



Basuras marinas,  
plásticos y microplásticos  
**orígenes, impactos y consecuencias  
de una amenaza global**

ecologistas  
en acción



**Título**

Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global

**Autoras**

Elisa Rojo-Nieto y Tania Montoto, Área de Medio Marino de Ecologistas en Acción

**Edita**

Ecologistas en Acción

ISBN:978-84-946151-9-1

**Diseño y maquetación**

Andrés Espinosa

**Hecho público en enero de 2017**

**Agradecimientos**

Las autoras agradecen la revisión, aportaciones y comentarios de las áreas de Consumo, de Residuos y de Medio Marino de Ecologistas en Acción, y en especial de Daniel López Marijuán, Carlos Arribas y Charo Morán. Agradecen también la asistencia gráfica de Vanessa González Ortiz (vgonzalezortiz.com), y el apoyo de los profesores M<sup>a</sup> Dolores Gelado (ULPGC) y J. Antonio Perales (UCA).

Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de este libro siempre que se cite la fuente.



**creative commons**

Este libro está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

# Índice

<b>Las basuras marinas</b> .....	4
<b>Plásticos, principal componente de las basuras marinas</b> .....	7
<b>Algunos datos sobre la producción de plástico</b> .....	7
<b>Tipos de plástico y procesos de degradación</b> .....	9
<b>La entrada de los plásticos al medio marino, de macro a micro</b> .....	10
<b>Una atención especial a los microplásticos</b> .....	11
Tipos, tamaños y fuentes de microplásticos .....	12
Un caso especial dentro de los microplásticos: Los nanoplásticos .....	13
<b>Efectos sobre el medio marino</b> .....	14
<b>Compartimentos abióticos</b> .....	15
<b>Agua</b> .....	15
Distribución en las distintas cuencas oceánicas .....	17
<b>Sedimento</b> .....	18
<b>Biota</b> .....	21
<b>Macroplásticos y biota: efectos</b> .....	21
Enmallamientos y atrapamientos .....	22
¿Cómo se ven afectados los diferentes organismos? .....	23
¿Qué consecuencias acarrear los atrapamientos y enmallamientos? .....	24
Disrupciones estomacales / Ingestión de macroplásticos .....	25
Los impactos derivados de la ingestión de plástico .....	26
Sofocación del fondo .....	27
<b>Microplásticos y biota: efectos</b> .....	28
Ingestión de microplásticos .....	29
Transferencia a lo largo de la cadena trófica .....	30
Interacción en la incorporación de contaminantes químicos .....	31
Proporcionar un nuevo hábitat en el medio marino .....	32
<b>Orígenes del problema y medidas a tomar</b> .....	33
<b>Cerrando el ciclo: retorno de envases y reciclado</b> .....	34
<b>Consumo y reducción en origen</b> .....	37
El mejor plástico es el que no se consume .....	38
<b>Referencias</b> .....	42



# Las basuras marinas

Las basuras marinas se encuentran presentes a lo largo y ancho del planeta, y son una amenaza para los ecosistemas de agua dulce y los marinos, tanto costeros como de aguas abiertas<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>. La definición de basura marina, de acuerdo con el Programa para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP en sus siglas en inglés) engloba cualquier material manufacturado o procesado sólido y persistente, eliminado o abandonado en la costa o en el mar. De acuerdo con esta organización y con diversos autores, se estima que entran en el océano cada año entre 6, 4 y 8 millones de toneladas de basuras marinas<sup>6, 7</sup>. Actualmente, las basuras marinas están ampliamente distribuidas por los océanos, en aguas abiertas y en zonas costeras, siendo principalmente plásticos<sup>8, 9, 10, 11, 12</sup>. A pesar de que existen diversos tipos de basuras marinas, tales como vidrio, papel, cartón, metal, tela, residuos relacionados con la pesca, municiones, madera, filtros de cigarrillos, residuos sanitarios provenientes de aguas residuales, cuerdas, juguetes, etc<sup>13</sup>, múltiples estudios han constatado que los plásticos representan más del 80% de las basuras marinas<sup>2</sup>.

## CURIOSIDADES

Una de las primeras menciones de restos flotantes en el océano se hizo en la novela de Julio Verne “20.000 leguas de viaje submarino”, en 1870.

Se estima que, actualmente, hay 62 millones de elementos de macrobasuras flotando en el Mediterráneo<sup>14</sup>. Se han detectado enormes concentraciones de plásticos en los principales giros subtropicales de los hemisferios norte y sur de los océanos Atlántico y Pacífico, así como en el océano Índico<sup>15, 16, 17</sup> (llamadas por muchos “islas de plástico” o “parches de plástico”). Existen muchos factores y actividades que contribuyen a la acumulación de basuras marinas, incluidos la pesca, la navegación, el turismo y las actividades recreativas, así como las prácticas de gestión de residuos<sup>18, 19, 20</sup>. A esto hay que añadir que, desde el enfoque del ciclo de vida, el modelo lineal que siguen los recursos utilizados, desde su fabricación a su posterior descarte un solo uso y durante un tiempo corto, genera una acumulación incesante de residuos. Por todo ello, cada vez son más las voces de la comunidad científica, gestora, medioambientalista, así como miembros de la industria y de la sociedad civil, que señalan como solución la lucha contra el problema en su origen, aplicando el principio de las 6 Rs: Reducir, Reutilizar, Reciclar, Rediseñar, Recuperar, Reemplazar<sup>20, 21, 22</sup>.

La fuente de entrada de las basuras marinas al medio ambiente ha ido cambiando a lo largo de las décadas<sup>23</sup>. De acuerdo con Andrades et al. (2016)<sup>12</sup>, los primeros trabajos acerca de la composición y distribución de las basuras en el medio marino indicaban los *pellets* (o bolitas) de plástico como uno de los elementos más abundantes del material flotante de los mares, e ingerido por los animales<sup>24, 25, 26, 27</sup>. Más tarde, mediante el estudio de aves como vector para determinar el contenido de la basura marina, otros investigadores<sup>28</sup> encontraron que el tipo de basura ingerida por estos animales (principalmente plástico en todos los casos), había cambiado a lo largo de dos décadas (desde los 70 hasta finales de los 90) de los típicos *pellets* usados por la industria a utensilios de plástico y fragmentos de objetos más grandes. De hecho, de acuerdo con Ryan et al. (2009)<sup>23</sup>, los barcos de pasajeros y las labores de pesca habían sido la principal vía de entrada de basura marina al medio durante la mitad del pasado siglo, que posteriormente habría descendido gracias al control de estos vertidos a partir de la Convención para Prevención de la Contaminación generada por Buques, MARLPOL (Anexo V) en

## CURIOSIDADES

El primer signo de alerta sobre el problema de las basuras marinas se produjo en los años 60 por los efectos observados en las focas y aves marinas.

1988<sup>29</sup>. Sin embargo, a pesar de la disminución, que no erradicación, de la entrada de basuras marinas desde barcos, a día de hoy el problema de las basuras marinas sigue siendo enorme, y actualmente es indiscutible la importancia de la entrada de basura al medio marino desde tierra<sup>11</sup>. Aunque los vertidos desde tierra se producen debido a diversas fuentes y factores, es importante la entrada directa de basuras marinas directamente desde la línea de costa, estando esta entrada muy relacionada con la densidad de población y la presencia de industrias, vertederos, etc. Se ha constatado, por ejemplo, que las cantidades de basuras marinas en algunas de las playas pueden aumentar un 40% en verano, debido al elevado número de turistas<sup>11</sup>. En lo que concierne a la entrada desde tierra, no sólo afecta la deposición directa de basura a lo largo de la línea de costa, sino que cada vez está cobrando más importancia la llegada a la mar de basura a través de ríos, desde grandes corrientes a pequeños cursos de agua, estimándose que hasta el 80% de los residuos sólidos encontrados en algunas playas provendrían de los ríos cercanos<sup>30, 31</sup>. Sin embargo, a pesar de que hay numerosos estudios que sugieren la importancia de estos cursos como fuente de contaminación de basuras en los mares<sup>32, 33, 34, 35, 36</sup>, todavía no hay muchos estudios que proporcionen datos cuantitativos de cantidades y tipos de residuos de origen humano provenientes de los ríos<sup>31, 36</sup>.

#### CURIOSIDADES

Uno de los primeros casos de atrapamiento registrados fue probablemente el de un tiburón apresado en un neumático en 1931.

En la ballena del ártico los atrapamientos en basuras marinas suponen una de las causas principales de muerte. Estudios realizados han encontrado que el 83% de las ballenas muestreadas se habían enredado en aparejos al menos una vez, y en un 60% al menos una segunda vez.

La basura, una vez entra en el medio marino, se mueve y acumula a lo largo de todo el planeta<sup>2</sup>. Existen informes de presencia de basuras flotantes en todos los mares y océanos<sup>11, 17</sup>. Mientras que las basuras grandes al principio se detectaron principalmente en costa<sup>33, 37</sup>, en los últimos años se está investigando también la basura flotante en mar abierto y la depositada en los fondos oceánicos<sup>14, 38, 39</sup>. De hecho, recientemente se han encontrado grandes concentraciones de basuras en cañones submarinos<sup>10</sup>, lo que demuestra la movilidad y la acumulación en lugares remotos de estos residuos. Asimismo, las basuras marinas se encuentran en sitios tan lejanos de las fuentes como los mares polares, habiéndose encontrado, entre otros, en el mar de Barents y en el estrecho de Fram, en el Ártico<sup>40</sup>.

El cambio climático y la contaminación por basuras marinas son problemas globales que degradan los sistemas biológicos impidiendo funciones fisiológicas, el crecimiento y la supervivencia<sup>41</sup>. Debido al aumento de la basura marina y a la aceleración del cambio climático, grandes cantidades de basuras marinas están llegando a las costas, ayudadas por los cambios en el nivel del mar, en el régimen de lluvia y en la velocidad del viento<sup>41, 42, 43, 44</sup>. Los cambios en las corrientes y en los afloramientos están haciendo que estas basuras lleguen a lugares que anteriormente no habían sufrido este impacto<sup>45</sup>. Además, el incremento de la radiación solar favorece la degradación más rápida de microplásticos<sup>46</sup>.

De acuerdo con estudios recientes, más de 690 especies han tenido alguna interacción con basuras marinas<sup>3, 12</sup>. En las últimas décadas, los plásticos han reemplazado a los materiales tradicionales, dado que sus características los han convertido en materiales ampliamente utilizados (por ejemplo, su durabilidad y bajo coste), generando elementos más ligeros capaces de viajar grandes distancias<sup>47</sup>. Estos mismos materiales que durante décadas han sido populares, representan a día de hoy una amenaza para el medio ambiente, y principalmente para el marino<sup>12, 29, 48</sup>. La persistencia de los plásticos en la naturaleza puede conducir a riesgos serios para el ser humano y la fauna salvaje, produciendo cambios en los ecosistemas<sup>49</sup>, exposición a sustancias químicas, que bien están presentes en la composición de estos plásticos o bien han sido adsorbidos en ellos en el medio marino<sup>50, 51</sup>, y a efectos letales y subletales debido a su ingestión, así como al atrapamiento con elementos de plástico por parte de la fauna marina<sup>20, 52, 53, 54</sup>. Además, pueden facilitar la propagación de especies invasoras<sup>55, 56</sup>, siendo éste último un problema especialmente

amenazante para las regiones polares, como el ecosistema del Ártico<sup>57</sup>, que a su vez es una de las áreas del planeta que más rápido se está calentando.

Los residuos de plástico (principal componente de las basuras marinas) se pueden diferenciar en macroplásticos y microplásticos. Este segundo tipo puede formarse a partir de plásticos más grandes tanto por degradaciones físicas, (mecanización de las olas, efectos de temperatura o radiación ultravioleta), y degradaciones químicas (oxidación, hidrólisis) y reducir el plástico a partículas y fibras más pequeñas, muchas veces indetectables para el ojo humano<sup>58</sup>. Estos microplásticos se han definido como partículas de plástico que tienen un tamaño máximo de 5 mm y cuyo límite inferior no está definido<sup>59</sup>. De acuerdo con Deudero y Iomar (2015)<sup>2</sup> los organismos marinos se han adaptado a las fluctuaciones de las condiciones ambientales (temperatura, pH, salinidad, CO<sub>2</sub>, carbonatos, etc.) y sus mecanismos fisiológicos han evolucionado para hacer frente a los cambios que se producen a través del tiempo geológico. Sin embargo, los desechos marinos, especialmente los plásticos, son sustancias nuevas, duraderas en la naturaleza, que sólo han estado presentes durante menos de 100 años. Por lo tanto, aún no se ha producido el desarrollo evolutivo de las respuestas de adaptación de los organismos a estos materiales, y a al ritmo veloz al que aumenta su presencia en el medio ambiente, quizá no haya margen para que se dé.

El aumento de las basuras marinas en los océanos y la exposición a ellas, junto con el número limitado de estudios que abordan estas cuestiones emergentes, indican la necesidad de tomar serias medidas al respecto. A nivel europeo se han dado algunos pasos para la identificación, cuantificación y para la propuesta de medidas para paliar este problema. La directiva más importante en vigor actualmente para la protección del medio marino es la Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM, MSFD en sus siglas en inglés)<sup>60</sup>, la cual establece un marco para que cada Estado Miembro ponga en marcha acciones para alcanzar el Buen Estado Ambiental (BEA) en el medio marino para 2020. La DMEM define 11 Descriptores, que representan conjuntamente el estado y funcionamiento del medio marino<sup>61, 62</sup>. El Descriptor 10 está exclusivamente dedicado a las basuras marinas, dando idea de la relevancia del problema. Este descriptor se centra en las cantidades, tendencias, fuentes y composición de estos objetos, como método para determinar su efecto sobre el medio ambiente marino, en referencia tanto a daños ecológicos como a económicos y/o sociales. Basándose en una evaluación de lo que podría definirse como BEA, la Comisión Europea<sup>63</sup> identifica cuatro indicadores diferentes para el Descriptor 10: i) la evolución de la cantidad de basura arrastrada por las olas y / o depositada en las costas; ii) las tendencias en la cantidad de basura en la columna de agua; iii) las tendencias en la cantidad, distribución y, cuando sea posible, la composición de micropartículas; iv) las tendencias en la cantidad y composición de los desechos ingeridos por los animales marinos<sup>5</sup>.

Sin embargo, a pesar de la clara amenaza que suponen, de la creciente preocupación a nivel social y de la incipiente actuación de los organismos gestores nacionales e internacionales, las basuras marinas son un desafío global intersectorial que no reconoce fronteras geográficas o políticas. Sus impactos ecológicos y socioeconómicos negativos suponen una grave amenaza para el medio marino y costero y para los medios de vida humanos, que afecta a hábitats, especies y ecosistemas; a la salud humana y la seguridad; y a sectores económicos tales como la pesca, el turismo y la navegación<sup>6, 21, 64, 65, 66, 67, 68</sup>, convirtiéndose en uno de los mayores problemas de contaminación a nivel mundial de la época actual<sup>69</sup>.

#### CURIOSIDADES

La radiación UV juega un papel fundamental en la degradación de los plásticos, y dado que esta radiación es absorbida rápidamente por el agua, la degradación de los plásticos normalmente requiere mucho más tiempo en el mar que en la tierra.

#### CURIOSIDADES

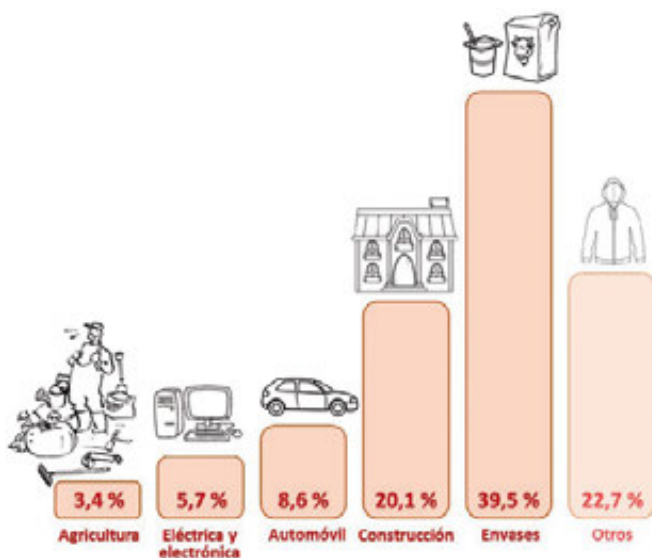
El primer encuentro internacional sobre “Destino e impacto de las basuras marinas” tuvo lugar en Honolulu en 1984, y el último “MICRO2016: Destino y efectos de los plásticos en los ecosistemas marinos” en 2016 en Lanzarote.

# Plásticos, principal componente de las basuras marinas

## Algunos datos sobre la producción de plástico

En 1907, el belga ganador del Premio Nobel en Química Leo Hendrick Baekeland (1863-1944) creó la primera sustancia de plástico sintética, la baquelita. No fue hasta medio siglo después, en los años cincuenta, que estas fibras sintéticas comenzaron a producirse masivamente<sup>70,71</sup>, y desde entonces, hasta hoy en día, la producción de plástico, material versátil por excelencia, ha ido creciendo exponencialmente, con un incremento aproximado de un 5% anual según Andrad y Neal (2009)<sup>72</sup>. Bajo el paraguas de la palabra "plástico" se engloban un grupo de componentes artificiales o de fibras sintéticas de diversidad de tamaños, texturas y colores: desde textiles como los forros polares de poliéster, hasta material quirúrgico, pasando por todo tipo de piezas para aparatos electrónicos e industriales, material agrícola, enseres y, por descontado, envases. Hoy en día es difícil encontrar un producto que no contenga plástico y se ha estimado que el 50% de los productos plásticos que se fabrican están destinados a ser de un solo uso<sup>73</sup>.

### Demanda de plásticos en Europa en 2015, total y por sectores.



El aumento de la producción está ligado al constante crecimiento de la demanda, que alcanzó los 49 millones de toneladas en Europa en 2015, representada en casi un 40% por los sectores del envase y embalaje, y casi un 20% en el sector de la construcción.

Fuente: Elaboración propia, basada en *PlasticsEurope* (2016).

Según el último informe de Plastics Europe (2016)<sup>74</sup>, la producción mundial de materias primas utilizadas para la fabricación de plásticos creció casi un 4% en 2015, alcanzando los 322 millones de toneladas anuales, y, según el último informe de la UNEP (2016)<sup>67</sup>, si la tendencia de producción y consumo continúa, se estima que se alcancen los 2.000 millones de toneladas para 2050. Actualmente, la industria europea es el segundo productor mundial, con un 18% de la producción global, siendo ésta solamente superada por la producción china. A su vez, el aumento de la producción está ligado al constante crecimiento de la demanda, que alcanzó los 49 millones de toneladas en Europa en 2015, representada en un 40% por los sectores del envase y embalaje, un 20% en el sector de la construcción y la edificación, y casi un 9% en el del automóvil (Plastics Europe, 2016)<sup>74</sup>. La combinación de estas cifras con la elevada durabilidad del material y los bajos porcentajes de reciclaje o reaprovechamiento del mismo han dado como resultado una acumulación de desechos de plástico por todo el planeta: de los sedimentos de las profundidades oceánicas<sup>75</sup> a las montañas<sup>8</sup>, en las costas de las islas más remotas<sup>76</sup>, y desde el Ecuador hasta las aguas polares, en lugares muy alejados de los núcleos de origen<sup>77, 78</sup>. En concreto, en 2014 se produjeron en Europa 59 millones de toneladas de plástico, de las cuales tan sólo el 13%, correspondiendo a 7,7 millones de toneladas, fueron recicladas<sup>74</sup>. Las estimaciones de entrada de plásticos a los océanos rondan el mismo orden de magnitud, entre los 6, 4-8 millones de toneladas<sup>6, 7</sup>.

La producción de plástico se lleva a cabo mediante diferentes procesos industriales y la combinación de aditivos que le confieren al producto final las características deseadas, entre ellas: mayor durabilidad, persistencia, elasticidad, resistencia a la temperatura, propiedades ignífugas, etc. Todo ello consigue aumentar la vida útil del plástico; sin embargo,

factores como la radiación ultravioleta (UV), la temperatura o el tipo de polímero empleado, actúan de forma imperturbable en el proceso de degradación de estos materiales<sup>79</sup>. En concreto, la radiación ultravioleta (UV) juega un papel muy importante: el mar absorbe rápidamente esta radiación, de forma que se ha observado que los plásticos se degradan más lentamente en el mar que en las costas<sup>24, 80</sup>. Incluso en la costa, el porcentaje de *pellets* degradados aumenta a medida que nos alejamos de la orilla, por estar éstos más expuestos a la radiación UV que aquellos más cercanos al contacto con el agua<sup>80</sup>.

En los años 70 se llegó a afirmar que los plásticos desaparecían totalmente mediante procesos de fotodegradación y oxidación<sup>81, 82</sup>, asumiendo que estos materiales se desintegraban por completo, reduciéndose a un polvo que se absorbía rápidamente en el ambiente<sup>83</sup>. Sin embargo, pronto se probó que lo que estaba ocurriendo era una degradación a partículas y fibras microscópicas<sup>84</sup>. Es más, el descubrimiento de las islas de plástico que se estaban formando en los giros oceánicos<sup>85, 86</sup> demostraba que estas partículas seguían presentes en el medio marino. Los procesos de degradación del plástico son extremadamente lentos<sup>8</sup>, poniendo de relieve la elevada persistencia de estos materiales en el medio ambiente<sup>73</sup>. Se afirma incluso que, todo el plástico producido, salvo aquel que ha sido incinerado, permanece hoy en día en el medio ambiente sin haberse mineralizado, aunque sí puede estar fragmentado<sup>87</sup>.

En definitiva, y a pesar de que los plásticos existen desde hace poco más de un siglo, se trata, hoy en día, de una de las amenazas más graves del medio ambiente marino; y si bien son muchos los cambios acaecidos sobre la faz del planeta en los últimos tiempos, la ubicuidad y la abundancia de los residuos de plásticos es uno de los más dramáticos y destacables.



## Tipos de plástico y procesos de degradación

Los plásticos son polímeros procedentes del petróleo combinados con otras sustancias, diferentes aditivos, que son los que le confieren las propiedades deseadas en cuanto a su textura, resistencia a la temperatura, maleabilidad, estabilidad, brillo, etc<sup>88</sup>. Las diferentes combinaciones posibles de estos compuestos y aditivos dan lugar a multitud de variaciones posibles y, en definitiva, multitud de tipos de plástico. Los nombres completos de los materiales de plástico conven-

cionales son complejos debido precisamente a su formulación química, de forma que es usual referirlos con acrónimos. Los polímeros más usados y más abundantes son el polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad, policloruro de vinilo, poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato (HDPE, LDPE, PVC, PS, PP y PET, respectivamente, según sus siglas en inglés), constituyendo entre ellos el 90% de la producción de plástico a escala global<sup>72</sup>.

### Plásticos (acrónimos, nombres completos y productos de plástico característicos)

Acrónimo	Nombre completo	Productos de plástico
PET (PETE)	Polietileno tereftalato	Botellas de agua
PES	Poliéster	Ropa de poliéster
LDPE o PEBD	Polietileno de baja densidad	Bolsas de plástico
HDPE o PEAD	Polietileno de alta densidad	Botellas de detergente
PVC	Policloruro de vinilo	Tuberías
PP	Polipropileno	Tapas de botellas
PA	Poliamida	Cepillos de dientes
PS	Poliestireno	Envases de comida para llevar

Los nombres completos de los materiales de plástico convencionales son complejos debido precisamente a su compleja formulación química.

En esta tabla se especifican los acrónimos y nombres completos de los materiales de plástico convencionales más abundantes y productos más usados asociados a cada uno de ellos.

Además de la composición, a menudo se clasifican también los tipos de plástico en función de la degradación que experimentan. En ese sentido, podemos encontrar plásticos clasificados como convencionales, oxo-degradables y bioplásticos. A menudo, la composición básica de los tres tipos es la misma, si bien a los llamados oxo- o biodegradables se les añaden otros compuestos que aceleran la degradación o grasas vegetales que lo que hacen es reducir el tiempo de permanencia en el medio<sup>71, 84, 89</sup>. A menudo, la degradación de estos plásticos biodegradables está sujeta a una serie de condiciones que no se dan en el medio marino<sup>68</sup>. Por esta razón, tanto unos como los otros pueden ser una fuente de entrada de

macro y microplásticos al medio ambiente, especialmente cuando no son desechados correctamente y son expuestos a las condiciones biológicas, químicas y físicas que los deterioran y fragmentan<sup>59</sup>. Para más detalle, los plásticos bio-derivados representan además otro tipo de problemáticas socio-ambientales como puede ser la competición por el suelo fértil destinado a la producción de bioplásticos en vez de alimentos<sup>90</sup>. En última instancia, la velocidad de la degradación de los plásticos depende a su vez de los factores a los que se expongan, y por ende al compartimento ambiental en el que se encuentren. Las playas, dadas las condiciones que reúnen para que se den procesos de degradación física, incidencia de rayos ultra-

violeta y mayor temperatura y disponibilidad de oxígeno que en el mar, son entornos más favorables para la degradación de los plásticos<sup>8</sup>,<sup>91</sup>, aunque, aun así, menos que tierra adentro. Por el contrario, los fondos oceánicos, donde los niveles de oxígeno y la temperatura son menores y en ausencia de radiación solar, la degradación es extremadamente lenta<sup>68</sup>.

En definitiva, a medida que pasa el tiempo y bajo el efecto de la radiación solar y otros procesos químicos, físicos y biológicos, los plásticos pierden resistencia y se fragmentan en partículas sin sufrir necesari-

amente una alteración de su composición química: es decir, el plástico degradado sigue siendo eminentemente plástico, si bien más pequeño. Dado que hay documentos que informan de la presencia de plásticos en el medio ambiente desde los comienzos de su producción<sup>71</sup>, y que todos los objetos de plástico que usamos en nuestro día a día pueden convertirse en basuras marinas en cuestión de días, o meses, el volumen potencial de basuras marinas de plástico, y en especial de microplásticos fruto de la degradación de plásticos mayores, es enorme, además de muy difícil de calcular.

## La entrada de los plásticos al medio marino, de macro a micro

Las fuentes de plásticos (macro y micro) en los océanos son muchas y variadas. Las cifras exactas sobre las entradas no se han podido determinar aún<sup>67</sup>, aunque sí se han realizado algunas estimaciones. En primer lugar, está comprobado que las fuentes principales de basuras marinas al medio ambiente marino son aquellas de procedencia terrestre, alcanzando el 80% del total, con puntos calientes en zonas industrializadas o de mayor densidad de población<sup>71</sup>, así como en zonas cercanas a plantas de tratamiento de residuos. En la entrada de basura a lo largo de la línea de costa cada vez está cobrando más importancia la llegada a través de ríos, estimándose que, hasta el 80% de los residuos sólidos encontrados en algunas playas provendrían de los ríos cercanos<sup>30, 31</sup>. Entre las entradas desde tierra, los objetos de plástico más importantes incluyen los desechos de construcción y enseres relacionados, residuos derivados del turismo costero, de las actividades agrícolas, y del envasado de productos de alimentación y bebida.

### Pesca fantasma.



Los aparejos abandonados o perdidos que viajan a la deriva en los océanos atrapan accidentalmente numerosos organismos, devastando las poblaciones de peces y dañando hábitats bentónicos. Según la UNEP, cada año se pierden en los océanos unas 640.000 toneladas de aparejos.

Autor/a: Sijmon de Waal/Marine Photobank.

El 20% restante está representado por las entradas desde los propios océanos, siendo la actividad humana que más contribuye a esto la pesca, y en especial la pesca fantasma: el abandono o pérdida de aparejos (redes, líneas, boyas, etc.) que viajan a la deriva en los océanos atrapan accidentalmente numerosos organismos y dañando hábitats bentónicos<sup>92, 93</sup>. Según la UNEP, cada año se pierden en los océanos unas 640.000 toneladas de aparejos, que corresponden a un 10% de las basuras marinas<sup>94</sup>.

## Una atención especial a los microplásticos

Los microplásticos son pequeñas partículas de plástico, citados por primera vez a principio de los años 70 en la literatura científica<sup>24</sup>. A pesar de que hay evidencias de su presencia en estómagos de aves desde los años 60<sup>95</sup>, no ha sido hasta unos años después que este nombre comenzó a emplearse<sup>96</sup>, y no fue hasta décadas más tarde que alcanzaron mayor relevancia gracias a las investigaciones de Thompson et al. (2004)<sup>84</sup>. Desde entonces, tanto la investigación sobre estas partículas como su concentración en el medio marino no ha cesado de crecer, y existen citas de presencia de microplásticos en todo tipo de ambientes,

incluso los considerados como más vírgenes o alejados de las fuentes de producción de estos materiales como las profundidades de los océanos<sup>97</sup> o el hielo del Ártico<sup>98</sup>. En definitiva, los microplásticos están presentes en el medio ambiente marino y costero, y accesibles para la ingestión por gran variedad de organismos. Se puede afirmar, además, que estas micro-partículas han entrado en la cadena trófica marina<sup>99, 100</sup> y, según Andrady y Neal (2009)<sup>72</sup>, la concentración de microplásticos en el medio marino continuará aumentando, llevando a una acumulación gradual y significativa en el litoral y medio ambiente marino.

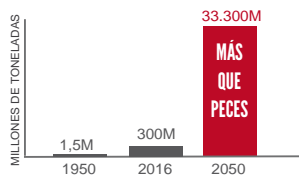
## FUENTES DE ENTRADA DE MICRO Y MACROPLÁSTICOS.

Las fuentes de plásticos en los océanos son muchas y variadas, siendo las principales entradas las terrestres, con puntos calientes en zonas industrializadas o de mayor densidad de población.

### 8 MILLONES DE TONELADAS AL AÑO

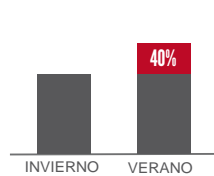
Al año se vierten más de 8 millones toneladas de basuras al océano, el equivalente del peso de 320.000 camiones a máxima carga. Del total de las basuras marinas que llegan a los océanos, alrededor de un 90% son plásticos.

### PRODUCCIÓN DE PLÁSTICO



En los últimos 30 años, la producción de plástico se ha incrementado en un 620%. Además han cambiado las fuentes, mientras que en los años 70 eran mayoritariamente pellets, en los 90 empezaron a ser utensilios más grandes y variados.

### VACACIONES Y PLÁSTICO

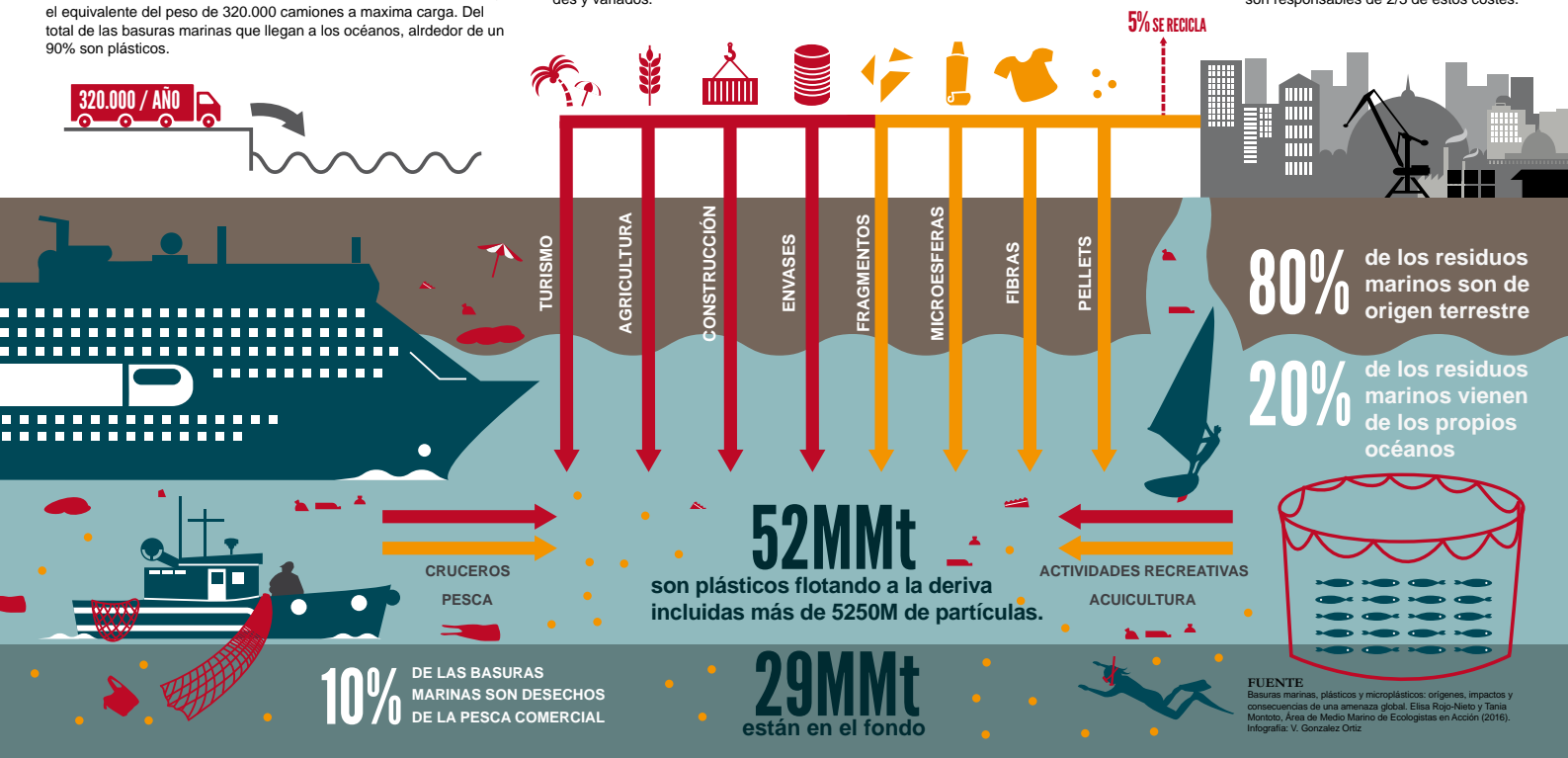


Las fiestas veraniegas y el abarrotamiento de las playas genera un aumento del plástico arrojado en las costas, llegando a incrementarse un 40% los residuos plásticos durante el verano.

### LA BASURA CUESTA CARA



El coste asociado a impactos en el medio marino por el uso de plásticos es de aproximadamente de 8M de dólares al año. De ellos, los sectores de alimentación, bebidas y el sector minorista son responsables de 2/3 de estos costes.



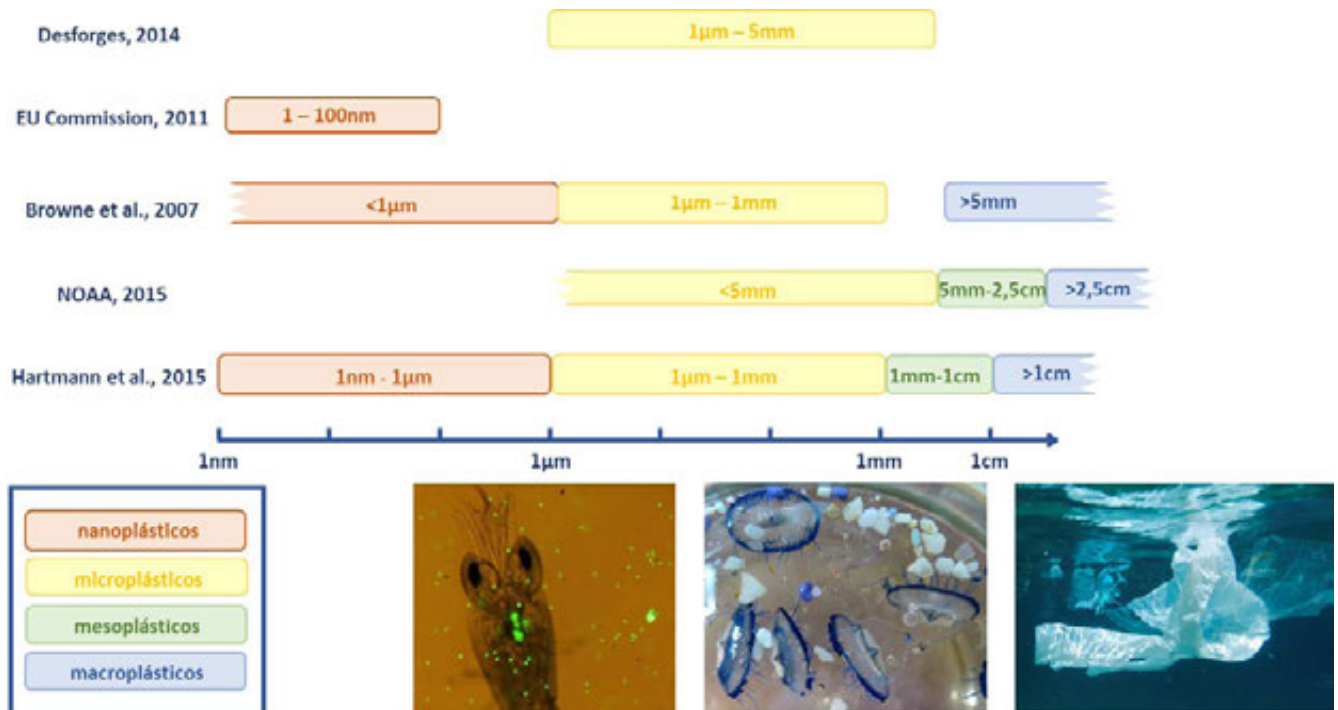
### Orígenes, producción mundial, cantidades vertidas al año, costes destino de esta basura

Fuente: Elaboración propia (Vanessa González Ortiz).

## Tipos, tamaños y fuentes de microplásticos

Actualmente, en la literatura científica más especializada sobre microplásticos no hay consenso sobre el rango de tamaños para la definición de estas partículas<sup>87</sup>. De manera más genérica, los microplásticos comprenden todas aquellas partículas de plástico con un tamaño inferior a 5 mm<sup>59, 68</sup>; si bien hay autores que aplican la misma norma a partículas <2mm, de <1 mm, o incluso de <500 μm<sup>35</sup>. Andradý (2011)<sup>70</sup> apunta la necesidad de emplear tres términos diferentes para tres

rangos de tamaño por debajo de los 5 mm en función de las distintas características físicas y los impactos biológicos que éstos ocasionan: mesoplásticos (500 μm – 5 mm), microplásticos (50-500 μm) y nanoplásticos (<50 μm). A medida que se siguen sucediendo las investigaciones sobre los impactos de los diferentes rangos de tamaños de estas partículas, las clasificaciones parecen ir adaptándose, tal y como reflejan *da Costa et al.*<sup>101</sup> en un reciente estudio (2016).



**Diferentes propuestas sobre el rango de tamaños para la definición de los microplásticos según diferentes autores.** Las clasificaciones van adaptándose a medida que se siguen sucediendo las investigaciones sobre el impacto de los diferentes tamaños.

Fuente: Elaboración propia, basada en una versión de *da Costa et al.* (2016).

Se denominan **microplásticos primarios** aquellos que ya son manufacturados con un tamaño microscópico<sup>35, 102</sup>. Entre ellos, destacan las microesferas (<500 μm) contenidas en algunos productos de cosmética, las mezclas utilizadas para el arenado/granallado<sup>102, 103</sup>, y los microplásticos empleados como vectores de medicamentos<sup>104</sup>, así como los empleados para la impresión en 3D de forma más reciente.

Estas micropartículas suponen un grave problema ambiental al incorporarse tras su uso a la red de alcantarillado, sorteando los sistemas de saneamiento y desembocando en los mares y océanos. Por otro lado, los *pellets*, partículas de plástico de 2-5 mm, precursores de materiales plásticos de mayor tamaño, representan por sí mismos una importante entrada de plástico en los océanos debido a derrames accidentales en

el transporte o manipulación<sup>105</sup>. Suelen estar compuestos predominantemente por polímeros como el polietileno y el polipropileno<sup>106, 107</sup> y, aunque su concentración suele ser mayor en zonas cercanas a áreas urbanas e industriales, se han encontrado importantes acumulaciones en numerosas playas del Pacífico e islas remotas como Fiji o playas de Nueva Zelanda<sup>108</sup>. En definitiva, estos *pellets* conforman una parte importante de las basuras marinas que llegan a costa, como se ha constatado en las playas de Carolina del Norte<sup>109</sup>, en las Islas Canarias<sup>110</sup> y numerosas playas y llanuras intermareales de Brasil<sup>111</sup>.

Por otro lado, los **microplásticos secundarios** son aquellos productos de plástico de mayor tamaño que, una vez manufacturados, bien en la superficie del mar, en las playas o en otros ambientes, están expuestos a condiciones externas como la radiación solar (UV), entre otras, que causarán la degradación de los mismos<sup>70</sup>. Esta degradación, que puede ser de muchos tipos en función de la causa que la genere, lleva asociada la decoloración de los

plásticos, el desarrollo de erosiones varias en su superficie y un aumento de su fragilidad. Las primeras fases de degradación de los plásticos se han estudiado con más detalle<sup>70, 112</sup>; sin embargo, para conocer lo que ocurre en sucesivas etapas, aún quedan factores pendientes de estudio como los efectos de otras variables como la presión hidrostática (para el caso de los plásticos en los fondos marinos), o la salinidad. En cualquier caso, la fragmentación de plásticos de mayor tamaño constituye una fuente adicional de entrada de microplásticos, y nanoplásticos, al medio<sup>113</sup>, bien tenga lugar antes de ser desechados en el medio ambiente<sup>114</sup> como es el caso de la fragmentación de las fibras sintéticas al lavar la ropa, o bien la que ocurre una vez estos plásticos de mayor tamaño ya forman parte del medio ambiente y son degradados por diferentes procesos químicos, biológicos y físicos<sup>115</sup>. Según un estudio de Browne et al. (2011)<sup>114</sup> en un solo lavado de prendas sintéticas se pueden liberar más de 1900 fibras de microplásticos, que llegarían a los océanos a través de los efluentes de aguas residuales.

### Un caso especial dentro de los microplásticos: Los nanoplásticos

La producción de nanoplásticos ha crecido en los últimos años, a pesar de lo cual el conocimiento sobre su presencia, destino, comportamiento y toxicidad en el medio ambiente marino es bastante limitado aún<sup>116</sup>. De acuerdo con especialistas en el tema<sup>117b</sup>, esta fracción de los microplásticos es probablemente la menos conocida pero la más peligrosa. El tamaño de estas partículas (de menos de 1µm) las hace susceptibles de ser ingeridas incluso por los organismos que están en la base de la cadena trófica<sup>111</sup>. Se han propuesto diversas fuentes para estos nanoplásticos, entre las que están principalmente su procedencia como parte intencionada de algunos productos y su origen como consecuencia de la fragmentación de partículas de mayor tamaño<sup>9, 70, 118</sup>.

Los nanoplásticos entrañan principalmente dos problemas: por un lado, su reducido tama-

ño puede conllevar que atraviesen, en algunos casos, membranas celulares, alterando sus funciones fisiológicas y/o que residan en tejidos epiteliales durante periodos prolongados<sup>119, 120, 121, 122</sup>, y, por otro lado, su elevada relación de superficie respecto al área les confiere unas características fisicoquímicas que permiten enormes afinidades para la sorción de contaminantes. Ambas características juntas pueden conllevar el transporte de compuestos tóxicos directamente a través de membranas celulares<sup>117b, 123</sup>. Además, debido al efecto de su elevada superficie, es posible que los nanoplásticos retengan compuestos orgánicos tóxicos o metales pesados a concentraciones mayores que los microplásticos (como se verá en el apartado 3.2.2.3), por lo que, en caso de ser ingeridos, su efecto como portador y vector de contaminantes hacia tejidos internos de los organismos sería mayor también<sup>117b</sup>.

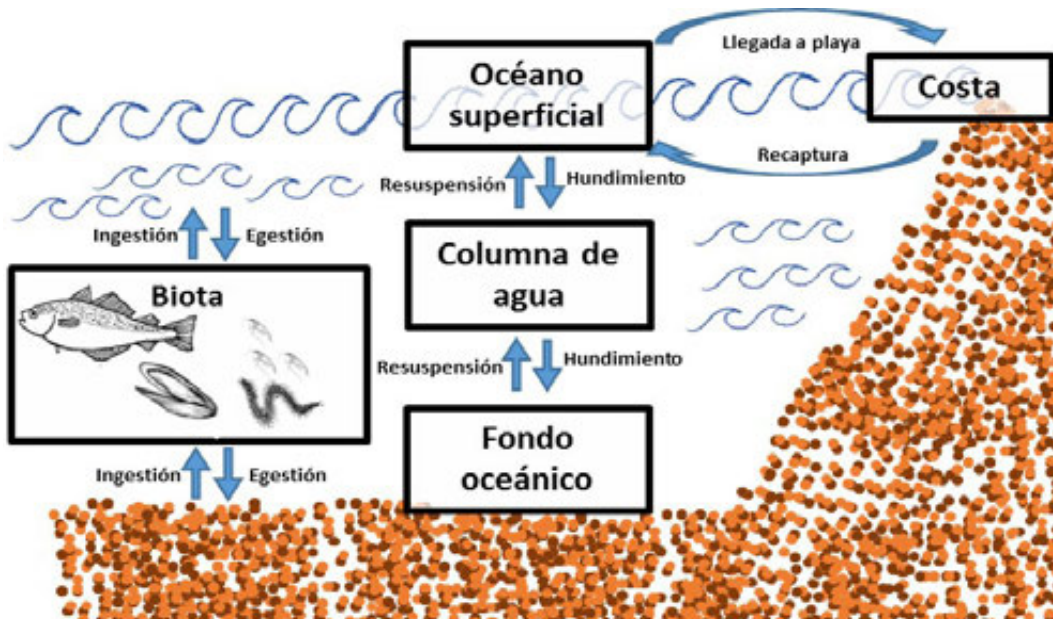


## Efectos sobre el medio marino

La versatilidad del plástico y su resistencia hacen de este material el idóneo para la fabricación de todo tipo de objetos y materiales cotidianos. Consecuentemente, en nuestro día a día, producimos, usamos y tiramos ingentes cantidades de plástico. Se ha estimado que, del total de basuras de plástico que generamos, el 10% acaba en los océanos<sup>124</sup>, donde pueden representar un peligro para la salud como para el medio ambiente<sup>35, 125</sup>. Las entradas al medio marino se producen desde diferentes fuentes y en un amplio rango de tamaños, de micras a metros<sup>8</sup>. Las interacciones que se producen entre las basuras marinas y el medio ambiente marino son diversas y complejas.

Por un lado, las de mayor tamaño, además de producir interferencias estéticas<sup>126</sup>, pueden llegar a causar daños económicos y sociales por interacciones con la pesca, aparejos y otras actividades marítimas<sup>68, 127</sup>. Así mismo, son cada vez más numerosos los impactos en el conjunto de la biota marina<sup>8, 71</sup>. Por otro lado, con este incesante ritmo de producción de plástico de un solo uso y de una vida media tan corta, los microplásticos son hoy en día una de los factores de contaminación marina más extendido y crónico. Estas pequeñas partículas entran en los océanos de formas muy diversas<sup>128</sup> y son distribuidas por todas las cuencas oceánicas por las corrientes marinas, resultando en una distribución global de estos materiales<sup>9</sup>. Su presencia en la diversidad de hábitats oceánicos, y acuáticos en general, no hace sino incrementar el número de ecosistemas y organismos vulnerables a su exposición<sup>56</sup>.

**Los microplásticos se distribuyen por todas las cuencas oceánicas.**



Esquema de la distribución de los microplásticos en la diversidad de hábitats de las cuencas oceánicas, y acuáticos en general. Fuente: Elaboración propia, basada en una versión de Erik van Sebille en el informe del GESAMP (2016).

## Compartimentos abióticos

### Agua

La ubicuidad de las basuras marinas -y en concreto de los plásticos (macro y microplásticos)- en los diferentes compartimentos acuáticos es bien conocida y está documentada profusamente<sup>87, 129</sup>. Hoy en día se han encontrado plásticos en casi todos los hábitats acuáticos del planeta, desde el océano abierto, ríos, mares, aguas superficiales y también en la columna de agua e incluso los sedimentos, tanto playas como profundos<sup>130</sup>. Conocer la distribución y cuantificación de los microplásticos, dado su tamaño en comparación con los mares, es complejo y presenta numerosos inconvenientes<sup>35</sup>. Por un lado, existen múltiples formas de entrada de estas partículas a los océanos que, al no estar datadas, imposibilitan el cálculo del tiempo de degradación de las mismas<sup>23</sup>. Además, la combinación de las corrientes y las variaciones estacionales en los

océanos hace que sea aún más difícil abordar una distribución temporal y espacial para estas diminutas partículas<sup>131</sup>. Todo ello, junto con las dificultades añadidas de muestreo y extracción de estos microplásticos, así como la variedad de técnicas empleadas para su cuantificación hasta el momento, hace que conocer la abundancia de estos materiales y su distribución resulte una tarea muy compleja. Los resultados de los estudios proporcionan datos que a menudo no se pueden comparar entre ellos, de forma que es incuestionable la necesidad de estandarización de los métodos de muestreo y las técnicas de extracción y cuantificación de microplásticos<sup>132, 133</sup>. A pesar de todo, investigaciones recientes, con un ámbito más global, han dejado algunas cifras. En un estudio de Cózar et al. (2014)<sup>9</sup> se estimó que existen entre 7.000 y 35.000 toneladas de plástico flotando

en los océanos. Otro estudio del mismo año afirma que los 5 trillones de piezas de plástico estimadas suman en total más de 250.000 toneladas<sup>17</sup>. A menor escala, la mayor parte de las masas de agua han sido estudiadas de manera más local, siendo más deficitarias, en cuanto a estudios las regiones polares, y el Océano Índico<sup>130</sup>.

Una vez entran en el medio ambiente marino, los microplásticos persisten en él, estando su distribución ligada a las interacciones de estos materiales con las condiciones oceanográficas y ambientales<sup>134</sup>. Entre estas se encuentran las corrientes oceánicas, el transporte generado por el viento y los procesos de mezcla vertical y horizontal derivados del mismo<sup>135</sup> o la formación de capas de biofilm. Por otro lado, las características físicas y químicas propias debidas a la composición del propio material afectan también a la distribución de estas partículas en el medio acuático<sup>136</sup>. De esta forma, los plásticos compuestos por polímeros más ligeros permanecerán en la columna de agua o en las aguas superficiales, mientras que los plásticos de mayor densidad, o aquellos colonizados por organismos marinos, se hunden hacia los fondos marinos<sup>137</sup>. La fragmentación y el estado de degradación de las partículas son factores que también influyen en su distribución. Por esta razón, es útil y necesario conocer las fuentes de entrada de los plásticos al océano y la temporalidad, de manera que se pueda estimar el grado de su degradación según el tiempo que lleven en el sistema. De la misma forma, es también interesante conocer las concentraciones de plástico en las playas, pues los artículos más grandes, mediante su degradación, suponen una entrada de microplásticos al sistema oceánico.

Tal y como ha sido demostrado por numerosos estudios de modelado, una vez los microplásticos entran en la circulación oceánica, tenderán a acumularse en las regiones propias de los giros oceánicos y las zonas de convergencia<sup>85, 138</sup>. Estos giros se dan en todos los océanos del planeta, de forma que la acumulación de microplásticos se da a escala global y ha sido bien documentada a lo largo de las últimas cuatro décadas. En consecuencia, pue-

den encontrarse suspendidos en la columna de agua<sup>139</sup>, en aguas superficiales<sup>9</sup>, estuarios<sup>44</sup>, ríos<sup>140</sup>, además de en playas y sedimentos profundos, como se verá en el siguiente apartado de este informe.

### Las características físicas y químicas de las basuras marinas afectan a la distribución de las mismas en el medio acuático.



Así, los plásticos compuestos por polímeros más ligeros permanecerán en la columna de agua o las aguas superficiales, mientras que los plásticos de mayor densidad se hunden hacia el fondo.

Autores:

Patrick Kelley Worldwide Photographer/Marine Photobank.  
Gavin Parsons [www.gavinparsons.co.uk](http://www.gavinparsons.co.uk)/Marine Photobank.



## Distribución en las distintas cuencas oceánicas

En 2014 se publicó el primer estudio comparativo de la distribución de plástico flotante de todos los tamaños entre las distintas cuencas oceánicas. Este estudio, publicado por Eriksen et al. (2014)<sup>17</sup>, comprende los datos de 1751 estaciones de muestreo, recorridas en un total de 24 expediciones realizadas entre los años 2007 y 2013 en los giros oceánicos (Pacífico Norte y Sur, Atlántico Norte y Sur, Índico), el Mar Mediterráneo, el Golfo de Bengala y las aguas costeras de Australia. En todas ellas se encontraron macro o microplásticos, con una tendencia mayor en zonas de convergencia, pero con porcentajes de abundancia similares entre el hemisferio norte y en el sur, donde tanto la producción de plástico, como su consumo o la densidad de población es menor.

### Confetti de plástico: 200.000 partículas por km<sup>2</sup>



La concentración de microplásticos en el Giro Central del Pacífico ha aumentado en dos órdenes de magnitud en los últimos 40 años.

Autor/a: Karin Malmstrom/Marine Photobank

Los estudios sobre la distribución de plásticos en el **Pacífico** son abundantes, y en especial sobre la acumulación más famosa de todas, el "Gran Parche de Basura" que contiene el Giro Central del Pacífico Norte (NPCG en sus siglas en inglés)<sup>141</sup>. Los resultados hasta la fecha muestran que la concentración de microplásticos en el NPCG ha incrementado en dos órdenes de magnitud en las últimas cuatro décadas<sup>142</sup>, con un recuento de 200.000 partículas por kilómetro cuadrado según Law et al. (2010)<sup>85</sup>. En el Pacífico Sur, los estudios se centran principalmente también en torno al giro oceánico, donde se ha registrado un incremen-

to de partículas a medida que nos adentramos en el mismo<sup>17</sup>. Los sistemas costeros de esta cuenca también se ven afectados, influenciados además por los patrones de afloramiento de nutrientes profundos<sup>131</sup> y las condiciones meteorológicas locales<sup>86, 139</sup>. Al igual que en el resto del planeta, los microplásticos son más abundantes en zonas costeras próximas a núcleos urbanos, desde dónde se incorporan a las corrientes oceánicas<sup>142, 143</sup>. En el **Atlántico** se han llevado a cabo menos investigaciones sobre las basuras marinas y los plásticos que en el Pacífico, sin embargo, sí se han realizado un elevado número de estudios a largo plazo<sup>130</sup>. La sopa de plástico característica del Mar de los Sargazos es conocida ya desde principio de los años 70 y, además, son numerosos los puntos calientes de acumulación de macro y microplásticos vinculados a zonas más antropizadas<sup>8</sup>, y allí donde los fondos oceánicos son más llanos<sup>33</sup>. Las basuras marinas son también una problemática tangible en el **Mediterráneo**, donde los plásticos suman entre un 70-80% del total<sup>144</sup>. Los datos de abundancia recogidos en algunos estudios realizados en el noroeste mediterráneo apuntan a niveles similares a los obtenidos en el NPCG (0,27 partículas/m<sup>3</sup> en las investigaciones de Collignon et al. (2012)<sup>145</sup>. De manera similar al resto de las cuencas oceánicas, las zonas más alejadas de núcleos urbanos en el Mediterráneo tampoco están exentas de su presencia. Asimismo, como se ha mencionado anteriormente, la distribución de estas partículas está claramente influenciada por las corrientes oceánicas y los vientos predominantes, de forma que las zonas de menor energía hidrodinámica tienden a acumular mayores cantidades de microplásticos. Por ello, son ejemplos de acumulación de microplásticos la laguna de Venecia<sup>146</sup> o los puertos de Bélgica<sup>34</sup>. La distribución y abundancia de basuras de plástico en el Océano **Índico** no está suficientemente estudiada, proviniendo la mayoría de los datos obtenidos del *International Pellet Watch*<sup>107, 147</sup>, pero con escasa información acerca del resto de fragmentos, tanto macro como microplásticos. En los polos, a raíz de las investigaciones sobre el calentamiento global y el deshielo, se han registrado evidencias de la

presencia de microplásticos en testigos de hielo de regiones remotas en el Océano Ártico<sup>98</sup>, en superficie<sup>142</sup> y en las profundidades<sup>148</sup>. En la Antártida se han identificado macroplásticos a la deriva, si bien los muestreos de microplásticos en superficie no recogieron partículas<sup>77</sup>. Además, a pesar de la escasez de estudios in situ en las aguas de las regiones árticas, sí se

ha documentado la presencia de plásticos en los estómagos de aves del Ártico canadiense<sup>149, 150</sup>. De esta forma, parece evidente que los microplásticos ya han entrado en los ecosistemas de las regiones polares. En concreto, llama la atención un estudio de modelado que sugiere la formación de una sexta isla de plástico en el Mar de Barents<sup>138</sup>.

## Sedimento

El segundo compartimento abiótico principal marino, después del agua, es el sedimento. Los sedimentos marinos abarcan desde los profundos fondos oceánicos abisales hasta las playas, y por tanto engloban una amplia variedad de ambientes en los que pueden encontrarse los plásticos, tanto en su forma macroscópica como en la microscópica. Una vez llegan al mar, gran parte de los plásticos flotan en la superficie y son transportados durante largos períodos de tiempo, lejos de sus fuentes originales<sup>151, 152, 153, 154, 155</sup>. Finalmente, una gran proporción de estos desechos flotantes se acumula en las costas de todo el mundo, transformando los sistemas marinos y costeros en sumideros de plásticos, generando impactos negativos sobre la vida silvestre<sup>155, 156</sup>. En este sentido, se han identificado varios factores como el viento, las mareas y las corrientes oceánicas como agentes que contribuyen a la dispersión de plásticos después su entrada al medio marino<sup>153, 157, 158</sup>. Del trabajo que se ha realizado en el estudio de basuras marinas, mucho se ha centrado en zonas costeras, debido principalmente a la presencia cercana de las fuentes más importantes de estos residuos, su fácil acceso y evaluación y también debido a razones estéticas<sup>159</sup>.

### Basuras marinas en las playas: el predominio del plástico



En todos los estudios realizados en distintas playas y costas del mundo, la mayor parte de basuras marinas encontradas corresponden a plásticos, con algunas excepciones a nivel muy local.

Autor/a: Maleen/Marine Photobank

Es difícil elaborar una imagen cuantitativa global de la presencia de basuras marinas, y más concretamente plásticos, en playas, ya que los factores que influyen en su evaluación y cuantificación son muchos, principalmente el uso de distintas técnicas de muestreo y recuento, que no permiten comparar datos fácilmente<sup>11</sup>. Además de lo anterior, es difícil comparar concentraciones halladas en distintas zonas debido también a la influencia de factores como densidades de población, condiciones hidrográficas y geológicas, etc., y más cuando se está trabajando a su vez con un espectro de tamaño muy amplio. En las zonas costeras, los movimientos de agua causados

por el viento, las olas y las mareas transportan partículas de sedimento según su tamaño, forma y densidad. Sin embargo, se desconoce en qué medida están influyendo estas propiedades en el transporte y en los patrones espaciales de distribución de los fragmentos de plásticos<sup>44</sup>. De acuerdo con revisiones realizadas recientemente por expertos<sup>11</sup>, los plásticos representan, por ejemplo, un 68% del total de la basura encontrada en playas de California<sup>160</sup>, un 77% en playas de Taiwan<sup>161</sup>, un 86% en Chile<sup>162</sup> y un 91% en el sur del Mar Negro<sup>163</sup>. Una de las mayores abundancias de plásticos encontrada hasta la fecha en los estudios realizados ha sido de 258.408 elementos por m<sup>2</sup>, en Fan Lau Tung Wan, Hong Kong<sup>164, 165</sup>. A pesar de las variaciones en los porcentajes, en todos los estudios realizados en distintas zonas del mundo la mayor parte de basuras marinas encontradas corresponden a plásticos, con algunas excepciones a nivel muy local.

Entre los posibles impactos en ambientes costeros que pueden generar los plásticos, y más concretamente en los sedimentos de playas y otras zonas costeras, se incluyen la ingestión por parte de diversos organismos<sup>55, 166, 167</sup>, contaminación de sedimentos por aditivos de los plásticos<sup>168</sup> o por los contaminantes orgánicos persistentes adsorbidos en ellos<sup>169, 170</sup>, y enmallamiento, tanto de organismos marinos como de buceadores o nadadores<sup>171</sup>. Como se explica más adelante, en el caso de los microplásticos además pueden alterar las propiedades físicas de los sedimentos. A todo lo anterior hay que añadir que algunos estudios recientes han mostrado evidencias de la posibilidad de formación de biofilms de bacterias (como *Escherichia coli*) y la persistencia de patógenos potencialmente dañinos (tales como ciertas cepas de *Vibrio* spp.) sobre residuos de plástico<sup>172, 173, 174</sup>. Dada la capacidad de los microorganismos para persistir en los plásticos presentes en las playas, aumentando así la diseminación de microbios potencialmente patógenos en las zonas costeras, este tema requiere también atención y estudios más profundos y detallados, ya que las playas y los ambientes costeros forman parte de las zonas ecológicas y socioeconómicas más importantes a nivel mundial<sup>174, 176</sup>. En Europa, alrededor del 50% de los artículos de plástico producidos

se utilizan como envases de un solo uso<sup>73</sup>, que se acumulan rápidamente en instalaciones de gestión de residuos y como basura en el medio ambiente. Aunque se han dado algunos pasos en la dirección de fabricación de plásticos biodegradables, no hay evidencias de que estos sufran una degradación efectiva en el medio marino, como se ha descrito en secciones anteriores de este informe. Estudios de campo realizados para evaluar el impacto de bolsas de plástico convencionales y de las biodegradables han mostrado que la presencia de cualquiera de los dos tipos de bolsa crea unas condiciones anóxicas dentro del sedimento junto con la reducción de la productividad primaria y la materia orgánica, y da como resultado abundancias significativamente menores de invertebrados que habitan estos sedimentos. Esto indica que tanto las bolsas convencionales como las biodegradables pueden alterar rápidamente los sistemas marinos<sup>49</sup>.

### Los océanos, nuestros vertederos.



En Fort Lauderdale (Florida) en los años 70 se arrojaron al mar 700.000 neumáticos con intención de crear un arrecife artificial. Hoy en día, ocupan millas en un fondo marino que siguen dañando a medida que se van moviendo por las corrientes.

Autor/a: Steve Spring/Marine Photobank

Por otro lado, investigaciones recientes han resaltado que la presencia o no de macroplásticos en ciertas zonas, tanto de playas como de fondos marinos, no es un indicativo determinante sobre la presencia o no de microplásticos, y que ambos grupos se deben estudiar de forma independiente<sup>177, 178</sup>. Por ejemplo, en un estudio realizado en sedimentos del Parque Natural de Telašćica, en Croacia, no se encontraron macroplásticos en ninguna de las muestras, mientras que sí aparecieron microplásticos en todas ellas<sup>179</sup>. Los primeros informes de microplásticos asociados con los sedimentos se remontan a finales de 1970<sup>132</sup>. Estas primeras observaciones incluyeron *pellets* industriales de resina (2-5 mm) en playas de Nueva Zelanda, Canadá, Bermudas, Líbano y España<sup>83, 105, 180, 181, 182</sup>, demostrando, ya entonces, la distribución mundial de esta contaminación.

En el caso de los fondos marinos, la presencia, efectos y abundancia de plásticos y microplásticos se han estudiado mucho menos que en el caso del agua y de las playas, a pesar de que se estima que más de un 70% de las basuras marinas se encuentran en los fondos oceánicos<sup>183</sup>. Dentro de los fondos marinos, los estudios se han centrado principalmente en las plataformas continentales, debido a que zonas más profundas son difíciles y caras de estudiar. Sin embargo, la importancia de presencia de elementos de plástico en zonas profundas es relevante, debido tanto a que alrededor de un 50% del plástico se hunde hacia fondo marino, como a que incluso los polímeros de baja densidad como el polietileno y el propileno, que en principio flotan, pueden perder flotabilidad bajo el peso del fouling y las incrustaciones, y mediante la formación de agregados<sup>137</sup>. Esto concuerda con datos de la Agencia Europea de Medio Ambiente, que indica que tan sólo el 15% de la basura marina flota sobre la superficie del mar, otro 15% permanece en la columna de agua y el 70% restante descansa sobre el lecho marino. En el caso de los microplásticos, los procesos oceanográficos que facilitan la transferencia de éstos a profundidad<sup>184</sup>, incluyen las cascadas de agua por estratos de distinta densidad<sup>185</sup>, las tormentas costeras severas<sup>185</sup>, la convección en alta mar<sup>186</sup> y la

subducción salina<sup>187</sup>. Como en el caso de los plásticos en playas, la presencia de estos en los fondos marinos está también muy influenciada por factores hidrodinámicos, geomorfológicos, climáticos y factores humanos<sup>10, 44, 188</sup>. A pesar de ello, y de las distintas distribuciones de densidad de elementos de plástico que pueden darse debido a diversos factores, es una realidad que se han encontrado plásticos en los fondos marinos de todos los mares y océanos, incluyendo zonas con acumulación de grandes cantidades<sup>8, 33, 189</sup>, si bien es cierto que aún existen áreas remotas, como la Antártida, donde su presencia todavía no es muy frecuente, particularmente en aguas profundas<sup>8</sup>, aunque en estas zonas también son menos los estudios desarrollados. La abundancia de restos de plásticos presenta grandes variaciones espaciales, encontrándose densidades medias desde cero hasta más de 7.000 elementos por m<sup>2</sup><sup>11</sup>, siendo el mar Mediterráneo uno de los más contaminados por estos elementos, debido tanto a su densidad de población como a ser una cuenca semicerrada con un intercambio de agua limitado.

En general, los plásticos tienden a acumularse en áreas con baja circulación, que son las mismas de acumulación de sedimentos<sup>10, 188, 190</sup>. Por tanto, sería esperable que las mayores acumulaciones de plásticos y microplásticos se den en bahías, lagoons y arrecifes de coral, más que en océano abierto. Sin embargo, un estudio reciente publicado por Woodall (2014)<sup>191</sup> advierte que las profundidades oceánicas se están convirtiendo en un gran depósito de residuos de plástico y que en cada km<sup>2</sup> de sedimentos marinos pueden encontrarse alrededor de 4.000 millones de restos microscópicos de estos compuestos. Esto corrobora la presencia de estos elementos a lo largo y ancho de los mares del planeta. De hecho, Galgani et al. (2000)<sup>33</sup>, entre otros, estudiaron las tendencias de acumulación en zonas de aguas profundas a lo largo del tiempo frente a la costa europea, y obtuvieron una distribución extremadamente variable y la evidencia de acumulación de desechos en los cañones submarinos, los cuales pueden actuar como conductos para el transporte de estos plásticos a zonas más profundas. En relación con los microplásticos,

en aguas profundas los sedimentos se han muestreado sólo un número reducido de veces hasta el momento, por lo que la información al respecto es todavía preliminar<sup>178</sup>. Se han estudiado sedimentos y corales en profundidades de 3500m en el Mar Mediterráneo, el suroeste del Océano Índico y el Atlántico nororiental en 2001 y 2012<sup>191</sup>. En estos estudios se detectaron microplásticos en todas las muestras, con una abundancia promedio de 13,4 piezas / 50 ml de sedimento. Dada la extensión de las regiones de aguas profundas, estos sedimentos podrían representar un sumidero considerable para los microplásticos y podrían ser responsables de albergar los plásticos “desaparecidos” previamente de cálculos de balance de masa<sup>178,191</sup>. En otros estudios recientes se han encontrado partículas de plástico de tamaño micrométrico en sedimentos de aguas profundas, recolectados en cuatro lugares (del océano Atlántico Norte y Sur y del Mar Mediterráneo) que representan diferentes hábitats de aguas profundas con una profundidad de 1100 a 5000m. Estos resultados demuestran que la contaminación por microplásticos se ha extendido a través de los mares y océanos del mundo, hacia el remoto y desconocido mar profundo<sup>75</sup>.

Los microplásticos enterrados en sedimentos podrían tener impactos fundamentales en la biota marina, ya que aumentan la permeabilidad de los sedimentos y disminuyen

la difusividad térmica, pudiendo cambiar los flujos de agua y la distribución de nutrientes<sup>167</sup>. Todo ello afecta a la composición biológica, física y química del litoral y sublitoral de una forma negativa. Puede afectar a los procesos dependientes de la temperatura, ya que, de acuerdo con Lusher (2015)<sup>130</sup> se ha observado que concentraciones de microplásticos tan bajas como 1,5% pueden disminuir las temperaturas máximas en 0,75° C. Por ejemplo, las temperaturas alteradas durante la incubación pueden sesgar las proporciones de ambos sexos de los huevos de las tortugas marinas. A 30° C, se desarrollan números iguales de machos y embriones hembras, mientras que a temperaturas <28° C todos los embriones se convierten en machos<sup>167, 192</sup>. De acuerdo con Lusher (2015)<sup>130</sup>, con microplásticos presentes en los sedimentos, éstos tardarán más tiempo en alcanzar temperaturas máximas debido a su mayor permeabilidad. Por lo tanto, los huevos pueden requerir un período de incubación más largo, con más neonatos machos debido al efecto aislante. Los cambios en las temperaturas de los sedimentos también podrían afectar a los organismos que habitan dentro de los sedimentos, ya que pueden influir en los procesos enzimáticos y otros procesos fisiológicos, las tasas de alimentación y crecimiento, las velocidades locomotoras, la reproducción y, finalmente, la dinámica de las poblaciones.

## Biota

### Macroplásticos y biota: efectos

Antes de la industrialización del plástico, muchos de los elementos usados en el sector pesquero, e incluso muchos de los productos desechables utilizados en actividades terrestres, estaban hechos con materiales biodegradables, como por ejemplo el cáñamo o el papel. Ambos tipos de productos (pesqueros y de actividades terrestres) constituyen una enorme entrada de basuras al medio marino, y hoy por hoy, sus componentes originales han sido sustituidos en su inmensa mayoría por plástico, produciéndose su acumulación en los océanos y generando impactos conocidos

y desconocidos sobre los organismos que habitan en ellos. Se trata, como ya se ha mencionado anteriormente, de un problema ambiental global<sup>13, 67</sup> y extensivo, geográficamente, a todas las cuencas, y afectando a un número de organismos creciente, ya no exclusivamente marinos<sup>55, 71, 193, 194</sup>.

Las afecciones de las basuras, y en particular de los macroplásticos, a los organismos y ecosistemas marinos se asocian generalmente a animales muertos, debilitados o varados por consecuencias relacionadas con enmallamien-

tos y atrapamientos, sofocación, o ingestión de estos materiales no biodegradables<sup>195</sup>. Además de estas formas, ampliamente documentadas, se están explorando nuevos efectos de estos elementos de plástico en el medio marino, ya que parecen afectar de forma más global a los ecosistemas. Por ejemplo, los fragmentos de plástico pueden hacer de **“transportadores” o “ascensores” de otras especies**, desplazándolas horizontalmente o verticalmente en la columna de agua y haciéndolas llegar a nuevos ecosistemas<sup>196</sup>, **facilitando nuevos hábitats** para especies donde de otra manera no se desarrollarían<sup>197</sup>, o **colmatando zonas del fondo marino o de la superficie** produciendo efectos próximos a la asfixia de algunos ecosistemas<sup>49, 198</sup>.

### Las basuras marinas: un problema ambiental global



Las basuras marinas afectan a un número de organismos creciente, y no exclusivamente marinos. Además de provocar atrapamientos, y ser ingeridas, cada vez se investigan más impactos relacionados con la sofocación de los fondos, su papel como vectores de transporte y contaminación, entre otros.

Autor/a: Claire Fackler, NOAA National Marine Sanctuaries/ Marine Photobank

### Enmallamientos y atrapamientos

Los atrapamientos o enmallamientos en basuras marinas, y en especial los provocados por aparejos de pesca abandonados o perdidos en el mar, son de los impactos más evidentes y visualmente reconocidos<sup>53, 55</sup>. Las especies afectadas por estas razones en el medio marino son numerosas, y los efectos que estas basuras marinas pueden provocar van, desde lesiones físicas que impiden o disminuyen la capacidad natatoria o móvil de los animales, hasta otros efectos indirectos como malformaciones o disfunciones en algunos de los apéndices derivados del propio enmallamiento.

En 1997, Laist<sup>55</sup> publicó una revisión global de los enmallamientos de especies marinas con basuras. En su estudio identificó 136 especies afectadas en todo el mundo, si bien desde entonces la cifra no ha parado de crecer. Baulch y Perri realizaron una nueva revisión en 2012<sup>53</sup> donde reflejaban un incremento considerable en la lista de especies afectadas, y tres años más tarde, un estudio de Kühn et al. (2015)<sup>126</sup> afirmaban que el número de especies afectadas por

enmallamiento o atrapamiento en macroplásticos se había doblado desde 1977, afectando de 267 a 557 especies en total. Una última revisión realizada por Gall y Thompson (2015)<sup>3</sup> aumenta la cifra a 693 especies afectadas, de las cuales, matiza, el 17% están incluidas como amenazadas o casi amenazadas en la lista roja de la IUCN.



### Un león marino en el Golfo de California con una red alrededor del cuello.

Según un estudio de 2015, son casi 700 las especies afectadas por casos de enmallamiento y atrapamiento, de las cuales el 17% están incluidas como amenazadas o casi amenazadas en la lista roja de la IUCN.

Autor/a: Marcia Moreno-Baez/ Marine Photobank

Además del número, las investigaciones más recientes han ido revelando una variedad mayor en cuanto al tipo de organismos afectados: desde las grandes ballenas<sup>199, 200, 201</sup>, pasando por focas en la Antártida<sup>202</sup> y Alaska<sup>203</sup>, alcatraces en España<sup>204</sup>, pulpos en Japón<sup>205</sup>, cangrejos en Estados Unidos<sup>206, 207</sup> y un largo etcétera.

**La pesca fantasma** es una de las razones relacionada más directamente con este fatal desenlace de enmallamiento o enredamiento. El grado de efectos producidos por estas redes y aparejos dependen de su tamaño y la estructura, pero también del tiempo que lleven a la deriva y/o abandonados, y de si han sido colonizadas por organismos, algo que puede disminuir su efectividad, entre otras razones que han sido estudiadas por diversos autores<sup>208</sup>. Además de las redes de pesca fantasma, los objetos de origen también plástico y antropogénico como las bolsas de plástico o las anillas de los packs de latas son numerosos, y contribuyen sustancialmente a los enredamientos de diferentes organismos marinos<sup>3, 204, 209</sup>.

### La pesca fantasma: la mayor causante de los casos de enmallamiento o enredamiento de la fauna marina



Los organismos marinos pueden no sufrir una muerte directa derivada de los enmallamientos, pero sí resultar gravemente afectados por las heridas o los impedimentos generados por el atrapamiento: falta de movilidad, dificultades para la captura de alimento y muerte por inanición, o imposibilidad de escape ante presencia de depredadores. Autor/a: Eric Leong/Marine Photobank

## ¿Cómo se ven afectados los diferentes organismos?

**Las ballenas y delfines** suelen quedar atrapados alrededor de la cabeza y las aletas<sup>210, 211</sup>. Las **focas** se ven afectadas generalmente por enredo con redes abandonadas, a menudo alrededor de la cabeza y las patas delanteras<sup>202, 203, 212, 213, 214, 215</sup> y, con grandes dificultades para liberarse, estas basuras suelen generar problemas durante el crecimiento del animal, provocando mayores atrapamientos. En el caso de las **aves marinas**, los enredos se suelen dar alrededor del propio pico, o las alas y las patas, con lo cual dificulta o imposibilita su alimentación o desplazamiento<sup>204, 216</sup>. Las tortugas marinas también son susceptibles de enredos en aparejos, tanto en su fase adulta<sup>217</sup> como en las playas al salir de los nidos, en su trayecto hacia el mar<sup>218, 219, 220</sup>. Los organismos bentónicos móviles suelen caer en trampas abandonadas en los fondos marinos<sup>206, 207, 221, 222,</sup>

<sup>223, 224, 225</sup>, donde su propia muerte hace que sirvan de cebo para nuevas víctimas<sup>141, 226, 227</sup>.

Además de la morfología de los cuerpos de los distintos organismos, otro factor importante a la hora de determinar el riesgo potencial de enredo en basuras marinas tiene que ver con el comportamiento de cada especie<sup>228, 229</sup>. Por ejemplo, el comportamiento "juguetón" de algunos mamíferos marinos puede incrementar el riesgo de enredo con las basuras marinas flotantes<sup>48, 212, 213, 230, 231, 232</sup>. De la misma manera, la edad también juega un papel importante, siendo los individuos más jóvenes los más juguetones e inmaduros y por tanto los que mayor riesgo de enredo corren. Varios estudios han corroborado cómo, en el caso, por ejemplo, de las focas, las juveniles son atrapadas en redes con más frecuencia que las adultas<sup>213, 233, 234</sup>.

Por último, en el caso de las aves marinas, la incorporación de objetos antropogénicos para la construcción de los nidos (pueden confundir redes, cuerdas y otros restos de basuras marinas con las algas y las maderas que acostumbran a recoger), incrementa el riesgo de atrapamiento tanto por parte de los

individuos adultos como de las crías<sup>175, 235, 236, 237, 238, 239, 240</sup>. En el caso de las poblaciones de alcatraces en Estados Unidos, y relacionado con el volumen de pesca mayor en las zonas cercanas a éstas colonias, se han encontrado restos de basuras marinas en el 75% de los nidos<sup>204, 239</sup>.



#### **Una foca atrapada y muerta como consecuencia de las basuras marinas.**

El comportamiento "juguetón" de algunos mamíferos marinos puede incrementar el riesgo de enredo con las basuras marinas flotantes siendo los individuos más jóvenes los más juguetones e inmaduros y por tanto los que mayor riesgo de enredo corren. Se estima que en Australia mueren al año 1478 focas debido a estos atrapamientos.

Autor/a: Nina Kristin Nilsen/Marine Photobank

### **¿Qué consecuencias acarrear los atrapamientos y enmallamientos?**

Los organismos marinos pueden no sufrir una muerte directa derivada de los enmallamientos, pero sí resultar gravemente afectados por las heridas o los impedimentos generados por el atrapamiento: falta de movilidad, dificultades para la captura de alimento y muerte por inanición, o imposibilidad de escape ante presencia de depredadores, etc.<sup>55, 209, 215, 241</sup>. En el caso concreto de las tortugas marinas, son frecuentes las amputaciones por estrangulamiento<sup>242, 243</sup>, y también hay casos de peces e invertebrados que han sido

atrapados en basuras marinas, causando su muerte por inanición u otras consecuencias derivadas del atrapamiento<sup>243, 244</sup>. En un estudio de Page et al. (2004)<sup>213</sup> se estima que en Australia mueren, al año, 1.478 focas debido a estos atrapamientos. En los tiburones, los atrapamientos suelen bloquear o dificultar la apertura de la boca, impidiendo una buena depredación<sup>245</sup>. Las malformaciones y problemas en el desarrollo corporal debido a enmallamientos en fases juveniles afectan también gravemente a las condiciones de



flotabilidad y maniobrabilidad de estos animales<sup>246</sup>, y también de focas<sup>247</sup>, afectando a su supervivencia de forma significativa<sup>215</sup>. En definitiva, aunque no sea de una forma directa, los atrapamientos y enmallamientos pueden tener un impacto muy grave en una enorme diversidad de formas y organismos marinos. La mitad de las yubartas en Estados Unidos tienen pruebas de haber estado enredadas en alguna ocasión<sup>248</sup> y se estima que entre 57.000 y 135.000 pinnípedos y misticetos son víctimas de los atrapamientos cada año, además de una lista muy difícil de cuantificar que incluye también otro tipo de organismos como tortugas, peces, aves, etc.<sup>249</sup>.



**Una red atrapa una estrella de mar en el fondo del mar.**

Aunque no sea de una forma directa, los atrapamientos y enmallamientos pueden tener un impacto muy grave en una enorme diversidad de formas y organismos marinos, provocando desde falta de movilidad, dificultades para la captura de alimento, etc.

Auto/a: Peri Paleracio/Marine Photobank

## Disrupciones estomacales / Ingestión de macroplásticos

La ingestión de plástico por organismos marinos es menos evidente que los atrapamientos o enmallamientos descritos en el apartado anterior; sin embargo, también ha sido documentada ampliamente, por ejemplo, en la revisión de Laist (1997)<sup>55</sup>. Las basuras marinas, y en especial los plásticos, son confundidos con alimento provocando disrupciones estomacales, o alterando otras funciones de los organismos como, entre otras, la reproducción<sup>250, 251, 252</sup>. Tradicionalmente, los mamíferos marinos, tortugas y aves marinas han sido los testigos mortales más evidentes de estas afecciones<sup>2</sup>, si bien cada vez es más amplio el rango de organismos afectados, incluidas especies de peces e invertebrados<sup>253, 254</sup>, y hasta los diminutos copépodos<sup>255</sup>. Según un estudio reciente<sup>256</sup>, el número de especies de aves, tortugas y mamíferos marinos afectados por esta causa ha aumentado de 143 (33%) a 233 (44%), y en particular para el caso de las aves, la presencia de plásticos en las colonias de aves marinas y costeras y su ingesta es cada vez mayor<sup>216</sup>. Una de las primeras aves que atestigua esta ingestión fue un paño boreal en Terranova en 1962<sup>95</sup>. La primera tortuga con plástico conocida data de 1968<sup>257</sup>, y la primera ballena en 1979<sup>258</sup>. Incluso el caso de los peces, a pesar de

ser menos evidente, es también conocido desde 1972<sup>24</sup>. Actualmente, se han documentado casos de ingestión de macroplásticos en un amplio abanico de organismos, incluyendo cetáceos dentados, como los zifios<sup>259</sup>, delfines<sup>260</sup> o los cachalotes<sup>258, 261</sup>, hasta algunas especies de peces de valor comercial como el arenque y la caballa<sup>262, 263</sup>, los atunes del Mediterráneo<sup>264</sup> y el bacalao del Atlántico<sup>265</sup>.

**La estrategia de alimentación** parece ser un factor clave a la hora de determinar si una especie tiende a ingerir más o menos plástico. Según un estudio en el que se analizó la ingestión de plástico por diferentes especies de aves marinas<sup>266</sup>, las buceadoras son las que mayor probabilidad de ingerir plástico, seguidas por las que capturan el alimento de la superficie del mar. Por otro lado, las que se alimentan de crustáceos o cefalópodos ingieren más que aquellas piscívoras, mientras que las omnívoras tienen a confundir más frecuentemente el plástico con su alimento<sup>267, 268</sup>. Incluso entre distintas especies de albatros se detectaron diferencias en el contenido estomacal y el plástico ingerido en principio atribuidas a los diferentes hábitos alimenticios y las zonas de obtención de sus presas<sup>269</sup>.



**El 60% de las especies de albatros están afectadas por la ingestión de plástico.**

En la imagen, una cría de albatros con el estómago lleno de plástico en el Atolón Kure, en el Monumento nacional marino Papahānaumokuākea, en Hawái. Un estudio reciente centrado en albatros, petreles y pardelas, demostró cómo estas ingieren plástico atraídas por su olor.

Autor/a: Claire Fackler, NOAA National Marine Sanctuaries/ Marine Photobank

En cualquiera de los casos, tener una dieta especializada no parece ser el antídoto para evitar la ingestión de plástico. Existen varios estudios en los que se han encontrado evidencias de cómo tanto aves como tiburones han mordido pedazos de plástico, indicando una evidencia de la prueba de este material que en principio habría sido confundido por alimento<sup>270</sup>. Y en el caso de los mamíferos marinos, tanto las ballenas, cuya estrategia alimenticia es filtradora, como los delfines, animales

dentados que utilizan la ecolocalización para capturar a sus presas, pueden ingerir plástico en porcentajes similares<sup>53, 55, 199</sup>. Incluso en las aves, un estudio reciente centrado en albatros, petreles y pardelas, ha demostrado que éstas son más propensas a ingerir plástico debido a su capacidad para identificar el sulfuro de dimetilo (DMS), un compuesto bioquímico que segrega el fitoplancton en descomposición y que les ha indicado tradicionalmente dónde se encontraba el alimento<sup>271</sup>. Dado que las basuras marinas están en contacto con el mar y se impregnan también de este olor, esto les lleva a ingerir cinco veces más plástico que otras especies que no cuentan con esta estrategia alimenticia.

El **color** también parece ser un factor importante a la hora de confundir el plástico con la presa objetivo, al menos en el caso de las aves marinas<sup>266, 272</sup>. En el caso de las tortugas marinas, algunos autores defienden que los plásticos translúcidos o claros son ingeridos más frecuentemente dado su parecido a las medusas<sup>217, 273, 274</sup>, pero, al igual que con las focas<sup>275</sup>, a día de hoy no hay una evidencia clara. De cualquier forma, también es importante tener en cuenta que el color de los plásticos ingeridos puede cambiar en los estómagos de los organismos<sup>256</sup> y que los plásticos de colores claros parecen ser los más abundantes en los océanos<sup>25, 266</sup> y por ende los más accesibles y disponibles para su ingestión.

Al igual que para el caso de los atrapamientos por macroplásticos, la **edad** de los organismos parece ser un factor significativo a la hora de la ingestión. Numerosos estudios han demostrado como tanto en aves<sup>266, 276, 277, 278, 279, 280</sup>, tortugas marinas<sup>274, 281</sup> y focas<sup>282</sup> la ingestión de plástico es mayor en individuos jóvenes. Para el caso de los peces y delfines, entre otros organismos, no ha sido tan ampliamente investigado.

**Los impactos derivados de la ingestión de plástico**

La ingestión de plástico, bien sea intencionada o accidental, puede causar la muerte directa a través de la simple obstrucción física de los estómagos, o afectar a los organismos mediante disfunciones estomacales varias, en-

tre ellas efectos químicos derivados. Los pedazos de plástico no necesitan ser excesivamente grandes para provocar daños: la orientación de los mismos también es clave<sup>251</sup>, e incluso el tipo de daño que ocasionen. Por ejemplo, en un es-

tudio de *Brandao et al* (2011)<sup>283</sup> se documenta la muerte de un pingüino por perforación de la pared del estómago al ingerir una pajita. Tampoco es necesaria una obstrucción total del estómago, sino que la sensación de estar saciado es suficiente para anular la búsqueda de alimento, y que la consecuente falta de nutrientes<sup>284</sup> acabe ocasionando la muerte indirecta del organismo. De la misma forma, la ingestión de pedazos de plástico similares a las bolsas, pueden cubrir parte de la superficie de absorción de nutrientes del estómago y afectar a la eficiencia de la nutrición o generar úlceras<sup>285, 286</sup>. En definitiva, tener el estómago lleno de plástico, aunque no produzca una muerte directa del animal, genera una sensación de saciedad que inhibiría el reflejo de alimentarse<sup>266, 287</sup> y de buscar alimento<sup>286</sup>.

Las aves marinas tienen una cierta probabilidad de regurgitar los plásticos ingeridos accidentalmente, si bien éstos pueden ser posteriormente ingeridos por sus crías. Por el contrario, las tortugas marinas suelen ingerir los plásticos sin posibilidad de regurgitación, padeciendo de problemas intestinales<sup>251, 217, 253, 273, 288</sup>. Suele ser el caso también de las ballenas, como la yubarta que apareció en el Mediterráneo con 7,6 Kg de plástico en el estómago<sup>258</sup>. A pesar de ser ejemplos muy impactantes, en relación al tamaño de las poblaciones y los individuos afectados, probablemente sean

más importantes los casos de efectos subletales, los efectos indirectos derivados de la ingestión de plástico, como se ha explicado anteriormente<sup>256</sup>. Por último, la degradación de los macroplásticos ingeridos en los estómagos de los organismos y la consecuente liberación de contaminantes orgánicos persistentes y aditivos que éstos contienen puede estar generando otros efectos subletales, concepto que se desarrollará en más detalle en el apartado *Interacción en la incorporación de contaminantes químicos*.



**El 100% de las especies de tortugas marinas están afectadas por ingestión macroplásticos.**

Los resultados de la necropsia de esta tortuga marina revelan cómo, a pesar de su buen estado físico, la muerte se debió a complicaciones estomacales derivadas de la ingestión de plástico.

Autor/a: Lance Morgan, *Australian Seabird Rescue/Marine Photobank*

**Sofocación del fondo**

La acumulación de macroplásticos en determinadas zonas, como la superficie oceánica o los fondos marinos, puede provocar efectos sobre la biota que no están relacionados directamente con los atrapamientos ni con las ingestiones, sino más bien con un bloqueo o variación de las condiciones físico-químicas que posibilitan el equilibrio de los ecosistemas de los que dependen estos organismos para su supervivencia. Por ejemplo, en las zonas intermareales, la acumulación de basuras marinas puede reducir la penetración de la luz afectando a la vegetación que, debajo del agua, la necesita<sup>109, 289</sup>. Por otro lado, la acumulación en el fondo puede generar zonas de sedimento

anóxicas, sofocando a las algas, fanerógamas y especies marinas que habitan en el fondo, vulnerando la continuidad del ecosistema<sup>49, 125, 195, 290</sup>. En esta línea, hay numerosos autores que han relacionado la acumulación de basuras marinas, como bolsas de plástico y residuos plásticos derivados de la agricultura, en los fondos marinos con la generación de zonas anóxicas<sup>10, 49, 75, 188, 291</sup>. Los ejemplos son más numerosos de lo que podría parecer y afectan a todas las profundidades. En concreto, un estudio de Yoshikawa y Asoh (2004)<sup>292</sup> revelaba como el 65% de los corales de Oahu, en Hawaii, estaban cubiertos de aparejos de pesca abandonados, y el 80% de las colonias

estaban prácticamente muertas. Algunos estudios<sup>293, 294, 295</sup> alertan además de la gravedad de las consecuencias de estas basuras enredadas en corales, puesto que, tras la muerte de estos organismos, las basuras son liberadas de nuevo afectando negativamente a nuevas zonas. Un reciente estudio<sup>49</sup> analizó las consecuencias de la presencia de bolsas de plástico, en la zona intermareal. Como consecuencia, y tras apenas 9 semanas, los datos reflejaron alteraciones en las comunidades bentónicas, como la disminución del número de invertebrados en el sedimento, reducción de la materia orgánica bajo las bolsas y el consecuente incremento del amonio en las zonas cubiertas por éstas. Si bien los efectos negativos de las bolsas de plástico sofocando el fondo son evidentes, el caso más amplio de macroplásticos en los fondos oceánicos, como es el caso de los investigados y fotografiados por Mordecai (2011)<sup>198</sup> en una zona de cañones profundos en Portugal, es algo más complejo de determinar. Se ha visto cómo estos materiales, a pesar de los efectos de sofocación del fondo, también proporcionan cobijo y nuevas superfi-

cias donde propagar la vida, atrayendo consecuentemente a más organismos, y más presas. Con todo, los impactos que esto genera en la fauna bentónica, en relación a la generación de condiciones de anoxia descritas anteriormente, están aún muy poco estudiados.

Por último, los macroplásticos pueden contribuir al transporte y aumento de la distribución de especies invasoras<sup>296</sup>, hecho que pone en riesgo el equilibrio de los ecosistemas<sup>297</sup>. A pesar de que la principal causa de transporte de especies invasoras siguen siendo las rutas de transporte por barco y sus aguas de lastre, el incremento en la abundancia de macroplásticos en los océanos y las características que estos ofrecen como plataforma no biodegradable y susceptible de ser colonizada por especies contribuye a incrementar el transporte de especies invasoras a altas latitudes a la par que estos plásticos van migrando, aunque sea en un porcentaje minoritario y comparable, por ejemplo, al que suponen otros objetos flotantes de origen orgánico<sup>296</sup>.

## Microplásticos y biota: efectos

Los microplásticos y fibras (en adelante se hablará genéricamente de ellos como microplásticos) se encuentran presentes en prácticamente todos los hábitats marinos a lo largo del planeta, y la densidad de estos elementos, junto con las características propias de las corrientes oceánicas, parecen tener un efecto importante en su distribución, ya que, debido a las diferentes densidades que presentan en función de su composición, éstas propician que se distribuyan ocupando distintas zonas de la columna de agua y los sedimentos bentónicos<sup>130</sup>. El conocimiento sobre los posibles efectos de los microplásticos sobre la biota marina está todavía en desarrollo, y es mucha la información que está creciendo en los últimos años<sup>35</sup>. La presencia de estos microplásticos puede afectar a los seres vivos de diversas formas, principalmente:

**a) ser ingeridos, b) transferirse a lo largo de la cadena trófica, c) interactuar en la incorporación de otros contaminantes y d) proporcionar un nuevo hábitat en el medio marino.** Sin embargo, de acuerdo con diversos autores<sup>84, 122, 130, 298, 299</sup> el impacto relativo de los microplásticos está muy relacionado con su tamaño: Los microplásticos entre 1 y 5mm serían más susceptibles de afectar a la alimentación y la digestión de ciertos organismos, mientras que aquellos del tamaño de micras pueden ser ingeridos de manera activa por pequeños invertebrados, pero también excretados. Un caso importante es el de los nanoplásticos, que en algunos casos pueden incluso permear en las membranas celulares de los organismos, alterando su estructura, actividad, y por tanto su función, como se ha mencionado anteriormente.

## Ingestión de microplásticos

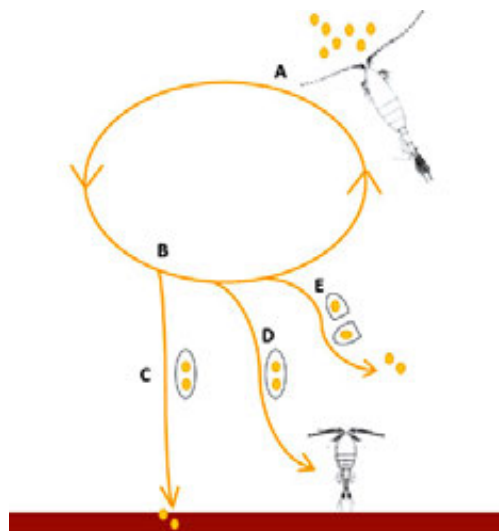
Un amplio rango de biota de ecosistemas pelágicos y bentónicos ingiere, potencialmente, microplásticos de pequeño tamaño<sup>21, 35, 300</sup>. Algunos estudios que han investigado el color y el tamaño de los microplásticos en relación a su confusión con presas, han encontrado que los microplásticos de ciertos colores o tonalidades son, en algunos casos, más fácilmente confundidos con presas por parte de los organismos planctónicos<sup>301</sup>. Dado que hay gran variedad de microplásticos cuya densidad les mantiene flotando cerca de la superficie, estos se encuentran disponibles para un amplio rango de organismos que interactúan con o forman parte del plancton, como son las larvas de importantes especies de interés comercial<sup>135, 302</sup>.

Un amplio espectro de organismos marinos, incluidos corales, invertebrados como moluscos y crustáceos, peces, aves, tortugas e incluso cetáceos, pueden ingerir microplásticos, o bien incorporarlos mediante la ingesta de presas<sup>130, 178, 273, 303</sup>. Esto puede conllevar trastornos en la alimentación y la digestión, así como en la reproducción, entre otros efectos como, por ejemplo, bloquear los apéndices utilizados para obtener comida u ocluir el paso por el tracto intestinal de algunos organismos, así como limitar la ingesta de comida y por tanto reducir la cantidad de energía disponible<sup>35, 273, 304, 305</sup>, al igual que ocurre con los macropelásticos en otros organismos como focas, aves y tortugas. Sin embargo, hay otros animales, como los poliquetos, que pueden eliminar materiales indeseados como los microplásticos sin sufrir daños asociados<sup>70, 124</sup>, aunque en todas las especies, dependiendo del tamaño, estos elementos pueden sufrir translocación (transporte cambiando de tejido) al sistema circulatorio u otros órganos.

En algunos casos, los mecanismos de alimentación de los organismos no les permiten discriminar entre presas y microplásticos y los ingieren indistintamente, o bien los ingieren intencionadamente al confundirlos con presas<sup>86, 125, 130</sup>, por ejemplo, en el caso del plancton. Las rutas de exposición e incorporación de microplásticos, además, no tienen por qué ceñirse sólo a la ingesta propiamente dicha, sino que, en algunos casos, como en el de los cangrejos, estos también pueden incorporarse a través

de las branquias hacia el sistema circulatorio<sup>306</sup>.

Añadido a todo lo anterior, es relevante para el equilibrio de los ecosistemas marinos tener en cuenta el efecto de la presencia de microplásticos en heces. Por ejemplo, en el caso de los *pellets* fecales del zooplancton, este sirve de alimento para otros organismos y además influye en el flujo vertical oceánico de materia orgánica, habiéndose planteado que la presencia de microplásticos en estos *pellets* fecales podría producir alteraciones en dicho flujo y favorecer, a la vez, el transporte de microplásticos hacia otras zonas y compartimentos ambientales<sup>255</sup>. Los estudios recientes que se están publicando abren además nuevas preguntas sobre el impacto de los microplásticos en otros flujos de sedimentación en los océanos. Por ejemplo, Long et al. (2015)<sup>307</sup> han estudiado el efecto de la presencia de estos elementos en la tasa de sedimentación de agregados de fitoplancton, y han encontrado que como efecto de la incorporación de microplásticos, las tasas de hundimiento de los agregados de diatomeas disminuyeron fuertemente mientras que las tasas de hundimiento de otros agregados aumentaron.



### Esquema del transporte de microplásticos a través del zooplancton en la columna de agua.

[A] El zooplancton ingiere microplásticos de baja densidad en la zona fótica, y [B] excreta estos microplásticos a través de las pellets fecales (PFs) en la columna de agua. [C] Normalmente, estos PFs, compuestos de materia orgánica muy compacta y por tanto de mayor densidad, se hunden rápidamente. [D] Los PFs que contienen microplásticos de baja densidad se hunden más lentamente, siendo más susceptibles de ser ingeridos o [E] fragmentados.

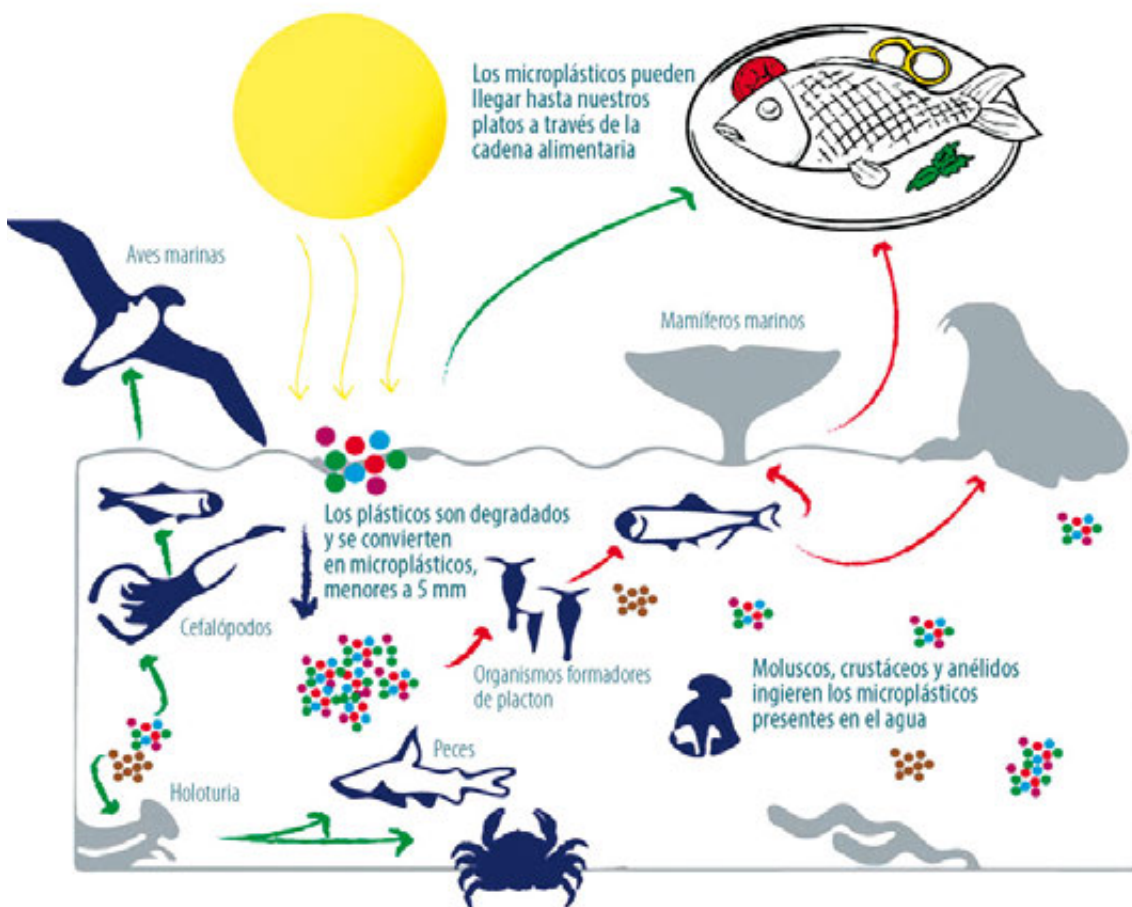
Fuente: Elaboración propia, basado en Cole et al., 2016<sup>255</sup>

### Transferencia a lo largo de la cadena trófica

La ingestión de microplásticos por organismos de los eslabones inferiores de la cadena trófica (fitoplancton y zooplancton) puede ser una ruta de entrada para niveles superiores de la cadena trófica<sup>259, 308</sup>, a través del consumo de presas previamente contaminadas por estos elementos<sup>178</sup>. Además, el hecho de que parte del zooplancton realice migraciones diarias a diferentes profundidades le convierte en un vector de transporte de microplásticos hacia mayores profundidades de las que habitualmente se encuentran estos elementos, estando disponibles para diversas cadenas alimenticias<sup>56</sup>. Estudios realizados en los últimos años han demostrado la transferencia trófica de microplásticos entre peces y

cigalas, y entre copépodos y macrozooplancton<sup>100, 136</sup>. Aunque aún son escasos los estudios de transferencia trófica hasta los eslabones superiores de aves acuáticas y mamíferos marinos, algunos trabajos, como por ejemplo el realizado por Ericksson y Burton en 2003<sup>275</sup>, ya han demostrado esta transferencia. En este caso, encontraron microplásticos en lobos marinos, y los investigadores determinaron que la presencia se debía a la ingesta de *Electrona subaspera* (una especie de pez linterna), que a su vez había obtenido los microplásticos ingiriendo copépodos, que se encuentran dentro del mismo rango de talla que los microplásticos finales encontrados en los lobos marinos<sup>178</sup>.

### Las rutas de los microplásticos en la cadena trófica



La ingestión de microplásticos por los eslabones inferiores de la cadena trófica, como el fitoplancton o el zooplancton, puede ser una ruta de incorporación de éstos a niveles superiores a través de presas previamente contaminadas por estos elementos.

Fuente: elaboración propia (Beatriz Hernández Pino).

## Interacción en la incorporación de contaminantes químicos

Está asumido de manera general que los microplásticos pueden actuar como vectores para el transporte de compuestos químicos, bien sean **a) compuestos directamente relacionados a la fabricación de plásticos para proporcionarles ciertas propiedades (aditivos)**, como los ftalatos que los hacen más maleables, el Bisfenol A, los retardantes de llama, los antimicrobianos, y aquellos que evitan los daños oxidativos (n-nilfenoles), o bien sean **b) metales pesados y contaminantes orgánicos hidrófobos (COHs, HOCs en sus siglas en inglés) que se adsorben en ellos**, como cobre, zinc, plomo, bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), etc.<sup>35, 50, 51, 70, 178, 309, 310, 311, 312, 313</sup>. Se ha comprobado que estos aditivos, metales pesados y COHs se concentran en polímeros de plástico como PVC, polietileno o poliestireno, y se han encontrado partículas en el océano que contienen cantidades considerables de estos compuestos químicos, siendo por tanto una fuente potencial para el medioambiente y la biota<sup>117, 314</sup>. Estos aditivos y COHs pueden interferir con procesos biológicos importantes, y pueden tener efectos como disruptores endocrinos, produciendo efectos en la movilidad, la reproducción y el desarrollo, en los sistemas neurológicos e inmunológicos, o bien tener efectos carcinogénicos<sup>8, 315, 316</sup>. Debido a la presencia de estos compuestos en las partículas de microplásticos, algunos estudios han propuesto incluso utilizar la bioacumulación en órganos diana de aditivos de plásticos, exclusivos de estos, como trazadores de la ingesta de microplásticos por organismos marinos, como en el caso de la acumulación de ftalatos las ballenas, concretamente en el rorqual común<sup>144, 317</sup>.

Sin embargo, el hecho de que los plásticos puedan actuar como vectores de contaminantes y representen un peligro real en este sentido, depende de varios factores. De acuerdo con Koelmans (2015)<sup>117</sup>, el principal es si el aporte de contaminantes por parte de los microplásticos y, por tanto, la incorporación de ellos a los organismos, es de una magnitud relevante en comparación con la incorporación de contaminantes por otras vías de exposición, como la comida, el agua y el sedimento. El segundo es si para ciertos contaminantes, sobre todo en el caso de organismos que han sufrido

procesos de bioacumulación y/o biomagnificación, la concentración que está presente en los tejidos del organismo es mayor que la que tienen los microplásticos, en cuyo caso los microplásticos no actuarían como vectores de incorporación de ese compuesto en concreto sino que actuarían como sumideros<sup>318</sup>. El tercer factor es si la degradación de los microplásticos puede conllevar que sus propiedades de adsorción/absorción y transporte de contaminantes varíen, y por tanto vaya cambiando su capacidad para actuar como vector<sup>70, 117</sup>.

Otro factor adicional a tener en cuenta es el tiempo que estos microplásticos estén dentro del tracto gastrointestinal, que dependerá de sus características y de las del organismo, lo que posibilitará un mayor o menor intercambio de compuestos químicos entre los tejidos del organismo marino y los microplásticos. En caso de residir dentro del organismo el tiempo suficiente, diversos autores han especulado si esto podría conllevar una mayor exposición a aditivos característicos de los plásticos y otros contaminantes orgánicos, que sin la presencia de estos microplásticos no se daría o sería menor<sup>51, 117, 311, 319, 320</sup> o bien que, en algunos casos, al ser la concentración de ciertos contaminantes bioacumulables mayor en los tejidos del organismo que en los microplásticos (debido a la incorporación a través de la dieta, etc.), estos actúen retirando parte de estos contaminantes<sup>310, 318, 321, 322</sup>. Y todo ello sin considerar el efecto de la descomposición de los microplásticos... Es importante tener en cuenta, además de todo lo anterior, ciertos factores que pueden influir en la biodisponibilidad de los contaminantes presentes en los microplásticos, como: el rol de los procesos fisiológicos, como la presencia de enzimas o de surfactantes gástricos, y las diferentes condiciones fisiológicas de temperatura y pH que se dan dentro de los distintos tractos digestivos en función del tipo de organismo<sup>323</sup>.

Este campo es de suma importancia y aún se encuentran en el aire demasiadas incógnitas como para poder comprenderlo y evaluarlo en toda su magnitud, por lo que es esencial que en los próximos años se avance rápidamente en el conocimiento de estos efectos. Sin embargo, en cualquiera de los casos, esto no

significa que el riesgo y el peligro que implican los microplásticos y los compuestos químicos asociados sea menor de lo que inicialmente se creía<sup>117, 314</sup>, pero implica que aún queda mucho por investigar, cómo diversos factores pueden afectar en menor o mayor medida a la incorporación de algunos de estos contaminantes por los organismos marinos, siendo mucho más

relevantes como vectores de transmisión en el caso de algunos compuestos que en el caso de otros. Además, teniendo en cuenta que la presencia de microplásticos puede alterar procesos relacionados con la digestión, la calidad del alimento incorporado, generar estrés físico por obstrucción, etc, el estudio de estos procesos y como afectan es mucho más complejo si cabe.

### Proporcionar un nuevo hábitat en el medio marino

Los microplásticos pueden proporcionar hábitats en océano abierto para la colonización de invertebrados, bacterias y virus, dando como resultado que estos organismos sean transportados grandes distancias, bien sea por efecto de las corrientes oceánicas o bien a través de la columna de agua<sup>196</sup>. Algunos estudios han demostrado como especies de *Vibrio* y bacterias heterotróficas han colonizado restos de plásticos<sup>324</sup>. Otros estudios han encontrado que los ensamblajes bacterianos presentes en los microplásticos son diversos y diferentes de aquellos que se encuentran en otros compartimentos marinos<sup>172, 173, 178</sup>, dando idea de que los microplásticos constituyen un nuevo sustrato

para la generación de nuevos (eco)sistemas. También se ha constatado que la presencia de microplásticos, como la que se da en el giro subtropical pacífico, han permitido una mayor puesta de huevos de algunos insectos, como el *Halobates sericeous* (un primo de los "zapateros de agua")<sup>142</sup>.

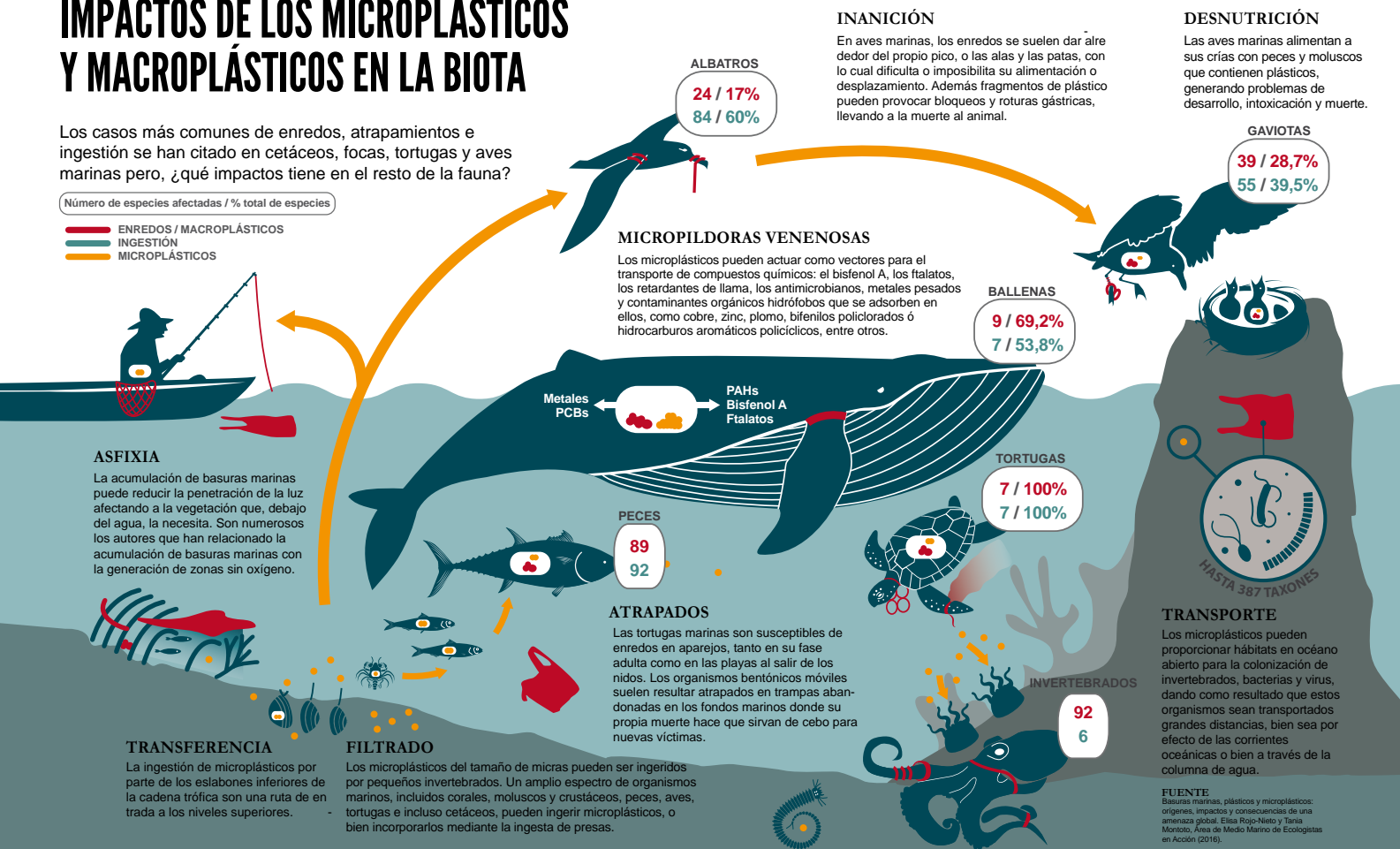
Debido a estas características y a la presencia de colonizadores oportunistas, algunos investigadores han sugerido que los microplásticos pueden actuar también como vectores de transporte para patógenos, además de para especies exóticas<sup>173, 178, 324, 325</sup>, aunque es un área que aún debe ser estudiada de una manera más exhaustiva.

## IMPACTOS DE LOS MICROPLÁSTICOS Y MACROPLÁSTICOS EN LA BIOTA

Los casos más comunes de enredos, atrapamientos e ingestión se han citado en cetáceos, focas, tortugas y aves marinas pero, ¿qué impactos tiene en el resto de la fauna?

Número de especies afectadas / % total de especies

- ENREDOS / MACROPLÁSTICOS
- INGESTIÓN
- MICROPLÁSTICOS







## Orígenes del problema y medidas a tomar

Hasta ahora, en este informe se ha abordado el alcance, dispersión y destino de las basuras marinas en nuestro planeta, concentrándose en el medio marino y los efectos sobre éste (agua, sedimento y biota). Si bien no se ha profundizado en detallar las consecuencias socioeconómicas de las basuras marinas, es evidente e innegable que la degradación de los ecosistemas debido a la presencia y abundancia de estos elementos provoca, de forma directa o indirectamente, importantes impactos socioeconómicos. De esta manera, actividades y servicios tan trascendentes para el desarrollo de la sociedad como la producción primaria y la alimentación, el transporte por mar de mercancías o las actividades turísticas, entre otras, están actualmente afectadas por las basuras marinas<sup>68</sup>. Así, algunos ejemplos son las interferencias de las basuras marinas en las actividades pesqueras<sup>326, 327</sup>, o el propio transporte de mercancías por mar, donde las colisiones con basuras marinas o las interferencias causadas por estas en los sistemas de propulsión pueden generar importantes daños.

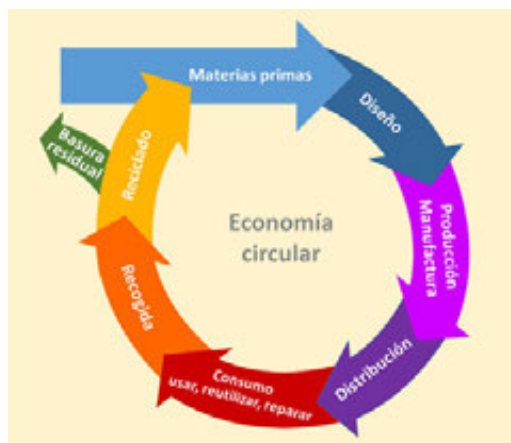
Acercándonos más a nuestro día a día, afecta especialmente a nuestra salud el descubrimiento de cómo los microplásticos, que ya han llegado a nuestros platos, contienen disruptores hormonales, como se ha visto en apartados anteriores, así como que los plásticos utilizados para envases alimentarios también contienen estos disruptores, liberándolos a los alimentos y bebidas; y cómo estas basuras marinas afectan también a nuestro bienestar general, como por ejemplo su presencia en las playas, columna de agua y los fondos marinos. En este último caso, además, se agrava con las consecuencias indeseables en sectores económicos tan importantes como el turismo y las actividades de ocio (por ejemplo, el buceo), tal y como se ha constatado, por ejemplo, en un reciente estudio para el caso de Hawaii y las Islas Maldivas<sup>328</sup>.

Por esta razón, en esta última sección hemos querido concentrarnos en algunas recomendaciones, medidas y propuestas que corrijan nuestra contribución diaria al incremento de las basuras marinas en el planeta. En la mayoría de los casos, y especialmente en el caso de los países con mayores recursos económicos, que son grandes productores y consumidores de plásticos, la opción más inmediata que permitiría la reducción de este problema pasa por desarrollar mejores sistemas de gestión y tratamiento de residuos, y además de manera urgente<sup>68</sup>. Así mismo, no hay solución al problema que no implique una reducción de plásticos en origen, es decir, una menor producción, un menor uso de elementos de este material y una reutilización de los ya existentes, y, tal como se verá en el apartado *Consumo y reducción en origen*, como consumidores/as disponemos de alternativas y recomendaciones para no seguir fomentando la producción y consumo de productos de plástico de un solo uso, que representan, como ya se ha visto, una de las mayores amenazas de los ecosistemas a nivel global de nuestros tiempos.

## Cerrando el ciclo: retorno de envases y reciclado

A largo plazo, la solución más sostenible incluye una orientación hacia una economía del plástico más circular, en las que los propios productos sean fruto de la producción existente (reutilizando y reciclando los materiales) y por tanto reduciendo el concepto de residuo considerablemente: los plásticos han de ser reciclados y reciclables.

### Esquema conceptual de la Economía Circular.



Fuente: Elaboración propia, basada en una versión en un estudio de McDonough y Braungart 2013331.

Actualmente, la economía circular supone una ampliación de la regla de las 3Rs (Reducir, Reciclar y Reutilizar), y a medida que se va aplicando la misma teoría a sectores más amplios, cada vez hay más *erres* que podemos implantar para afinar y optimizar la teoría. Así, ya se habla de las seis *erres*, que incluyen procesos como **reducir** materias primas, **rediseñar** los productos pensando en el concepto de reutilización o reciclaje, **reemplazar** los productos de un sólo uso cuando no sean prácticos, **reutilizar** los existentes otorgándoles usos alternativos, **reciclar** para evitar que el plástico se convierta en residuo en la primera vuelta, y **recuperar** produciendo plásticos desde potenciales residuos.

Sin embargo, la asunción de una economía circular que funcione de forma efectiva no es tan sencilla como salir del colegio con las erres aprendidas. En primer lugar, es necesario que la sociedad comprenda la necesidad de ésta, y que sea aceptada como una forma de proceder permanente, considerándola propia tanto en nuestros hogares como en nuestros respectivos puestos de trabajo o nuestras empresas. A nivel de infraestructuras y equipamientos, requiere también cierta inversión, de manera que el adoptar una economía circular en nuestro día a día sea asequible y esté facilitado por las políticas de gestión de las actividades económicas y medioambientales.

El fin supremo de la economía circular es tanto reducir el uso de materias primas como el disminuir la cantidad de residuos que generamos. Un requisito indispensable es reducir el consumo global, algo que también se apunta en el apartado siguiente, reconociendo que actualmente, el uso de energía y recursos per cápita es extremadamente injusto y desigual. No se trata de un concepto nuevo, y de hecho en diciembre de 2015 la Comisión Europea<sup>329</sup> aprobó un plan de acción para impulsar la transición hacia este concepto de economía hipocarbónica, sostenible y eficiente en el uso de los recursos, en el que se ratificaron una serie de medidas concretas que afectan directamente a las basuras marinas y los plásticos<sup>330</sup>. Entre ellas, además de las medidas más dedicadas al ciclo de la producción y consumo del plástico, que se abordan en el mencionado plan de acción como un aspecto prioritario en el marco de un sector que se enfrenta a retos específicos en el contexto de la economía circular, se afrontarán también temas como la entrada de basuras marinas desde embarcaciones de pesca industrial y rutas comerciales en el contexto de la revisión de la Directiva de servicios en puerto para asegurar un adecuado tratamiento.

El uso y la producción de plástico han seguido, desde sus comienzos, una tendencia exponencial, desde su generación hasta su

consumo y desecho, y al igual que otras materias primas procedentes del petróleo. La transición de este modelo lineal a la economía circular no es una tarea que se pueda hacer en un sólo paso; sin embargo, medidas como incentivar la producción de materiales de plástico reciclado y reciclables alentarían el desarrollo de un sistema de recogida y separación de nuestros residuos de plástico más eficiente, de forma que estaríamos dando dos pasos en uno. Sirva como contraejemplo los productos fabricados con mezclas de resinas como el policarbonato o la poliamida, con una composición química compleja e imposibles de reciclar en las plantas procesadoras. Mucho más eficiente para facilitar el reciclaje sería, por tanto, fabricar productos con monomateriales, y en caso de utilizar más de un material, por necesidades técnicas, que las piezas de distintos materiales fuesen fácilmente separables y, por tanto, reaprovechables. En esta línea, van apareciendo nuevos conceptos y principios, como, por ejemplo, la forma de fabricación *Cradle to cradle*, de la cuna a la cuna. En contraste con el tradicional *Cradle to grave*, de la cuna a la tumba. Este concepto parte de la idea de que se atajen los problemas desde su misma raíz, es decir, que desde el propio diseño y concepción de cualquier producto, estrategia o política se tengan en cuenta todas las fases de los productos involucrados (extracción, procesamiento, utilización, reutilización, reciclaje...), de tal manera que incluso que el balance de gastos y aportes sea positivo<sup>331, 332</sup>. Como ejemplo, el buque Triple-E, establece nuevos estándares en el reciclaje de sus piezas, para, entre otros, la recuperación de los metales. Otro ejemplo sería el uso de fibras naturales en los filtros de cigarrillos o en los bastoncillos de los oídos, unos de los principales residuos en nuestras playas.

En particular, es fundamental aumentar el reciclado de plásticos, que actualmente muestra porcentajes menores del 25% en Europa, donde al menos la mitad del total acaban directamente en los vertederos<sup>333</sup>. Las diferencias a nivel global son enormes. Teniendo en cuenta solamente los países de economías desarrolladas, pueden variar desde <10% en EEUU, hasta >90% en Suiza<sup>68</sup>. China, por otro lado, a pesar de ser el mayor productor mundial de plástico<sup>74</sup>, es también el primer importador de residuos de este

material, destinado a ser reciclado. En el caso de España, la tasa de reciclaje alcanza el 27%, porcentaje aún lejano para el objetivo de la Unión Europea de reciclar el 50% de los residuos domésticos y similares para el año 2020<sup>334</sup>. Atención especial requiere el caso de la incineración de residuos, propuesta en muchos casos como una alternativa viable para reducir su cantidad y generar energía a su vez. Los defensores de esta tecnología han encontrado toda una batería de eufemismos que intentan camuflar los peligros de las incineradoras y de la incineración. Así, se utiliza el concepto de “valorización de residuos”, basándose en que se aprovecha parte de la energía térmica desprendida en la combustión para generar energía eléctrica. O se recurre al poco científico concepto de “eliminación”, como si el mítico fuego purificador hiciera la prestidigitación de que los residuos desaparecieran. Las incineradoras convierten los residuos en contaminación del aire, el suelo y las aguas, tecnología cuando menos poco eficiente. Además, las nuevas sustancias resultantes de la combustión son en muchos casos más contaminantes que el material de partida; es el caso de las dioxinas y furanos, unos organoclorados que se forman en la postcombustión, los metales pesados volátiles o las cenizas de los inquemados. No es por ello extraño que afirmemos sin complejos que las incineradoras arrastran una tecnología insegura, que no ha resuelto adecuadamente los problemas que genera y que, además, provoca otros nuevos.

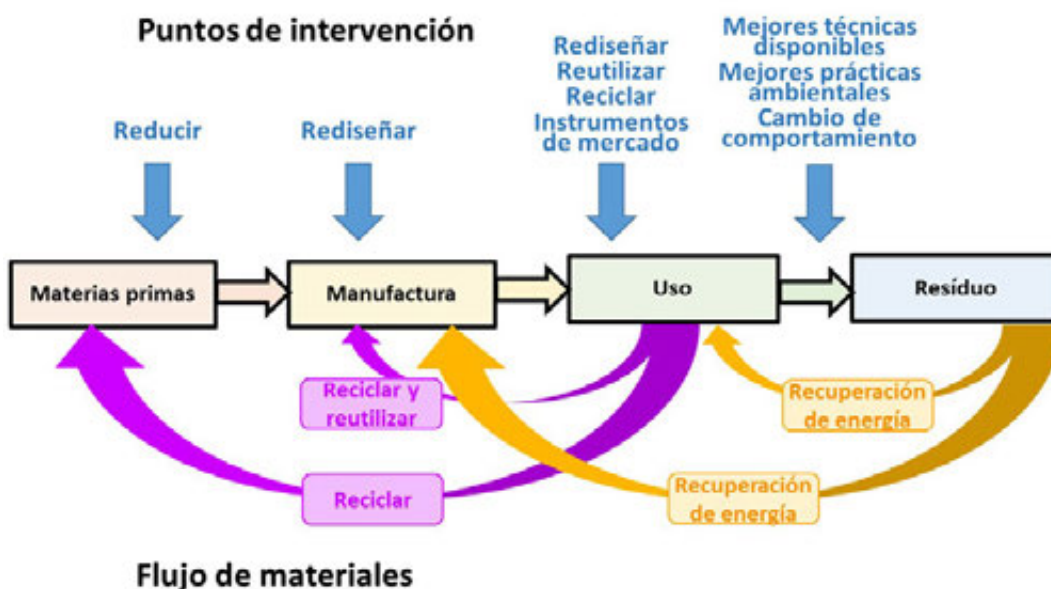
Dado que el 40% del plástico producido en Europa se destina a la producción de envases<sup>74</sup>, la introducción de **sistemas de depósito y retorno de envases (SDDR)** es una medida imprescindible cuya eficacia está además demostrada. Este sistema de gestión de residuos, específico en este caso para determinados envases, asocia un valor a cada envase para que éste sea devuelto por el consumidor, incentivando así su reciclaje o reutilización. Se trata de un sistema compatible y complementario a los actuales sistemas integrados de gestión (SIG), puesto que seguirán existiendo envases que no estén incluidos en el Sistema de Depósito, Devolución y Retorno de Envases (SDDR), como por ejemplo los envases de productos lácteos, latas de conservas,

etc. Según un estudio económico reciente, la implantación del SDDR en España, además de triplicar los índices de recogida selectiva de envases (del 35% al 90%), no costaría más a los fabricantes y envasadores y compensaría con 535 millones anuales a los comerciantes<sup>335</sup>. Tras años de experiencia, los casos de éxito del denominado comúnmente sistema de retorno de envases son numerosos, con cifras de recuperación que alcanzan el 95%. Ya hay más de 40 regiones en el mundo donde se aplica este sistema, donde además se alcanza también un elevado grado de satisfacción con la iniciativa por parte de los diferentes agentes implicados. En definitiva, se trata de un sistema de recogida de envases de menor impacto ambiental, contribuyendo en un 47% menos al cambio climático y alineado con el plan estratégico de la Comisión Europea en cuanto a la Economía Circular y la gestión de los residuos.

Definitivamente, para hacer frente a este complejo problema, lo adecuado es abordar

la cuestión desde los retos que plantean los plásticos a lo largo de todo su ciclo de vida y teniendo en cuenta toda la vida útil, proponiendo objetivos más ambiciosos que el reciclado. De esta forma, cuestiones como la reciclabilidad, la biodegradabilidad, la presencia de sustancias peligrosas preocupantes en determinados plásticos, y el grave impacto de las basuras marinas, son cuestiones a ser abordadas para combatir esta amenaza global. Por ejemplo, en términos de producción el reciclado y la reutilización de determinados tipos de plástico no es ni si quiera posible. A nivel industrial, elegir los plásticos menos tóxicos para el diseño de los productos podría ser otra cuestión a incentivar, mientras que diseñar y fabricar textiles que sean teñidos con tintas no contaminantes es una opción también a valorar<sup>331</sup>. En la figura, a continuación, se identifican una serie de puntos de intervención en cada uno de las etapas del ciclo, mientras que, en la siguiente sección, se detallan otro tipo de medidas que podemos abordar como consumidores/as de plástico.

**Esquema conceptual sobre los Puntos de Intervención posibles en la Economía Circular.**



Es imprescindible abordar la adopción de una Economía Circular desde los retos que plantean los plásticos a lo largo de todo su ciclo de vida y teniendo en cuenta toda la vida útil, proponiendo objetivos más ambiciosos que el reciclado.

Fuente: Elaboración propia, basada en McDonough y Braungart 2013<sup>331</sup>.

### Algunas medidas y propuestas legislativas de la Comisión Europea aprobadas en diciembre de 2015:

- Desarrollar una estrategia para 2017 en cuanto a los plásticos y el diseño ecológico de los mismos, con tendencia a promover la reparabilidad, durabilidad y reciclabilidad de los productos, además de la eficiencia energética.
- Alcanzar un 55% de reciclaje/reutilización de plásticos procedentes de embalaje para 2050.
- Incluir la prevención y medidas de mitigación en los planes de gestión de residuos
- Establecer una conexión entre las tasas pagadas por los productores y los costes reales de gestión y reciclado de los productos de manera que se incentive económicamente el uso de materiales reciclados cuando sea posible.
- Reducir la basura marina en un 30% para el 2020 en cuanto a los tipos de basura más comunes encontrados en las playas, así como para los aparejos de pesca en los océanos.
- Adoptar una **estrategia para el plástico en la economía circular**, que aborde los problemas de la reciclabilidad, la biodegradabilidad, la presencia de sustancias peligrosas en los plásticos y el objetivo de desarrollo sostenible de **reducir significativamente los desechos marinos**;
- Poner en marcha incentivos económicos para que los productores **pongan en el mercado productos más ecológicos**.
- Apoyar los regímenes de recuperación y reciclado (por ejemplo, de envases, baterías, aparatos eléctricos y electrónicos, vehículos).

## Consumo y reducción en origen

Consumimos plásticos cada día, hasta el punto de que se han constituido en parte de nuestra vida. Se han convertido en un material omnipresente y globalizado. Es difícil apreciar la dependencia que tenemos hacia ellos en su verdadera magnitud y ser conscientes de que, con mala gestión, se trata de uno de los grandes problemas de la sociedad. En la actualidad, la producción mundial de plástico supera los 300 millones de toneladas anuales<sup>336</sup>.

Existen más de 80.000 tipos de polímeros plásticos registrados, la mayoría protegidos por patentes que convierten su composición en un secreto industrial. Son de una enorme versatilidad en propiedades y usos, generando materiales duros, blandos, ligeros, densos, impermeables, absorbentes, conductores, etc., por lo que han colonizado, total o parcialmente, todos los "nichos de consumo": envases y embalajes, objetos de uso cotidiano, materiales de construcción, tecnología, etc. Sin embargo,

a pesar de su gran potencial dado su amplio abanico de posibilidades de aplicación gracias a sus propiedades, el uso desmedido de plásticos y la falta de gestión eficaz de los residuos de los mismos se han convertido en motivo de seria preocupación medioambiental por las cantidades que usamos, por los efectos sobre la salud, la persistencia en el tiempo, la dependencia del petróleo y los daños sobre los ecosistemas. Es difícil encontrar un lugar en el planeta: ríos, mares y suelos, donde no se puedan observar dispersos por el territorio o bien detectar sus efectos de una manera más difusa, debido a su fragmentación y comportamiento tóxico<sup>337</sup>.

De acuerdo con un amplio abanico de actores sociales (ecologistas, científicos, gestores), es mejor abordar el problema de las basuras marinas en origen. De esta manera, son opciones eficaces tanto la reducción del consumo de plástico de uso cotidiano, relegándolo sólo a aquellas aplicaciones en las que es realmente

necesario, como la mejora en la reutilización y el reciclado del mismo. Así, para las basuras marinas, este concepto se resume en la frase “Es mejor, y más barato, no contaminar que tener que limpiar”<sup>336</sup>. Es por todo ello que es necesario aplicar medidas que conlleven una drástica reducción de los plásticos de uso cotidiano, buscando estrategias de reducción en origen, de sustitución por otros materiales más sostenibles, a la vez que se desarrolle una normativa que vigile más estrechamente el uso excesivo de plástico innecesario. Si bien el reciclado es necesario, no es suficiente, ya que optar exclusivamente por el reciclaje de los plásticos en vez de por su reducción supone un despilfarrero de recursos y generación de emisiones que como sociedad no nos podemos permitir.

#### CURIOSIDADES

La sociedad de consumo, a través de estrategias de marketing y publicidad, no tiene como objetivo la satisfacción de las necesidades humanas básicas sino la insatisfacción crónica continua que hace que acumulemos objetos sin fin, que suponen el engranaje de la máquina del mercado sin límites, a espaldas de las leyes de funcionamiento de la vida y de la vida digna para las personas. Poseemos una media de 10.000 objetos frente a los 236 que poseen los indios Navajo, lo que manifiesta el lastre cultural que supone el sistema de producción y consumo occidental hegemónico en la actualidad.

#### El mejor plástico es el que no se consume

Como personas consumidoras concienciadas lo primero a tener en cuenta es la reducción de nuestras tasas de consumo en general, sean plásticos o no. La basura más fácil y eficiente de gestionar es la que no se genera. Si bien es verdad que esto no siempre es fácil al principio. La sociedad de consumo en la que vivimos se nutre de lo efímero, lo obsoleto, lo desechable... Este hecho se evidencia especialmente en el caso de los objetos de un sólo uso, como lo son la mayoría de los envases y embalajes, que son en un 42% de material plástico. En vista a todo lo desarrollado en este informe, no parece coherente, sin embargo, utilizar un material tan persistente en el medio ambiente para la fabricación de objetos desechables de uso efímero, dando como resultado una situación insostenible de consecuencias ecológicas catastróficas a nivel global.

Y en el camino hacia el cambio de usos y aplicaciones de los plásticos, sobre todo en objetos de uso cotidiano, el papel de las personas consumidoras es fundamental. Es necesario cambiar el enfoque de que el reciclaje de residuos es la única solución, y entender que una persona sólo con separar adecuadamente su basura no ha establecido ya suficiente compromiso ambiental. El reciclaje es necesario, pero no suficiente, ya que también requiere un gran gasto de recursos, frente a opciones más

deseables como la reducción y la reutilización. Además, se trata de un sistema bastante limitado, pues está basado únicamente en el tratamiento de envases y embalajes, y muy poco eficiente en el caso del reciclaje otros plásticos.

Algunos ejemplos de usos cotidianos de envases y embalajes de plásticos, cuyas cifras pueden y deben reducirse son:

a) En España, donde, salvo contados casos, el agua es potable y accesible, se consumen 120 litros por persona al año de agua embotellada que a su vez han necesitado 9 litros de agua para completar el proceso industrial y 0,1 litros de petróleo. Sólo en Europa se consumen 30 millones de botellas de plástico al día, hasta 100 millones a nivel mundial. Cifras a las que habría que sumar variados envases de plástico para otros usos (cosmética, detergentes, alimentos, etc.).

b) A nivel mundial, cada minuto se usan 1 millón de bolsas de plástico de un sólo uso, bolsas que anualmente necesitan 100 millones de barriles de petróleo para su fabricación. Menos del 5% de estas bolsas serán recicladas, por lo que la mayoría se acumularán en vertederos, se incineran o, en el peor de los casos se dispersarán en los ecosistemas, ¡y todo ello para un tiempo de uso medio de no más de 12 minutos!<sup>338</sup>.

Un problema importante y relacionado, a veces no tan conocido como el de las bolsas de plástico y el de los envases, es el de las fibras sintéticas. Una enorme parte de las prendas que utilizamos hoy en día (desde las camisetas habituales hasta prendas más técnicas, como las de montaña), están fabricadas con fibras sintéticas de plástico o productos persistentes similares. Como resultado, en cada lavado de una prenda de vestir sintética se liberan cientos de microplásticos o fibras a la naturaleza que, a través de las aguas residuales, llegarán a los ecosistemas acuáticos. Inevitablemente, mientras la tendencia de uso no cambie, la cantidad de fibras sintéticas descargadas en el mar se espera que crezca en el futuro. Es un hecho que la ropa que se vende está compuesta cada vez por más materiales sintéticos, a la vez que la población mundial sigue aumentando. Una vuelta a las fibras naturales de algodón, lana o lino, pondrá freno a este problema de magnitudes impredecibles.

Estos ejemplos ponen de manifiesto que para reducir en gran medida nuestra huella de plástico lo sensato es eliminar este tipo de productos en nuestra vida cotidiana. Es esencial interiorizar lo innecesario de la mayor parte de los envases y embalajes que adquirimos, que

construirán basura a una velocidad pasmosa. Para ello comprar productos frescos para cocinarlos en casa, huyendo de los alimentos procesados<sup>339</sup>, adquirir productos a granel, rechazar bolsas de plástico de un sólo uso llevando nuestras propias bolsas duraderas, minimizar el consumo de agua embotellada o seleccionar aquellos envases más sostenibles frente a los de plástico, puede ser de enorme eficacia para conseguir la reducción de plásticos en nuestra vida, en nuestro cubo de basura y en el entorno.


También es interesante e importante promover la reutilización y durabilidad de los productos, lo que supone alargar la vida útil de los mismos y, por tanto, reducir su efecto negativo. En este sentido, tal y como se ha desarrollado en el apartado anterior, podemos optar por circuitos de segunda mano, de préstamo, de intercambio, de reparación... minimizando los efectos del consumo de objetos de todo tipo. En este sentido, los sistemas de retorno de envases han demostrado resultados excelentes allí donde se han implantado, alcanzando tasas de recuperación de entre el 80 y el 95% (se aplica con éxito en más de 40 regiones del mundo como Australia, Alemania, países nórdicos, California y Nueva York, entre otros).

## ALGUNOS CAMBIOS FÁCILES EN NUESTRA RUTINA DIARIA

El plástico es sin duda uno de los grandes problemas de nuestra sociedad actual. Sí, es muy difícil vivir sin él, pero una bolsa de plástico está 10 minutos en tu mano y 150 años dando vueltas por el planeta.

**1 REDUCE TU CONSUMO EN GENERAL**

Piensa que podemos vivir bien con menos e interioriza el consumismo como lastre. Actúa colectivamente en la construcción de alternativas sostenibles y transformadoras como grupos de consumo, circuitos de segunda mano, consumo colaborativo, cultura de compartir, aprender a hacer cosméticos, etc.



**2 DILE ADIÓS A LAS BOLSAS DE PLÁSTICO DE UN SOLO USO**

Utiliza tus propias bolsas reutilizables y carritos de la compra. Rechaza la sustitución de bolsas y envases por "bioplásticos" que también conllevan impactos ecológicos y sociales.



**3 UTILIZA ROPA Y TEXTILES EN GENERAL FABRICADOS CON FIBRAS NATURALES**




**4 RECHAZA OTROS PRODUCTOS DE USAR Y TIRAR**

Vasos, platos, cubiertos, mecheros, maquinillas desechables, pañales, etc., busca sustitutos duraderos.



**5 COOPERA EN EL SISTEMA DE RETORNO DE ENVASES QUE APUESTAN POR LA REUTILIZACIÓN DE LOS MISMOS**



**6 DISMINUYE EL CONSUMO DE AGUA Y REFRESCOS EMBOTELLADOS**

Utiliza agua del grifo, filtros, cantimploras y botellas de vidrio. Sustituye el plástico para alimentos por vidrio, porcelana o acero inoxidable. Usa biberones de cristal para bebés.



**7 SOLICITA A LOS COMERCIOS QUE EVITEN EL USO DE BOLSAS DE PLÁSTICO**

Y que además, promuevan la compra a granel y la retornabilidad de envases.




**8 COMPRA ALIMENTOS FRESCOS, DE TEMPORADA Y NO ENVASADOS**

Selecciona productos a granel. Apuesta por las tiendas de barrio, mercadillos y mercados de abasto.



**9 PARTICIPA EN ACCIONES QUE RECLAMEN LA PROHIBICIÓN DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO**

Algunas ciudades y países ya han aprobado normativas en este sentido.




**10 EXIGE TU DERECHO A SABER**

Demanda información sobre los peligros del plástico sobre la salud, especialmente en cuanto a los alteradores hormonales.



**11 COMBATE LA DESINFORMACIÓN**

Explica por qué el uso desmedido de plástico es un problema. Habla de este problema en tu casa, lugar de trabajo, escuela y en los círculos en los que te muevas.



### **Siguientes pasos: Primeras transformaciones a nivel social**

La solución al problema mundial de la contaminación por plástico requiere transformaciones de mayor calado que tengan en cuenta cambios y planes estructurales. El papel de personas consumidoras informadas y participativas será, como en otros temas, de gran importancia para posibilitar la presión hacia políticas públicas más sostenibles y saludables. Algunas propuestas que pueden incidir en cambios más transformadores:

- Medidas de gestión de residuos que impidan que los residuos se viertan, de manera directa o indirecta por negligencias, al mar, así como a otros ecosistemas.
- Planes de Reducción exigidos en la Ley de Residuos y la Directiva Marco de Residuos, medidas efectivas de reducción, como el aumento de los años de garantía de los productos, la penalización real al sobreenvasado, el cumplimiento de la responsabilidad ampliada del productor de residuos, la promoción de la venta a granel, de sistemas de reutilización de envases y de compostaje doméstico, la eliminación de las bolsas de un solo uso independientemente de su material.
- Estrategias y normativa para la minimización de los plásticos de un sólo uso (bolsas de plástico ligeras, envases de bebidas, envases de un sólo uso en restauración, etc.). En este sentido se han iniciado estrategias en ciudades como San Francisco o Melbourne, y en países como Irlanda, Dinamarca y Francia.
- Impulsar desde las instituciones la reutilización de envases.
- Promover normativas para combatir la obsolescencia programada e inducida, asegurando la durabilidad de los productos, incrementando la garantía de fabricación y su reparabilidad.
- Diseñar campañas institucionales para la reducción en origen del plástico, así como para concienciar a la población sobre los problemas del vertido incontrolado de residuos.
- No aceptar la sustitución bioplásticos u otros plásticos de nueva generación como respuesta a la crítica sobre la persistencia de los residuos plásticos en el medio ambiente, que no enfrentan la raíz del problema y pretenden resolverlo sin cambiar el modelo de uso y gestión de plásticos. Los bioplásticos no solo no son sostenibles en muchos casos (por ejemplo, para la fabricación de 100 bolsas biodegradables a base de patata se requieren 4 kg del tubérculo que necesitan a su vez 2.000 litros de agua, suelo, fertilizantes, insecticidas, aditivos químicos en la fabricación... entrando además en competencia con cultivos destinados a alimentación) sino que su biodegradabilidad en diversos ambientes, y especialmente en ecosistemas marinos, es dudosa y poco eficiente.



## Referencias

1. Bouwman, H., Evans, S.W., Cole, N., Choong Kwet Yive, N.S., Kylin, H., 2016. The flip-orflop boutique: marine debris on the shores of St Brandon's rock, an isolated tropical atoll in the Indian Ocean. *Mar. Environ. Res.* 114, 58–64.
2. Deudero, S. & Alomar, C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*, 98, 58-68.
3. Gall, S.C. Thompson, R.C., 2015. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin* 92, 170-179.
4. Poeta, G., Romiti, F., Battisti, C., 2015. Discarded bottles in sandy coastal dunes as threat for macro-invertebrate populations: first evidence of a trap effect. *Vie et milieu - Life Environ.* 65 (3), 125–127.
5. Poeta, G., Battisti C., Bazzichetto M., Acosta A.T.R., 2016. The cotton buds beach: Marine litter assessment along the Tyrrhenian coast of central Italy following the marine strategy framework directive criteria. *Mar. Pollut. Bull.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.035>
6. UNEP, 2009. *Marine Litter: A Global Challenge*. United Nations Environment Program – Nairobi, Kenya, 232pp.
7. 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, 768–771.
8. Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B*, 364, 1985–1998.
9. Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Ubeda, B., Hernández-León, S., Palma, A.T., Navarro, S., García-de-Lomas, J., Ruiz, A., Fernández-de-Puelles, M.L., Duarte, C.M., 2014. Plastic debris in the open ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111, 10239–10244.
10. Pham, C.K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C.H.S., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., Company, J.B., Davies, J., Duineveld, G., Galgani, F., Howell, K.L., Huvenne, V.A.I., Isidro, E., Jones, D.O.B., Lastras, G., Morato, T., Gomes-Pereira, J.N., Purser, A., Stewart, H., Tojeira, I., Tubau, X., Van Rooij, D., Tyler, P.A., 2014. Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLoS ONE* 9, e95839.
11. Galgani F, Hanke G, Maes T 2015. Global distribution, composition and abundance of marine litter. In: Bergmann M,utow L, Klages M (eds) *Marine anthropogenic litter*. Springer, Berlin, pp 29–56.
12. Andrades R., Martins A.S., Fardim L.M., Ferreira J.S., Santos R.G., 2016. Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food, *Marine Pollution Bulletin*, 109, 192-195.
13. UNEP, 2011. *Assessment of the Status of Marine Litter, in the Mediterranean*. United Nations Environmental Program, Athens.
14. Suaria, G., Aliani, S., 2014. Floating debris in the Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 86 (1–2), 494–504.
15. Barnes, D. 2004. Natural and plastic flotsam stranding in the Indian Ocean. In: John Davenport, Julia L. Davenport (Eds.), *The Effects of Human Transport on Ecosystems: Cars and Planes, Boats and Trains*, pp. 193–205. Royal Irish Academy, Dublin, 284pp.
16. Leichter, J.J., 2011. Investigating the Accumulation of Plastic Debris in the North Pacific Gyre. In: Omori, K., Guo, X., Yoshie, N., Fujii, N., Handoh, I.C., Isobe, A., Tanabe, S. (Eds.), *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry—Marine Environmental Modeling & Analysis*, pp. 251–259.
17. Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borroer, J.C., Galgani, F., Ryan, P.G., Reisser, J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9 (12), e111913. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.
18. Galgani, F., Fleet, D., Franeker, J.V., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, I., Poitou, G., Hanke, R., Thompson, R., Amato, E., Birkun, A., Janssen, C., 2010. *Marine Strategy Framework Directive: Task Group 10 Report Marine Litter*. doi: 10.2788/86941.
19. UNEP, 2005. *Marine Litter: An Analytical Overview*. UNEP, Nairobi.
20. Hartley B.L., Thompson R.C., Pahl S., 2015. Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. *Marine Pollution Bulletin*, 90, 209-217
21. Thompson, R.C., Moore, C.J., vom Saal, F.S., Swan, S.H., 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, 2153–2166.
22. WRAP, 2006. *Environmental benefits of recycling*. In: *An International Review of Life Cycle Comparisons for Key Materials in the UK Recycling Sector*. Waste and Resource Action Programme (WRAP), Banbury.
23. Ryan, P. G., Moore, C. J., van Franeker, J. A., Moloney, C. L., 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 364(1526), 1999–2012.
24. Carpenter, E.J., Smith, K.L., 1972. Plastic on the Sargasso Sea surface. *Science* 175, 1240–1241.
25. Carpenter, E. J., Anderson, S. J., Harvey, G. R., Miklas, H. P., & Peck, B. B., 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science*, 178, 749–750
26. Kartar, S., Milne, R.A., Sainsbury, M., 1973. Polystyrene waste in the Severn Estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 4, 144.
27. Morris, A.W., Hamilton, E.I., 1974. Polystyrene spherules in the Bristol Channel. *Mar. Pollut. Bull.* 5, 26–27.

28. Vlietstra, L.S., Parga, J.a., 2002. Long-term changes in the type, but not amount, of ingested plastic particles in short-tailed shearwaters in the southeastern Bering Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 945–955.
29. Ryan, P.G., 2015. A brief history of marine litter research. In M. Bergmann., L. Gutow., & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*, pp. 1–25.
30. Araújo, M.C., Costa, M.F., 2007. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. *Manage. Environ. Qual.: An Int. J.* 18, 6–12.
31. Rech S., Macaya-Caquilpán V., Pantoja J.F., Rivadeneira M.M., Jofre Madariaga D., Thiel M., 2014. Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific, *Marine Pollution Bulletin*, 82, 66–75.
32. Williams, A.T., Simmons, S.L., 1997. Estuarine litter at the estuarine/beach interface in the Bristol Channel. *J. Coast. Res.* 13, 1159–1165.
33. Galgani, F., Leauté, J.P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., Goraguer, H., Latrouite, D., Andral, B., Cadiou, Y., Mahe, J.C., Poulard, J.C., Nerisson, P., 2000. Litter on the sea floor along European coasts. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 516–527.
34. Claessens, M., Meester, S.D., Landuyt, L.V., Clerck, K.D., Janssen, C.R., 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2199–2204.
35. Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T. S., 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588–2597
36. RIMMEL- European Commission. Riverine and Marine floating macro litter Monitoring and Modelling of Environmental Loading ([mcc.jrc.ec.europa.eu/dev.py?N=simple&O=380&titre\\_page=RIMMEL](http://mcc.jrc.ec.europa.eu/dev.py?N=simple&O=380&titre_page=RIMMEL))
37. Gabrielides, G.P., Golik, A., Loizides, L., Marino, M.G., Bingel, F., et al., 1991. Manmade garbage pollution on the Mediterranean coastline. *Mar. Pollut. Bull.* 23, 437–441.
38. Galgani, F., Jaunet, S., Campillo, A., Guenegon, X., His, E., 1995. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the north-western Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 30, 713–717.
39. Ramirez-Llodra, E., Company, J.B., Sarda, F., De Mol, B., Coll, M., et al., 2013. Effects of natural and anthropogenic processes in the distribution of marine litter in the deep Mediterranean Sea. *Prog. Oceanogr.* 118, 273–287.
40. Bergmann, M., Sandhop, N., Schewe, I., D'Hert D., 2016. Observations of floating anthropogenic litter in the Barents Sea and Fram Strait, Arctic. *Polar Biol* 39: 553.
41. Browne M.A., Chapman M.G., Thompson R.C., Amaral Zettler L.A., Jambeck J., Mallos N.J., 2015. Spatial and temporal patterns of stranded intertidal marine debris: is there a picture of global change? *Environ. Sci. Technol.*, 49, 7082–7094
42. U.S. Navy U.S. Navy Salvage Report. Hurricanes Katrina and Rita. Naval Sea Systems Command, Washington, DC, USA, January 2007. <https://www.uscg.mil/history/katrina/docs/USNKatrinaSalvageRpt.pdf>.
43. Hodgkins, G. A.; Dudley, R. W.; Huntington, T. G. Changes in the timing of high river flows in New England over the 20th Century. *J. Hydrol.* 2003, 278, 244–252 DOI: 10.1029/2002GL015999.
44. Browne, M. A., Galloway, T. S., & Thompson, R. C., 2010. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science and Technology*, 44, 3404–3409.
45. Rahmstorf. Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. *Nature* 2002, 419, 207–214 DOI: 10.1038/nature01090.
46. Andrady, A. L.; Pegram, J. E., 1990. Weathering of polyethylene (LDPE) and enhanced photodegradable polyethylene in the marine environment. *J. Appl. Polym. Sci.* 39, 363–370 DOI: 10.1002/app.1990.070390213.
47. Franklin Associates, 2014. Impact of plastics packaging on life cycle energy consumption & greenhouse gas emissions in the United States and Canada. Substitution analysis, <http://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/Impact-of-Plastics-Packaging.pdf>.
48. Laist, D.W., 1987. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, 319–326.
49. 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, 5380–5389
50. Ashton, K., Holmes, L., Turner, A., 2010. Association of metals with plastic production *pellets* in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2050–2055.
51. Rochman, C. M., 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment. In M. Bergmann., L. Gutow., & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 117–140). Berlin: Springer.
52. Barreiros, J. P., & Raykov, V. S., 2014. Lethal lesions and amputation caused by plastic debris and fishing gear on the loggerhead turtle *Caretta caretta* (Linnaeus 1758). Three case reports from Terceira Island, Azores (NE Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, 86, 518–522
53. Baulch, S., & Perry, C. (2014). Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 210–221.

54. Santos, R.G., Andrades, R., Boldrini, M.A., Martins, A.S., 2015. Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem. *Mar. Pollut. Bull.* 93, 37–43.
55. Laist, D. W., 1997. Impacts of marine debris: Entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In J. M. Coe, & D. B. Rogers (Eds.), *Marine debris: sources, impacts, and solutions* (pp. 99–139). New York: Springer
56. 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.
57. Barnes DKA, 2002. Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature* 416:808–809.
58. Ipekoglu B., Böke H. and Cizer O., 2007. Assessment of material use in relation to climate in historical buildings. *Building and Environment*, 42: 970-978.
59. Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H., 2009. Proceedings of the international research workshop on the occurrence, effects and fate of microplastic marine debris. Sept 9–11, 2008, NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R30.
60. Council Directive 2008/56/EC. Official Journal of the European Union, L 164: 19-40
61. Borja, A., Elliott, M., Carstensen, J., Heiskanen, A.-S., van de Bund, W., 2010. Marine management – towards an integrated implementation of the European Marine Strategy Framework and the Water Framework Directives. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 2175–2186.
62. Munari C., Corbau C., Simeoni U., Mistri M., 2016. Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches, *Waste Management*, 49, 483-490
63. Comisión Europea. 2010. 2010/477/UE: Decisión de la Comisión, de 1 de septiembre de 2010, sobre los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas [notificada con el número C(2010) 5956]
64. Kershaw, P., Katsuhiko, S., Lee, S., Leemseth, J., Woodring, D., 2011. Plastic Debris in the Ocean, UNEP Year Book: Emerging Issues in Our Environment (14 pp.).
65. Mouat, T., Lopez-Lozano, R., Bateson, H., 2010. Economic impacts of marine litter. KIMO (Kommunenenes Internasjonale Miljøorganisasjon) (117 pp.).
66. STAP – Scientific and Technical Advisory Panel, 2011. Marine Debris as a Global Environmental Problem: Introducing Solutions Based Framework Focused on Plastic, A STAP Information Document. Global Environment Facility, Washington, DC (40 pp.).
67. UNEP, 2016. Marine plastic debris and microplastics – global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi.
68. GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. (Kershaw, P.J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC-UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Groups of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep Stud. GESAMP No. 90, 96 p.
69. Veiga J.M., Vlachogianni T., Pahl S., Thompson R.C., Kopke K., Doyle T.K., Hartley B.L., Maes T., Orthodoxou D.L., Loizidou X.I., Alampai I., 2016. Enhancing public awareness and promoting co-responsibility for marine litter in Europe: The challenge of MARLISCO, *Marine Pollution Bulletin*, 102, 2, 309-315
70. Andrady, A. L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1596–1605.
71. Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842-852.
72. Andrady, A.L. & Neal, M.A., 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 364, 1977-1984
73. Hopewell, J., Dvorak, R., Kosior, E., 2009. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philos. Trans. Roy. Soc. B: Biol. Sci.* 364, 2115–2126.
74. Plastics Europe, 2016. Plastic – The Facts 2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data. <http://www.plasticseurope.org/information-centre/publications.aspx>
75. Van Cauwenberghe L., Vanreusel A., Mees J., Janssen C.R., 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution* 182, 495-499
76. Barnes, D. K. A. (2005). Remote Islands reveal rapid rise of Southern Hemisphere, sea debris. *Scientific World Journal*, 5, 915–921.
77. Barnes, D.K.A., Walters, A. & Gonçalves, L., 2010. Macroplastics at sea around Antarctica. *Marine Environmental Research*, 70, 250-252.
78. Bergmann, M. & Klages, M., 2012. Increase of litter at the Arctic Deep-sea observatory HAUSGARTEN. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2734-2741.
79. Andrady, A. L., Hamid, H. S., & Torikai, A., 2003. Effects of climate change and UV-B on materials. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 2, 68–72.
80. Gregory, M. R., 1987. Plastics and other seaborne litter on the shores of New Zealand's sub-Antarctic islands. *New Zealand Antarctic Record*, 7, 32–47.

81. Scott, G., 1972. Plastics packaging and coastal pollution. *International Journal of Environmental Studies*, 3, 35–36.
82. Cundell, A., 1974. Plastics in the marine environment. *Environmental Conservation*, 1, 63–68.
83. Gregory, M. R., 1983. Virgin plastic granules on some beaches of Eastern Canada and Bermuda. *Marine Environmental Research*, 10(2), 73–92.
84. Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., 2004. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838.
85. Law, K. L., Morét-Ferguson, S., Maximenko, N. A., Proskurowski, G., Peacock, E. E., Hafner, J., et al., 2010. Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science*, 329, 1185–1188.
86. Moore, C. J., Moore, S. L., Leecaster, M. K., & Weisberg, S. B., 2001. A comparison of plastic and plankton in the north Pacific central gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1297–1300.
87. Thompson, R. C., 2015. Microplastics in the marine environment: Sources, consequences and solutions. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 185–200). Berlin: Springer.
88. Bilbao, A., 2015. Desengancharse del Plástico. *Ecologistas en Acción*.
89. O’Brine, T., & Thompson, R. C., 2010. Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2279–2283.
90. Sekiguchi, T; Saika, A; Nomura, K; Watanabe, T; Watanabe, T; Fujimoto, Y; Enoki, M; Sato, T; Kato, C; Kanehiro, H. Biodegradation of aliphatic polyesters soaked in deep seawaters and isolation of poly(ε-caprolactone)-degrading bacteria, *Polymer Degradation and Stability*, Volume 96, Issue 7, July 2011, 1397-1403.
91. Corcoran, P. L., Biesinger, M. C., & Grifi, M., 2009. Plastics and beaches: A degrading relationship. *Marine Pollution Bulletin*, 58(1), 80–84.
92. Pawson, M. G., 2003. The catching capacity of lost static fishing gears: Introduction. *Fisheries Research*, 64, 101–105.
93. Good, T. P., June, J. A., Etnier, M. A., & Broadhurst, G., 2010. Derelict fishing nets in puget sound and the northwest straits: Patterns and threats to marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 39–50.5.
94. 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. UNEP/FAO, Rome, 115p.
95. Rothstein, S. I., 1973. Plastic particle pollution of the surface of the Atlantic Ocean: Evidence from a seabird. *Condor*, 75(344), 5
96. Ryan, P. G. & Moloney, C. L., 1990. Plastic and other artefacts on South African beaches: temporal trends in abundance and composition. *South African Journal of Science*, 86, 450–452.
97. Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., 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, 140317.
98. [98] Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I., & Thompson, R. C., 2014. Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth’s Future*, 2, 2014EF000240.
99. Farrell, P., & Nelson, K., 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1–3.
100. Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V., & Lehtiniemi, M., 2014. Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web. *Environmental Pollution*, 185, 77–83.
101. da Costa, J.P.; Santos, P.S.M.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos, T. 2016, (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects, *Science of The Total Environment*, Volumes 566–567, 15-26, ISSN 0048-9697
102. Zitko, V., & Hanlon, M., 1991. Another source of pollution by plastics—skin cleaners with plastic scrubbers. *Marine Pollution Bulletin*, 22, 41–42.
103. Gregory, M. R., 1996. Plastic ‘scrubbers’ in hand cleansers: a further (and minor) source for marine pollution identified. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 867–871.
104. Patel, M.M.; Goyal, B.R.; Bhadada, S.V.; Bhatt, J.S.; Amin, A.F., 2009. Getting into the Brain. Approaches to enhance Brain Drug Delivery. *CNS Drugs*; 23, 1; Health & Medical Collection pp 35.
105. Gregory, M. R., 1978. Accumulation and distribution of virgin plastic granules on New Zealand beaches. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 12, 399–414.
106. Endo, S., Takizawa, R., Okuda, K., Takada, H., Chiba, K., Kanehiro, H., Ogi, H., Yamashita, R., Date, T., 2005. Concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) in beached resin pellets: Variability among individual particles and regional differences. *Marine Pollution Bulletin*, 50(10), 1103–1114.
107. Ogata, Y., Takada, H., Mizukawa, K., Hirai, H., Iwasa, S., Endo, S., Mato, Y., Saha, M., Okuda, K., Nakashima, A., Murakami, M., Zurcher, N., Booyatumanondo, R., Zakaria, M.P., Dung, L.Q., Gordon, M., Miguez, C., Suzuki, S., Moore, C., Karapanagioti, H., Weerts, S., McClurg, T., Burres, E., Smith, W., Van Velkenburg, M., Lang, J.S., Lang, R.C., Laursen, D., Danner, B., Stewardson, N., Thompson, R.C., 2009. International Pellet Watch: global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs. *Marine Pollution Bulletin*, 58(10), 1437–1446.

108. Gregory, M.R., 1999. Plastics and South Pacific Island shores: environmental implications, *Ocean & Coastal Management*, Volume 42, Issues 6–7, 603–615,
109. Viehman, S., Vander Pluym, J. L., & Schellinger, J., 2011. Characterization of marine debris in North Carolina salt marshes. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2771–2779.
110. Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J. E., Huck, T., Jaffrès, L., Jorgensen, B., Miguelez, A., Paillard, C., Vanderlinden, J., 2014. Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: First diagnosis of three islands in the Canary Current. *Marine Pollution Bulletin*, 80(1–2), 302–311.
111. Costa, M. F., Silva-Cavalcanti, J. S., Barbosa, C. C., Portugal, J. L., & Barletta, M., 2011. Plastics buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. *Journal of Coastal Research*, 64, 339–343.
112. Wang, J.; Tan, Z.; Peng, J.; Qiu, Q.; Li, M., 2016. The behaviors of microplastics in the marine environment. *Marine Environmental Research*, 113, 7–17.
113. Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., Aldridge, D.C., 2015. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Res.* 75, 63–82.
114. Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45, 9175–9179.
115. Tosin, M., Weber, M., Siotto, M., Lott, C., Degli, I.F., 2012. Laboratory test methods to determine the degradation of plastics in marine environmental conditions. *Front. Microbiol.* 3.
116. Blasco J., Corsi I., Matranga V., 2015. Particles in the oceans: Implication for a safe marine environment. *Marine Environmental Research*, 111, 1–4
117. Koelmans, A. A., 2015. Modeling the role of microplastics in bioaccumulation of organic chemicals to marine aquatic organisms. Critical review. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 313–328). Springer, Berlin.
- 117b. [117b] Koelmans, A. A., Besseling E. Shim W.J., 2015. Nanoplastics in the Aquatic Environment. Critical review. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 313–328). Springer, Berlin.
118. Shim, W.J., Song, Y.K., Hong, S.H., Jang, M., Han, G.M., 2014. Producing fragmented micro and nano-sized expanded polystyrene particles with an accelerated mechanical abrasion experiment. May 2014, SETAC Annual Meeting, Basel, Switzerland.
119. Kashiwada, S., 2006. Distribution of nanoparticles in the see-through medaka (*Oryzias latipes*). *Environmental Health Perspectives*, 114, 1697–1702.
120. Salvati, A., Aberg, C., dos Santos, T., Varela, J., Pinto, P., Lynch, I., Dawson K.A., 2011. Experimental and theoretical comparison of intracellular import of polymeric nanoparticles and small molecules: Toward models of uptake kinetics. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 7, 818–826.
121. Cedervall, T., Hansson, L. A., Lard, M., Frohm, B., Linse, S., 2012. Food chain transport of nanoparticles affects behaviour and fat metabolism in fish. *PLoS ONE*, 7(2), e32254.
122. Rossi, G., Barnoud, J., & Monticelli, L., 2013. Polystyrene nanoparticles perturb lipid membranes. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 5(1), 241–246.
123. Velzeboer, I., Kwadijk, C. J. A. F., Koelmans, A. A., 2014. Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes and fullerenes. *Environmental Science and Technology*, 48, 4869–4876.
124. Thompson, R. C., 2006. Plastic debris in the marine environment: Consequences and solutions. In J. C. Krause, H. von Nordheim, & S. Bräger (Eds.), *Marine Nature Conservation in Europe* (pp. 107–115). Stralsund, Germany: Federal Agency for Nature Conservation.
125. Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, longterm threat. *Environmental Research*, 108, 131–139.
126. 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). Berlin: Springer.
127. Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., Ten Brink, P., & Schweitzer, J.-P., 2015. The economics of marine litter. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 371–398). Springer, Berlin.
128. Browne, M. A., 2015. Sources and pathways of microplastic to habitats. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 229–244). Springer: Berlin.
129. Moereira, F.B.; Balthazar-Silva, D.; Barbosa, L.; Turra, A., 2016. Revealing accumulation zones of plastic. *Environmental Pollution*, 218, 313–321.
130. Lusher, A., 2015. Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In: Bergmann M, Gutow L, Klages M (eds) *Marine anthropogenic litter*. Springer, Berlin
131. Doyle, M. J., Watson, W., Bowlin, N. M., & Sheavly, S. B., 2011. Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific Ocean. *Marine Environmental Research*, 71(1), 41–52.
132. Van Cauwenberghe L., Devriese L., Galgani F., Robben S J., Janssen C.R., 2015. Microplastics in sediments: A review of techniques, occurrence and effects. *Marine Environmental Research* 111, 5–17

133. Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M., 2012. Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science and Technology*, 46, 3060–3075.
134. Eriksen, M., Maximenko, N., & Thiel, M., 2013. Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 68(1–2), 71–76.
135. Kukulka, T., Proskurowski, G., Morét-Ferguson, S., Meyer, D. W., & Law, K. L., 2012. The effect of wind mixing on the vertical distribution of buoyant plastic debris. *Geophysical Research Letters*, 39, L07601.
136. Murray, F., Cowie, P. R., 2011. Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1207–1217.
137. Engler, R. E., 2012. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environmental Science and Technology*, 46(22), 12302–1231
138. van Sebille, E., England, M. H., & Froyland, G., 2012. Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. *Environmental Research Letters*, 7, 044040.
139. Lattin, G. L., Moore, C. J., Zellers, A. F., Moore, S. L., & Weisberg, S. B., 2004. A comparison of neustonic plastic and zooplankton at different depths near the southern California shore. *Marine Pollution Bulletin*, 49(4), 291–294
140. Sadri, S. S., & Thompson, R. C., 2014. On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine Pollution Bulletin*, 81, 55–60.
141. [141] Kaiser, M. J., Bullimore, B., Newman, P., Lock, K., & Gilbert, S., 1996. Catches in 'ghost fishing' set nets. *Marine Ecology Progress Series*, 145, 11–16.
142. Goldstein, M.C., Rosenberg, M., Cheng, L., 2012. Increased oceanic microplastic debris enhances oviposition in an endemic pelagic insect. *Biol. Lett.* 8, 817–820.  
Reisser, J., Shaw, J., Wilcox, C., Hardesty, B. D., Poreitti, M., Turms, M., Pattiaratchi, C., 2013. Marine plastic pollution in waters around Australia: Characteristics, concentrations, and pathways. *PLoS ONE*, 8(11), e80466
143. Ryan, P. G., 2013. A simple technique for counting marine debris at sea reveals steep litter gradients between the Straits of Malacca and the Bay of Bengal. *Marine Pollution Bulletin*, 69, 128–136.
144. Fossi, M. C., Coppola, D., Bainsi, M., Giannetti, M., Guerranti, C., Marsili, L., Panti C., de Sabata E., Clò S., 2014. Large filter feeding marine organisms as indicators of microplastic in the pelagic environment: The case studies of the Mediterranean basking shark (*Cetorhinus maximus*) and fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Environmental Research* 100, 17–24.
145. Collignon, A., Hecq, J., Galgani, F., Voisin, P., & Goffard, A., 2012. Neustonic microplastics and zooplankton in the western Mediterranean sea. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 861–864.
146. Vianello, A., Boldrin, A., Guerriero, P., Moschino, V., Rella, R., Sturaro, A., Da Ros, L., 2013. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: First observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 130, 54–61
147. Takada, H., 2006. Call for *pellets!* International pellet watch global monitoring of POPs using beached plastic resin *pellets*. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1547–1548
148. Taylor, M.L.; Gwinnett, C.; Robinson, L.F.; Woodall, L.C., 2016. Plastic microfibre ingestion by Deep-sea organisms. *Scientific Reports* 6, Article number: 33997. doi:10.1038/srep33997
149. Mallory, M. L., Roberston, G. J., & Moenting, A., 2006. Marine plastic debris in northern fulmars from Davis Strait, Nunavut, Canada. *Marine Pollution Bulletin*, 52(7), 813–815.
150. Provencher, J. F., Gaston, A. J., & Mallory, M. L., 2009. Evidence for increased ingestion of plastics by northern fulmars (*Fulmarus glacialis*) in the Canadian Arctic. *Marine Pollution Bulletin*, 58(7), 1092–1095.
151. Winston, J. E., 1982. Drift plastic—an expanding niche for a marine invertebrate? *Marine Pollution Bulletin*, 13, 348–351.
152. Benton, T.G., 1995. From castaways to throwaways: marine litter in the Pitcairn Islands. *Biol. J. Linn. Soc.* 56, 415–422.
153. Aliani, S., Molcard, A., 2003. Floating debris in the Ligurian Sea, north-western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 46, 1142–1149.
154. Barnes, D. K. A., & Fraser, K. P. P., 2003. Rafting by five phyla on man-made flotsam in the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 262, 289–291.
155. Lozoya J.P., Teixeira de Mello F., Carrizo D., Weinstein F., Olivera Y., Cedres F., Pereira M., Fossati M., 2016. Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): Unseen critical residents? *Environmental Pollution* 218, 931–941
156. Williams, A.T., Tudor, D.T., 2001. Litter burial and exhumation: spatial and temporal distribution on a cobble pocket beach. *Mar. Pollut. Bull.* 42 (11), 1031–1039.
157. Maximenko, N., Hafner J., Niiler P., 2012. Pathways of marine debris derived from trajectories of Lagrangian drifters, *Mar. Pollut. Bull.*, 65, 51–62, doi:10.1016/j.marpolbul.2011.04.016.
158. Critchell, K., Lambrechts, J., 2016. Modelling accumulation of marine plastics in the coastal zone; what are the dominant physical processes? *Estuarine. Coast. Shelf Sci.* 171, 111–122.

159. McGranahan, G., Balk, D., & Anderson, B., 2007. The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization*, 19, 17–37.
160. Rosevelt, C., Los Huertos, M., Garza, C., & Nevins, H. M., 2013. Marine debris in central California: Quantifying type and abundance of beach litter in Monterey Bay, CA. *Marine Pollution Bulletin*, 71(1–2), 299–306.
161. Liu, T., Wang, M. W., & Chen, P., 2013. Influence of waste management policy on the characteristics of beach litter in Kaohsiung, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 72, 99–106.
162. Thiel, M., Hinojosa, I. A., Miranda, L., Pantoja, J. F., Rivadeneira, M. M., & Vásquez, N., 2013. Anthropogenic marine debris in the coastal environment: A multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin*, 71, 307–316.
163. Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., & Öztürk, B., 2013. Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research*, 85, 21–28.
164. Fok, L., Cheung, P.K., 2015. Hong Kong at the Pearl River Estuary: a hotspot of microplastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 99, 112–118
165. Li W.C., Tse H.F., Fok L., 2016. Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment* 566–567, 333–349
166. Graham, E.R., Thompson, J.T., 2009. Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 368, 22–29.
167. Carson H. S., Colbert S. L., Kaylor M. J., McDermid K. J., 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 8, August 1708-1713
168. Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsh, O., Lutz, I., 2009. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364(1526), 2047–2062.
169. Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kaminuma, T., 2001. Plastic resin *pellets* as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ. Sci. Technol.* 35, 318-324.
170. Rios, L. M., Jones, P. R., Moore, C., & Narayan, U. V., 2010. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". *Journal of Environmental Monitoring*, 12(12), 2226–2236.
171. Williams A.T., Randerson P., Di Giacomo C., Anfuso G., Macias A., Perales J.A., 2016. Distribution of beach litter along the coastline of Cádiz, Spain. *Marine Pollution Bulletin* 107, 77–87
172. McCormick, A., Hoellein, T.J., Mason, S.A., Schlupe, J., Kelly, J.J., 2014. Microplastic is an abundant and distinct microbial habitat in an urban river. *Environ. Sci. Technol.* 48, 11863-11871.
173. Zettler, E.R., Mincer, T.J., Amaral-Zettler, L.A., 2013. Life in the "plastisphere": microbial communities on plastic marine debris. *Environ. Sci. Technol.* 47, 7137-7146.
174. Keswani A., Oliver D.M., Gutierrez T, Quilliam R.S., 2016. Microbial hitchhikers on marine plastic debris: Human exposure risks at bathing waters and beach environments. *Marine Environmental Research* 118, 10-19
175. Verlis, K. M., Campbell, M. L., & Wilson, S. P., 2014. Marine debris is selected as nesting material by the brown booby (*Sula leucogaster*) within the Swain Reefs, Great Barrier Reef, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 87(1–2), 180–190.
176. Harley, C.D.G., Hughes, A.R., Hultgren, K.M., Miner, B.G., Sorte, C.J.B., Thornber, C.S., Rodriguez, L.F., Tomanek, L., Williams, S.L., 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecol. Lett.* 9, 228-241.
177. Dekiff, J.H., Remy, D., Klasmeier, J., Fries, E., 2014. Occurrence and spatial distribution of microplastics in sediments from Norderney. *Environ. Pollut.* 186, 248-256.
178. Anderson J.C., Park B.J., Palace V.C., 2016. Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution* 218, 269-280
179. Blašković A., Fastelli P., Čizmek H., Guerranti C., Renzi M., 2016. Plastic litter in sediments from the Croatian marine protected area of the natural park of Telašćica bay (Adriatic Sea). *Marine Pollution Bulletin*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.018>
180. Gregory, M.R., 1977. Plastic *pellets* on New Zealand beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 8, 82-84.
181. Shiber, J.G., 1979. Plastic *pellets* on the coast of Lebanon. *Mar. Pollut. Bull.* 10, 28-30.
182. Shiber, J.G., 1982. Plastic *pellets* on Spain's 'Costa del Sol' beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 13, 409-412.
183. Frias J.P.G.L., Gago J., Otero V., Sobral P., 2016. Microplastics in coastal sediments from Southern Portuguese shelf waters. *Marine Environmental Research* 114, 24-30
184. Avio C. G., Gorbi S., Regoli F., 2016. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Mar. Environ. Res.* <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>
185. Canals, M., Puig, P., de Madron, X.D., Heussner, S., Palanques, A., Fabres, J., 2006. Flushing submarine canyons. *Nature* 444, 354-357.
- Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Calafat, A.M., Lastras, G., Pedrosa-Pamies, R., Menendez, M., Alcoverro, T., 2012. Impacts on the deep-sea ecosystem by a severe coastal storm. *PLoS One* 7 (1), e30395.

186. Stabholz, M., de Madron, D.X., Canals, M., Khripounoff, A., Taupier-Letage, I., Testor, P., Heussner, S., Kerherve, P., Delsaut, N., Houpert, L., Lastras, G., Dennielou, B., 2013. Impact of open-ocean convection on particle fluxes and sediment dynamics in the deep margin of the Gulf of Lions. *Biogeosciences* 10, 1097-1116.
187. Talley, L.D., 2002. Salinity patterns in the ocean. In: MacCracken, M.C., Perry, J.S. (Eds.), *Encyclopedia of Global Change, The Earth System: Physical and Chemical Dimensions of Global Environmental Change*, vol. 1. JohnWiley & Sons, Chichester, UK, pp. 629-640.
188. Galgani, F., Souplet, A., Cadiou, Y., 1996. Accumulation of debris on the deep sea floor off the French Mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series*, 142, 225-234.
189. Galil, B. S., Golik, A., & Türkay, M., 1995. Litter at the bottom of the sea: A sea bed survey in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 22-24.
190. Schlining, K., Von Thun, S., Kuhn, L., Schlining, B., Lundsten, L., Jacobsen Stout, N., 2013. Debris in the deep: Using a 22-year video annotation database to survey marine litter in Monterey Canyon, central California, USA. *Deep-Sea Research I*, 79, 96-105.
191. Woodall, L.C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G.L.J., 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. *R. Soc. Open Sci.* 1, 140317e140317.
192. Yntema, C., & Mrosovsky, N., 1982. Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*, 60, 1012-1016.
193. Shomura, R. S., & Yoshida, H. O., 1985. *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*. Honolulu, Hawaii.
194. Katsanevakis, S., 2008. *Marine debris, a growing problem: Sources, distribution, composition, and impacts*. Marine pollution: New research (pp. 53-100). New York: Nova Science Publishers.
195. Gregory, M. R., 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings - entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 2013-2025.
196. Kiessling, T., Gutow, L., Thiel, M., 2015. Marine litter as a habitat and dispersal vector. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine anthropogenic litter* (pp. 141-181). Springer, Berlin.
197. Chapman, M. G., & Clynick, B. G., 2006. Experiments testing the use of waste material in estuaries as habitat for subtidal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 338, 164-178.
198. 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 II*, 58, 2489-2496.
199. Simmonds, M. P., 2012. Cetaceans and marine debris: The great unknown. *Journal of Marine Biology*, 2012, 1-8.
200. Knowlton, A. R., Hamilton, P. K., Marx, M. K., Pettis, H. M., & Kraus, S. D., 2012. Monitoring north Atlantic right whale *Eubalaena glacialis* entanglement rates: A 30 year retrospective. *Marine Ecology Progress Series*, 466, 293-302.
201. Unger, B.; Bravo Rebolledo E.L.; Deaville, R.; Gröne, A.; Ijsseldijk, L.L.; Leopold, M.F.; Siebert, U.; Spitz, J.; Wohlsein, P.; Herr, H., 2016. Large amounts of marine debris found in sperm whales stranded along the North Sea coast in early 2016. *Marine Pollution Bulletin*, 112, 134-141.
202. Waluda, C. M., & Staniland, I. J., 2013. Entanglement of Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 244-252.
203. Raum-Suryam, K.L.; Jemison, L.A.; Pitcher, K.W., 2009. Entanglement of Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*) in marine debris: Identifying causes and finding solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1487-1495.
204. Rodríguez, B., Bécares, J., Rodríguez, A., & Arcos, J. M., 2013. Incidence of entanglement with marine debris by northern gannets (*Morus bassanus*) in the non-breeding grounds. *Marine Pollution Bulletin*, 75, 259-263
205. Matsuoka, K., Nakashima, T., & Nagasawa, N., 2005. A review of ghost fishing: Scientific approaches to evaluation and solutions. *Fisheries Science*, 71, 691-702.
206. Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & Angstadt, K., 2014. Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna. *Marine Pollution Bulletin*, 80, 114-123.
207. Anderson, J. A., & Alford, A. B., 2014. Ghost fishing activity in derelict blue crab traps in Louisiana. *Marine Pollution Bulletin*, 79, 261-267.
208. Edyvane, K. S., Dalgetty, A., Hone, P. W., Higham, J. S., & Wace, N. M., 2004. Long-term marine litter monitoring in the remote Great Australian Bight, South Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 1060-1075.
209. Moore, E., Lyday, S., Roletto, J., Litle, K., Parrish, J. K., Nevins, H., Harvey, J., Greig, D., Piazza, M., Hermance, A., Lee, D., Adams, D., Allen, S., Kell, S., 2009. Entanglement of marine mammals and seabirds in Central California and the North-West coast of the United States 2001-2005. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 1045-1051
210. Moore, M., Andrews, R., Austin, T., Bailey, J., Costidis, A., George, C., Jackson, K., Pitchford, T., Landry, S., Ligon, A., McLellan, W., Morin, D., Smith, J., Rotstein, D., Rowles, T., Slay, C., Walsh, M., 2013. Rope trauma, sedation, disentanglement, and monitoring-tag associated lesions in a terminally entangled North Atlantic right whale (*Eubalaena glacialis*). *Marine Mammal Science*, 29, E98-E113



211. Van der Hoop, J., Moore, M., Fahlman, A., Bocconcelli, A., Gerge, C., et al., 2013. Behavioural impact of disentanglement of a right whale under sedation and the energetic costs of entanglement. *Marine Mammal Science*, 30, 282–307
212. Hanni, K. D., & Pyle, P., 2000. Entanglement of pinnipeds in synthetic materials at South-east Farallon Island, California, 1976–1998. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 1076–1081.
213. Page, B., McKenzie, J., McIntosh, R., Baylis, A., Morrissey, A., Calvert, N., Haase, T., Berris, M., Dowie, D., Shaughnessy, P.D., Goldsworthy, S.D., 2004. Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 33–42.
214. Boren, L. J., Morrissey, M., Muller, C. G., & Gemmill, N. J., 2006. Entanglement of New Zealand fur seals in man-made debris at Kaikoura, New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 442–446.
215. Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., & Mills, C., 2012. Entanglement of grey seals, *Halichoerus grypus*, at a haul out site in Cornwall, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2815–2819
216. Buxton, R.T.; Currey, C.A.; O’B Lyver, P.; Jones, C.J., 2013. Incidence of plastic fragments among burrow-nesting seabird colonies on offshore islands in northern New Zealand. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 420–424
217. Bugoni, L., Krause, L., & Petry, M. V., 2001. Marine debris and human impact on sea turtles in southern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 42(12), 1330–1334
218. Kasperek, M., 1995. The nesting of marine turtles on the coast of Syria. *Zoology in the Middle East*, 11, 51–62.
219. Ozdilek, H. G., Yalcin-Ozdilek, S., Ozaner, F. S., & Sonmez, B., 2006. Impact of accumulated beach litter on *Chelonia mydas* L. 1758 (green turtle) hatchlings of the Samandag Coast, Hatay, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15, 95–103
220. Triessing, P., Roetzer, A., & Stachowitsch, M., 2012. Beach condition and marine debris: New hurdles for sea turtle hatchling survival. *Chelonian Conservation and Biology*, 11, 68–77
221. Adey, J., Smith, I., Atkinson, R. J. A., Tuck, I., & Taylor, A., 2008. Ghost fishing of target and non-target species by Norway lobster, *Nephrops norvegicus*, creels. *Marine Ecology Progress Series*, 366, 119–127.
222. Erzini, K., Bentes, L., Coelho, R., Lino, P. G., Monteiro, P., Ribeiro, J., Gonçalves, J.M.S., 2008. Catches in ghost-fishing octopus and fish traps in the northeastern Atlantic Ocean (Algarve, Portugal). *Fishery Bulletin*, 106, 321–327.
223. Antonelis, K., Huppert, D., Velasquez, D., & June, J., 2011. Dungeness crab mortality due to lost traps and a cost-benefit analysis of trap removal in Washington state waters of the Salish Sea. *North American Journal of Fisheries Management*, 31, 880–893.
224. Kim, S.-G., Lee, W.-I. L., & Yuseok, M., 2014. The estimation of derelict fishing gear in the coastal waters of South Korea: Trap and gill-net fisheries. *Marine Policy*, 46, 119–122.
225. Uhrin, A. V., Matthews, T., & Lewis, C., 2014. Lobster trap debris in the Florida Keys National Marine Sanctuary: Distribution, abundance, density and patterns of accumulation. *Management and Ecosystem Science*, 6, 20–32.
226. Stevens, B. G., Vining, I., Byersdorfer, S., & Donaldson, W., 2000. Ghost fishing by tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) pots off Kodiak, Alaska: Pot density and catch per trap as determined from sidescan sonar and pot recovery data. *Fisheries Bulletin*, 98, 389–399
227. Hébert, M., Miron, G., Moriyasu, M., Vienneau, R., & DeGrâce, P., 2001. Efficiency and ghost fishing of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps in the Gulf of St Lawrence. *Fisheries Research*, 52, 143–153.
228. Shaughnessy, P. D., 1985. Entanglement of grey seals *Halichoerus grypus* at a haul out site in Cornwall, UK. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2815–2819.
229. Woodley, T. H., & Lavigne, D. M., 1991. Incidental capture of pinnipeds in commercial fishing gear. ICS. International Marine Mammal Association (Ed.), Technical Report No. 91–01.
230. Mattlin, R. H., & Cawthorn, M. W., 1986. Marine debris—an international problem. *New Zealand Environment*, 51, 3–6.
231. Harcourt, R., Auriolos, D., & Sanchez, J., 1994. Entanglement of California sea lions at Los Islotes, Baja California Sur, Mexico. *Marine Mammal Science*, 10, 122–125.
232. Zavala-González, A., & Mellink, E., 1997. Entanglement of California sea lions, *Zalophus californianus californianus*, in fishing gear in the central-northern part of the Gulf of California, Mexico. *Fishery Bulletin*, 95, 180–184.
233. Henderson, J. R., 2001. A pre-and post-marpol annex v summary of Hawaiian monk seal entanglements and marine debris accumulation in the Northwestern Hawaiian Islands, 1982–1998. *Marine Pollution Bulletin*, 42, 584–589.
234. Hofmeyr, G. J. G., Bester, M. N., Kirkman, S. P., Lydersen, C., & Kovacs, K. M., 2006. Entanglement of Antarctic fur seals at Bouvetøya, Southern Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 1077–1080.
235. Podolski, R. H., & Kress, S. W., 1989. Plastic debris incorporated into double-crested cormorant nests in the Gulf of Maine. *Journal of Field Ornithology*, 60, 248–250.
236. Montevecchi, W. A., 1991. Incidence and types of plastic in gannet’s nets in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Zoology*, 69, 295–297.
237. Hartwig, E., Clemens, T., & Heckroth, M., 2007. Plastic debris as nesting material in a kittiwake (*Rissa tridactyla*) colony at the Jammerbugt, Northwest Denmark. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 595–597.
238. Votier, S. C., Archibald, K., Morgan, G., & Morgan, L., 2011. The use of plastic debris as nesting material by a colonial nesting seabird and associated entanglement mortality. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 168–172.

239. Bond, A. L., Montevecchi, W. A., Guse, N., Regular, P. M., Garthe, S., & Rail, J. F., 2012. Prevalence and composition of fishing gear debris in the nests of northern gannets (*Morus bassanus*) are related to fishing effort. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 907–911.
240. Lavers, J. L., Hodgson, J. C., & Clarke, R. H., 2013. Prevalence and composition of marine debris in brown booby (*Sula leucogaster*) nests at ashmore reef. *Marine Pollution Bulletin*, 77, 320–324.
241. Arnould, J. P. Y., & Croxall, J. P., 1995. Trends in entanglement of Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*) in man-made debris at South Georgia. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 707–712.
242. Orós, J., Torrent, A., Calabuig, P., & Déniz, S., 2005. Diseases and causes of mortality among sea turtles stranded in the Canary Islands, Spain (1998–2001). *Diseases of Aquatic Organisms*, 63, 13–24.
243. Barreiros, J. P., & Guerreiro, O., 2014. Notes on a plastic debris collar on a juvenile *Pagellus acarne* (Perciformes: Sparidae) from Terceira Island, Azores, NE Atlantic. *Bothalia-Pretoria*, 44, 2–5.
244. Udyawer, V., Read, M. A., Hamann, M., Simpfendorfer, C. A., & Heupel, M. R., 2013. First record of sea snake (*Hydrophis elegans*, Hydrophiinae) entrapped in marine debris. *Marine Pollution Bulletin*, 73, 336–338.
245. Sazima, I., Gadig, O. B. F., Namora, R. C., & Motta, F. S., 2002. Plastic debris collars on juvenile carcharhinid sharks (*Rhizoprionodon landi*) in Southwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 1149–1151.
246. Wegner, N. C., & Cartamil, D. P., 2012. Effects of prolonged entanglement in discarded fishing gear with substantive biofouling on the health and behavior of an adult shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 391–394.
247. Lucas, Z., 1992. Monitoring persistent litter in the marine environment on Sable Island, Nova Scotia. *Marine Pollution Bulletin*, 24, 192–199.
248. Robbins J., 2007. Structure and dynamics of the Gulf of Maine humpback whale population. Ph.D. thesis, University of St. Andrews. <http://hdl.handle.net/10023/328>
249. Butterworth A., Clegg, I and C. Bass., 2012. *Untangled - Marine Debris: a global picture of the impact on animal welfare and of animal-focused solutions*. London: World Society for the Protection of Animals. 75 pp.
250. Van Franeker, J. A., 1985. Plastic ingestion in the North Atlantic fulmar. *Marine Pollution Bulletin*, 16, 367–369.
251. Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Lagueux, C. J., 1994. Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Marine Pollution Bulletin*, 28, 154–158.
252. McCauley, S. J., & Bjorndal, K. A., 1999. Conservation implications of dietary dilution from debris ingestion: Sublethal effects in post-hatchling loggerhead sea turtles. *Conservation Biology*, 13, 925–929.
253. Lazar, B., & Gracan, R., 2011. Ingestion of marine debris by loggerhead sea turtles, *Caretta caretta*, in the Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 43–47.
254. Anastasopoulou, A., Mytilineou, C., Smith, C. J., & Papadopoulou, K. N., 2013. Plastic debris ingested by deep-water fish of the Ionian Sea (eastern Mediterranean). *Deep-Sea Research I*, 74, 11–13.
255. Cole M., Lindeque P.K., Fileman E., Clark J., Lewis C., Halsband C., Galloway T.S., 2016. Microplastics Alter the Properties and Sinking Rates of Zooplankton Faecal *Pellets*, *Environ. Sci. Technol.* 50, 3239–3246.
256. Bergmann M., Gutow L, Klages M (eds), 2015. *Marine anthropogenic litter*. Springer, Berlin
257. Mrosovsky, N., Ryan, G. D., & James, M. C., 2009. Leatherback turtles: The menace of plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 58, 287–289.
258. De Stephanis, R., Gimenez, J., Carpinelli, E., Gutierrez-Exposito, C., & Canadas, A., 2013. As main meal for sperm whales: Plastics debris. *Marine Pollution Bulletin*, 69, 206–214.
259. Lusher, A.; Hernandez-Milian, G.; O'Brien, J.; Berrow, S.; O'Connor, I.; Officer, R., 2015. Microplastic and macroplastic ingestion by a Deep diving, oceanic cetacean: The True's beaked whale *Mesoplodon mirus*. *Environmental Pollution*, 199, 185–191.
260. Denuncio, P., Bastida, R., Dassis, M., Giardino, G., Gerpe, M., & Rodriguez, D., 2011. Plastic ingestion in franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei* (Gervais and D'Orbigny, 1844), from Argentina. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1836–1841.
261. Jacobsen, J.K.; Massey, L.; Gulland, F., 2010. Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*) *Marine Pollution Bulletin*, 60, 765–767.
262. Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C., 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67, 94–99.
263. Foekema, E. M., De Grijter, C., Mergia, M. T., van Franeker, J. A., Murk, A. J., & Koelmans, A. A., 2013. Plastic in North sea fish. *Environmental Science and Technology*, 47, 8818–8824.
264. Romeo, T., Pietro, B., Pedà, C., Consoli, P., Andaloro, F., Fossi, M.C., 2015. First evidence of presence of plastic debris in stomach of large pelagic fish in the Mediterranean Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 95 (1), 358–361
265. Brate, I.L.; Eidsvoll, D.P.; Constantine Steindal, C.; Thomas, K.V., 2016. Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Marine Pollution Bulletin*, 112, 105–110.
266. Day, R. H., Wehle, D. H. S. & Coleman, F. C., 1985. Ingestion of plastic pollutants by marine birds. In *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris* (pp. 344–386). NOAA Technical Memorandum, NMFS, SWFC 54.

267. Ryan, P. G., 1987. The incidence and characteristics of plastic particles ingested by seabirds. *Marine Environmental Research*, 23, 175–206.
268. Provencher, J. F., Gaston, A. J., Mallory, M. L., O'Hara, P. D., & Gilchrist, H. G., 2010. Ingested plastic in a diving seabird, the thick-billed murre (*Uria lomvia*), in the Eastern Canadian Arctic. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 1406–1411.
269. Jimenez, S.; Domingo, A.; Brazeiro, A.; Defeo, O.; Phillips, R.A., 2015. Marine debris ingestion by albatrosses in the southwest Atlantic Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 96, 149–154.
270. Carson, H. S., Lamson, M. R., Nakashima, D., Toloumu, D., Hafner, J., Maximenko, N., McDermid, K.J., 2013. Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawaii. *Marine Environmental Research*, 84, 76–83.
271. Savoca, M.S.; Wohlfeil, M.E.; Ebeler, S.E.; Nevit, G.A., 2016. Marine plastic debris emits a keystone infochemical for olfactory foraging seabirds. *Science Advances*, 2. E1600395
272. Moser, M. L., & Lee, D. S., 1992. A fourteen-year survey of plastic ingestion by western North Atlantic seabirds. *Colonial Waterbirds*, 15(1), 83–94.
273. Tourinho, P. S., Ivar do Sul, J. A., Fillmann, G., 2010. Is marine debris ingestion still a problem for the coastal marine biota of southern Brazil? *Marine Pollution Bulletin*, 60(3), 396–401.
274. Schuyler, Q. A., Hardesty, B. D., Wilcox, C., & Townsend, K., 2013. Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. *Conservation Biology*, 28, 129–139.
275. Eriksson, C., & Burton, H., 2003. Origins and biological accumulation of small plastic particles in fur seals from Macquarie Island. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 32, 380–384.
276. Van Franeker, J. A., 2011. Reshape and relocate: seabirds as transformers and transporters of microplastics. In *Fifth International Marine Debris Conference*, Honolulu, Hawaii.
277. Hutton, I., Carlile, N., & Priddel, D., 2008. Plastic ingestion by flesh-footed shearwaters, *Puffinus carneipes*, and wedge-tailed shearwaters, *Puffinus pacificus*. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 142, 67–72.
278. Acampora, H., Schuyler, Q. A., Townsend, K. A., & Denise, B., 2013. Comparing plastic ingestion in juvenile and adult stranded short-tailed shearwaters (*Puffinus tenuirostris*) in Eastern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 78, 63–68.
279. Auman, H. J., Ludwig, J. P., Giesy, J. P., & Colborn, T., 1997. Plastic ingestion by Laysan Albatross chicks on Sand Island, midway atoll, in 1994 and 1995. In G. Robinson & R. Gales (Eds.), *Albatross biology and conservation*. Surrey Beatty and Sons: Chipping Norton.
280. Gray, H., Lattin, G. L., & Moore, C. J., 2012. Incidence, mass and variety of plastics ingested by Laysan (*Phoebastria immutabilis*) and black-footed albatrosses (*P. nigripes*) recovered as by-catch in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2190–2192
281. Plotkin, P., & Amos, A. F., 1990. Effects of anthropogenic debris on sea turtles in the northwestern Gulf of Mexico. In R. S. Shomura & M. L. Godfrey (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference of Marine Debris* (pp. 736–743). Honolulu, Hawaii: U.S. Department of Commerce, NOAA Tech Memo, NMFS
282. Bravo Rebolledo, E. L., van Franeker, J. A., Jansen, O. E., & Brasseur, S. M., 2013. Plastic ingestion by harbour seals (*Phoca vitulina*) in The Netherlands. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1), 200–202.
283. Brandao, M. L., Braga, K. M., & Luque, J. L., 2011. Marine debris ingestion by magellanic penguins, *Spheniscus magellanicus* (Aves: Sphenisciformes), from the Brazilian Coastal Zone. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2246–2249
284. Sheavly, S. B., & Register, K. M., 2007. Marine debris and plastics: Environmental concerns, sources, impacts and solutions. *Journal of Polymers and the Environment*, 15, 301–305
285. Pettit, T. N., Grant, G. S., & Whittow, G. C., 1981. Ingestion of plastics by Laysan albatross. *Auk*, 98, 839–841.
286. Hoss, D. E., & Settle, L. R., 1990. Ingestion of plastics by teleost fishes. In R. S. Shomura & M.L. Godfrey (Eds.), *Proceedings of the Second International Conference of Marine Debris* (pp. 693–709). Honolulu, Hawaii: U.S. Department of Commerce, NOAA Tech Memo, NMFS
287. Sturkie, P. D., 1976. *Avian Physiology*. New York.
288. Campani, T., Bains, M., Giannetti, M., Cancelli, F., Mancusi, C., Serena, F., Marsili, L., Casini, S., Fossi, M.C., 2013. Presence of plastic debris in loggerhead turtle stranded along the tuscan coasts of the Pelagos Sanctuary for Mediterranean Marine Mammals (Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 74, 225–230
289. Uhrin, A. V., & Schellinger, J., 2011. Marine debris impacts to a tidal fringing-marsh in North Carolina. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2605–2610.
290. 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* (pp. 579–588). American Fisheries Society.
291. Watters, D. L., Yoklavich, M. M., Love, M. S., & Schroeder, D. M., 2010. Assessing marine debris in deep seafloor habitats off California. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 131–138.
292. Yoshikawa, T., & Asoh, K., 2004. Entanglement of monofilament fishing lines and coral death. *Biological Conservation*, 117, 557–560.

293. 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.
294. 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. *Biological Conservation*, 121, 221–230.
295. 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.
296. Lewis, P. N., Riddle, M. J., & Smith, S. D. A., 2005. Assisted passage or passive drift: A comparison of alternative transport mechanisms for non-indigenous coastal species into the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 17, 183–191
297. Molnar, J. L., Gamboa, R. L., Revenga, C., & Spalding, M. D., 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 485–492.
298. Codina-García, M., Militão, T., Moreno, J., González-Solis, J., 2013. Plastic debris in Mediterranean seabirds. *Marine Pollution Bulletin*, 77(1), 220–226.
299. Lee, K.-W., Shim, W. J., Kwon, O. Y., Kang, J.-H., 2013. Size-dependent effects of micro polystyrene particles in the marine copepod *Tigriopus japonicus*. *Environmental Science & Technology*, 47(19), 11278–11283.
300. Betts, K., 2008. Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans. *Environmental Science & Technology* 42, 8995.
301. Shaw, D.G., Day, R.H., 1994. Colour- and form-dependent loss of plastic microdebris from the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 28, 39–43.
302. Fendall, L.S., Sewell, M.A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin* 58, 1225–1228.
303. Blight, L. K., & Burger, A. E., 1997. Occurrence of plastic particles in seabirds from the eastern North Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 323–325.
304. Cole M., Lindeque P., Fileman E., Halsband C., Goodhead R., Moger J., Galloway T.S., 2013. Microplastic Ingestion by Zooplankton. *Environ. Sci. Technol.* 47, 6646–6655
305. Watts A.J.R., Urbina M.A., Corr S., Lewis C., Galloway T.S., 2015. Ingestion of Plastic Microfibers by the Crab *Carcinus maenas* and Its Effect on Food Consumption and Energy Balance. *Environ. Sci. Technol.* 49, 14597–14604
306. Watts, A., Lewis, C., Goodhead, R. M., Beckett, D. J., Moger, J., Tyler, C., Galloway T.S., 2014. Uptake and retention of microplastics by the shore crab *Carcinus maenas*. *Environmental Science & Technology*, 48(15), 8823–8830.
307. 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. *Marine Chemistry* 175, 39–46
308. Bhattacharya, P., Turner, J. P., Ke, P.C., 2010. Physical adsorption of charged plastic nanoparticles affects algal photosynthesis. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(39), 16556–16561.
309. Brennecke D., Duarte B., Paiva F., Caçador I., Canning-Clode J., 2016. Microplastics as vector for heavy metal contamination from the marine environment. *stuarine, Coastal and Shelf Science* 178, 189-195
310. Gouin, T., Roche, N., Lohmann, R., Hodges, G., 2011. A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. *Environmental Science and Technology*, 45(4), 1466–1472.
311. Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland S.J., Thompson R.C., Galloway T.S., Yamashita R., Ochi D., Watanuki Y., Moore C., Viet P.H., Tana T.S., Prudente M., Boonyatumanond R., Zakaria M.P., Akkavong K., Ogata Y., Hirai H., Iwasa S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364, 2027–2045.
312. Browne, M. A., Galloway, T. S., Thompson, R. C., 2007. Microplastic—An emerging contaminant of potential concern. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3, 559–566.
313. Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., & Thompson, R. C., 2013. Microplastic moves pollutants and additives to worms, reducing functions linked to health and biodiversity. *Current Biology*, 23(23), 2388–2392.
314. Koelmans A.A., Bakir A., Burton G.A., Janssen C.R., 2016. Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies. *Environ. Sci. Technol.* 50, 3315–3326
315. Lithner, D., Damberg, J., Dave, G., Larsson, Å., 2009. Leachates from plastic consumer products— screening for toxicity with *Daphnia magna*. *Chemosphere*, 74(9), 1195–1200.
316. Lithner, D., Larsson, A., Dave, G., 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, 409, 3309–3324.
317. Fossi, M. C., Panti, C., Guerranti, C., Coppola, D., Giannetti, M., Marsili, L., Minutoli R., 2012. Are baleen whales exposed to the threat of microplastics? A case study of the Mediterranean fin whale (*Balaenoptera physalus*). *Marine Pollution Bulletin*, 64(11), 2374–2379.
318. Koelmans A. A., Besseling E., Wegner A., & Foekema E. M., 2013. Plastic as a carrier of POPs to aquatic organisms: A model analysis. *Environmental Science & Technology*, 47, 7812–7820.

319. Teuten E. L., Rowland S. J., Galloway T. S., Thompson R. C., 2007. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environmental Science and Technology*, 41, 7759–7764.
320. Hammer J., Kraak M. H., Parsons J. R., 2012. Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 220, 1–44.
321. Chua E., Shimeta J., Nugegoda D., Morrison P. D., Clarke B. O., 2014. Assimilation of Polybrominated diphenyl ethers from microplastics by the marine amphipod, *Allorchestes compressa*. *Environmental Science and Technology*, 48(14), 8127–8134.
322. Besseling E., Wegner A., Foekema E. M., van den Heuvel-Greve M. J., Koelmans A. A., 2013. Effects of microplastic on performance and PCB bioaccumulation by the lugworm *Arenicola marina* (L.). *Environ. Sci. Technol.* 47 (1), 593–600.
323. Bakir A., O'Connor I.A., Rowland S.J., Hendriks A.J., Thompson R.C., 2016. Relative importance of microplastics as a pathway for the transfer of hydrophobic organic chemicals to marine life. *Environmental Pollution* 219, 56–65
324. Quilliam, R.S., Jamieson, J., Oliver, D.M., 2014. Seaweeds and plastic debris can influence the survival of faecal indicator organisms in beach environments. *Mar. Pollut. Bull.* 84, 201–207.
325. Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Munoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urtbatzka, R., Vethaak, A.D., Winther-Nielsen, M., Reifferscheid, G., 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environ. Sci. Eur.* 26 (12).
326. McIlgorm, A., Campbell, H. F., & Rule, M. J., 2011. The economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region. *Ocean and Coastal Management*, 54, 643–651.
327. Cho, D.O., 2015. Challenges to marine debris management in Korea. *Coastal Management*. Vol. 33, Issue 4., 389–409
328. Thevenon, F., Carroll C., Sousa J. (eds.), 2014. *Plastic Debris in the Ocean: The Characterization of Marine Plastics and their Environmental Impacts, Situation Analysis Report*. Gland, Switzerland: IUCN. 52
329. Circular Economy Strategy Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy ([ec.europa.eu/environment/circular-economy](http://ec.europa.eu/environment/circular-economy))
330. Comisión Europea, 2015. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular.
331. McDonough, W. & Braungart, M., 2013. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*.
332. <http://www.cradletocradle.com/>
333. Comisión Europea, 2013. Libro Verde sobre una estrategia europea frente a los residuos de plásticos en el medio ambiente.
334. Ecoembes, 2015. Informe anual Integrado. 2015. [www.ecoembes.com](http://www.ecoembes.com)
335. Fletcher, D., Hogg, D., von Eye, M., Elliot, T., Bendali, L., 2012. Evaluación de costes de introducción de un sistema de depósito, devolución y retorno en España. Eunomia Research & Consulting. [www.eunomia.co.uk](http://www.eunomia.co.uk)
336. UNEP and GRID-Arendal, 2016
337. Romano D. (2014). Sustancias que alteran el sistema hormonal. Cuaderno 23 de Ecologistas en Acción. [http://ecologistasenaccion.es/IMG/pdf/cuaderno-23\\_alteradores\\_hormonales.pdf](http://ecologistasenaccion.es/IMG/pdf/cuaderno-23_alteradores_hormonales.pdf)
338. Amigos de la Tierra, 2012. Un mundo de bajo consumo. [http://www.tierra.org/spip/spip.php?article1519&var\\_recherche=consumo](http://www.tierra.org/spip/spip.php?article1519&var_recherche=consumo)
339. Martínez Steele E., Galastri Baraldi L., da Costa Louzada M.L., Moubarac J-C, Mozaffarian D., Monteiro C.A., 2016. Ultra-processed foods and added sugars in the US diet: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open*, 6:e009892 doi:10.1136/bmjopen-2015-009892

**Andalucía:** Parque San Jerónimo, s/n - 41015 Sevilla  
Tel./Fax: 954903984 andalucia@ecologistasenaccion.org

**Aragón:** Gavín, 6 (esquina c/ Palafox) - 50001 Zaragoza  
Tel: 629139609, 629139680 aragon@ecologistasenaccion.org

**Asturias:** Apartado nº 5015 - 33209 Xixón  
Tel: 985365224 asturias@ecologistasenaccion.org

**Canarias:** C/ Dr. Juan de Padilla, 46, bajo - 35002 Las Palmas de Gran Canaria  
Avda. Trinidad, Polígono Padre Anchieta, Blq. 15 - 38203 La Laguna (Tenerife)  
Tel: 928960098 - 922315475 canarias@ecologistasenaccion.org

**Cantabria:** Apartado nº 2 - 39080 Santander  
Tel: 608952514 cantabria@ecologistasenaccion.org

**Castilla y León:** Apartado nº 533 - 47080 Valladolid  
Tel: 697415163 castillayleon@ecologistasenaccion.org

**Castilla-La Mancha:** Apartado nº 20 - 45080 Toledo  
Tel: 608823110 castillalamanca@ecologistasenaccion.org

**Catalunya:** Sant Pere més Alt, 31, 2ª 3ª - 08003 Barcelona  
Tel: 648761199 catalunya@ecologistesenaccio.org

**Ceuta:** C/ Isabel Cabral, 2, ático - 51001 Ceuta  
ceuta@ecologistasenaccion.org

**Comunidad de Madrid:** C/ Marqués de Leganés, 12 - 28004 Madrid  
Tel: 915312389 Fax: 915312611 comunidaddemadrid@ecologistasenaccion.org

**Euskal Herria:** C/ Pelota, 5 - 48005 Bilbao Tel: 944790119  
euskalherria@ekologistakmartxan.org C/San Agustín 24 - 31001 Pamplona.  
Tel. 948229262. nafarroa@ekologistakmartxan.org

**Extremadura:** Apartado nº 334 - 06800 Mérida  
Tel: 638603541 extremadura@ecologistasenaccion.org

**La Rioja:** Apartado nº 363 - 26080 Logroño  
Tel: 941245114- 616387156 larioja@ecologistasenaccion.org

**Melilla:** C/ Colombia, 17 - 52002 Melilla  
Tel: 951400873 melilla@ecologistasenaccion.org

**Navarra:** C/ San Marcial, 25 - 31500 Tudela  
Tel: 626679191 navarra@ecologistasenaccion.org

**País Valencià:** C/ Tabarca, 12 entresòl - 03012 Alacant  
Tel: 965255270 paisvalencia@ecologistesenaccio.org

**Región Murciana:** Avda. Intendente Jorge Palacios, 3 - 30003 Murcia  
Tel: 968281532 - 629850658 murcia@ecologistasenaccion.org

 **CONTIGO** PODEMOS HACER  
**MUCHO MÁS**  
...asóciate • [www.ecologistasenaccion.org](http://www.ecologistasenaccion.org)

