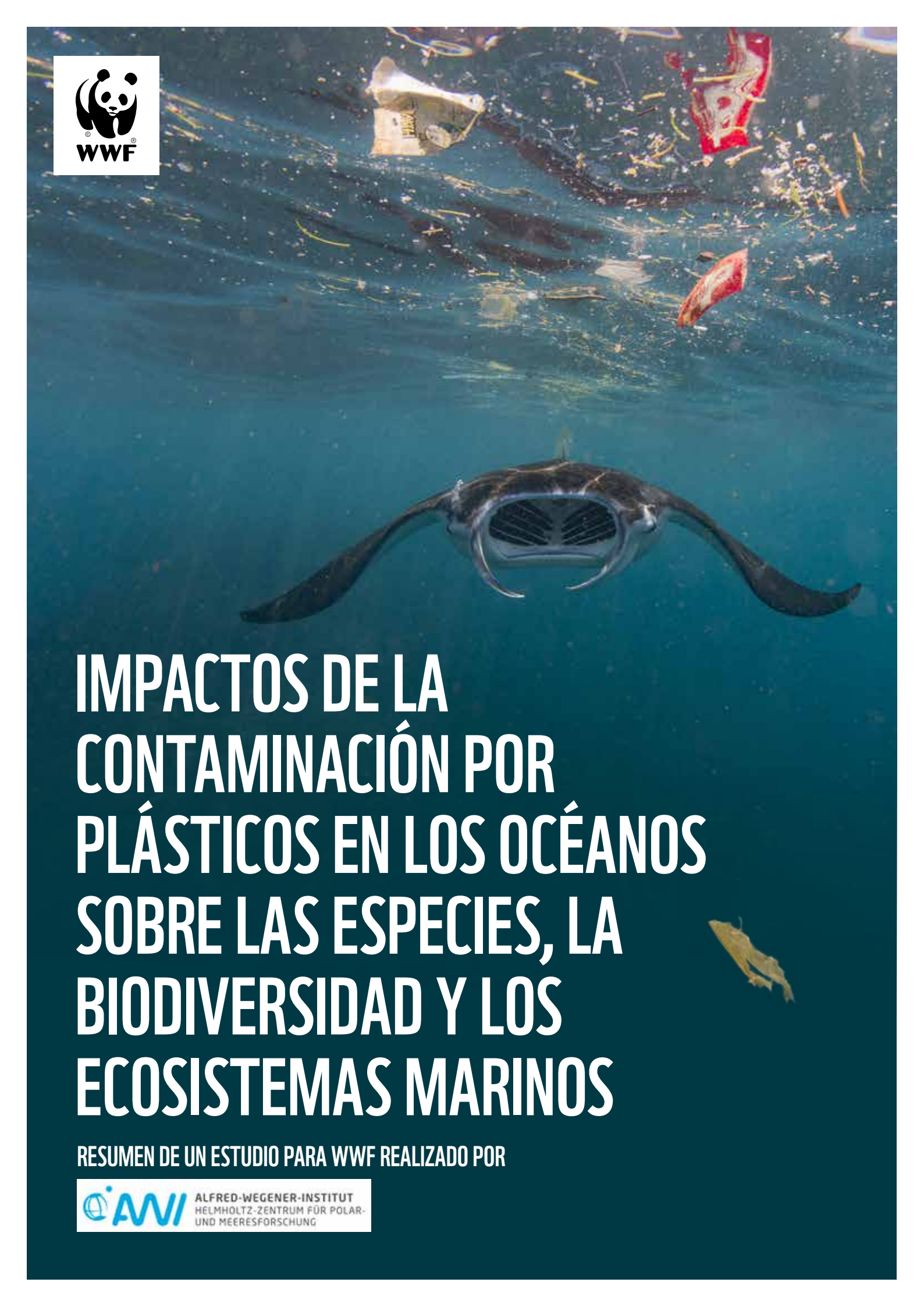


An underwater photograph showing a manta ray swimming towards the camera. The water is a deep blue-green. Above the ray, near the surface, there is a significant amount of floating plastic debris, including a white cup, a red plastic bag, and various smaller fragments. The ray's large, flat body and long, thin pectoral fins are clearly visible.

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS EN LOS OCÉANOS SOBRE LAS ESPECIES, LA BIODIVERSIDAD Y LOS ECOSISTEMAS MARINOS

RESUMEN DE UN ESTUDIO PARA WWF REALIZADO POR



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR POLAR-
UND MEERESFORSCHUNG

SUMMARY OF A STUDY FOR WWF BY



ISBN 978-3-946211-46-4

Editor:

WWF Alemania, Reinhardstraße 18, D-10117 Berlin

Fecha: enero de 2022

Coordinación:

Bernhard Bauske, Caroline Kraas (ambos de WWF Alemania)

Contacto:

bernhard.bauske@wwf.de

Autores:

Mine B. Tekman (ORCID 0000-0002-6915-0176),
Bruno Andreas Walther (ORCID: 0000-0002-0425-1443),
Corina Peter (ORCID: 0000-0003-1342-2686),
Lars Gutow (ORCID: 0000-0002-9017-0083),
Melanie Bergmann (ORCID: 0000-0001-5212-9808)
(Todos: Alfred Wegener Institute Helmholtz-Centre for Polar-
and Marine Research, Bremerhaven, Alemania)

Revisión:

Stephanie Borrelle, BirdLife International
Susanne Kühn, Wageningen Marine Research
Peter Ryan, FitzPatrick Institute of African Ornithology,
University of Cape Town

Corrección de estilo: Jill Bentley

Diseño: Anita Drbohlav (www.paneemadesign.com)

Fotografía de portada: WWF/Vincent Kneefel

El informe completo *Impactos de la contaminación por plásticos en los océanos sobre las especies, la biodiversidad y los ecosistemas marinos* — comisionado por WWF y escrito por el Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina— está

El informe completo está disponible aquí:

www.wwf.de/plastic-biodiversity-report

El informe debe ser citado de la siguiente manera:
“Tekman, M. B. , Walther, B. A. , Peter, C. , Gutow, L. and Bergmann, M. (2022): Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems, 1–221, WWF Germany, Berlin. Doi: 10.5281/zenodo.5898684

© 2022 WWF Alemania, Berlín. La reproducción total o parcial de esta publicación solo se permite con el consentimiento previo del editor.

Más información:

https://wwf.panda.org/discover/our_focus/markets/no_plastic_in_nature_new/

panda.org/plastics



© Andreas Alexander

RESUMEN

Un nuevo informe comisionado por WWF provee la descripción más detallada hasta la fecha del nivel en el cual la contaminación por plásticos está afectando los océanos, el impacto que está teniendo sobre las especies y ecosistemas marinos y la manera en que probablemente evolucionarán estas tendencias en el futuro. El informe de los investigadores del Instituto Alfred Wegener, Centro Helmholtz de Investigación Polar y Marina (AWI, por sus siglas en alemán), revela una situación grave que está empeorando rápidamente y que requiere de acciones inmediatas y coordinadas a nivel internacional:

- **Hoy en día, casi todos los grupos de especies en el océano han tenido contacto con la contaminación por plásticos y los científicos han observado efectos adversos en casi el 90% de las especies evaluadas.**
- **La contaminación por plásticos se ha introducido en la cadena alimenticia marina y está afectando significativamente la productividad de algunos de los ecosistemas marinos más importantes del mundo, como los arrecifes de coral y los manglares.**
- **Algunas regiones clave a nivel global, incluyendo el Mediterráneo, el Mar de la China Oriental y el Mar Amarillo, ya han superado los umbrales de contaminación por plásticos en los cuales se pueden materializar riesgos ecológicos significativos. Se espera que varias regiones también superarán estos límites en los próximos años.**
- **Aunque todas las fuentes de contaminación por plásticos se detuvieran hoy, la cantidad de microplásticos en los océanos de todos modos se duplicaría antes de 2050. Algunos escenarios proyectan que el nivel será 50 veces mayor al actual en 2100..**

WWF hace un llamado a los gobiernos del mundo para que negocien y adopten, de manera urgente, un tratado global que aborde esta amenaza generalizada y creciente para la vida en nuestros océanos.

INTRODUCCIÓN: UNA CRISIS PLANETARIA

La contaminación por plásticos está en todos los lugares del océano y los niveles han aumentado exponencialmente.

La ONU la ha llamado una “crisis planetaria”.¹ Desde los polos hasta las islas más remotas, y desde la superficie del mar hasta la fosa más profunda del océano, el problema de la contaminación por plásticos ha crecido exponencialmente y ya es un problema generalizado que se incrementará aunque se cumplan los compromisos corporativos y gubernamentales actuales.² Como respuesta, es necesario tomar acciones globales y sistémicas de manera urgente.

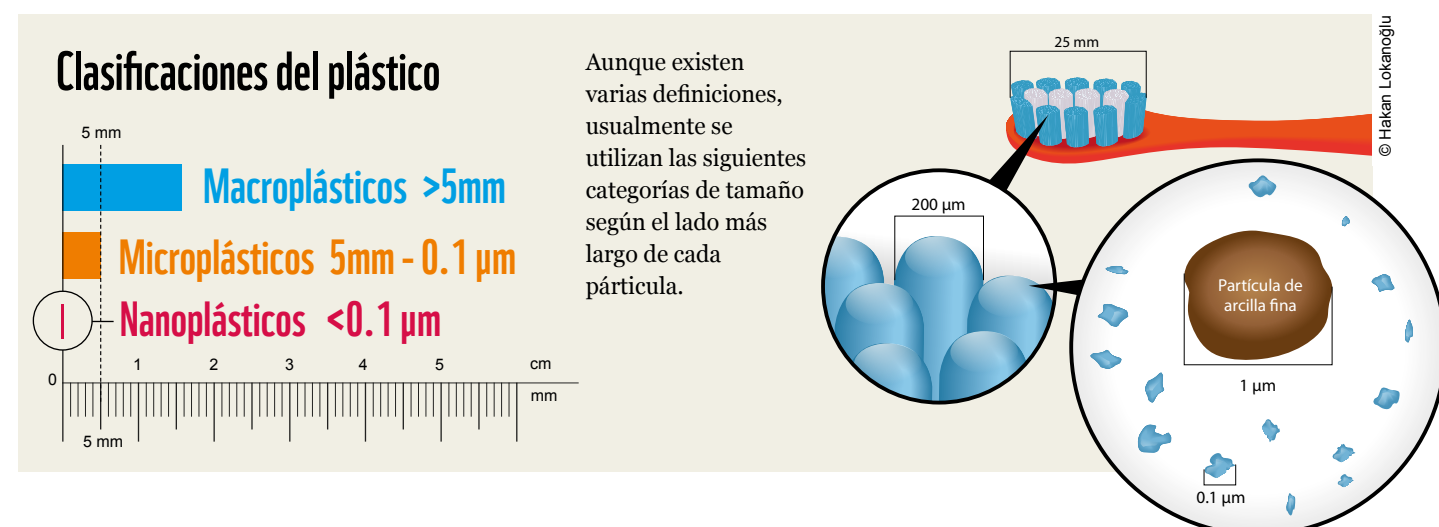
La contaminación por plásticos es una amenaza relativamente nueva. El plástico se empezó a utilizar de manera generalizada después de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, la masa de todo el plástico producido hasta el momento es dos veces superior a la biomasa combinada de todos los animales terrestres y marinos.³ La producción se ha disparado en las últimas dos décadas, entre 2003 y 2016 se produjo la misma cantidad de plástico que en todos los años previos combinados.

En 2015, el 60% de todo el plástico alguna vez producido ya se habían convertido en desechos y una parte significativa ha terminado en los océanos.⁴ Los estimativos varían considerablemente, pero se cree que entre 86 y 150 millones de toneladas métricas (MTM) de plástico se han acumulado en los océanos hasta la fecha,⁵ con una tendencia constantemente creciente. Se estima que en 2010 se filtraron 4,8-12,7 MTM de contaminación por plásticos al océano desde la tierra,⁶ mientras que un estudio reciente sugiere que esta cifra ha aumentado a 19-23 MTM en 2016.⁷

La contaminación por plásticos en los océanos no está distribuida de manera uniforme. Los focos a nivel planetario incluyen los cinco grandes giros oceánicos (donde se concentran los conocidos “parches de basura” de macroplásticos flotantes), las áreas costeras y marinas cercanas a las principales fuentes de emisión —como las desembocaduras de los ríos grandes que atraviesan centros poblados, los arrecifes de coral y los manglares—, y el lecho marino profundo, sobre todo los cañones submarinos.

¿De dónde viene todo el plástico acumulado en los océanos? Algunas de las fuentes son conocidas, pero no todas. Un factor principal es el auge de los plásticos de un solo uso: en 2015, los empaques generaron la mitad de todos los residuos plásticos.⁸ Según un estimativo de 2018, los plásticos de un solo uso representan el 60-95% de la contaminación por plásticos en los océanos.⁹ Las fuentes terrestres cercanas a las costas y los ríos generan la mayoría de la contaminación por plásticos que llega a los océanos. Un análisis reciente estimó que Europa emite 307-925 millones de artículos desechables al océano cada año y que el 82% de ellos son plásticos.¹⁰ También hay fuentes marinas significativas. Otro estudio estima que por lo menos el 22% de los residuos marinos provienen del sector pesquero.¹¹ El aire también es un vector para la contaminación por plásticos: el desgaste de las llantas y frenos de los vehículos son una fuente de emisión de microplásticos significativa,¹² al igual que las superficies plásticas abrasadas por el viento, el procesamiento de residuos, las carreteras y la agricultura.

Figura 1: Las partículas de nanoplastico son diez veces más pequeñas que la arcilla fina



© Caroline Power

EL AUGE DE LOS MICROPLÁSTICOS

A medida que los plásticos continúan desintegrándose en los océanos, las amenazas que representan se multiplican.

Debido a la dificultad de recolectar el plástico de los océanos y su permanencia prolongada en el medio ambiente,¹³ una vez que entra al mar es casi imposible removerlo. Más aún, una vez ingresado al océano, el plástico continúa desintegrándose: los macroplásticos se convierten en microplásticos y luego en nanoplasticos, haciendo aún más difícil su recuperación. Aunque se detuvieran hoy todas las fuentes de contaminación por plásticos que llegan al océano, este proceso de degradación implicaría que la masa de microplásticos en los océanos y playas incrementaría más del doble entre 2020 y 2050.¹⁴

Y la evidencia no apunta a que las fuentes de contaminación por plástico se detendrán o disminuirán en el futuro cercano. Aunque las proyecciones bajo un escenario normal varían considerablemente, todas predicen un crecimiento sustancial en la generación de residuos. La industria del plástico ha invertido US\$180 mil millones en fábricas nuevas desde 2010.¹⁵ Se espera que la producción de plásticos

se incremente más del doble hacia 2040 y que se triplicará la contaminación por plásticos en los océanos.¹⁶ Esto podría resultar en un incremento de 400% en las concentraciones de macroplásticos en los océanos entre 2020-2050¹⁷ y un incremento al 2100 de 5.000% en la cantidad de microplásticos en los océanos.¹⁸

Se ha propuesto un nivel de concentración de microplásticos de 1,21 x 10⁵ objetos por metro cúbico como un límite a partir del cual ocurren riesgos ecológicos significativos.¹⁹ Este umbral ya ha sido superado en ciertos focos de contaminación, incluyendo el Mediterráneo, el Mar de la China Oriental, el Mar Amarillo²⁰ y en el hielo del Océano Ártico.²¹ Se espera que los riesgos ecológicos de la contaminación por microplásticos en la superficie de los océanos se expandan considerablemente hacia el final del siglo XXI.²² Hasta los escenarios optimistas prevén incrementos significativos, mientras que los escenarios más desfavorables advierten que se sobrepasarán los umbrales de contaminación peligrosa en una superficie marina superior al doble del área de Groenlandia.

Figura 2: Contaminación por plásticos y desechos en el Caribe oriental, entre las islas de Roatán y Cayos Cochinos, frente a la costa de Honduras

INTERACCIONES CON LA NATURALEZA

La contaminación por plásticos en los océanos perjudica a la vida biológica marina a través de enredos, ingestión, asfixia y la contaminación química.

Figura 3: Mapa de interacciones entre contaminantes plásticos y vida marina. Los puntos en el mapa muestran 1.511 ubicaciones reportadas en 851 estudios (LITTERBASE).

La contaminación por plásticos ya está presente en todos los lugares del océano y casi todas las especies marinas la han enfrentado. Un estimativo conservador basado en los estudios actuales sugiere que un total de 2.141 especies han enfrentado la contaminación por plásticos en sus entornos naturales.

La gran mayoría de estas interacciones estuvieron relacionadas con la ingestión, los enredos o la asfixia. Según las observaciones, hay 738 especies que pueden colonizar superficies y artículos plásticos, lo cual facilita su desplazamiento a nuevas áreas.

Varios estudios, tanto de laboratorio como de campo, han examinado las interacciones de 902 especies con el plástico bajo condiciones experimentales. Estas investigaciones incluyen

estudios sobre la ingestión de microplásticos de distintos tamaños y el uso de redes fantasma para cuantificar los enredos. Otros estudios han ido más allá de la evaluación sobre las interacciones de estas 902 especies con los plásticos y han investigado en detalle los efectos negativos. Algunos de estos estudios evaluaron efectos como lesiones o mortalidad, restricciones de movilidad, alteraciones alimenticias y de crecimiento, respuestas del sistema inmune, reproducción y función celular. Los efectos observados se estudiaron para 297 especies y se determinó que 88% de ellas sufrieron efectos adversos.²³ Aunque este porcentaje corresponde a una muestra pequeña de especies y por consiguiente no se puede entender a nivel general, existe una tendencia clara que pone en evidencia el impacto negativo de los plásticos en la mayoría de la vida marina.

Los principales efectos negativos de los plásticos son:

Enredos: Artículos como sogas, redes, trampas y líneas de monofilamento de equipos de pesca abandonados, perdidos o descartados enmarañan a los animales marinos, causándoles heridas, asfixia, restricciones de movilidad y la muerte. Las aves utilizan desechos marinos para construir sus nidos, lo cual puede enredarlas y enredar a sus polluelos. En Oahu, Hawaii, 65% de las colonias de coral tenían enredos con sedales de pesca y 80% de estas colonias estaban total o parcialmente muertas.²⁴ Incluso en las zonas remotas y profundas del Océano Ártico, hasta 20% de las colonias de esponjas tenían enredos con plásticos, los cuales han aumentado con el tiempo.²⁵

Ingesta: Los animales marinos de todo tipo ingieren plástico, desde los superpredadores hasta el plancton en la base de la cadena alimenticia. Esto puede ocasionarles lesiones graves, afectando la ingestión de alimentos al generar un falso sentido de saciedad, bloqueando su sistema digestivo o causando heridas internas. Por ejemplo, los experimentos de laboratorio han demostrado un crecimiento reducido en los peces cuando su alimento está contaminado por un gran volumen de microplásticos.²⁶ En el otro extremo, un solo pitillo de plástico en el sistema digestivo fue la causa probable de la muerte de un tiburón ballena en Tailandia.²⁷ Las aves marinas ingieren plásticos de manera generalizada, lo cual se ha convertido en un problema creciente a nivel global.²⁸ Se estima que hasta 90% de las aves marinas²⁹ y 52% de las tortugas marinas hoy en día ingieren plásticos.³⁰ También se ha descubierto la ingestión de microplásticos en muchas ballenas y delfines que se han encallado en estado de desnutrición.^{31, 32, 33, 34} Algunos estudios han demostrado alteraciones y reducciones en el consumo de alimentos, impactos negativos en el crecimiento,^{35, 36, 37, 38} el sistema inmunológico, la fertilidad

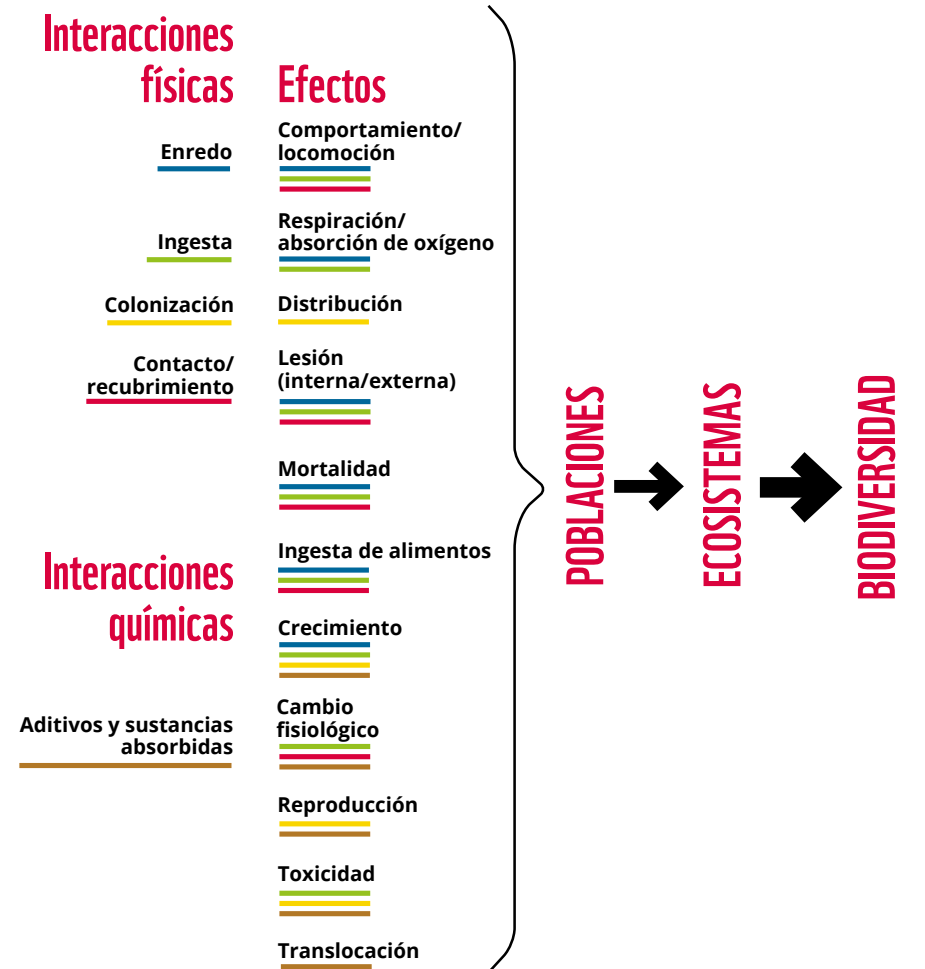


Figura 4: Diagrama de las interacciones reportadas con mayor frecuencia y sus efectos sobre los organismos (LITTERBASE). Los colores representan los distintos tipos de interacción.

y la reproducción y alteraciones en las funciones celulares y el comportamiento de las especies impactadas. Los niveles de daño están directamente relacionados con las concentraciones de exposición.³⁹

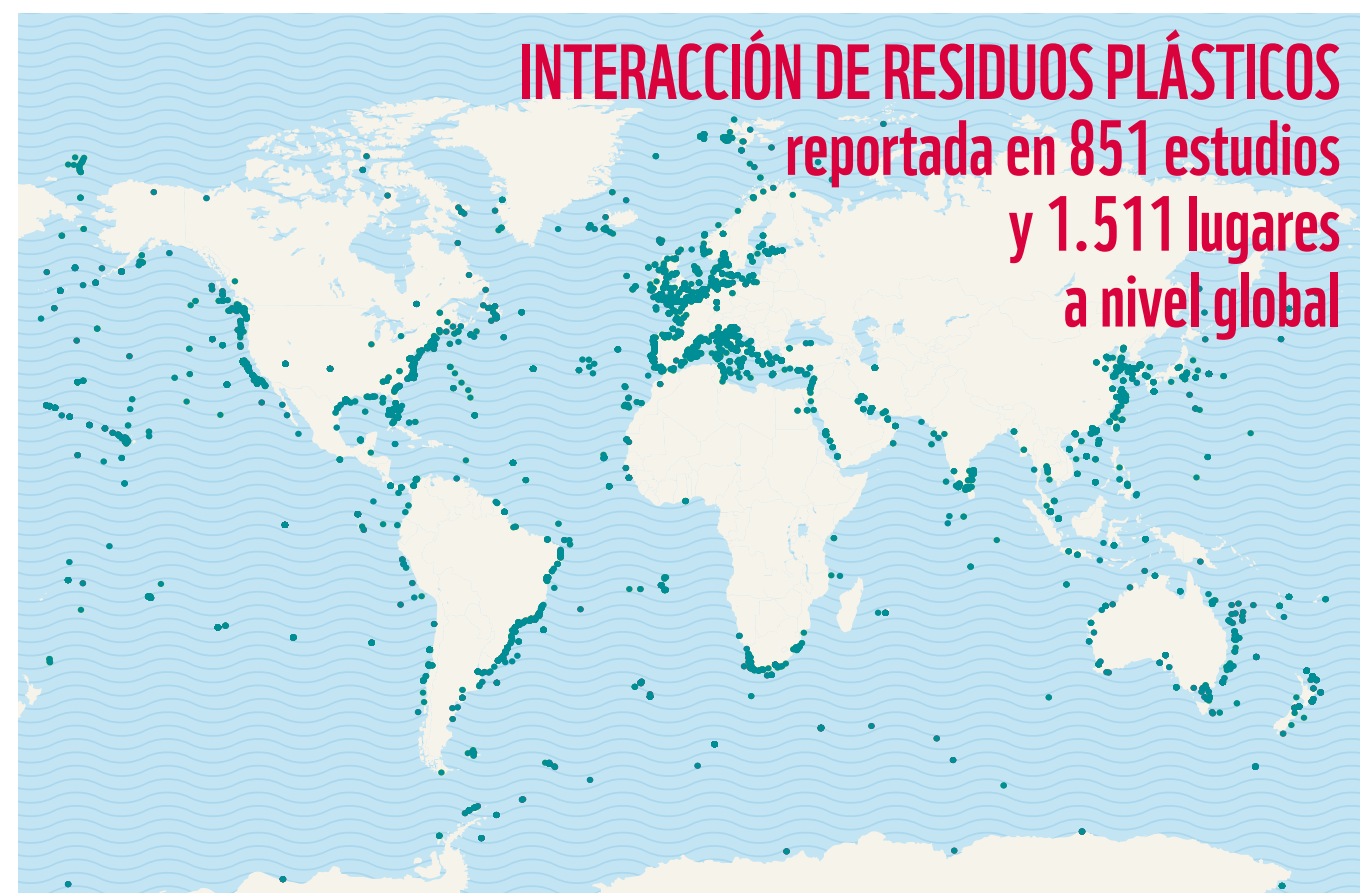
Asfixia: La contaminación por plásticos priva de luz, alimentos y oxígeno a los corales, esponjas y animales que viven en el lecho marino y reduce la cantidad de oxígeno y comida disponible en los sedimentos.^{40, 41} Esto puede impactar negativamente a los ecosistemas y darle cabida a los patógenos en deterioro de la vida marina. La asfixia es particularmente dañina en los arrecifes de coral y los manglares (ver abajo).

Contaminación química: Aunque no todos los ingredientes en el plástico son dañinos, algunos sí lo son y pueden filtrarse en el ambiente marino.⁴² Las partículas de plástico más pequeñas pueden atravesar las células de los animales marinos y algunas pueden llegar hasta el cerebro.^{43, 44}

El plástico contiene contaminantes químicos muy dañinos. Algunos de los más preocupantes son:

Alteradores endocrinos: Estas partículas interfieren con las hormonas, alterando la reproducción, el desarrollo y el comportamiento de varios tipos de vida marina.⁴⁵ Incluso algunos plásticos etiquetados como seguros para el almacenamiento de alimentos pueden ser altamente tóxicos para los animales acuáticos y las personas.^{46, 47}

Contaminantes orgánicos persistentes: Estas sustancias duraderas, como los bifenilos policlorados (PCB), afectan la salud de los organismos y el medio ambiente.⁴⁸ Al no degradarse, pueden viajar distancias largas por medio del viento y el agua, generando impactos duraderos lejos de su lugar de origen.

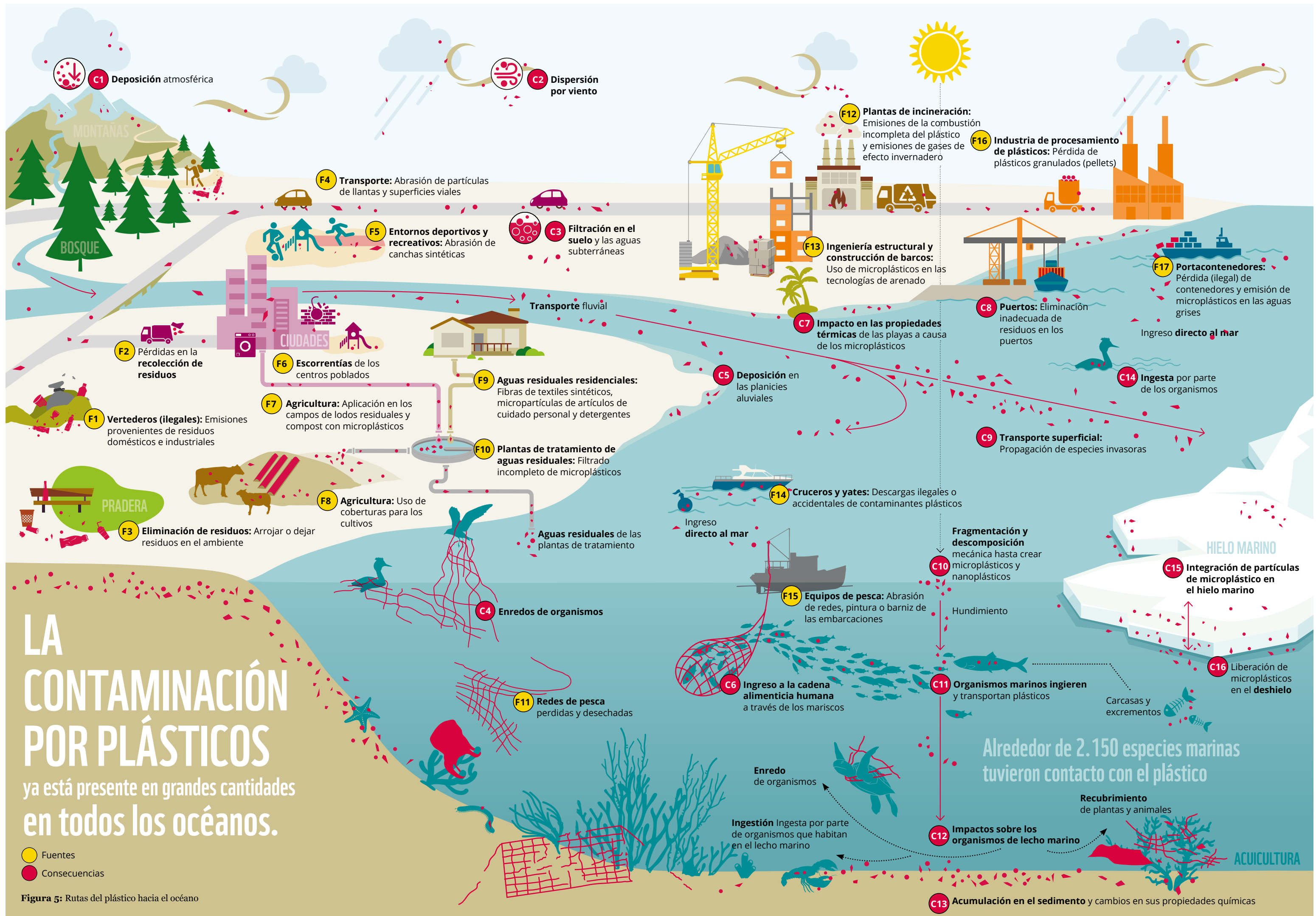


LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS

ya está presente en grandes cantidades en todos los océanos.

● Fuentes
● Consecuencias

Figura 5: Rutas del plástico hacia el océano



CONTAMINANDO LA CADENA ALIMENTICIA

El plástico ingerido sube a lo largo de la cadena alimenticia marina. Cada vez, es más común encontrarlo en los alimentos que consumen los humanos.

Los estudios de laboratorio y de campo han demostrado que el plástico que ingieren los animales marinos puede ascender —al igual que sus contaminantes químicos— a lo largo de la cadena alimenticia marina.

Los estudios han confirmado la presencia de microplásticos en la columna de agua y su incorporación en los agregados que se hunden hasta llegar al lecho marino.^{49, 50, 51} El plancton y otros organismos pequeños que conforman la base de la cadena alimenticia marina consumen estas partículas a medida que bajan hacia el fondo.^{52, 53, 54, 55} Las alteraciones en la eficiencia de los procesos biológicos debido a la ingesta de plásticos pueden afectar la cantidad de alimentos que llega al fondo del mar, lo cual suele causar cambios en los ecosistemas del lecho marino donde la comida no

es abundante. Un estudio reciente demostró este fenómeno al exponer a un grupo de sálpidos a niveles de concentración de microplásticos que se esperan en el futuro.⁵⁶

Existe una preocupación generalizada sobre los peligros potenciales de los nanoplasticos, de los cuales se conoce poco hasta la fecha. La tasa de sobrevivencia de la pulga de agua *Daphnia magna* se redujo dramáticamente al ser expuesta a nanoplasticos y en algunos casos la población estudiada alcanzó tasas de mortalidad del 100%. En el estudio se evidenció que dichos nanoplasticos atravesaron la barrera hematoencefálica de los peces que consumieron estas pulgas de agua, causando cambios de conducta como reducciones en las tasas de alimentación y movilidad.⁵⁷ A medida que estos impactos se propagan a lo

largo de la cadena alimenticia, pueden perjudicar el funcionamiento general del ecosistema.

A pesar de un incremento reciente en las investigaciones sobre el impacto de los plásticos en los organismos, es sorprendente lo poco que conocemos sobre sus impactos potenciales en la salud humana. Sin embargo, se puede afirmar que las personas están inhalando e ingiriéndolos. Por ejemplo, se ha demostrado que el mejillón atlántico y las ostras ingieren microplásticos en la mayoría de sus hábitats naturales y en aquellos en los que han sido introducidos.^{58, 59, 60} Como los humanos consumen ambas especies enteras, es imposible evadir el plástico que contienen.⁶¹ Similarmente, los investigadores han encontrado que cuatro de cada 20 marcas de sardinas y espadines enlatados contienen partículas de plástico.⁶²

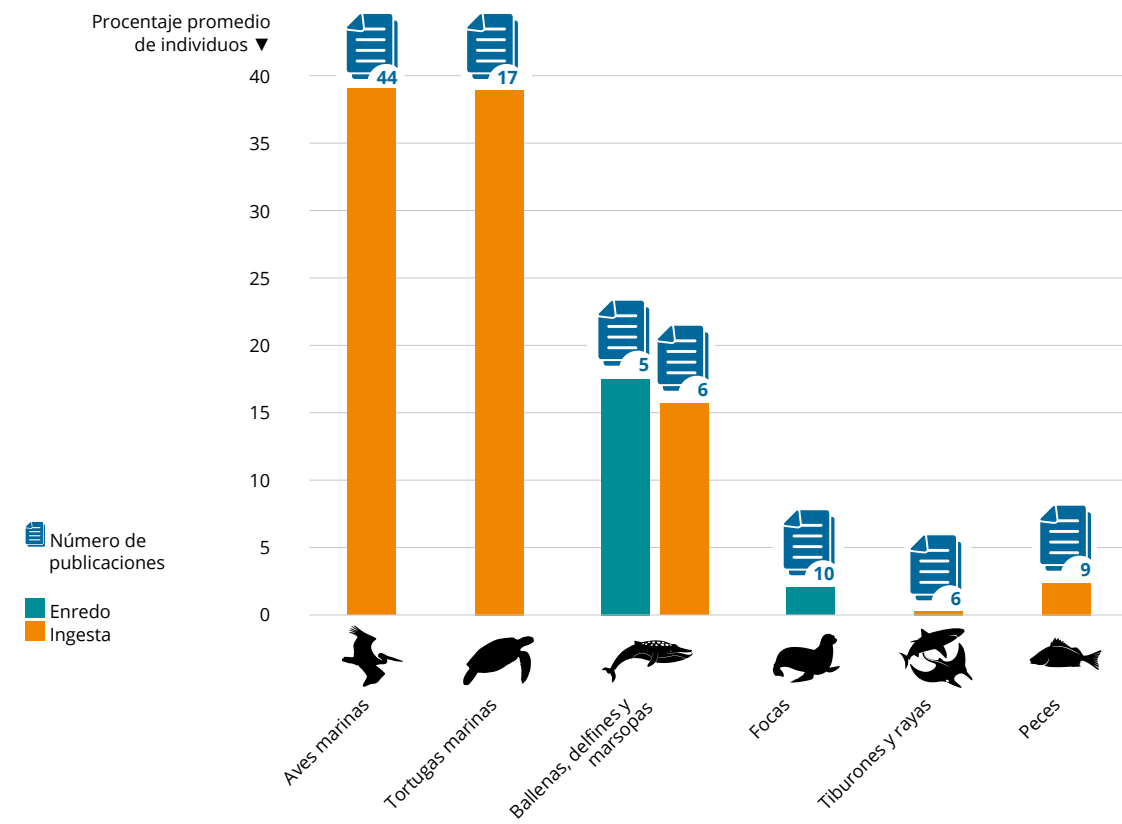


Figura 6: Porcentaje promedio de individuos que tuvieron interacciones con macroplásticos. Los organismos examinados están clasificados en taxones. La información proviene de 105 estudios sobre megafauna emblemática y enredos e ingesta de macroplásticos (LITTERBASE). Los símbolos azules sobre las barras muestran el número total de estudios que sustentan el valor de cada barra.

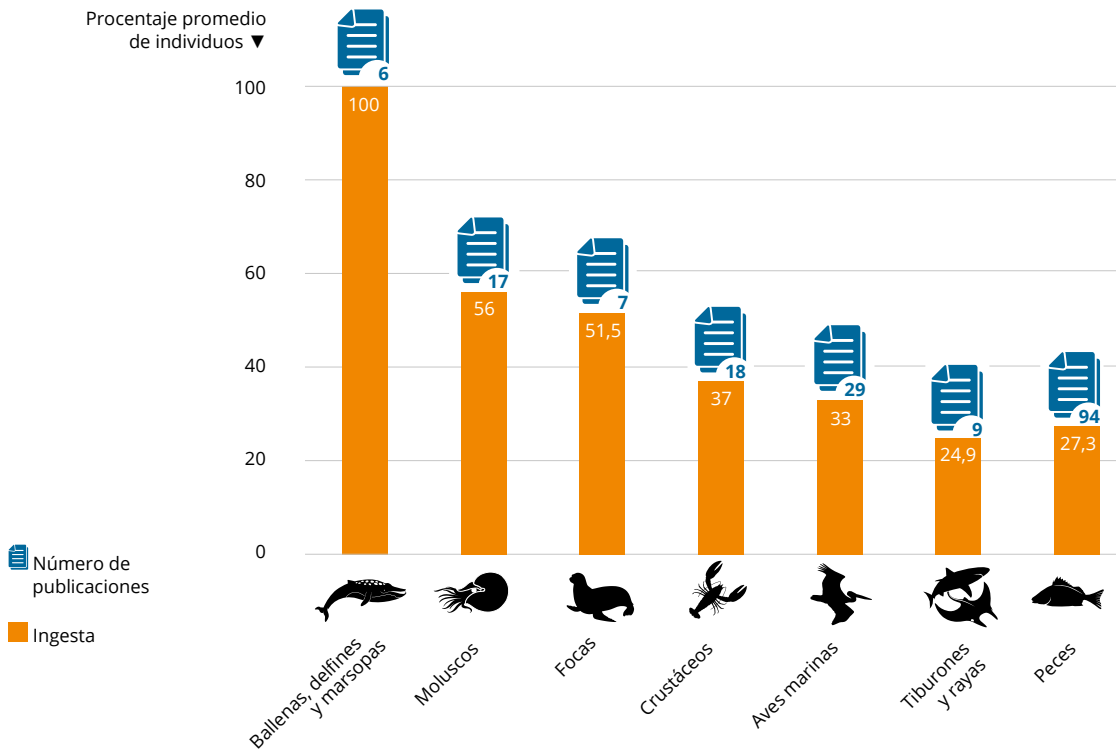


Figura 7: Porcentaje promedio de individuos que ingirieron microplásticos. Los organismos examinados están clasificados en taxones. La información proviene de 180 estudios sobre la ingesta de microplásticos (LITTERBASE). Los símbolos azules sobre las barras muestran el número total de estudios que sustentan el valor de cada barra.

ECOSISTEMAS CLAVE EN RIESGO

La contaminación por plásticos está impactando con mayor fuerza a los arrecifes de coral y los manglares.

Aunque la contaminación por plásticos es un fenómeno creciente que ya ha alcanzado todos los rincones del océano, ciertos ecosistemas marinos y costeros clave tienen riesgos particularmente elevados porque actualmente afrontan varias amenazas adicionales. Estos ecosistemas, siendo los arrecifes de coral y los manglares ejemplos notables, proveen servicios esenciales para las personas y la vida marina. Por consiguiente, cuando el plástico impacta negativamente su funcionamiento, las personas también sufren afectaciones directas.

El plástico representa una amenaza de escala alarmante para los arrecifes de coral, los cuales ya están en crisis debido al calentamiento global. Se estima que en 2010 había 11,1 mil millones de piezas de plástico enredadas en los arrecifes de coral de la región Asia-Pacífico⁶³ y que este tipo de contaminación crecerá 40% hacia 2025. Es particularmente preocupante que los corales enredados tenían una probabilidad de enfermarse 20 a 89 veces mayor.⁶⁴

Los equipos de pesca perdidos o abandonados, conocidos como equipos fantasma, también representan una amenaza significativa para los corales alrededor del mundo y pueden permanecer enredados en los arrecifes por décadas, asfixiando, quebrando y abrazando estructuras e incluso matando arrecifes enteros.^{65, 66} Se ha demostrado que los corales acumulan microplásticos dentro y sobre sus pólipos, lo cual impacta a los corales en sí y a las algas con las que tienen relaciones simbióticas. Además, puede alterar las estructuras comunitarias de los arrecifes.⁶⁷

Los manglares, que a menudo están ubicados cerca de las desembocaduras de los ríos, proveen a muchas comunidades costeras seguridad alimentaria y control de inundaciones, entre otros servicios. Sus sistemas complejos de raíces atrapan y acumulan la contaminación por plásticos, convirtiéndolos en sumideros de plástico. Algunas de las mediciones de densidad de desechos más elevadas del mundo se han registrado en las zonas de manglar, donde los niveles de contaminación altos están relacionados con niveles bajos en la salud de los

mangles.^{68, 69, 70, 71, 72, 73} En un estudio reciente de las zonas de manglar en Java se cuantificó una densidad de 2.700 piezas de plástico por cada 100m² y en varias ubicaciones el plástico cubría hasta el 50% de la superficie del bosque.⁷⁴ En un experimento, los manglares con raíces completamente cubiertas en plástico tuvieron índices de superficie foliar y tasas de sobrevivencia menores.⁷⁵ Más aún, los esfuerzos para rehabilitar las áreas de manglar degradadas pueden ser menos efectivas cuando el plástico asfixia las plántulas y semilleros.⁷⁶

Se ha descubierto contaminación por plásticos a más de 10 km de profundidad en la Fosa de las Marianas, el lugar más profundo del planeta.^{77, 78} Las condiciones en la fosa son estables y los residuos pueden permanecer intactos durante siglos. En algunos casos, se crea un sustrato artificial sólido en el lodo sobre el lecho marino profundo que los organismos pueden colonizar.⁷⁹ Aunque en dichos casos el plástico genera beneficios para estas especies, su presencia puede alterar la estructura comunitaria de los ecosistemas nativos.^{80, 81}



EL EFECTO ADITIVO

La contaminación por plásticos se combina con otras amenazas para la vida marina, creando un cóctel peligroso.

Los efectos del plástico en los ecosistemas marinos no deben considerarse de forma aislada. La contaminación por plásticos es una de muchas amenazas creadas por el hombre, incluyendo la sobrepesca, el calentamiento, la acidificación, la eutrofización y desoxigenación de los océanos, el ruido subacuático generado por las embarcaciones, la presencia de especies invasoras, la destrucción y fragmentación de hábitats y varios tipos de contaminación química.

Suele ser difícil identificar un solo factor decisivo en la disminución de la vida marina,⁸² pero se sabe que los impactos negativos se exacerban cuando ciertas amenazas se sobreponen, sobre todo en el caso de especies que ya están amenazadas. Se requieren más estudios para entender los efectos “aditivos” o de “sinergia” que ocurren cuando se combinan varios factores estresantes,^{83, 84, 85, 86, 87, 88} pero lo más probable es que las consecuencias en dichos casos serán severas y que la tendencia empeorará en el futuro. Varios expertos coinciden en que el planeta ya está atravesando un evento de extinción masiva^{89, 90, 91, 92} y que la contaminación por plásticos descontrolada será sin duda un factor contribuyente al deterioro a medida que la crisis empeora.

Hay otro punto crítico para tener en cuenta con mira al futuro. A medida que se continúa acumulando la contaminación por plásticos en los océanos, todos los efectos nocivos que se han documentado incrementarán. Además, existe una posibilidad real de que muchas más subpoblaciones, especies y ecosistemas atravesarán umbrales críticos de riesgo.⁹³ Según algunos investigadores, si la contaminación por plásticos continúa aumentando al ritmo actual, el 99,8% de las especies de aves marinas ingerirán plásticos en 2050.⁹⁴ En el caso de las tortugas marinas, ya existe evidencia de ingesta y/o enredos en todas las especies.⁹⁵

ATAcando LAS RAÍCES DEL PROBLEMA

Abordar las causas de la contaminación por plásticos antes de que ocurra es mucho más efectivo que su posterior remoción.

Como ocurre con la crisis climática, este problema afecta a todo el planeta: los niveles de contaminación por plástico se incrementan continuamente y, por consiguiente, sólo las soluciones sistémicas y globales tendrán éxito. Es alentador que la atención pública se esté enfocando en este problema y que se hayan sumado los llamados para darle un giro a la situación, por medio de acciones decisivas internacionales, antes de que la contaminación por plásticos abrume e impida la resiliencia de un número crítico de especies y ecosistemas marinos.⁹⁶

A menudo se propone la recolección y remoción como una solución a la contaminación por plásticos en el océano. De la misma manera en que ciertos grupos han promovido la tecnología de captura de carbono para aliviar el cambio climático, se están promoviendo cada vez más las tecnologías de gran escala para remover la contaminación por plásticos en los océanos.^{97, 98, 99, 100} Son soluciones tecnológicas futuristas con resultados que aún no han sido probados y, aunque se demuestre su viabilidad a nivel teórico, su uso generalizado probablemente tendría costos económicos significativos y no le daría un giro a la problemática de la contaminación por plásticos.^{101, 102} Además, no se ha evaluado el impacto de la remoción en los ecosistemas marinos:¹⁰³ dichas soluciones de remoción pueden causar más daños que beneficios si incrementan la mortalidad de las capturas incidentales de vida marina y si remueven constantemente cantidades sustanciales de biomasa en medio de un océano con alimentos limitados, sobre todo al ser implementadas a gran escala. También es probable que tengan una huella ambiental significativa y es casi seguro que no podrían remover el plástico de menor tamaño. Existen ciertos métodos de remoción de microplásticos, pero actualmente la mayoría de ellos solo se utilizan en el tratamiento de aguas residuales.¹⁰⁴

Un abordaje mucho más trascendente es simplemente prevenir que los residuos plásticos entren al ambiente, lo cual también implica una reducción grande en la producción primaria de plásticos. Este abordaje tendría beneficios adicionales, incluyendo la reducción del uso de recursos y de la contaminación generada por la manufactura, el transporte, y la eliminación de residuos plásticos.

Tras décadas de retraso, el mundo finalmente está empezando a reunirse para actuar de manera colectiva y decisiva ante la crisis climática. La crisis global de los plásticos también debería ser un asunto de urgencia para todos. No hay tiempo que perder: la acción debe empezar ya.

LLAMADO A LA ACCIÓN

SE REQUIERE URGENTEMENTE UN TRATADO INTERNACIONAL VINCULANTE.

Un nuevo tratado global sobre los plásticos debe ser vinculante y ambicioso y le debe exigir a los estados un estándar de acción común. El tratado debe contener reglas y obligaciones específicas, claras y aplicables universalmente a través del ciclo de vida del plástico que permitan una respuesta efectiva ante la crisis global de la contaminación por plásticos. Debe incluir disposiciones que garanticen que dichas reglas puedan ser evaluadas, fortalecidas gradualmente y modificadas de tal manera que promuevan la equidad global e incentiven la participación y el cumplimiento.

El tratado debe incluir:

- Una visión claramente formulada para eliminar el ingreso directo e indirecto de plásticos a la naturaleza, con base en el principio de precaución y el reconocimiento de los impactos devastadores de la contaminación por plásticos.
- Una meta global de reducción de la contaminación por plásticos que sea ambiciosa, compartida, con plazos determinados y legalmente vinculante.
- Metas nacionales de reducción claras, medibles y con plazos determinados que de manera agregada alcancen la meta global de reducción.
- La obligación de desarrollar e implementar planes de acción nacionales ambiciosos y efectivos para la prevención, control y remoción de la contaminación por plásticos.
- Definiciones, métodos, estándares y regulaciones compartidas para un esfuerzo global eficiente y coordinado para combatir la contaminación por plásticos a través del ciclo de vida del plástico, incluyendo requerimientos específicos de circularidad y prohibiciones para ciertos productos plásticos que representen riesgos elevados para el medio ambiente, como algunos productos plásticos de un solo uso o los microplásticos añadidos intencionalmente.
- La prohibición explícita de ciertas acciones contrarias al objeto y propósito del tratado, incluyendo el vertimiento deliberado de residuos plásticos en los sistemas fluviales y las aguas interiores.
- Un esquema convenido de medición, presentación de informes y verificación para monitorear los vertimientos de contaminación por plásticos y los avances en su eliminación a nivel nacional e internacional.
- Un órgano científico internacional especializado e incluyente, con el mandato de evaluar y monitorear la escala, el alcance y las fuentes de la contaminación por plásticos, armonizar las metodologías científicas y recopilar conocimiento avanzado y vigente para apoyar la toma de decisiones y la implementación.
- Un acuerdo global financiero y técnico, además de asistencia en la transferencia tecnológica, para apoyar a todas las partes en la implementación efectiva del tratado.
- Un compromiso con la actualización, revisión y desarrollo de estas medidas y obligaciones a través del tiempo.

Notas finales

1 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65

2 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518

3 Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y. M., Milo, R., 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588 (7838), 442–444

4 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

5 Ocean Conservancy, *Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic-free ocean*. 2015, McKinsey & Company and Ocean Conservancy.

6 Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K. L., 2015. Marine pollution. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347 (6223), 768–771.

7 Borrelle, S. B., Ringma, J., Law, K. L., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., Rochman, C. M., 2020. Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369 (6510), 1515–1518

8 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

9 Schnurr, R. E. J., Alboiu, V., Chaudhary, M., Corbett, R. A., Quanz, M. E., Sankar, K., Strain, H. S., Thavarajah, V., Xanthos, D., Walker, T. R., 2018. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): A review. *Mar Pollut Bull* 137, 157–171

10 González-Fernández, D., Cózar, A., Hanke, G., Viejo, J., Morales-Caselles, C., Bakiu, R., Barceló, D., Bessa, F., Bruge, A., Cabrera, M., 2021. Floating macrolitter leaked from Europe into the ocean. *Nat Sustain* 4 (6), 474–483

11 Morales-Caselles, C., Viejo, J., Martí, E., González-Fernández, D., Pragnell-Raasch, H., González-Gordillo, J. I., Montero, E., Arroyo, G. M., Hanke, G., Salvo, V. S., Basurko, O. C., Mallos, N., Lebreton, L., Echevarría, F., van Emmerik, T., Duarte, C. M., Gálvez, J. A., van Sebille, E., Galgani, F., García, C. M., Ross, P. S., Bartual, A., Ioakeimidis, C., Markalain, G., Isobe, A., Cózar, A., 2021. An in shore-offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nat Sustain* 4 (6), 484–493

12 Evangelizou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., Stohl, A., 2020. Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nat Commun* 11 (1), 3381

13 MacLeod, M., Arp, H. P. H., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science* 373 (6550), 61–65

14 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922

15 www.theguardian.com/environment/2017/dec/26/18obn-investment-in-plastic-factories-feeds-global-packaging-binge

16 PEW and SYSTEMIQ, 2020. Breaking the plastic wave. *Pew Charitable Trusts*, 1–154.

17 Lebreton, L., Egger, M., Slat, B., 2019. A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Sci Rep* 9 (1), 12922

18 Everaert, G., Van Cauwenberghe, L., De Rijcke, M., Koelmans, A. A., Mees, J., Vandegehuchte, M., Janssen, C. R., 2018. Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions. *Environ Pollut* 242 (Pt B), 1930–1938

19 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

20 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

21 Peeken, I., Primpke, S., Beyer, B., Gütermann, J., Katlein, C., Krumpfen, T., Bergmann, M., Hehemann, L., Gerdts, G., 2018. Arctic sea ice is an important temporal sink and means of transport for microplastic. *Nature Communications* 9 (1), 1505

22 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

23 M.B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. *LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter*, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org

24 Yoshikawa, T., Asoh, K., 2004. Entanglement of monofilament fishing lines and coral death. *Biol Conserv* 117 (5), 557–560

25 Parga Martínez, K. B., Tekman, M. B., Bergmann, M., 2020. Temporal trends in marine litter at three stations of the HAUSGARTEN observatory in the Arctic deep sea. *Front Mar Sci* 7, 321

26 Naidoo, T., Glassom, D., 2019. Decreased growth and survival in small juvenile fish, after chronic exposure to environmentally relevant concentrations of microplastic. *Mar Pollut Bull* 145, 254–259

27 Haetrakul, T., Munanansup, S., Assawawongkasem, N., Chansue, N., 2009. A case report: Stomach foreign object in whaleshark (*Rhincodon typus*) stranded in Thailand. *Proceedings of the 4th International Symposium on Seastar 2000 and Asian Bio-Logging Science*, 83–85

28 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (38), 11899–11904

29 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (38), 11899–11904

30 Schuyler, Q.A., Wilcox, C., Townsend, K.A., Wedemeyer-Strombel, K.R., Balazs, G., van Sebille, E., Hardesty, B.D., 2015. Risk analysis reveals global hotspots for marine debris ingestion by sea turtles. *Global Change Biology*, n/a-n/a.

31 Kasteleine, R. A., Lavaleye, M. S. S., 1992. Foreign bodies in the stomach of a female harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) from the North Sea. *Aquat Mamm* 18, 40–46

32 Baird, R. W., Hooker, S. K., 2000. Ingestion of Plastic and Unusual Prey by a Juvenile Harbour Porpoise. *Mar Pollut Bull* 40 (8), 719–720

33 Barros, N. B., Odell, D. K., Patton, G. W., 1990. Ingestion of plastic debris by stranded marine mammals from Florida. In: Shomura, R. S., Godfrey, M. L. (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference on Marine Debris*. National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, Honolulu, Hawaii, USA, 746

34 Lusher, A.L., Hernandez-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., O'Connor, I., 2018. Incidence of marine debris in cetaceans stranded and bycaught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environmental Pollution* 232 (Supplement C), 467–476

35 Byrd, B. L., Hohn, A. A., Lovewell, G. N., Altman, K. M., Barco, S. G., Friedlaender, A., Harms, C. A., McLellan, W. A., Moore, K. T., Rosel, P. E., 2014. Strandings as indicators of marine mammal biodiversity and human interactions off the coast of North Carolina. *Fish Bull* 112 (1), 1–23

36 De Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., Canadas, A., 2013. As main meal for sperm whales: plastics debris. *Mar Pollut Bull* 69 (1–2), 206–214

37 Dickerman, R. W., Goellet, R. G., 1987. Northern Gannet starvation after swallowing styrofoam. *Mar Pollut Bull* 18 (6), 293

38 Macedo, G. R., Pires, T. T., Rostán, G., Goldberg, D. W., Leal, D. C., Garcez Neto, A. F., Franke, C. R., 2011. Anthropogenic debris ingestion by sea turtles in the northern coast of Bahia, Brazil. *Cienc Rural* 41 (11), 1938–1941

39 Prokić, M. D., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., Faggio, C., 2019. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. *Trends Analyt Chem* 111, 37–46

40 Green, D. S., Boots, B., Blockley, D. J., Rocha, C., Thompson, R., 2015. Impacts of discarded plastic bags on marine assemblages and ecosystem functioning. *Environ Sci Technol* 49 (9), 5380–5389

41 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.

42 Rochman, C.M., 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, Berlin, pp. 117–140.

43 Mattsson, K., Johnson, E.V., Malmedal, A., Linse, S., Hansson, L.-A., Cederwall, T., 2017. Brain damage and behavioral disorders in fish induced by plastic nanoparticles through the food chain. *scientific reports* 7, 11452

44 Prüst, M., Meijer, J., Westerink, R.H.S., 2020. The plastic brain: neurotoxicity of micro- and nanoplastics. *Particle and Fibre Toxicology*, 17:24.

45 Porte, C., Janer, G., Lorusso, L.C., Ortiz-Zarragoita, M., Cajaraville, M.P., Fossi, M.C., Canesi, L., 2006. Endocrine disruptors in marine organisms: Approaches and perspectives. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143, 303–315.

46 Hamlin, H.J., K. Marciano, and C.A. Downs, *Migration of nonylphenol from food-grade plastic is toxic to the coral reef fish species Pseudochromis fridmani*. *Chemosphere*, 2015. **139**: p. 223–228.

47 Muncke, J., Andersson, A.-M., Backhaus, T., Boucher, J.M., Carney Almroth, B., Castillo Castillo, A., Chevrier, J., Demeneix, B.A., Emmanuel, J.A., Fini, J.-B., Gee, D., Geueke, B., Groh, K., Heindel, J.J., Houlihan, J., Kassotis, C.D., Kwiatkowski, C.F., Lefferts, L.Y., Maffini, M.V., Martin, O.V., Meyers, J.P., Nadal, A., Nerin, C., Pelch, K.E., Fernández, S.R., Sargis, R.M., Soto, A.M., Trasande, L., Vandenberg, L.N., Wagner, M., Wu, C., Zoeller, R.T., Scheringer, M., 2020. Impacts of food contact chemicals on human health: a consensus statement. *Environmental Health* 19 (1), 25.

48 Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv* 3 (7), e1700782

49 Long, M., Moriceau, B., Gallinari, M., Lambert, C., Huvet, A., Raffray, J., Soudant, P., 2015. Interactions between microplastics and phytoplankton aggregates: impact on their respective fates. *Mar Chem* 175, 39–46

50 Tekman, M. B., Wekerle, C., Lorenz, C., Primpke, S., Hasemann, C., Gerdts, G., Bergmann, M., 2020. Tying up loose ends of microplastic pollution in the Arctic: Distribution from the sea surface through the water column to deep-sea sediments at the HAUSGARTEN observatory. *Environ Sci Technol* 54 (7), 4079–4090

51 Zhao, S., Ward, J. E., Danley, M., Mincer, T. J., 2018. Field-Based Evidence for Microplastic in Marine Aggregates and Mussels: Implications for Trophic Transfer. *Environ Sci Technol* 52 (19), 11038–11048

52 Brandon, J.A., A. Freibott, and L.M. Sala, Patterns of suspended and salpCingested microplastic debris in the North Pacific investigated with epifluorescence microscopy. *Limnol. Oceanogr. Lett.*, 2020. 5(1): p. 46–53

53 Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., Galloway, T. S., 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environ Sci Technol* 47 (12), 6646–6655

54 Davison, P., Asch, R. G., 2011. Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre. *Mar Ecol Prog Ser* 432, 173–180

55 Katija, K., Choy, C. A., Sherlock, R. E., Sherman, A. D., Robison, B. H., 2017. From the surface to the seafloor: How giant larvaceans transport microplastics into the deep sea. *Sci Adv* 3, e1700715

56 Wicczorek, A. M., Croot, P. L., Lombard, F., Sheahan, J. N., Doyle, T. K., 2019. Microplastic Ingestion by Gelatinous Zooplankton May Lower Efficiency of the Biological Pump. *Environ Sci Technol* 53 (9), 5387–5395

57 Mattsson, K., Johnson, E. V., Malmendal, A., Linse, S., Hansson, L. A., Cedervall, T., 2017. Brain damage and behavioural disorders in fish induced by plastic nanoparticles delivered through the food chain. *Sci Rep* 7 (1), 11452

58 Mathalon, A., Hill, P., 2014. Microplastic fibers in the intertidal ecosystem surrounding Halifax Harbor, Nova Scotia. *Mar Pollut Bull* 81 (1), 69–79

59 Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kollandhasamy, P., Li, D., Shi, H., 2016a. Microplastics in mussels along the coastal waters of China. *Environ Pollut* 214, 177–184

60 Qu, X., Su, L., Li, H., Liang, M., Shi, H., 2018. Assessing the relationship between the abundance and properties of microplastics in water and in mussels. *Sci Total Environ* 621, 679–686

61 Zeytin, S., Wagner, G., Mackay-Roberts, N., Gerdts, G., Schuirman, E., Klockmann, S., Slater, M., 2020. Quantifying microplastic translocation from feed to the fillet in European sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Mar Pollut Bull* 156, 111210

62 Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C. K., Larat, V., Karbalaei, S., Salamatinia, B., 2018. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Sci Total Environ* 612, 1380–1386

63 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 (6374), 460–462

64 ibid.

65 Al-Jufaili, S., Al-Jabri, M., Al-Baluchi, A., Baldwin, R. M., Wilson, S. C., West, F., Matthews, A. D., 1999. Human Impacts on Coral Reefs in the Sultanate of Oman. *Estuar Coast Shelf Sci* 49, 65–74

66 Angiolillo, M., Lorenzo, B. D., Farcomeni, A., Bo, M., Bavestrello, G., Santangelo, G., Cau, A., Mastas-cusa, V., Cau, A., Sacco, F., Canese, S., 2015. Distribution and assessment of marine debris in the deep Tyrrhenian Sea (NW Mediterranean Sea, Italy). *Mar Pollut Bull* 92 (1–2), 149–159

67 Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J., Lin, S., 2021. Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. *J Hazard Mater* 404 (Pt B), 124205

68 Luo, Y. Y., Not, C., Cannicci, S., 2021. Mangroves as unique but understudied traps for anthropogenic marine debris: a review of present information and the way forward. *Environ Pollut* 271, 116291

69 Suyadi, N., Manullang, C. Y., 2020. Distribution of plastic debris pollution and its implications on mangrove vegetation. *Mar Pollut Bull* 160, 111642

70 Martin, C., Almahasheer, H., Duarte, C. M., 2019a. Mangrove forests as traps for marine litter. *Environ Pollut* 247, 499–508

71 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826

72 Debrot, A. O., Meesters, H. W., Bron, P. S., de Leon, R., 2013a. Marine debris in mangroves and on the seabed: largely-neglected litter problems. *Mar Pollut Bull* 72 (1), 1

73 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883

74 van Bijsterveldt, C. E., van Wesenbeeck, B. K., Ramadhani, S., Raven, O. V., van Gool, F. E., Pribadi, R., Bouma, T. J., 2021. Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. *Sci Total Environ* 756, 143826

75 Ibid.

76 Smith, S. D., 2012. Marine debris: a proximate threat to marine sustainability in Bootless Bay, Papua New Guinea. *Mar Pollut Bull* 64 (9), 1880–1883

77 Taylor, M., 2017. \$180 bn investment in plastic factories feeds global packaging binge. *The Guardian*

78 Taylor, M., Plastic pollution discovered at deepest point of ocean, in *The Guardian*. 2018.

79 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 Res Part I* 120, 88–99

80 Song, X., Lyu, M., Zhang, X., Ruthensteiner, B., Ahn, I.-Y., Pastorino, G., Wang, Y., Gu, Y., Ta, K., Sun, J., 2021. Large plastic debris dumps: New biodiversity hot spots emerging on the deepsea floor. *Environ Sci Technol Lett*

81 Katsanevakis, S., Verriopoulos, G., Nicolaidou, A., Thessalou-Legaki, M., 2007. Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: a manipulative field experiment. *Mar Pollut Bull* 54 (6), 771–778

82 Werner, S., Budziak, A., van Franeker, J., Galgani, F., Hanke, G., Maes, T., Matiddi, M., Nilsson, P., Oosterbaan, L., Priestland, E., Thompson, R., Veiga, J., Vlachogianni, T., 2016. Harm caused by marine litter. MSFD GES TG Marine Litter – Thematic Report. JRC Technical report EUR 28317 EN. European Union

83 Landos, M., Smith, M. L., Immig, J., 2021. Aquatic pollutants in oceans and fisheries. *International Pollutants Elimination Network*, National Toxics Network

84 Gunderson, A. R., Armstrong, E. J., Stillman, J. H., 2016. Multiple stressors in a changing world: The need for an improved perspective on physiological responses to the dynamic marine environment. *Ann Rev Mar Sci* 8, 357–378

85 Orr, J. A., Vinebrooke, R. D., Jackson, M. C., Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Mantyka-Pringle, C., Van den Brink, P. J., De Laender, F., Stoks, R., Holmstrup, M., Matthaei, C. D., Monk, W. A., Penk, M. R., Leuzinger, S., Schafer, R. B., Piggott, J. J., 2020. Towards a unified study of multiple stressors: divisions and common goals across research disciplines. *Proc Biol Sci* 287 (1926), 20200421

86 Coe, M. T., Matthews, T. R., Costa, M. H., Galbraith, D. R., Greenglass, N. L., Imbuzeiro, H. M., Levine, N. M., Malhi, Y., Moorcroft, P. R., Muza, M. N., Powell, T. L., Saleska, S. R., Solorzano, L. A., Wang, J., 2013. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 368 (1619), 20120155

87 Kroeker, K. J., Kordas, R. L., Harley, C. D., 2017. Embracing interactions in ocean acidification research: confronting multiple stressor scenarios and context dependence. *Biol Lett* 13 (3), 20160802

88 McComb, B. C., Cushman, S. A., 2020. Synergistic effects of pervasive stressors on ecosystems and biodiversity. *Front Ecol Evol* 8, 398

89 Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proenca, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarres, J. F., Araujo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W., Chini, L., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guenette, S., Hurr, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R. J., Sumaila, U. R., Walpole, M., 2010. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330 (6010), 1496–1501

90 Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E., Smith, A. B., 2012. Approaching a state shift in Earth’s biosphere. *Nature* 486 (7401), 52–58

91 Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., Garcia, A., Pringle, R. M., Palmer, T. M., 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci Adv* 1 (5), e1400253

92 Jackson, J. B., 2008. Colloquium paper: ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc Natl Acad Sci USA* 105 Suppl 1, 11458–11465

93 Everaert, G., De Rijcke, M., Lonneville, B., Janssen, C. R., Backhaus, T., Mees, J., van Sebille, E., Koelmans, A. A., Catarino, A. I., Vandegehuchte, M. B., 2020. Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* 267, 115499

94 Wilcox, C., Van Sebille, E., Hardesty, B. D., 2015b. Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proc Natl Acad Sci USA* 112 (38), 11899–11904

95 M.B. Tekman, L. Gutow, C. Peter, M. Bergmann, 2021. *LITTERBASE: Online Portal for Marine Litter*, Alfred Wegener Institute Helmholtz Centre for Polar and Marine Research, litterbase.org

96 Walther, B., Nation engulfed by plastic tsunami, in *Taipei Times*. 2015. p. 8

97 Barcelo, D. and Y. Pico, Case studies of macro- and microplastics pollution in coastal waters and rivers: Is there a solution with new removal technologies and policy actions? *CSCEE*, 2020. 2: p. 100019.

98 Schmaltz, E.G., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., Dunphy-Daly, M. M., 2020. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environ Int* 144, 106067

99 Helinski, O. K., Poor, C. J., Wolfand, J. M., 2021. Ridding our rivers of plastic: A framework for plastic pollution capture device selection. *Mar Pollut Bull* 165, 112095

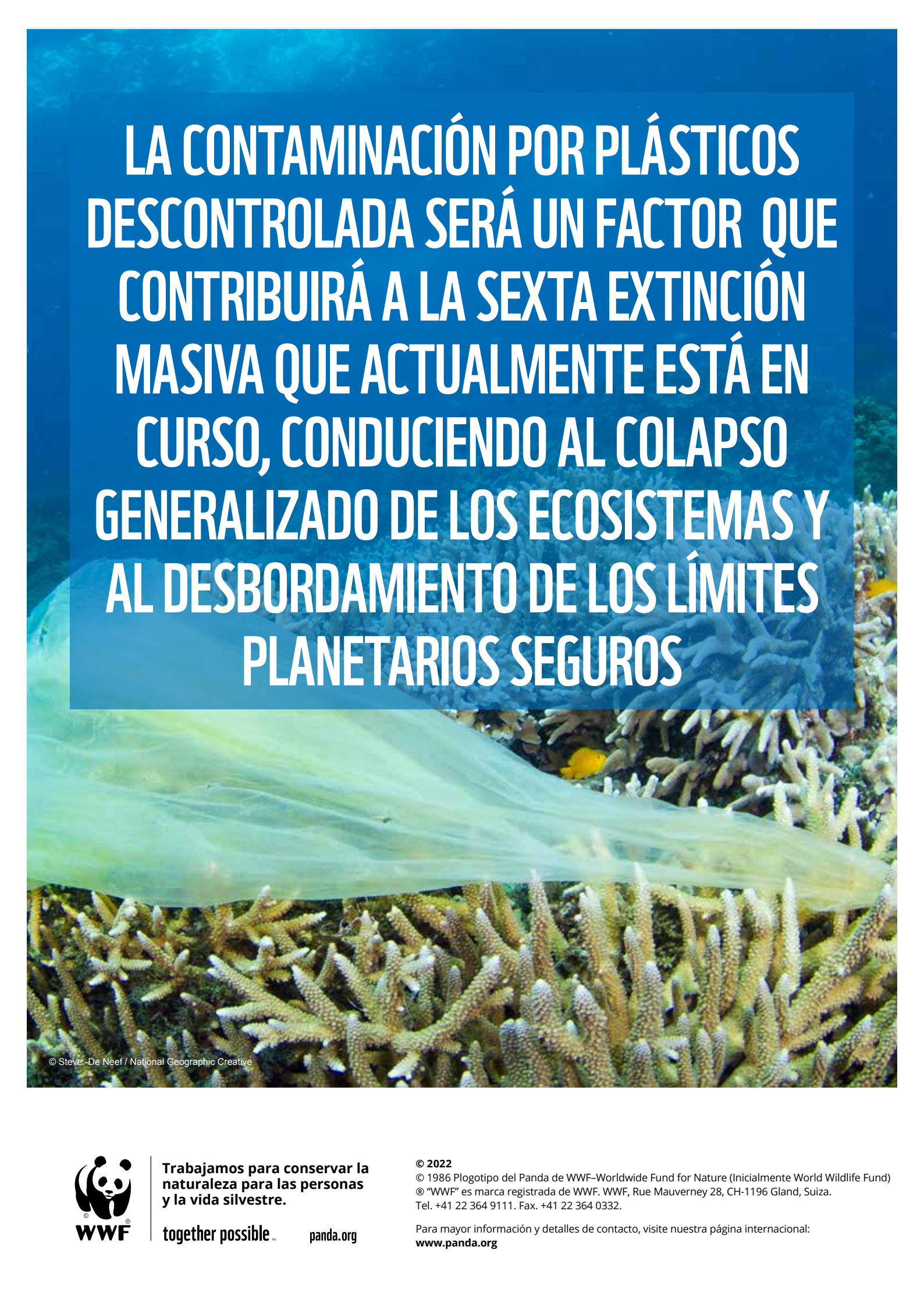
100 Slat, B., How the oceans can clean themselves: a feasibility study. 2014, Ocean Cleanup Foundation

101 Hohn, S., et al., The long-term legacy of plastic mass production. *Sci. Total Environ.*, 2020. 746: p. 141115

102 Cordier, M. and T. Uehara, How much innovation is needed to protect the ocean from plastic contamination? *Sci. Total. Environ.*, 2019. 670: p. 789–799.

103 Morrison, E., et al., *Evaluating The Ocean Cleanup, a marine debris removal project in the North Pacific Gyre, using SWOT analysis*. Case Stud. Environ., 2019. 3(1): p. 1–6.

104 Padervand, M., et al., *Removal of microplastics from the environment. A review*. *Environ. Chem. Lett.*, 2020. 18(3): p. 807–828.



LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS DESCONTROLADA SERÁ UN FACTOR QUE CONTRIBUIRÁ A LA SEXTA EXTINCIÓN MASIVA QUE ACTUALMENTE ESTÁ EN CURSO, CONDUCIENDO AL COLAPSO GENERALIZADO DE LOS ECOSISTEMAS Y AL DESBORDAMIENTO DE LOS LÍMITES PLANETARIOS SEGUROS

© Steve De Neef / National Geographic Creative



**Trabajamos para conservar la
naturaleza para las personas
y la vida silvestre.**

together possible™ panda.org

© 2022

© 1986 Plogotipo del Panda de WWF—Worldwide Fund for Nature (Inicialmente World Wildlife Fund)

® "WWF" es marca registrada de WWF. WWF, Rue Mauverney 28, CH-1196 Gland, Suiza.

Tel. +41 22 364 9111. Fax. +41 22 364 0332.

Para mayor información y detalles de contacto, visite nuestra página internacional:
www.panda.org