biológicas del lugar, así como su grado de contaminación. Para ello, se analizarán las siguientes variables:

- **Corrientes marinas:** Las corrientes marinas cumplen un importante papel en la distribución del plástico en el mar. Transportan el plástico desde sus fuentes (mayoritariamente terrestres), haciendo que pueda recorrer largas distancias y/o agregarse en áreas específicas, como los giros oceanográficos.¹⁶⁴ Múltiples estudios científicos han desarrollado modelos para conocer cómo las corrientes marinas distribuyen los desechos tanto a nivel mundial¹⁶⁵ como regional –como en el caso del muy contaminado Mediterráneo^{166,167,168} – y cuáles son los lugares de concentración más propensos (p. ej., zonas costeras).¹⁶⁹

La concentración de plásticos también puede variar en función de las características de las masas de agua, tales como la temperatura y la densidad. Esto puede apreciarse en las plumas formadas en las desembocaduras de los ríos y en los frentes costeros, donde el aumento de las partículas orgánicas en suspensión favorece la retención de plásticos flotantes.¹⁷⁰

- **Hábitats vulnerables y “trampas de plástico”:** El tipo de ecosistemas presentes en una zona se encuentra entre los factores más importantes para determinar tanto los potenciales impactos de la contaminación marina como las medidas más apropiadas para minimizarlos. La existencia de uno o más hábitats biogénicos aumenta la probabilidad de que produzcan cierto tipo de daños (*ver Impactos del plástico en los principales hábitats biogénicos*), lo cual tiene implicaciones para la vida marina que depende de ellos. Por ello, identificar y señalar en el mapa la distribución

de hábitats biogénicos dentro de un área es un paso esencial para entender su vulnerabilidad a la contaminación por plástico.

La vulnerabilidad también depende de la complejidad del hábitat: el nivel de estructura tridimensional que contenga, con ejemplares ramificados y erectos, estructuras duras, etc. Por ejemplo, los hábitats biogénicos de profundidad como arrecifes de corales y agregaciones de esponjas podrían servir como indicador de daños producidos por macroplásticos, ya que suelen ser altamente vulnerables a estos impactos al tratarse de especies sésiles, muy frágiles, con un periodo de vida que puede alcanzar los cientos o miles de años y con una tasa de crecimiento muy reducida. En el caso de los microplásticos, las especies filtradoras como las esponjas o los moluscos bivalvos pueden servir como indicadores de los niveles encontrados en la zona.⁹²

Dentro de los hábitats vulnerables a la contaminación por plástico, algunos de ellos son más susceptibles a la acumulación de residuos por otras razones. Determinadas formaciones geológicas donde se suelen hallar hábitats biogénicos (cañones submarinos, escarpes, montañas submarinas, depresiones o cuevas) pueden actuar como zonas de concentración de basura marina y convertirse en “trampas de plástico”.¹⁰

Es necesario identificar estas zonas, así como evaluar la vulnerabilidad a la exposición al plástico de las especies que las habitan. Esta

varía en función de si las especies están situadas de forma densa o dispersa en el hábitat, de si son perennes o de ciclo anual, y de su lento o rápido crecimiento.

■ Contaminación por macroplásticos *in situ*:

En cierta medida, los plásticos albergan señales que pueden revelar su origen o permiten su categorización. De esta forma, los envases de crema solar están ligados a actividades recreativas, los aparejos de pesca a actividades pesqueras y las máscaras de buceo a actividades subacuáticas. En algunos casos puede ser posible identificar si tienen un origen local o remoto, lo cual, junto con el estudio de las corrientes, es fundamental para conocer la fuente principal de los residuos plásticos que afectan al área. Por ejemplo, un estudio realizado en la isla holandesa de Texel determinó que el 42% de los plásticos encontrados fueron originados en el país, mientras que el resto provenía tanto de países vecinos como de lugares remotos, como Canadá o China.¹⁷¹

Una clasificación más profunda permite establecer categorías en función del objeto, el tipo de plástico y su composición química. Estas características revelan información crucial acerca de cómo se va a comportar el objeto una vez alcance el océano (flotabilidad, erosión, descomposición, etc.), además de determinar el tipo de impacto y lesiones que puede causar en las distintas especies formadoras de hábitats biogénicos, como se ha descrito anteriormente. En la actualidad, existen guías para clasificar los distintos desechos plásticos marinos hallados tanto en la costa como en el mar.^{172,173,174}

■ Otros impactos:

Es común que una zona en particular se vea afectada por más de un impacto medioambiental al mismo tiempo, por lo que los hábitats biogénicos pueden encontrarse en una situación más vulnerable debido a esta sinergia. Es importante conocer todos los factores de estrés a los que está sometida la zona para contemplar los posibles efectos acumulativos junto con el plástico.

Lista de verificación

- ✓ *Análisis de las corrientes tanto de superficie como de fondo, así como de las masas de agua y el grado de plásticos que contienen.*
- ✓ *Mapeo el fondo marino para identificar la distribución de hábitats vulnerables y potenciales trampas de plástico.*
- ✓ *Censo de los plásticos de la zona y su origen (p. ej., origen local/remoto, marca comercial, etc.).*
- ✓ *Clasificación de los plásticos en función de la tipología de residuo marino, así como de su peligrosidad con respecto al tipo de hábitat presente.*
- ✓ *Evaluación del riesgo potencial de cada hábitat localizado a la exposición del tipo de plástico presente, en conjunto con otros factores de estrés a los que esté sometido.*
- ✓ *Selección de especies indicadoras por su vulnerabilidad al contacto con plásticos, bien por enmalles o laceraciones (p. ej., corales, esponjas), bien por su tendencia a la bioacumulación (p. ej., bivalvos).*

Envase de plástico de crema solar protectora en la arena. (Playa del Carmen. Barbate, Cádiz, España).

© OCEANA / Pilar Marín



2. Emprender acciones

A nivel regional, se han establecido acciones en los Planes de Acción para las Basuras Marinas tanto en el Convenio de Barcelona (UNEP/MAP Decisión IG.21/7)¹⁷⁵ como en OSPAR ¹⁷⁶ con el objetivo de alcanzar objetivos medioambientales en sus respectivas zonas. Dentro del programa Interreg MED, el proyecto Plastic Busters MPAs (<https://plasticbustersmpas.interreg-med.eu/>) ha estudiado ampliamente los efectos de la basura en áreas marinas protegidas, y ha desarrollado directrices y mejores prácticas para abordarlos en el Mediterráneo.







A continuación, se proponen una serie de recomendaciones que pueden complementar dichos planes y contribuir a la reducción del plástico en puntos calientes de biodiversidad.

› Reducir fuentes de plástico cerca de puntos calientes de biodiversidad:

Como ya se ha mencionado, las fuentes de contaminación pueden estar originadas en lugares muy alejados, ya que las corrientes marinas se encargan de transportar los desechos plásticos a distancias incluso intercontinentales. Este problema requiere ser abordado mediante legislación y políticas

públicas para minimizar el uso de plásticos innecesarios y su vertido descontrolado.

A continuación, se incluye una tabla en la que se proponen recomendaciones para paliar la contaminación derivada de acciones llevadas a cabo en las proximidades de hábitats biogénicos.

📍 FUENTES LOCALES DE PLÁSTICO	★ RECOMENDACIONES
 Pesca profesional y recreativa	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar artes fijos en zonas sensibles • Establecer zonación para reducir la pérdida de redes • Promover el uso de artes, cajas de pescado o cebo biodegradables • Evitar el uso de artes de pesca compuestos de materiales de baja calidad (p. ej., botellas de plástico como boyas) • Establecer un sistema para comunicar la pérdida de artes
 Submarinismo	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un sistema para comunicar objetos extraviados durante la práctica del submarinismo • Promover la recogida de plástico por los submarinistas y establecer jornadas de limpieza • Llevar a cabo programas educativos para instructores y submarinistas
 Navegación	<ul style="list-style-type: none"> • Vigilar el vertido ilegal de desechos desde embarcaciones • Informar a las autoridades de desechos encontrados durante la navegación • Promover programas educativos en puertos deportivos y clubs de navegación
 Embarcaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo un registro de los barcos que desarrollen actividades profesionales y de recreo que circulen por la zona o inmediaciones • Vigilar el posicionamiento en tiempo real de los barcos que desarrollen actividades profesionales y de recreo que circulen por la zona o inmediaciones, y que cuenten con sistemas de posicionamiento geográfico
 Zonas de fondeo	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener las zonas de fondeo alejadas de los hábitats biogénicos • Establecer sistemas ecológicos de fondeo • Prohibir el fondeo de embarcaciones tipo cargo y cruceros • Establecer sanciones para las embarcaciones que viertan desechos en las zonas de fondeo
 Registro de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un registro de actividades y sus potenciales impactos en los hábitats biogénicos con especial referencia a aquellas actividades que sean potenciales fuentes de plástico
 Ocupación costera	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir el plástico de un solo uso en instalaciones y tiendas, así como a los visitantes de las zonas costeras donde se hallen hábitats biogénicos • Instalar sistemas de recogida adecuados en las zonas costeras cercanas a las áreas donde se encuentren hábitats biogénicos

Reducir el plástico en origen



① Diseñar los productos teniendo en cuenta el fin de su ciclo de vida y la probabilidad de acabar como basura dispersa



② Reemplazar artículos desechables por reutilizables



③ Mejorar los mecanismos de recogida, incluyendo sistemas de depósito y retorno



④ Eliminar productos dañinos para la vida silvestre y embalajes prescindibles



⑤ Aplicar sistemas de identificación de aparejos y establecer protocolos de retirada de artes de pesca perdidas

Retirar el plástico:

Para reducir el impacto del plástico sobre los hábitats biogénicos una vez este ya se ha liberado en el medio o ha alcanzado el mar desde tierra, se pueden contemplar diferentes posibilidades de recolección. Estas opciones están muy limitadas por razones tecnológicas, económicas y ambientales, y por ello solo se deben contemplar como último recurso.

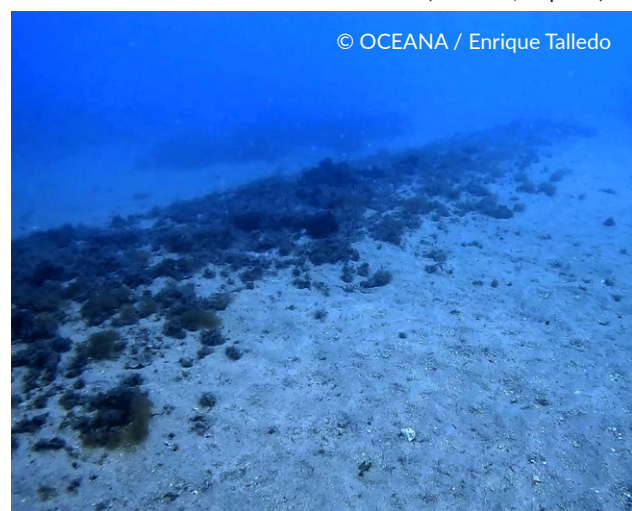
La evaluación previa a su puesta en marcha tendrá en cuenta una serie de cuestiones:

» **Localización:** la presencia de basura se aprecia más en zonas costeras y someras, donde su retirada es más sencilla, pero la mayor parte de la basura oceánica se encuentra en las zonas profundas, donde es difícil de alcanzar.⁹ Dependiendo de la profundidad y la accesibilidad del lugar, el plástico puede ser retirado de dos maneras:

»» **Recogida manual:** en las zonas costeras y accesibles, la recolección manual es la mejor alternativa para eliminar macropásticos. La colaboración ciudadana y de ONG puede ser de gran ayuda a acciones desarrolladas por empresas o administraciones, bien para llevar a cabo una recogida directa o empleando equipos de buceo autónomo.

»» **Recogida mecánica:** para las zonas inaccesibles, bien por su lejanía de la costa como por su profundidad, existen formas mecánicas de recoger desechos plásticos tales como el uso de robots (*remotely operated vehicles*, ROV), los cuales acarrear un alto coste y desarrollo tecnológico. También existen dispositivos para áreas pequeñas -como puertos deportivos-, que pueden evitar la salida de residuos a mar abierto aun a costa de afectar a la vida marina de superficie. La pesca de arrastre también ha sido empleada indirectamente para extraer basura del fondo marino, si bien se trata de un método no selectivo y, por tanto, ejerce un gran impacto negativo sobre los ecosistemas bentónicos. Por ello, Oceana no contempla esta última opción como alternativa aconsejable para la limpieza del plástico en el mar.

Posibles marcas de arrastre. (Almería, España).



© OCEANA / Enrique Talledo

- » **Variedades del plástico:** la tipología, composición y químicos añadidos del plástico, así como su morfología, deben tenerse en cuenta a la hora de establecer prioridades para su retirada. Los aparejos de pesca (redes, líneas, cabos, nasas, etc.) y los plásticos ligeros (bolsas, envolturas, globos, etc.) son los más dañinos para la fauna marina, por lo que deben ser prioritarios dado el impacto severo que causan en los hábitats marinos.⁴⁰
- » **Tipo de hábitat:** dependiendo de la complejidad del hábitat, el plástico puede ser más difícil de localizar, como por ejemplo en una pradera marina o en un bosque de algas, donde puede quedar oculto entre la vegetación. También puede suceder que el plástico esté enredado en especies muy ramificadas y de gran fragilidad, lo cual dificulta su recogida sin dañar los organismos. Es importante establecer un balance entre el impacto que está ejerciendo el plástico, y el que supondría su retirada si implica la destrucción de ciertos hábitats.

De esta forma, pueden existir ocasiones en las que el planteamiento consiste en no intervenir y, por tanto, dejar el desecho plástico donde se encuentra como alternativa a generar daños mayores sobre los hábitats. Esta opción se puede contemplar para los casos en los que el objeto esté muy enredado o haya sido colonizado por especies sésiles de lento crecimiento, como corales verdaderos o gorgonias, o especies que estén protegidas o en riesgo de extinción, con lo cual su retirada no sería posible sin afectar a los hábitats bentónicos.

En el caso en el que el objeto no puede ser retirado por estos motivos, pero está causando un gran impacto sobre otras especies, como puede ocurrir con las redes y líneas de pesca, Oceana considera que es posible reducir el daño cortando las líneas/redes para evitar la pesca fantasma. De esta forma, también se evitan los perjuicios provocados por artes que están enredadas en sustratos rocosos como montañas submarinas o escarpes, donde las redes pueden caer pendiente abajo y afectar a un gran número de especies biogénicas que proliferan allí.

Conclusiones

Basado en el análisis realizado, y dada la multitud de afecciones descritas en apartados anteriores, Oceana propone tres acciones clave para combatir el impacto producido por el plástico:



Reducir el consumo: reducir o eliminar el uso de productos de plástico que resultan más dañinos para el medio marino. Esta medida es fundamental para reducir drásticamente la contaminación por plástico de los hábitats marinos.



Documentar la zona: cartografiar los hábitats marinos más vulnerables a la contaminación por plásticos, con especial atención a los hábitats profundos -donde este tipo de contaminación es menos conocida-, y comprobar el solapamiento de hábitats vulnerables con lugares de concentración de basuras.



Tomar medidas: desarrollar un protocolo para la retirada de plásticos en ecosistemas marinos vulnerables.

Referencias

- ¹ Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771.
- ² Sherrington, C. (2016). *Plastics in the Marine Environment*. Eunomia Research & Consulting Ltd.
- ³ Forrest, A., Giacobazzi, L., Dunlop, S., Reisser, J., Tickler, D., Jamieson, A., & Meeuwig, J. J. (2019). Eliminating plastic pollution: how a voluntary contribution from industry will drive the circular plastics economy. *Frontiers in Marine Science*, 6, Article 627.
- ⁴ Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S., Ogido, M., & Fujikura, K. (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy*, 96, 204–212.
- ⁵ Kühn, S., Rebolledo, E. L. B., & Franeker, J. A. (2015). Deleterious effects of litter on marine life. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 75–116). Springer International Publishing.
- ⁶ Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (Eds.). (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- ⁷ Recomendación de la Comisión de 18 de octubre de 2011 relativa a la definición de nanomaterial. (Texto pertinente a efectos del EEE). (2011/696/EU). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L275, de 20 de octubre de 2011.
- ⁸ Peng, G., Bellerby, R., Zhang, F., Sun, X., & Li, D. (2020). The ocean's ultimate trashcan: Hadal trenches as major depositories for plastic pollution. *Water Research*, 168, Article 115121.
- ⁹ Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), Article 140317.
- ¹⁰ Aguilar, R., Marín, P., Álvarez, H., Blanco J., & Sánchez, N. (2020). *Plastic in the deep: An invisible problem. How the seafloor becomes a plastic trap*. Oceana. https://eu.oceana.org/sites/default/files/oceana-plastic_in_the_deep_an_invisible_problem.pdf
- ¹¹ Tubau, X., Canals, M., Lastras, G., Rayo, X., Rivera, J., & Amblas, D. (2015). Marine litter on the floor of deep submarine canyons of the Northwestern Mediterranean Sea: The role of hydrodynamic processes. *Progress in Oceanography*, 134, 379–403.
- ¹² Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131–139.
- ¹³ Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R., Lundebye, A. K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336–348.
- ¹⁴ Kelly, B. C., Ikonoumou, M. G., Blair, J. D., Morin, A. E., & Gobas, F. A. (2007). Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. *Science*, 317(5835), 236–239.
- ¹⁵ Nelms, S. E., Galloway, T. S., Godley, B. J., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999–1007.
- ¹⁶ Bonello, G., Varrella, P., & Pane, L. (2018). First evaluation of microplastic content in benthic filter-feeders of the Gulf of La Spezia (Ligurian Sea). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(3), 284–291.
- ¹⁷ Schwabl, P., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. (2019). Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Annals of Internal Medicine*, 171, 453–457.
- ¹⁸ Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Biaocco, F., Draghi, S., S'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, Article 106274.
- ¹⁹ Stafford, C., & Wentworth, J., C. 2016. Marine Microplastic Pollution. Houses of Parliament. Parliamentary Office of Science & Technology. *POSTnote*, 528(June 2016).
- ²⁰ Haegerbaeumer, A., Mueller, M. T., Fueser, H., & Traunspurger, W. (2019). Impacts of micro- and nano-sized plastic particles on benthic invertebrates: A literature review and gap analysis. *Frontiers in Environmental Science*, 7, Article 17.
- ²¹ Biamis, C., O'Driscoll, K., & Hardiman, G. (2021). Microplastic toxicity: a review of the role of marine sentinel species in assessing the environmental and public health impacts. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 3, Article 100073.
- ²² Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199.
- ²³ Akhbarizadeh, R., Moore, F., & Keshavarzi, B. (2019). Investigating microplastics bioaccumulation and biomagnification in seafood from the Persian Gulf: A threat to human health? *Food Additives and Contaminants, Part A*, 36(11), 1696–1708.
- ²⁴ Rossi, S., Bramanti, L., Gori, A., & Orejas, C. (Eds.). (2017). *Marine animal forests: The ecology of benthic biodiversity hotspots*. Springer International Publishing.
- ²⁵ Vegter, A. C., Barletta, M., Beck, C., Borrero, J., Burton, H., Campbell, M. L., Costa, M. F., Eriksen, M., Eriksson, C., Estrades, A., Gilardi, K. V. K., Hardesty, B. D., Sul, J. A. I., Lavers, J. L., Lazar, B., Lebreton, L., Nichols, W. J., Ribic, C. A., Ryan, P. G., Schuyler, Q. A., Smith, S. D. A., Takada, H., Townsend, K. A., Wabnitz, C. C. C., Wilcox, C., Young, L. C., Hamann, M., & Ivar do Sul, J. A. (2014). Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife. *Endangered Species Research*, 25, 225–247.
- ²⁶ Chiappone, M., Dienes, H., Swanson, D. W., & Miller, S. L. (2005). Impacts of lost fishing gear on coral reef sessile invertebrates in the Florida Keys National Marine Sanctuary. *Biology Conservation*, 121, 221–230.

- ²⁷ Smith, S. D. A., & Hattori, H. (2008). Corals versus monofilament: Corals fight back in Savusavu Bay, Fiji. *Coral Reefs*, 27, 321.
- ²⁸ Galgani, F., Barnes, D. K. A., Deudero, S., Fossi, M. C., Ghiglione, J.F., Hema, T., Jorissen, F. J., Karapanagioti, H.K., Katsanevakis, S., Klasmeyer, J., von Moos, N., Pedrotti, M. L., Raddadi, N., Sobral, P., Zambianchi, E., & Briand, F. (2014). Executive Summary. In F. Brand (Ed.), *Marine litter in the Mediterranean and Black Seas* (pp. 7–20). CIESM Workshop Monograph No. 46. CIESM Publisher.
- ²⁹ Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution*, 178, 483–492.
- ³⁰ Corcoran, P. L. (2015). Benthic plastic debris in marine and fresh water environments. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 17(8), 1363–1369.
- ³¹ Botterell, Z. L., Beaumont, N., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2019). Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environmental Pollution*, 245, 98–110.
- ³² Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2009). *Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear*. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 185; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523. United Nations Environment Programme/ Food and Agriculture Association.
- ³³ Consoli, P., Romeo, T., Angiolillo, M., Canese, S., Esposito, V., Salvati, E., Scotti, G., Andaloro, F., & Tunesi, L. (2019). Marine litter from fishery activities in the Western Mediterranean Sea: The impact of entanglement on marine animal forests. *Environmental Pollution*, 249, 472–481.
- ³⁴ Donohue, M. J., Boland, R. C., Sramek, C. M., & Antonelis, G. A. (2001). Derelict fishing gear in the northwestern Hawaiian Islands: Diving surveys and debris removal in 1999 confirm threat to coral reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 1301–1312.
- ³⁵ Abu-Hilal, A., & Al-Najjar, T. (2009). Marine litter in coral reef areas along the Jordan Gulf of Aqaba, Red Sea. *Journal of Environmental Management*, 90, 1043–1049.
- ³⁶ Al-Zawaidah, H., Ravazzolo, D., & Friedrich, H. (2021). Macroplastics in rivers: present, knowledge, issues and challenges. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 23(4), 535–552.
- ³⁷ Lebreton, L. C., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8, Article 15611.
- ³⁸ Meijer, L. J. J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7, Article eaaz5803.
- ³⁹ Wilcox, C., Mallos, N. J., Leonard, G. H., Rodriguez, A., & Hardesty, B. D. (2016). Using expert elicitation to estimate the impacts of plastic pollution on marine wildlife. *Marine Policy*, 65, 107–114.
- ⁴⁰ Roman, L., Schuyler, Q., Wilcox, C., & Hardesty, B. D. (2020). Plastic pollution is killing marine megafauna, but how do we prioritize policies to reduce mortality? *Conservation Letters*, 14(2), Article e12781.
- ⁴¹ Axelsson, C., & van Sebille, E. (2017). Prevention through policy: Urban macroplastic leakages to the marine environment during extreme rainfall events. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 211–227.
- ⁴² Wilson, S. P., & Verlis, K. M. (2017). The ugly face of tourism: Marine debris pollution linked to visitation in the southern Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 117(1-2), 239–246.
- ⁴³ Grelaud, M., & Ziveri, P. (2020). The generation of marine litter in Mediterranean island beaches as an effect of tourism and its mitigation. *Scientific Reports*, 10, Article 20326.
- ⁴⁴ FAO. (2021). Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action. FAO. <https://www.fao.org/3/cb7856en/cb7856en.pdf>
- ⁴⁵ Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Diaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N., & Mateo, M.A. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution*, 273, Article 116451.
- ⁴⁶ Richardson, K., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2019). Estimates of fishing gear loss rates at a global scale: A literature review and meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 20(6), 1218–1231.
- ⁴⁷ Glas, M. S., Sato, Y., Ulstrup, K. E., & Bourne, D. G. (2012). Biogeochemical conditions determine virulence of black band disease in corals. *ISME Journal*, 6, 1526–1534.
- ⁴⁸ Lamb, J.B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359, 460–462.
- ⁴⁹ Sweet, M., Stelfox, M., & Lamb, J. (2019). *Plastics and shallow water coral reefs. Synthesis of the science for policy-makers*. United Nations Environment Programme.
- ⁵⁰ Sweet, M., & Bythell, J. (2015). White Syndrome in *Acropora muricata*: Nonspecific bacterial infection and ciliate histophagy. *Molecular Ecology*, 24(5), 1150–1159.
- ⁵¹ Sweet, M. J., & Séré, M. G. (2016). Ciliate communities consistently associated with coral diseases. *Journal of Sea Research*, 113, 119–131.
- ⁵² Lewis, C. F., Slade, S. L., Maxwell, K. E., & Matthews, T. R. (2009). Lobster trap impact on coral reefs: Effects of wind-driven trap movement, New Zealand. *Journal of Marine and Freshwater Research*, 43(1), 271–282.
- ⁵³ Angiolillo, M., & Canese, S. (2018). Deep gorgonians and corals of the Mediterranean Sea. In C. Duque Beltran, & E. Tello Camacho (Eds.), *Corals in a Changing World* (pp. 29–49). IntechOpen.
- ⁵⁴ Ferrigno, F., Appolloni, L., Russo, G. F., & Sandulli, R. (2017). Impact of fishing activities on different coralligenous assemblages of Gulf of Naples (Italy). *Journal of Marine Biology Association of the United Kingdom*, 98, 1–10.

- ⁵⁵ Mueller, J., Bill, N., Reinach, M., Lasut, M., Freund, H., & Schupp, P. (2022). A comprehensive approach to assess marine macro litter pollution and its impacts on corals in the Bangka Strait, North Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 175, Article 113369.
- ⁵⁶ Schleyer, M. H., & Tomalin, B. J. (2000). Damage on South African coral reefs and an assessment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach. *Bulletin of Marine Science*, 67(3), 1025–1042.
- ⁵⁷ Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787–790.
- ⁵⁸ Rogers, A., Blanchard, J. L., & Mumby, P. J. (2014). Vulnerability of coral reef fisheries to a loss of structural complexity. *Current Biology*, 24(9), 1000–1005.
- ⁵⁹ Allen, A. S., Seymour, A. C., & Rittschof, D. (2017). Chemoreception drives plastic consumption in a hard coral. *Marine Pollution Bulletin*, 124, 198–205.
- ⁶⁰ Hall, N. M., Berry, L. E., Rintoul, L., & Hoogenboom, M. O. (2015). Microplastic ingestion by scleractinian corals. *Marine Biology*, 162, 725–732.
- ⁶¹ Axworthy, J. B., & Padilla-Gamiño, J. L. (2019). Microplastics ingestion and heterotrophy in thermally stressed corals. *Scientific Reports*, 9, Article 18193.
- ⁶² Hankins, C., Duffy, A., & Drisco, K. (2018). Scleractinian coral microplastic ingestion: Potential calcification effects, size limits, and retention. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 587–593.
- ⁶³ Berry, K. L. E., Epstein, H. E., Lewis, P. J., Hall, N. M., & Negri, A. P. (2019). Microplastic contamination has limited effects on coral fertilisation and larvae. *Diversity*, 11(12), Article 228.
- ⁶⁴ Chapron, L., Peru, E., Engler, A., Ghiglione, J. F., Meistertzheim, A. L., Pruski, A. M., Purser, A., Vétion, G., Galand, P. E., & Lartaud, F. (2018). Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. *Scientific Reports*, 8(1), Article 15299.
- ⁶⁵ Rotjan, R. D., Sharp, K. H., Gauthier, A. E., Yelton, R., Baron Lopez, E. M., Carilli, J., Kagan, J.C., & Urban-Rich, J. (2019). Patterns, dynamics and consequences of microplastic ingestion by the temperate coral, *Astrangia poculata*. *Proceedings of the Royal Society B*, 286, Article 20190726.
- ⁶⁶ Reichert, J., Schellenberg, J., Schubert, P., & Wilke, T. (2018). Responses of reef building corals to microplastic exposure. *Environmental Pollution*, 237, 955–960.
- ⁶⁷ Reichert, J., Arnold, A. L., Hoogenboom, M. O., Schubert, P., & Wilke, T. (2019). Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. *Environmental Pollution*, 254, Article 113074.
- ⁶⁸ Jones, R., Ricardo, G. F., & Negri, A. P. (2015). Effects of sediments on the reproductive cycle of corals. *Marine Pollution Bulletin*, 100, 13–33.
- ⁶⁹ Berry, K. L. E., Hoogenboom, M. O., Brinkman, D. L., Burns, K. A., & Negri, A. P. (2017). Effects of coal contamination on early life history processes of a reef-building coral, *Acropora tenuis*. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 505–514.
- ⁷⁰ Ricardo, G. F., Jones, R. J., Negri, A. P., & Stocker, R. (2016). That sinking feeling: Suspended sediments can prevent the ascent of coral egg bundles. *Scientific Reports*, 6, Article 21567.
- ⁷¹ Carreiro-Silva, M., Braga-Henriques, A., Matos, V., Porteiro, F. M., & Ocaña, O. (2011). *Isozoanthus primnoidus*, a new species of zoanthid (Cnidaria: Zoantharia) associated with the gorgonian *Callogorgia verticillata* (Cnidaria: Alcyonacea). *ICES Journal of Marine Science*, 68(2), 408–415.
- ⁷² Ricardo, G. F., Jones, R. J., Clode, P. L., Humanes, A., & Negri, A. P. (2016). Suspended sediments limit coral sperm availability. *Scientific Reports*, 5, Article 18084.
- ⁷³ Asoh, K., Yoshikawa, T., Kosaki, R., & Marschall, E. A. (2004). Damage to cauliflower coral by monofilament fishing lines in Hawaii. *Conservation Biology*, 18, 1645–1650.
- ⁷⁴ Bavestrello, G., Cerrano, C., Zanzi, D., & Cattaneo-Vietti, R. (1997). Damage by fishing activities to the gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Aquatic Conservation*, 7, 253–262.
- ⁷⁵ Yoshikawa, T., & Asoh, K. (2004). Entanglement of monofilament fishing lines and coral death. *Biological Conservation*, 117, 557–560.
- ⁷⁶ Corinaldesi, C., Canensi, S., Dell'Anno, A., Tangherlini, M., Di Capua, I., Varrella, S., Willis, T. J., Cerrano, C., & Danovaro, R. (2021). Multiple impacts of microplastics can threaten marine habitat-forming species. *Communications Biology*, 4, Article 431.
- ⁷⁷ Taylor, M. L., Gwinnett, C., Robinson, L. F., & Woodall, L. C. (2016). Plastic microfiber ingestion by deep-sea organism. *Scientific Reports*, 6, Article 33997.
- ⁷⁸ June, J. (1990). Type, source, and abundance of trawl-caught marine litter off Oregon, in the Eastern Bering Sea, and in Norton Sound in 1988. In R. S. Shomura & M. L. Godfrey (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris* (pp. 279–301). NOAA Technical Memo NMFS-SWFSC-154. U.S. Department of Commerce.
- ⁷⁹ Mordecai, G., Tyler, P. A., Masson, D.G., & Huvenne, V. A. I. (2011). Litter in submarine canyons off the west coast of Portugal. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 58, 2489–2496.
- ⁸⁰ Pham, C. K., Gomes-Pereira, J. N., Isidro, E. J., Santos, R. S., & Morato, T. (2013). Abundance of litter on Condor seamount (Azores, Portugal, Northeast Atlantic). *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 98, 204–208.
- ⁸¹ Fabri, M. C., Pedel, L., Beuck, L., Galgani, F., Hebbeln, D., & Freiwald, A. (2014). Megafauna of vulnerable marine ecosystems in French Mediterranean submarine canyons: Spatial distribution and anthropogenic impacts. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 104, 184–207.

- ⁸² Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., & Bavestrello, G. (2014). Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*, 171, 167–176.
- ⁸³ Bo, M., Angiolillo, M., Bava, S., Betti, F., Canese, S., Cattaneo-Vietti, R., Cau, A., Priori, C., Sandulli, R., Santangelo, G., Tunesi, L., & Bavestrello, G. (2015). Fishing impact on Italian coral gardens and management of Vulnerable Marine Ecosystems. In H. Langar, C. Bouafif, & A. Ouerghi (Eds.), *Proceedings of the 1st Mediterranean Symposium on the conservation of Dark Habitats* (pp. 21–26). UNEP/MAP–RAC/SPA.
- ⁸⁴ Angiolillo, M., di Lorenzo, B., Farcomeni, A., Bo, M., Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau, A., Mastascusa, V., Cau, A., Sacco, F., & Canese, S. (2015). Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 92, 149–159.
- ⁸⁵ Consoli, P., Sinopoli, M., Deidun, A., Canese, S., Berti, C., Andaloro, F., & Romeo, T. (2020). The impact of marine litter from fish aggregation devices on vulnerable marine benthic habitats of the central Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 152, Article 110928.
- ⁸⁶ Smith, S. D. A., & Edgar, R. J. (2014). Documenting the density of subtidal marine debris across multiple marine and coastal habitats. *PLOS ONE*, 9(4), e94593.
- ⁸⁷ Morato, T., Hoyle, S. D., Allain, V., & Nicol, S. J. (2010). Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(21), 9707–9711.
- ⁸⁸ Marín, P., Aguilar, R., García, S., & Pardo, E. (2011). Montes submarinos del Mediterráneo: Seco de Palos. Propuesta de protección. Oceana. https://europe.oceana.org/sites/default/files/reports/oceana_montes_submarinos_del_mediterraneo_seco_de_palos.pdf
- ⁸⁹ Battaglia, P., Consoli, P., Annemadolia, G., D'Alessandro, M., Bo, M., Vicchio, T. M., Pedà, C., Cavallaro, M., Andaloro, F., & Romero, T. (2019). Colonization of floats from submerged derelict fishing gears by four protected species of deep-sea corals and barnacles in the Strait of Messina (Central Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 148, 61–65.
- ⁹⁰ De Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Lopez Rocha, T., & Fütter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Science of The Total Environment*, 645, 1029–1039.
- ⁹¹ Bråte, I. L. N., Huwer, B., Thomas, K. V., Eidsvoll, D. P., Halsband, C., Almroth, B. C., & Lusher, A. (2017). *Micro- and macro-plastics in marine species from Nordic waters*. TemaNord 2017:549. Nordic Council of Ministers.
- ⁹² Girard, E., Lasut, M., & Wörheide, G. (2018, September 5–7). *Microplastic mapping in sponges: Potential bioindicators?* [Poster session]. 5th Young Reef Scientists Meeting. Munich, Germany.
- ⁹³ Weisz, J. B., Lindquist, N., & Martens, C. S. (2008). Do associated microbial abundances impact marine demosponge pumping rates and tissue densities? *Oecologia*, 155, 367–376.
- ⁹⁴ Modica, L., Lanuza, P., & García-Castrillo, G. (2020). Surrounded by microplastic, since when? Testing the feasibility of exploring past levels of plastic microfibre pollution using natural history museum collections. *Marine Pollution Bulletin*, 151, Article 110846.
- ⁹⁵ Goldstein Ascer, L., & Reis Custodio, M. (2017). Plastic additive changes contraction patterns in *Hymeniacidon heliophila*: a changepoint analysis. In B. Picton & C. Morrow (Eds.), *10th World Sponge Conference* (pp. 125–126). National University Ireland, Galway.
- ⁹⁶ Deudero, S., & Alomar, C. (2018). Revising interactions of plastics with marine biota: Evidence from the Mediterranean. In F. Brand (Ed.), *Marine litter in the Mediterranean and Black Seas* (pp. 79–85). CIESM Workshop Monograph No. 46. CIESM Publisher.
- ⁹⁷ Tekman, M. B., Krumpfen, T., & Bergmann, M. (2017). Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the Hausgarten observatory. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 120, 88–99.
- ⁹⁸ Zhang, D., Liu, X., Huang, W., Li, J., Wang, C., Zhang, D., & Zhang, C. (2020). Microplastic pollution in deep-sea sediments and organisms of the Western Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, 259, Article 113948.
- ⁹⁹ Kühn, S., Bravo Rebolledo, E. L., & van Franeker, J. A. (2015). Deleterious effects of litter on marine life. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 75–116). Springer International Publishing.
- ¹⁰⁰ Maldonado, M., Aguilar, R., Blanco, J., García, S., Serrano, A., & Punzón, A. (2015). Aggregated clumps of lithistid sponges: A singular, reef-like bathyal habitat with relevant paleontological connections. *PLOS ONE*, 10(5), Article e0125378.
- ¹⁰¹ Oliveira, F., Monteiro, P., Bentes, L., Sales Henriques, N., Aguilar, R., & Gonçalves, J. M. S. (2015). Marine litter in the upper São Vicente submarine canyon (SW Portugal): Abundance, distribution, composition and fauna interactions. *Marine Pollution Bulletin*, 97(1–2), 401–407.
- ¹⁰² Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1–3.
- ¹⁰³ Ward, J. E., Rosa, M., & Shumway, S. E. (2019). Capture, ingestion, and egestion of microplastics by suspension-feeding bivalves: A 40-year history. *Anthropocene Coasts*, 2, 39–49.
- ¹⁰⁴ Agersnap, S. (2013). *Mikroplastik i havmiljøet – Metode til kvantificering af mikroplastik i havvand, blåmusling og fisk*. [BSc Thesis, Aarhus University].
- ¹⁰⁵ De Witte, B., Devriese, L., Bekaert, K., Hoffman, S., Vandermeersch, G., Cooreman, K., & Robbens, J. (2014). Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Marine Pollution Bulletin*, 85, 146–155.

- ¹⁰⁶ Van Cauwenberghe, L., Claessens, M., Vandegehuchte, M. B., & Janssen, C. R. (2015). Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environmental Pollution*, 199, 10–17.
- ¹⁰⁷ Reguera, P., Viñas, L., & Gago, J. (2019). Microplastics in wild mussels (*Mytilus* spp.) from the north coast of Spain. *Scientia Marina*, 83(4), 337–347.
- ¹⁰⁸ Ivar do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352–364.
- ¹⁰⁹ Wegner, A., Besseling, E., Foekema, E. M., Kamermans, P., & Koelmans, A. A. (2012). Effects of nanoplastics on the feeding behavior of the blue mussel (*Mytilus edulis* L.). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(11), 2490–2497.
- ¹¹⁰ Green, D. S., Colgan, T. J., Thompson, R. C., & Carolan, J. C. (2018). Exposure to microplastics reduces attachment strength and alters the haemolymph proteome of blue mussels (*Mytilus edulis*). *Environmental Pollution*, 246, 423–434.
- ¹¹¹ Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology*, 42, 5026–5031.
- ¹¹² Brilliant, M. G. S., & MacDonald, B. A. (2000). Postingestive selection in the sea scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin): The role of particle size and density. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 253(2), 211–227.
- ¹¹³ Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M. E. J., Le Goïc, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbins, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., & Huvet, A. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(9), 2430–2435.
- ¹¹⁴ Suquet, M., Arsenaull-Pernet, E.-J., Goic, N. L., Soudant, P., Mingant, C., Sussarellu, R., Boulais, M., Epelboin, Y., Robbins, J., & Huvet, A. Microplastics are love-killers for pacific oysters! (2014). In A.-L. Cassone & P. Soudant (Eds.), *International Workshop: Fate and Impact of Microplastics in Marine Ecosystems* (p. 42). Micro2014.
- ¹¹⁵ Gardon, T., Reisser, C., Soyey, C., Quillien, V., & Le Moullac, G. (2018). Microplastics affect energy balance and gametogenesis in the pearl oyster *Pinctada margaritifera*. *Environmental Science and Technology*, 52, 5277–5286.
- ¹¹⁶ Gutow, L., Eckerlebe, A., Giménez, L., & Saborowski, R. (2016). Experimental evaluation of seaweeds as a vector for microplastics into marine food webs. *Environmental Science and Technology*, 50, 915–923.
- ¹¹⁷ Sundbæk, K. B., Due Würtzner Koch, I., Greve Villaro, C., Rasmussen, N. S., Løvstad Holdt, S., & Hartmann, N. B. (2018). Sorption of fluorescent polystyrene microplastic particles to edible seaweed *Fucus vesiculosus*. *Journal of Applied Phycology*, 30(5), 2923–2927.
- ¹¹⁸ Chan, H. W., Lau, T. C., Ang, P. O., Wu, M., & Wong, P. K. (2004). Biosorption of di(2-ethylhexyl) phthalate by seaweed biomass. *Journal of Applied Phycology*, 16, 263–274.
- ¹¹⁹ Ma, T., Christie, P., Teng, Y., & Luo, Y. (2013). Rape (*Brassica chinensis* L.) seed germination, seedling growth, and physiology in soil polluted with di-n-butyl phthalate and bis(2-ethylhexyl) phthalate. *Environmental Science and Pollution Research*, 20, 5289–5298.
- ¹²⁰ Yokota, K., Waterfield, H., Hastings, C., Davidson, E., Kwietniewski, E., & Wells, B. (2017). Finding the missing piece of the aquatic plastic pollution puzzle: Interaction between primary producers and microplastics. *Limnology and Oceanography Letters*, 2(4), 91–104.
- ¹²¹ Seng, N., Lai, S., Fong, J., Saleh, M. F., Cheng, C., Cheok, Z. Y., & Todd, P. A. (2020). Early evidence of microplastics on seagrass and macroalgae. *Marine and Freshwater Research*, 71(8), 922–928.
- ¹²² Bhattacharya, P., Lin, S., Turner, J. P., & Ke, P. C. (2010). Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *Journal of Physical Chemistry C*, 114, 16556–16561.
- ¹²³ Pérez-Pérez, M. E., Lemaire, S. D., & Crespo, J. L. (2012). Reactive oxygen species and autophagy in plants and algae. *Plant Physiology*, 160(1), 156–164.
- ¹²⁴ Huang, H., Ullah, F., Zhou, D. X., Yi, M., & Zhao, Y. (2019). Mechanisms of ROS regulation of plant development and stress responses. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 800.
- ¹²⁵ Apel, K., & Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 373–399.
- ¹²⁶ Oceana. (2007). *Estudio bionómico de Cabrera: Estudio bionómico de los ecosistemas profundos del parque nacional maritimoterrestre del archipiélago de Cabrera y sus alrededores*. Oceana.
- ¹²⁷ Ferrigno, F., Appolloni, L., Donnarumma, L., Di Stefano, F., Rendina, F., Sandulli, R., & Russo, G. F. (2021). Diversity loss in coralligenous structuring species impacted by fishing gear and marine litter. *Diversity*, 13, Article 331.
- ¹²⁸ Datu, S. S., Supriadi, & Tahir, A. (2019). Microplastic in *Cymodocea rotundata* seagrass blades. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 4(6), 1758–1761.
- ¹²⁹ Sawalman, R., Werorilangi, S., Ukkas, M., Mashoreng, S., Yasir, I., & Tahir, A. (2018). Microplastic abundance in sea urchins (*Diadema sitosum*) from seagrass beds of Barranglompo Island, Makassar, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 763, Article 012057.
- ¹³⁰ Dahl, M., Bergman, S., Björk, M., Díaz-Almela, E., Granberg, M., Gullström, M., Leiva-Dueñas, C., Magnusson, K., Marco-Méndez, C., Piñeiro-Juncal, N., & Mateo, M. A. (2021). A temporal record of microplastic pollution in Mediterranean seagrass soils. *Environmental Pollution*, 273, Article 116451.
- ¹³¹ Goss, H., Jaskiel, J., & Rotjan, R. (2018). *Thalassia testudinum* as a potential vector for incorporating microplastics into benthic marine food webs. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 1085–1089.

- ¹³² Jones, K. L., Hartl, M. G. J., Bell, M. C., & Capper, A. (2020). Microplastic accumulation in a *Zostera marina* L. bed at Deerness Sound, Orkney, Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 152, Article 110883.
- ¹³³ Sora Datu, S., Supriadi, S., & Tahir, A. (2019). Microplastic in *Cymodocea rotundata* Seagrass Blades. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(6), 1758–1761.
- ¹³⁴ Tahir, A., Samawi, M. F., Sari, K., Hidayat, R., Nimzet, R., Wicaksono, E. A., Asrul, L., & Werorilangi, S. (2019). Studies on microplastic contamination in seagrass beds at Spermonde Archipelago of Makassar Strait, Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341, Article 022008.
- ¹³⁵ Gerstenbacher, C. M., Finzi, A. C., Rotjan, R. D., & Novak, A. B. (2022). A review of microplastic impacts on seagrasses, epiphytes, and associated sediment communities. *Environmental Pollution*, 303, Article 119108.
- ¹³⁶ Sanchez-Vidal, A., Canals, M., de Haan, W. P., Romero, J., & Veny, M. (2021). Seagrasses provide a novel ecosystem service by trapping marine plastics. *Scientific Reports*, 11, Article 254.
- ¹³⁷ Balestri, E., Menicagli, V., Vallerini, F., & Lardicci, C. (2017). Biodegradable plastic bags on the seafloor: A future threat for seagrass meadows? *Science of the Total Environment*, 605-606, 755-763.
- ¹³⁸ Uhrin, A. V., & Schellinger, J. (2011). Marine debris impacts to a tidal fringing-marsh in North Carolina. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2605–2610.
- ¹³⁹ Viehman, S., Vander Pluym, J. L., & Schellinger, J. (2011). Characterization of marine debris in North Carolina salt marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2771–2779.
- ¹⁴⁰ Pibot, A., & Claro, F. (2012). *Pressions et impacts - Méditerranée Occidentale. Pressions physiques et impacts associés. Autres perturbations physiques. Impacts écologiques des déchets marins*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Agence des aires marine protégées, & Ifremer.
- ¹⁴¹ Uhrin, A. V., Matthews, T. R., & Lewis, C. (2014). Lobster trap debris in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Distribution, abundance, density and patterns of accumulation. *Marine and Coastal Fisheries*, 6(1), 20–32.
- ¹⁴² Uhrin, A.V., Fonseca, M. S., & DiDomenico, G. P. (2005). Effect of Caribbean spiny lobster traps on seagrass beds of the Florida Keys National Marine Sanctuary: Damage assessment and evaluation of recovery. *American Fisheries Society Symposium*, 41, 579–588.
- ¹⁴³ Grelaud, M., & Ziveri, P. (2020). The generation of marine litter in Mediterranean island beaches as an effect of tourism and its mitigation. *Scientific Reports*, 10, Article 20326.
- ¹⁴⁴ Schroeer, A., Aguilar, R., Blanco, J., Álvarez, H., & Marín, P. (2021). Fuera de temporada: la huella de plástico del turismo. Estudios del lecho marino en Mallorca y Valencia. Oceana. https://europe.oceana.org/sites/default/files/oceana_fuera_de_temporada_-_la_huella_de_plastico_del_turismo.pdf
- ¹⁴⁵ Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., McGonigle, D., & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304, 838.
- ¹⁴⁶ Thushari, G. G. N., Senevirathna, J. D. M., Yakupitiyage, A., & Chavanich, S. (2017). Effects of microplastics on sessile invertebrates in the eastern coast of Thailand: An approach to coastal zone conservation. *Marine Pollution Bulletin*, 124(1), 349–355.
- ¹⁴⁷ Goldstein, M. C., & Goodwin, D. S. (2013). Gooseneck barnacles (*Lepas* spp.) ingest microplastic debris in the North Pacific Subtropical Gyre. *PeerJ*, 1, Article e184.
- ¹⁴⁸ Angeletti, L., Montagna, P., Schembri, P. J., & Taviani, M. (2011, April 11-15). *Giant sessile barnacles contribute to the construction of cold-water coral habitats south of Malta (Mediterranean Sea)* [Conference paper]. 2nd Annual Meeting HERMIONE, Malaga, Spain.
- ¹⁴⁹ Dewar-Fowler, V. H. (2013). *Microplastic Study: Ingestion and translocation of microplastics in the Ecteinascidia diaphanis*. Invertebrates of the Coral Sea. The University of Queensland. <https://www.gbri.org.au/SpeciesList/Ecteinascidiadiaphanis|VictoriaDewarFowler.aspx?PageContentID=4506>
- ¹⁵⁰ Dewar-Fowler, V. H. (2017). *Uptake and biological impacts of microplastics and nanoplastics in sea squirts*. [Master's thesis, University of Exeter]. University of Exeter Repository. <https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/32658/FowlerV.pdf>
- ¹⁵¹ Vered, G., Kaplan, A., Avisar, D., & Shenkar, N. (2019). Using solitary ascidians to assess microplastic and phthalate plasticizers pollution among marine biota: A case study of the Eastern Mediterranean and Red Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 138, 618–625.
- ¹⁵² Directiva 92/42/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L206, de 22 de julio de 1992.
- ¹⁵³ OSPAR Commission. (2019). *List of Threatened and/or Declining Species and Habitats*. <https://www.ospar.org/work-areas/bdc/species-habitats/list-of-threatened-declining-species-habitats>
- ¹⁵⁴ Helsinki Commission (HELCOM). (2013). *Red List of Baltic Sea underwater biotopes, habitats and biotope complexes*. Baltic Sea Environmental Proceedings No. 138. HELCOM. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/10/BSEP138.pdf>
- ¹⁵⁵ UNEP/MAP-SPA/RAC. (2018). *SPA/BD Protocol Annex II: List of endangered or threatened species*. United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan. Specially Protected Areas Regional Activity Centre (SPA/RAC). https://www.rac-spa.org/sites/default/files/annex/annex_2_en_20182.pdf
- ¹⁵⁶ UNEP/MAP-RAC/SPA. (2015). *Action Plan for the conservation of habitats and species associated with seamounts, underwater caves and canyons, aphotic hard beds and chemo-synthetic*

- phenomena in the Mediterranean Sea. (*Dark Habitats Action Plan*). United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA). https://www.rac-spa.org/sites/default/files/action_plans/dark_habitats_ap.pdf
- ¹⁵⁷ UNEP/MAP-RAC/SPA. (2008). *Action plan for the conservation of the coralligenous and other calcareous bio-concretions in the Mediterranean Sea*. United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA). https://www.rac-spa.org/sites/default/files/action_plans/pacoralligene.pdf
- ¹⁵⁸ UNEP/MAP-RAC/SPA. *Action plan for the conservation of marine vegetation in the Mediterranean Sea*. United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas (RAC/SPA). https://www.rac-spa.org/sites/default/files/action_plans/ap_marine_vegetation_en_fr.pdf
- ¹⁵⁹ 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). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L164, de 25 de junio de 2008.
- ¹⁶⁰ Gubbay, S., Sanders, N., Haynes, T., Janssen, J. A. M., Rodwell, J. R., Nieto, A., García Criado, M., Beal, S., Borg, J., Kennedy, M., Micu, D., Otero, M., Saunders, G., & Calix, M. (2016). *European Red List of Habitats. Part 1. Marine habitats*. European Union. https://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/pdf/Marine_EU_red_list_report.pdf
- ¹⁶¹ DeWit, W., Towers Burns, E., Guinchard, J.-C., & Ahmed, N. (2021). *Plastics: The costs to society, the environment and the economy*. WWF. <https://europe.nextbook.com/nxteu/wwfintl/tcps/index.php#p/2>
- ¹⁶² Boucher, J., & Bilard, G. (2020). The Mediterranean: Mare plasticum. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/49124>
- ¹⁶³ Azoulay, D., Villa, P., Arellano, Y., Gordon, M., Moon, D., Miller, K., & Thompson, K. (2019). *Plastic & Health: The Hidden Costs of a Plastic Planet*. CIEL. <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>
- ¹⁶⁴ van Gennip, S. J., Dewitte, B., Garçon, V., Thiel, M., Popova, E., Drillet, Y., Ramos, M., Yannicelli, B., Bravo, L., Ory, N., Luna-Jorquera, G., & Gaymer, C. F. (2019). In search for the sources of plastic marine litter that contaminates the Easter Island Ecoregion. *Scientific Reports*, 9, Article 19662.
- ¹⁶⁵ Chassignet, E. P., Xu, X., & Zavala-Romero, O. (2021). Tracking marine litter with a global ocean model: Where does it go? Where does it come from? *Frontiers in Marine Science*, 8, Article 667591.
- ¹⁶⁶ Mansui, J., Darmon, G., Ballerini, T., van Canneyt, O., Ourmieres, Y., & Miaud, C. (2020). Predicting marine litter accumulation patterns in the Mediterranean basin: Spatio-temporal variability and comparison with empirical data. *Progress in Oceanography*, 182, Article 102268.
- ¹⁶⁷ Soto-Navarro, J., Jordá, G., Deudero, S., Alomar, C., Amores, A., & Compa, M. (2020). 3D hotspots of marine litter in the Mediterranean: A modeling study. *Marine Pollution Bulletin*, 155, Article 111159.
- ¹⁶⁸ Guerrini, F., Mari, L., & Casagrandi, R. (2021). The dynamics of microplastics and associated contaminants: Data-driven Lagrangian and Eulerian modelling approaches in the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 777, Article 145944.
- ¹⁶⁹ Onink, V., Jongedijk, C. E., Hoffman, M. J., van Sebille, E., & Laufkötter, C. (2021). Global simulations of marine plastic transport show plastic trapping in coastal zones. *Environmental Research Letters*, 16(6), Article 064053.
- ¹⁷⁰ van Sebille, E., Aliani, S., Law, K. L., Maximenko, N., Alsina, J. M., Bagaev, A., Bergmann, M., Chapron, B., Chubarenko, I., Cózar, A., Delandmeter, P., Egger, M., Fox-Kemper, B., Garaba, S. P., Goddijn-Murphy, L., Hardesty, B. D., Hoffman, M. J., Isobe, A., ... Wichmann, D. (2020). The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters*, 15, Article 023003.
- ¹⁷¹ van Franeker, J. A. (2005). *Schoon Strand Texel 2005: Onderzoeksresultaten van de schoonmaakactie van het Texelse strand op 20 april 2005*. Alterra speciale uitgave 2005/09. Alterra - Texel.
- ¹⁷² Veiga, J. M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S., Galgani, F., Thompson, R. C., Dagevos, J., Gago, J., Sobral, P., & Cronin, R. (2016). *Identifying Sources of Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report*. JRC Technical Report. EUR 28309.
- ¹⁷³ GESAMP. (2019). *Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean* (Kershaw, P.J., Turra, A., & Galgani, F. (Eds.). GESAMP Report No. 99. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>
- ¹⁷⁴ Galgani, F., Deidun, A., Liubartseva, S., Gauci, A., Doronzo, B., Brandini, C., & Gerigny, O. (2019). *Monitoring and assessment guidelines for marine litter in Mediterranean MPAs*. Technical report of the Interreg/MED/AMARE project. IFREMER/AMARE. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00487/59840/>
- ¹⁷⁵ United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan (UNEP/MAP). (2013). *Regional Plan on Marine Litter Management in the Mediterranean in the Framework of Article 15 of the Land Based Sources Protocol* (Decision IG.21/7). <https://www.unep.org/unepmap/meetings/cop-decisions/cop18-outcome-documents>
- ¹⁷⁶ OSPAR Commission. (2014). *Marine Litter Regional Action Plan*. <https://www.ospar.org/documents?v=34422>

© OCEANA / Juan Cuetos



Contacto

Oficina Central - Madrid, España

✉ Email: europa@oceana.org

Oficina EU - Bruselas, Bélgica

✉ Email: brussels@oceana.org

**Oficina Mar del Norte y Báltico -
Copenhague, Dinamarca**

✉ Email: copenhagen@oceana.org

**Oficina Reino Unido -
Londres, Reino Unido**

✉ Email: oceanuk@oceana.org



Para más información, entra en europa.oceana.org

Sigue @OceanaEurope en



Facebook



Instagram



Twitter

OCEANA Protegiendo los
Océanos del Mundo