

# Plásticos en el pescado y el marisco

---

Departamento Científico de Greenpeace, 2016



# 1. Plásticos introducción al problema: resumen general

**Se calcula que los plásticos suponen entre el 60-80% de la basura marina (Derraik, 2002).**

Se desconoce la cantidad exacta de plásticos en los mares, pero según un modelo teórico cuantitativo esta cifra sería de alrededor de 5,25 billones de fragmentos de plástico, lo que supone alrededor de 268.940 toneladas de plásticos flotando en el mar, sin incluir los trozos de plástico que hay en el fondo marino o en las playas (Eriksen *et al.*, 2014). Estudios más recientes señalan que esta cifra puede ser más alta y que podría llegar a más de 50 billones de plásticos (van Sebille *et al.*, 2015). No obstante, en la práctica es imposible verificar con exactitud cualquier estimación.

La gran cantidad de plásticos de todo tamaño que hay en el medio marino es especialmente preocupante debido a su persistencia en el medio ambiente y a su facilidad para dispersarse.

Desde los años sesenta informes científicos y anecdóticos han explicado los efectos que tienen los grandes trozos de plástico en las aves, los peces y los mamíferos marinos.

Sin embargo ahora el foco está en otro problema, los microplásticos. Este tipo de plástico tiene menos de cinco mm de diámetro o de longitud y tiene forma esférica, de fragmento o filamento. Los microplásticos pueden ser primarios o secundarios, los primarios se fabrican en ese tamaño, por ejemplo los *pellets* (bolitas de plástico de preproducción o microesferas) que se conocen con el nombre de granza. Mientras que los

## MACROPLÁSTICOS

>25mm  
Diámetro o longitud mayor de 25mm



## MESOPLÁSTICOS

<25mm  
Diámetro o longitud entre 25mm y 5mm



## MICROPLÁSTICOS

<5mm  
Diámetro o longitud hasta e incluyendo 5mm  
Se puede dividir en:

**Microplásticos primarios**  
partículas de plástico que se fabrican en ese tamaño, por ejemplo los pellets de plástico (microesferas).

**Microplásticos secundarios**  
son piezas de plásticos que se han degradado por su exposición al viento, olas o luz ultravioleta de un artículo más grande, por ejemplo una botella.



## NANOPLÁSTICOS

<1µm  
Considerado un subconjunto de microplásticos  
Diámetro o longitud menor de 1 µm

Actualmente no existe una definición formal de tamaño para microplásticos. A los efectos de este informe se han adoptado las medidas en el informe GESAMP (2015), que establece que los microplásticos se considera que se encuentran en los rangos de tamaños desde 1 µm hasta 5 mm.

A fin de aumentar la conciencia sobre la problemática de los microplásticos, en la primavera de 2016 Greenpeace Reino Unido lanzó una campaña para pedir al Gobierno británico que prohíba el uso de los microplásticos sólidos incluyendo las microesferas de polietileno que se encuentran en productos de uso diario como la pasta de dientes, los detergentes en polvo o los exfoliantes faciales. En su informe de 2015 titulado *Plastics in Cosmetics: Are We Polluting the Environment Through Our Personal Care?* el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente proponía la prohibición de las microesferas de polietileno.

secundarios son macrolásticos que se han degradado por su exposición al viento, las olas o la luz ultravioleta. El impacto que los microplásticos pueden tener sobre el medio ambiente marino está atrayendo la atención de los investigadores científicos, los Gobiernos, las organizaciones benéficas, los grupos de consumidores y las organizaciones ecologistas.

La producción de plástico ha aumentado vertiginosamente en los últimos 50 años. En 2013 llegó a los 299 millones de toneladas a nivel mundial comparado con los 204 millones de toneladas que se produjeron en 2002. En 2013, los embalajes supusieron el 39,6% del



plástico empleado en Europa (Plastics Europe, 2015). Muchos artículos de plástico se crean para un único uso lo que genera grandes montañas de residuos. Cuando nos deshacemos de un plástico puede terminar en un vertedero, ser incinerado o reciclado. Pero algunos terminan en las vías fluviales y en los océanos a través de los sistemas de drenaje de aguas en zonas urbanas, por el agua que fluye por la superficie de (escorrentía) o que se filtra (lixiviado) a través de los vertederos, los vertidos de basura deliberados, los vertidos accidentales de los barcos o mediante los efluentes de las estaciones depuradoras y plantas de tratamiento de aguas residuales (Derraik, 2002). ¿Por qué unos trozos tan pequeños de plástico acaparan tanta atención? Porque ahora se sabe que su efecto en los mares puede ser mayor que el de los macrolásticos.

Los plásticos que tan fácilmente desechamos pueden ser perjudiciales para la vida marina ya que los animales se pueden enredar, asfixiar o estrangular con ellos, o pueden provocar malnutrición. Debido a su pequeño tamaño los microplásticos pueden ser ingeridos por un número mayor de organismos que los macrolásticos. Los microplásticos pueden adsorber y posteriormente liberar contaminantes tóxicos (el término adsorber se refiere a cuando un plástico atrae un compuesto químico que se "pega" al plástico; la liberación tiene lugar cuando el plástico "libera" el compuesto químico que se adsorbió) o filtrar sustancias químicas añadidas durante el proceso de fabricación. Cuantos más plásticos se tiren más residuos pueden acabar en los sistemas hídricos globales. Adicionalmente, dado que los fragmentos grandes de plástico se pueden degradar en trozos más pequeños, cada

macrolástico que se haya flotando sobre el mar se puede convertir en cientos e incluso miles de microplásticos.

La investigación actual sobre los microplásticos en los océanos se centra en diversos temas, entre otras cuestiones se intenta dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué cantidad de microplásticos hay en el océano?
- ¿Se pueden acumular los microplásticos en la cadena trófica?
- ¿Cómo afectan físicamente los microplásticos a los organismos marinos?
- ¿Qué ocurre con los microplásticos una vez los ingiere un organismo marino?
- ¿Eligen los organismos marinos consumir microplásticos deliberadamente?
- ¿Qué toxicidad tienen los plásticos y los contaminantes químicos asociados o adsorbidos para los humanos y los organismos marinos?

**Este informe recoge la literatura científica y los informes técnicos más recientes sobre los microplásticos en el medio marino. En concreto se centra en la investigación relativa al pescado y marisco y analiza qué posibles efectos puede tener para los humanos consumir alimentos contaminados con microplásticos.**



#### Retos del trabajo de investigación:

Los protocolos de extracción e identificación suponen una dificultad a la hora de determinar la ubicación y cantidad de microplásticos en los organismos marinos y el agua de mar. Normalmente los microplásticos se recolectan desde un barco con redes de arrastre o tomando muestras en la playa, sin embargo el uso de redes de arrastre como método de recopilación de muestras puede dar conjuntos de datos difíciles de comparar. Según la red de arrastre empleada se pueden recoger los plásticos más ligeros que andan flotando en el agua pero no los plásticos pesados que se encuentran sobre el lecho marino. Identificar debidamente los microplásticos puede resultar complejo y requiere mucho tiempo, a menudo es necesario que esta tarea se realice con un equipo especial y empleando procedimientos de laboratorio; además algunas fibras parecen plásticos pero en realidad son algodón (Song *et al.*, 2015). Otro problema que puede surgir es la contaminación accidental de las muestras de microplásticos por los plásticos en los barcos, la pintura, las redes de arrastre o incluso el aire del laboratorio. Estandarizar los métodos de recolección, investigación e identificación de los microplásticos ayudará a que los grupos científicos puedan comparar con mayor precisión los resultados de los distintos estudios.

## 2. Microplásticos en los océanos: resumen de los trabajos de investigación

**La presencia de restos de plásticos en el medio marino es un problema mundial reconocido y la ingesta de microplásticos por los organismos marinos está muy generalizada.**

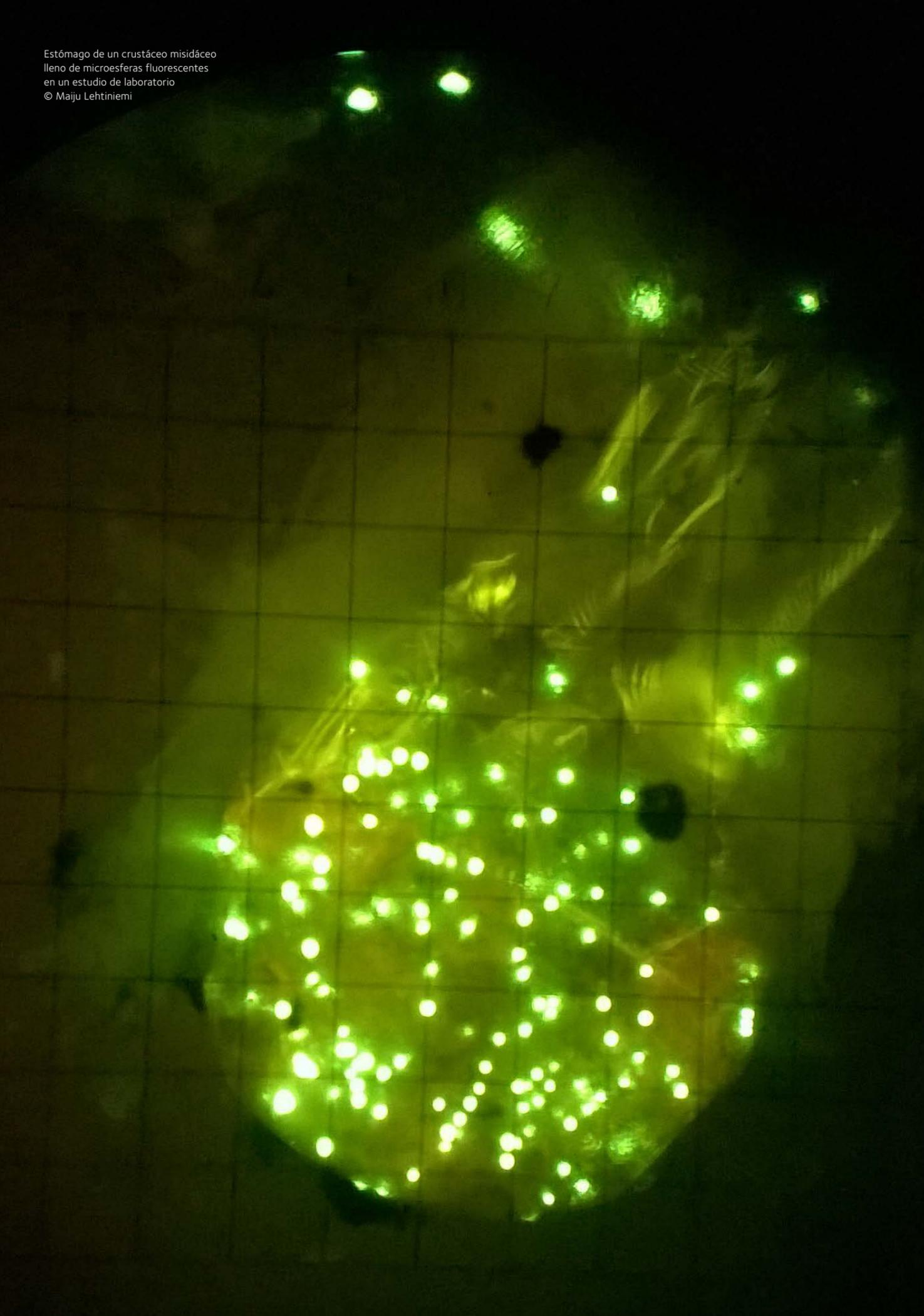
Un estudio señala que al menos 170 especies de vertebrados e invertebrados marinos ingieren restos antrópicos (que no tienen origen natural sino que provienen de objetos fabricados por el ser humano) (Vegter *et al.*, 2014). No obstante, dado que el campo de la investigación de microplásticos es relativamente nuevo, es importante señalar que todavía están en fase de desarrollo y se deben estandarizar los métodos para aislar, identificar y documentar la contaminación por plásticos (Koelmans *et al.*, 2015).

Es difícil llevar a cabo estudios cuantitativos para monitorizar el número de microplásticos en el intestino del pescado y marisco recolectado (ver recuadro), además los resultados varían de un estudio a otro. Según los análisis de las muestras de campo publicados en las revistas científicas el número va de cero a 21 microplásticos por individuo (Lusher *et al.*, 2016; Rochman *et al.*, 2015; Lusher *et al.*, 2013), pero estas cifras no son ni mucho menos definitivas. Ahora que se ha establecido la presencia de microplásticos en distintos organis-

mos marinos, los estudios científicos se centran en el impacto que estos tendrán en dichos organismos.

Tras un análisis científico se identificaron los siguientes polímeros en el tejido de los organismos marinos: polipropileno, polietileno, resina alquídica (se emplea en la pintura y otros revestimientos), rayón, poliéster, nylon y acrílico, poliamida, poliestireno, tereftalato de polietileno (PET) y poliuretano (Neves *et al.*, 2015; Rummel *et al.*, 2016).

En el hemisferio norte, especialmente en Europa y Estados Unidos, se han realizado más estudios que en el hemisferio sur aunque esta tendencia está empezando a cambiar. Por ejemplo, uno publicado este año analizaba la contaminación por microplásticos en los mejillones criados en el mar en São Paulo, Brasil (Santana *et al.*, 2016). También China ha aumentado el número de estudios que publica sobre microplásticos (Li *et al.*, 2016; Li *et al.*, 2016b). Sin embargo, son menos los datos procedentes de Asia, África o el Polo Norte y Sur. Aún así, dado que se han encontrado microplásticos flotando en las aguas del Ártico, Antártida, Atlántico, Pacífico e Índico, así como en los sedimentos de alta mar, es razonable concluir que la presencia de microplásticos en el mar está muy generalizada (GESAMP, 2015).



## Investigación de campo: Niveles de microplásticos en pescados y mariscos

- Un estudio portugués halló microplásticos en el 19,8% de 263 pescados de 26 especies comerciales (Neves *et al.*, 2015).
- En una muestra de campo obtenida mediante arrastre el 36,5% del pescado capturado en el canal de la Mancha contenía polímeros sintéticos. El estudio no analizó el efecto de la ingesta de microplásticos sobre los peces. Los autores sugieren que es probable que los peces se comieran los microplásticos al alimentarse de forma natural (Lusher *et al.*, 2013).
- Un análisis de 121 peces individuales, incluyendo especies comerciales como el pez espada, el atún rojo del Atlántico y el atún blanco del Mediterráneo central, reveló que el 18,2% de las muestras contenía residuos de plástico (Romeo *et al.*, 2015).
- Un grupo de investigación con base en Estados Unidos analizó los peces salvajes capturados para ser vendidos en el mercado para consumo humano en dos zonas geográficas distintas: Makassar (Indonesia), y California (Estados Unidos). Según el estudio el 28% del pescado capturado en aguas indonesias y el 25% del pescado capturado en aguas estadounidenses contenían residuos antrópicos. Todos los residuos encontrados en el pescado indonesio eran de plástico, mientras que los residuos del pescado estadounidense eran principalmente fibras (no se analizaron, por lo que se desconoce si eran plástico o algodón) (Rochman *et al.*, 2015).
- Los pequeños organismos marinos que ingieren partículas plásticas pueden transferirlas en parte o en su totalidad a la cadena alimenticia. En un estudio de campo donde se recolectaron peces que se alimentaron de plancton procedente del giro del Pacífico norte, se observó que el 35% del pescado recolectado contenía fragmentos de plástico. Los peces que se alimentan de plancton suelen ser el alimento de otros peces de la cadena alimenticia, por tanto, la contaminación por plásticos puede afectar a depredadores como el atún o calamar que se alimentan de peces más pequeños (Boerger *et al.*, 2010).
- En una muestra de 290 peces capturados en el mar del Norte y el Báltico, el 5,5% del intestino de los peces contenía plásticos. Los análisis mostraron que el 40% de los plásticos eran polietileno. Otros tipos de plásticos encontrados fueron: poliamida (22%), polipropileno (13%), así como poliestireno, tereftalato de polietileno (PET), poliéster, poliuretano y caucho en porcentajes más bajos (Rummel *et al.*, 2016).
- Tras examinar el contenido del estómago de 141 peces de 27 especies capturadas en el giro subtropical del Pacífico Norte se descubrió que el 9,2% contenían microplásticos. El pescado capturado consume principalmente zooplancton por lo que los autores creen que es posible que los microplásticos entraran en la cadena alimenticia a través de sus presas (Davison & Asch, 2011).
- En un estudio sobre la langosta noruega (*Nephrops norvegicus*) se descubrió que el 83% de la muestra capturada mediante arrastre en el mar de Clyde contenía filamentos de plástico en el estómago. Los investigadores concluyeron que se podía acumular plástico en las langostas ya fuera por consumirlo de forma accidental o porque las langostas comieran animales contaminados por plásticos (Murray & Cowie 2011).
- En el Atlántico norte el 11% de una muestra de campo de 761 peces mesopelágicos habían ingerido pequeñas cantidades de residuos plásticos (Lusher *et al.*, 2016).
- Se han descubierto microplásticos en el mejillón marrón del estuario de Santos en São Paulo, Brasil (Santana *et al.*, 2016) y en el mejillón común (*Mytilus edulis*) en la costa de China continental (Li *et al.*, 2016b).
- Asimismo se encontraron microplásticos en el mejillón común (*Mytilus edulis*) del mar del Norte y en la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*) del Atlántico. Ambas especies se habían cultivado para consumo humano (van Cauwenberghe & Janssen, 2014).

# Ruta de asimilación de los microplásticos



**Las especies marinas ingieren los microplásticos de distintas formas: los mejillones y las ostras al alimentarse por filtración; los cangrejos los inspiran a través de las branquias e ingieren a través de la boca; al igual que los peces.**

Para los animales que se alimentan por filtración la ingesta de plásticos es un proceso no selectivo. Sin embargo para aquellos organismos cuyo método de alimentación es más selectivo, como por ejemplo los peces, los microplásticos se puede asimilar a través de la ingesta de presas contaminadas o al ingerirlos accidentalmente cuando se confunden con alimento. Es posible que algunas especies

elijan los microplásticos como alimento (Rummel *et al.*, 2016; Lusher *et al.*, 2016). Un estudio publicado este año sugiere que cuando hay microplásticos en abundancia es posible que las larvas de perca (*Perca fluviatilis*) que acaban de eclosionar prefieran los microplásticos a su dieta natural de zooplancton (Lönnerstedt & Eklöv, 2016).

# Acumulación en las especies y transferencia en la cadena trófica

**Otro problema es la posible transferencia o acumulación de microplásticos en la cadena alimenticia al ingerir los depredadores presas contaminadas.**

Por ejemplo Mazurais *et al.*, (2015) sugieren que si los organismos que se encuentran por encima de la lubina (*Dicentrarchus labrax*) en la cadena trófica consumen lubina, los microplásticos se pueden acumular en los depredadores. Hay que destacar dos problemas: la acumulación física de microplásticos en la cadena trófica y su posible contribución a la acumulación de contaminantes químicos. Entre los estudios que analizan la transferencia de microplásticos en la cadena alimenticia se encuentran:

## Pescado

- En un ensayo de laboratorio se observó que los microplásticos del tracto gastrointestinal del mújol (*Mugil cephalus*) se habían mudado al tejido del hígado (Avio *et al.*, 2015).
- En un experimento se alimentaron polluelos de pardela canosa con pellets de resina de polietileno recogida en el parque costero de Kasai en la Bahía de Tokio; a los pájaros también se les alimentó con pescado salvaje. Se encontraron bifenilos policlorados (PCB) en el pescado con el que se alimentó a los polluelos ya que los peces ingieren PCB a través de sus presas (como por ejemplo los copépodos). Según el estudio los bifenilos policlorados se pudieron transferir del plástico contaminado a los pájaros. Las aves marinas se pueden ver expues-

tas a estos contaminantes al comer presas contaminadas (peces), pero se debe seguir estudiando el impacto de estas sustancias químicas (Teuten *et al.*, 2009).

- En otro ensayo de laboratorio se investigó la transferencia de microplásticos en tres niveles de la cadena trófica para ver los efectos que estos tenían en el pez depredador del nivel más alto. Comparados con los peces de la muestra de control, los peces que se habían alimentado con microplásticos se pasaban más tiempo alimentándose, eran menos activos, dedicaban más tiempo a estar juntos en el banco de peces y menos tiempo y energía a explorar el tanque (Mattsson *et al.*, 2015).

## Bivalvos

- En otro estudio se alimentaron cangrejos de mar común (*Carcinus maenas*) con mejillón común (*Mytilus edulis*) contaminado por microplásticos; 21 días después de la ingesta de mejillones contaminados se observaron microplásticos en los cangrejos, según los autores esto indica que los microplásticos puede viajar a través de la cadena alimenticia, de la presa al depredador. A su vez esto indica que el cangrejo común (*C. maenas*) puede transferir los microplásticos a un depredador (Farrell & Nelson, 2013).
- El mejillón común (*Mytilus edulis*) se alimenta por filtración y se ha demostrado que acumula pequeños microplásticos de entre 3  $\mu\text{m}$  y 9,6  $\mu\text{m}$ . Los microplásticos que se acumulan en el intestino viajan al sistema circulatorio

a los tres días y permanecen en el mejillón más de 48 horas. La exposición a corto plazo no tuvo ningún efecto negativo biológico (Browne *et al.*, 2008).

## Langosta

- En un ensayo de laboratorio se alimentaron con peces contaminados por plásticos a langostas noruegas (*Nephrops norvegicus*) que habían sido capturadas en el mar de Clyde y metidas en tanques. 24 horas después todas las langostas tenían plásticos en el estómago, los autores señalan que es posible que el plástico se pueda acumular a lo largo del tiempo (Murray & Cowie, 2011).

## Zooplancton

- En un ensayo de laboratorio se alimentó a misidáceos (pequeños crustáceos) con zooplancton contaminado por microplásticos. Se observó que los crustáceos habían ingerido los microplásticos, esto indica una posible transferencia en la cadena trófica a través de los depredadores que ingieren presas contaminadas por plásticos (Setälä *et al.*, 2014).

# Las consecuencias físicas y químicas de consumir microplásticos

## Según los ensayos de laboratorio publicados los microplásticos tienen efectos químicos y/o físicos sobre los organismos marinos.

En un ensayo de laboratorio en que se alimentó a lubinas (*Dicentrarchus labrax*) con pienso contaminado con plástico (PVC), se observó que tras 90 días el tracto intestinal del 50% de los peces alimentados con pellets no contaminados y del 50% de los peces alimentados con pellets contaminados sufría severas modificaciones. Mientras que el otro 50% de la muestra sufría marcadas alteraciones del tracto intestinal (Mazurais *et al.*, 2015).

Es posible que para los organismos marinos las consecuencias de ingerir microplásticos dependa de su especie o etapa de desarrollo; por ejemplo los huevos,

larvas y organismos marinos jóvenes son más vulnerables que los adultos. Los autores de un estudio realizado con alevines concluyeron que los microplásticos afectan tanto química como físicamente a la salida del cascarón así como al desarrollo de las huevas y larvas de la perca europea ya que afectan su actividad, alimentación y respuesta ante la amenaza de predadores (Lönnerstedt & Eklöv, 2016).

Cuando el cangrejo común de mar (*Carcinus maenas*) o el copépodo *Calanus helgolandicus* ingieren microplásticos su ritmo de alimentación disminuye, tienen menos energía y eclosionan un número menor de huevos. *C. helgolandicus* es una especie vital dentro de la cadena trófica marina ya que de ella se alimentan peces e invertebrados

(Cole *et al.*, 2015b).

Los microplásticos y los contaminantes tóxicos asociados al plástico pueden igualmente afectar a la cadena alimenticia si son ingeridos por organismos en niveles tróficos inferiores. El gusano *Arenicola marina* es muy importante a la hora de remover el sedimento oceánico. En un experimento (Wright *et al.*, 2013) los gusanos tuvieron una reacción inflamatoria frente a la exposición a largo plazo al policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) lo que provocó que se alimentasen menos y tuvieran la mitad de energía. Como resultado se redujo el crecimiento y reproducción de los gusanos, al igual que la rotación del sedimento, lo que puede afectar al ecosistema oceánico.



# Toxicología: La adsorción, liberación y filtrado de contaminantes hacia y desde los microplásticos

## Los microplásticos suponen un grave problema para el medio marino ya que pueden liberar (o filtrar) sustancias químicas tóxicas al agua que les rodea o atraer (o adsorber) sustancias químicas hacia ellos que pueden conllevar consecuencias tóxicas para los organismos vivos.

**Filtración:** Los estudios científicos demuestran el efecto toxicológico que pueden tener los aditivos plásticos (sustancias químicas que se añaden al plástico original) que se filtran de los microplásticos, por ejemplo el bisfenol A (BPA), un conocido compuesto disruptor endocrino (J. Michałowicz 2014; Pérez-Lobato, R. *et al.* 2016). Los nonilfenoles afectan al sistema endocrino (Soares *et al.* 2008) y los difeniléteres polibromados pueden tener efectos tóxicos biológicos (Därnerud 2003). (Ver tabla 1).

**Adsorción:** Una vez que los plásticos tienen un tamaño microscópico, ya sea porque se fragmentaron de un trozo más grande o porque se fabricaron deliberadamente como microesferas, pueden atraer o adsorber del agua marina contaminantes persistentes, bioacumulativos y tóxicos como por ejemplo los contaminantes orgánicos persistentes (POPs). Los contaminantes orgánicos persistentes son sustancias químicas sintéticas y tóxicas como los plaguicidas o los productos industriales que

son resistentes a la degradación y se pueden bioacumular en el tejido. Su presencia en el medio ambiente, así como sus efectos en las personas y en la fauna y flora, están bien documentados (ver tabla 1).

Los estudios señalan que los polímeros como el polietileno, polipropileno, nylon y el policloruro de vinilo plastificado tienen más probabilidad de acumular contaminantes orgánicos persistentes (UNEP/GPA 2006; Convenio de Estocolmo) mientras que es menos probable que los polímeros no plastificados, como el policloruro de vinilo y el poliestireno, acumulen altas dosis de contaminantes orgánicos persistentes (Syberg, 2015). Según un estudio el polipropileno puede acumular ciertos componentes tóxicos un millón de veces o más que el agua marina que le rodea.

Sin embargo todavía se desconoce en qué medida dichos contaminantes se transfieren de los plásticos ingeridos a los tejidos. Por consiguiente, las partículas de plástico son una de las formas en que las especies marinas y por tanto los humanos se pueden exponer a las sustancias químicas peligrosas a pesar de que algunos modelos indican que para algunas de estas sustancias químicas la vía principal de contaminación actual son las presas contaminadas (Koelmans *et al.* 2016).

Durante los ensayos de laboratorio es imposible recrear al 100% la

exposición a sustancias químicas tal y como la experimentan las especies marinas en su entorno natural. No obstante, gran parte del conocimiento que se tiene en la actualidad sobre la interacción entre microplásticos, contaminantes químicos y organismos procede necesariamente de dichos ensayos. Por ejemplo, los ejemplares de pez arco iris australiano (*Melanotaenia fluviatilis*) que estuvieron durante 21 días expuestos bajo condiciones controladas a microplásticos contaminados con PBDE (polibromodifeniléteres), un producto químico retardante de llama bromado, contenían niveles significativamente más altos de estas sustancias químicas que el grupo de control. Cuando la exposición fue más larga (63 días) mayores fueron los niveles en los peces (Wardrop *et al.*, 2016). En otro estudio reciente, se expuso a la lubina (*Dicentrarchus labrax*) a microplásticos que se habían sumergido en el puerto de Milazzo, Italia, durante tres meses para imitar la adsorción natural de contaminantes del agua de mar. Tanto los intestinos de los peces que se habían alimentado con los plásticos contaminados como los de aquellos que se habían alimentado de microplásticos "limpios" se vieron gravemente afectados, esto indica que incluso los microplásticos sin contaminar puede tener un efecto negativo sobre la salud de los peces (Pedà *et al.*, 2016).

Todavía no tenemos un conocimiento total de cómo actúan los microplásticos al degradarse por el paso del tiempo y la acción de los elementos o de su afinidad por los contaminantes (Teuten *et al.* 2009).

Es necesario realizar más estudios para comprender entre otros:

- en qué medida se filtran los contaminantes de los microplásticos al agua;
- en qué medida adsorben los plásticos los contaminantes del medio marino;
- qué efectos tienen las mezclas complejas de contaminantes relacionados con el plástico en el agua de mar (Li *et al.* 2016; Engler, R. E. 2012).
- qué sustancias químicas se adsorben o absorben a qué tipos de plástico;
- qué efectos tienen las sustancias químicas relacionadas con los plásticos en la función endocrina que regula el crecimiento, metabolismo y la actividad reproductora (Rochman *et al.* 2014b).

	Sustancia química	Función	Posibles efectos
Monómero	<b>Bisfenol A (BPA)</b>	El monómero se emplea en la producción de plástico de policarbonato y resina epoxi	Es un posible disruptor endocrino. Puede ser preocupante por su toxicidad para el desarrollo, especialmente del feto o bebés en los humanos
	<b>Ésteres de ftalato (ftalatos) como el DEHP, DBP y DEP</b>	Plastificantes para flexibilizar el plástico, especialmente el PVC. Se emplean como disolventes y fijadores de esencias en perfumes y cosméticos	Algunos ftalatos son tóxicos para la reproducción. Otros pueden causar daño al hígado en dosis altas en humanos
	<b>Nonilfenol (NP)</b>	Actúa como antioxidante, plastificante y estabilizador de plásticos. También se forma a partir de la degradación parcial de los etoxilatos de nonilfenol de los detergentes industriales	Es extremadamente tóxico para la vida acuática. Actúa como disruptor endocrino en los peces, en los que puede causar feminización. Puede ser preocupante por su toxicidad para la reproducción y desarrollo de otros animales y del ser humano
Aditivos	<b>Éteres difenílicos polibromados (PBDE)</b>	Pirorretardante que se emplea en algunos plásticos, espumas y textiles. En el plástico se puede presentar como aditivo o puede ser un contaminante que la superficie adsorba del medio ambiente circundante	Posible disruptor endocrino, especialmente para la función tiroidea. Puede ser preocupante por su efecto sobre el desarrollo neurológico, la conducta, el sistema inmunológico y el hígado en humanos

	Sustancia química	Función	Posibles efectos
Contaminantes	<b>Bifenilos policlorados (PCB)</b>	Antiguamente se utilizaba como pirorretardante y plastificante en ciertos plásticos así como aislante de fluidos en los transformadores.	En muchos animales es tóxico para el sistema inmune así como para la reproducción y desarrollo del sistema nervioso. Puede dañar el hígado y producir ciertos tipos de cáncer
	<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)</b>	Resultan de la quema incompleta de los combustibles fósiles, también forma parte de los ingredientes de los combustibles y el alquitrán de hulla	Todos son persistentes y bioacumulativos. Algunos son cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción
	<b>Residuos de plaguicidas como el DDT o HCH</b>	Antiguamente se utilizaba como insecticida en la agricultura así como para usos urbanos. El uso del DDT se limita al control de la malaria.	El DDT es altamente tóxico para la vida acuática, es un posible disruptor endocrino y tóxico para la reproducción.  El HCH es tóxico para el hígado y riñón. Se sospecha que algún tipo de HCH pueden actuar como disruptor endocrino y posiblemente como agente cancerígeno humano.

Tabla 1: Ejemplo de monómeros, aditivos y contaminantes ambientales comunmente asociados con microplásticos.



Un niño examina el pescado en una pescadería en el puerto de Argostoli  
© Greenpeace / Nick Cobbing

**Los estudios sobre las consecuencias toxicológicas que conlleva la transferencia de microplásticos de los organismos marinos contaminados a los humanos todavía está en fase inicial y se requiere investigación adicional (Law & Thompson, 2014).**

### 3. Los efectos de los microplásticos en la salud humana: el consumo humano de pescado contaminado por plásticos

Dada la presencia generalizada de microplásticos en las especies marinas de consumo humano (especialmente las especies donde se come toda la carne blanda como los mariscos) es inevitable que las personas que los consumen ingieran al menos una pequeña cantidad de microplásticos. Aunque se ha intentado calcular la cantidad de microplásticos que llega a los humanos, la exposición a los microplásticos variará enormemente de unas personas a otras y puede que en la práctica continúe resultando difícil cuantificar la exposición. Galloway & Lewis (2016) identificaron distintos posibles problemas relacionados con la salud humana y la ingesta de microplásticos procedentes de pescados y mariscos, incluyendo la interacción directa entre los microplásticos y las células y tejidos humanos así como su potencial para ser una fuente significativa adicional de exposición a las sustancias químicas tóxicas debido a su gran superficie y a su propensión a adsorber y filtrar contaminantes y aditivos. Debido a la falta de datos y conocimientos científicos es difícil evaluar

el nivel de riesgo para la salud humana. Un informe reciente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) concluye que los microplásticos del pescado y marisco no suponen actualmente un riesgo para la salud humana. No obstante una publicación de 2016 el PNUMA también señala la escasez de datos y el desconocimiento actual, recalando especialmente la falta de datos empíricos para evaluar la probabilidad de que los contaminantes se transfieran a la carne del pescado y por tanto los depredadores la pueden consumir, incluyendo los humanos. La publicación del PNUMA concluye que sigue habiendo una enorme falta de conocimientos sobre el futuro y toxicidad de los microplásticos en los humanos, asimismo apunta el potencial que tiene la superficie de los microplásticos para transportar y diseminar aquellos patógenos que son relevantes para las enfermedades humanas. Muchos de los aditivos y contaminantes químicos relacionados con los microplásticos o que se acumulan con facilidad en la superficie de estos están

significativamente relacionados tanto con la salud humana como con la de la fauna y flora. La tabla 1 enumera varias sustancias químicas así como los riesgos toxicológicos asociados a su exposición, independientemente de cómo la persona se exponga a ellos. La literatura médica sirve como guía para determinar los posibles efectos que puede tener en los humanos la ingesta de microplásticos, especialmente aquellos en la menor (nano) escala. Según la literatura médica cualquier célula puede absorber las nanopartículas inferiores a 100 nm a través de la endocitosis, pero las nanopartículas superiores a 100 nm se asimilan por fagocitosis (por un macrófago). Otros aspectos a tener en cuenta respecto a la posible toxicidad de las partículas plásticas en los humanos es el tamaño y forma de la basura plástica (esférica, triangular, con forma de vara) así como las consecuencias por la acumulación de un número elevado de partículas (Ojer *et al.*, 2015).

## 4. Conclusiones

La presencia de microplásticos en el medio marino está muy generalizada. Los estudios realizados con muestras de campo y los ensayos de laboratorio señalan que los microplásticos pueden ser asimilados por distintos organismos marinos y se pueden transferir a lo largo de la cadena trófica. Los investigadores trabajan ahora para identificar los efectos físicos y toxicológicos que los microplásticos provocan en los organismos marinos y no marinos.

Sin embargo, es importante recordar que el campo de la investigación de microplásticos está en sus comienzos. Las incógnitas y la falta de conocimiento hacen difícil sacar conclusiones sobre el impacto de los microplásticos en el pescado y marisco, el medio marino y la salud de los humanos. Hasta que sepamos con certeza qué impacto tienen los microplásticos sería sensato aplicar el principio de precaución.



Placa de Petri con una muestra de residuos marinos y zooplancton  
© Greenpeace / Alex Hofferd

## 5. Recomendaciones para futuros estudios

1. Se debe establecer qué efectos físicos tienen los microplásticos en el intestino y los tejidos de los peces y mariscos marinos. Antes de realizar cualquier ensayo se debe examinar detenidamente qué métodos emplear para detectar y analizar los microplásticos para así poder, entre otras cosas, realizar comparativas con otros estudios.
2. Es necesario entender hasta qué punto se bioacumulan los contaminantes tóxicos de los plásticos en los tejidos del pescado y marisco, especialmente en aquellos organismos que consumen los humanos.
3. Se debe investigar más sobre la correlación entre la edad y la acumulación de plásticos en especies de pescado o marisco determinadas.
4. Es necesario identificar a qué nivel se bioacumulan los compuestos orgánicos persistentes y otras sustancias químicas tóxicas en los organismos que han ingerido microplásticos, y qué posibilidad tienen los compuestos orgánicos persistentes de transferirse a través de la cadena trófica.
5. Es necesario entender qué efecto subletal tiene en los peces o el marisco una toxina asociada a un plástico común o la ingesta de una cantidad subletal de microplásticos.
6. Se deben estandarizar los protocolos para identificar con precisión los microplásticos y sustancias químicas asociadas que se encuentran en los mariscos, el intestino y tejidos de los peces así como en el medio marino. La estandarización servirá para calcular los niveles de contaminación y exposición así como para elaborar la evaluación de riesgos.
7. Los datos de campo deben evaluar la cantidad de microplásticos en el océano, incluyendo las fuentes, el movimiento con las corrientes y la velocidad de hundimiento. Asimismo se debe determinar a qué ritmo se descomponen los distintos plásticos y cómo se distribuyen los plásticos de distintos tamaños una vez entran en el medio marino.
8. Es necesario saber hasta qué punto pueden los microplásticos atravesar las membranas y las paredes celulares de los peces, mariscos y demás organismos incluyendo los humanos. Y si pueden los microplásticos aumentar la carga de estrés de los peces, mariscos y otros organismos.
9. Es necesario averiguar si los organismos marinos ingieren los microplásticos deliberadamente o de forma accidental.



## Referencias

Avio, C. G., Gorb, S. & Regoli, F. 2015, 'Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea.' (Desarrollo experimental de un nuevo protocolo para la extracción y caracterización de los microplásticos en el tejido de los peces: Primeras observaciones de especies comerciales del mar Adriático), *Marine Environmental Research*, volumen 111, 18–26.

Boerger, C. M., Lattin, G.L., Moore, S. L., Moore, C. J. 2010, 'Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre' (Ingesta de plásticos por los peces planctívoros en el giro central del Pacífico Norte), *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2275–2278.

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., Thompson, R. C. 2008, 'Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.)' (El microplástico ingerido se traslada al sistema circulatorio del mejillón, *Mytilus edulis* (L.)), *Environmental Science Technology*, 42 (13), 5026–5031.

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.' (Los microplásticos transportan los contaminantes y aditivos a los gusanos, reduciendo las funciones asociadas a la salud y biodiversidad), *Current Biology*, 23 (23), 2388–2392.

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Galloway, T. S. 2015b, 'The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus*' (El impacto del microplástico de poliestireno en la alimentación, función y fecundidad del copepodo marino *Calanus helgolandicus*), *Environmental Science Technology*, 49 (2), 1130–1137.

Darnerud, P.O. 2003, 'Toxic effects of brominated flame retardants in man and wildlife.' (Los efectos tóxicos de los retardantes de llama bromados en las personas y la flora y fauna), *Environment International*, 29, 841–853.

Davison, P. & Asch, R. G. 2011, 'Plastic ingestion by mesopelagic fishes in the North Pacific Subtropical Gyre.' (Ingestión de plásticos por los peces del giro subtropical del Pacífico norte), *Marine Ecology Progress Series* 432, 173–180.

Derraik, J. G. B. 2002, 'The Pollution of the Marine Environment by Plastic Debris: A Review.' (La contaminación del medio marino por los desechos de plástico: revisión), *Marine Pollution Bulletin*, 44, 842–85.

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.' (Los microplásticos en los sistemas de agua dulce: una revisión de las amenazas emergentes, la identificación de las lagunas de conocimiento y la priorización de las necesidades de la investigación), *Water Res.* 75, 63–82.

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' (La concentración de bifenilos policlorados (PCB) en los pellets de resina en la playa: variabilidad entre las partículas individuales y diferencias regionales), *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1103–1114.

Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borroero, 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.' (La contaminación de plásticos en los océanos: más de 5 billones de trozos de plástico, con un peso superior a las 250.000 toneladas flotan en el mar), *PLoS ONE* 9(12): e111913. doi:10.1371/journal.pone.0111913.

Farrell, P. & Nelson, K. 2013, 'Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.)' (Transferencia de microplásticos a nivel trófico: del *Mytilus edulis* (L.) al *Carcinus maenas* (L.)), *Environmental Pollution*, 177, 1–3.

Galloway, T. 2015, *In Marine Anthropogenic Litter* (Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M. Eds. Ch. 13, Micro- and Nanoplastics and Human Health), Springer.

Galloway, T. & Lewis, C. 2016, 'Marine microplastics spell big problems for future generations' (Los microplásticos marinos supondrán un gran problema para las futuras generaciones), *PNAS (USA)* 113, 2331–2333.

GESAMP, 2015, 'Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment' (Fuentes, futuro y efectos de los microplásticos en el medio marino: una evaluación global) (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Gr-

po mixto de expertos sobre los aspectos científicos de la protección del medio marino), Rep. Stud. GESAMP No. 90.

Greenpeace, 2006, 'Plastic Debris in the World's Oceans' (Desechos de plástico en los océanos).

Koelmans, A. A., Besseling, E. & Shim, W. J. 2015, In *Marine Anthropogenic Litter* (Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M. Eds. Ch. 12, 'Nanoplastics in the Aquatic Environment: Critical Review') (Nanoplastics en el medio acuático: análisis crítico), Springer.

oelmans, A. A., Bakir, A., Allen Burton, G. & Janssen, C. R. 2016, 'Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies.' (Los microplásticos son portadores de sustancias químicas en el medio acuático: análisis crítico y una reinterpretación de los estudios empíricos respaldados por un modelo), *Environmental Science Technology*, DOI: 10.1021/acs.est.5b06069.

Law, K. L. & Thompson, R. C. 2014, 'Microplastics in the seas.' (Microplásticos en el mar), *Science* 345(6193), 144–145.

Li, H.-X., Getzinger, G. J., Lee Ferguson, P., Orihuela, B., Zhu, M. & Rittschof, D. 2016, 'Effects of Toxic Leachate from Commercial Plastics on Larval Survival and Settlement of the Barnacle *Amphibalanus amphitrite*' (Los efectos de la filtración de los tóxicos del plástico comercial en la supervivencia y asentamiento de la larva del percebe *Amphibalanus amphitrite*), *Environmental Science Technology*, 50, 924–931.

Li, J., Qu, X., Su, L., Zhang, W., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D. & Shi, H. 2016, 'Microplastics in mussels along the coastal waters of China.' (Microplásticos en los mejillones de las aguas litorales de China), *Environmental Pollution* 214, 177–184.

Lönnerstedt, O. M. & Eklöv, P. 2016, 'Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology.' (Las concentraciones relevantes a nivel medioambiental de partículas de microplásticos afectan a la ecología larval de los peces), *Science* 352, 1213–1216.

Lusher, A., McHugh, M. & Thompson, R. 2013, 'Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel.' (Frecuencia de microplásticos en el tracto gastrointestinal de los peces pelágicos y demersales del Canal de la Mancha), *Marine Pollution Bulletin* 67 (1–2), 94–99.

Lusher, A. L., O'Donnell, C., Officer, R. & O'Connor, I., 2016, 'Microplastic interactions with North Atlantic mesopelagic fish.' (La interacción entre los microplásticos y los peces mesopelágicos del Atlántico), *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 73, 1214–1225.

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.' (Pellets de resina plástica como medio de transporte para las sustancias químicas tóxicas en el medio marino), *Environmental Science Technology* 35, 318–324.

Mattsson, K., Ekvall, M. T., Hansson, L.-A., Lönne, S., Malmendal, A. & Cedervall, T., 2015, 'Altered behavior, physiology, and metabolism in fish exposed to polystyrene nanoparticles.' (Modificación del comportamiento, fisiología y metabolismo de los peces expuestos a nanopartículas de poliestireno), *Environmental Science Technology* 49, 553–561.

Mazurais, D., Ernande, B., Quazuquel, P., Severe, A., Huelvan, C., Madec, L., Mouchel, O., Soudant, P., Robbins, J., Huvet, A. & Zambonino-Infante, J., 2015, 'Evaluation of the impact of polyethylene microbeads ingestion in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae.' (Evaluación del impacto de la ingestión de microesferas de polietileno en la larva de la lubina (*Dicentrarchus labrax*)), *Marine Environmental Research* 112, 78–85.

Michalowitz, J., 2014, 'Bisphenol A sources, toxicity and biotransformation.' (Fuentes de bisfenol A, toxicidad y biotransformación), *Environmental Toxicology and Pharmacology* 37 (2) 738–758.

Murray, F. & Cowie, P. R., 2011, 'Plastic contamination in the decapod crustacean *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758).' (Contaminación por plástico del crustáceo decápodo *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758)), *Marine Pollution Bulletin* 62, 1207–1217.

Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L. & Pereira, T., 2015, 'Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast.' (Ingesta de microplásticos por peces comerciales en la costa portuguesa), *Marine Pollution Bulletin* 101, 119–126.

Ojer, P., Iglesias, T., Azqueta, A., Irache, J. M. & López de Cerain, A., 2015, 'Toxicity evaluation of nanocarriers for the oral delivery of macromolecular drugs.' (Evaluación de la toxicidad de los nanotransportadores empleados en la toma oral de los fármacos macromoleculares), *European Journal of*

*Pharmaceutics and Biopharmaceutics* 97, Part A, 206–217.

Pedà, C., Caccamo, L., Fossi, M. C., Gai, F., Andaloro, F., Genovese, L., Perdichizzi, A., Romeo, T. & Maricchiolo, G., 2016, 'Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics: Preliminary results.' (Alteraciones intestinales en la lubina *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) que se ha visto expuesta a microplásticos: resultados preliminares), *Environmental Pollution* 212, 251–256.

Perez-Lobato, R., Mustieles, V., Calvente, I., Jimenez-Diaz, I., Ramos, R., Caballero-Casero, N., López-Jiménez, F. J., Rubiob, S., Olea, N. & Fernandez, M.F., 2016, 'Exposure to bisphenol A and behavior in school-age children.' (Exposición al bisfenol A y la conducta de los niños en edad escolar), *Neurotoxicology* 53, 12–19.

Plastics Europe, 2015, 'Plastics – the facts 2014/2015: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data.' (Plásticos – los hechos 2014/2015: Un análisis de los datos de la producción, demanda y residuos de plásticos en Europa).

Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T. & Teh, S. J., 2013, 'Ingested plastic transfers contaminants to fish and induces hepatic stress.' (Los plásticos ingeridos transfieren los contaminantes a los peces y provocan estrés hepático), *Nat. Scientific Report* 3, 3263.

Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L. M., Takada, H., The, S. & Thompson, R. C., 2013, 'Classify plastic waste as hazardous.' (Los residuos plásticos se clasifican como peligrosos), *Nature* 494, 169–171.

Rochman, C. M., Lewison, R. L., Eriksen, M., Allen, H., Cook, A.-M. & Teh, S. J., 2014, 'Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in fish tissue may be an indicator of plastic contamination in marine habitats.' (Los polibromodifenil éteres (PBDEs) presentes en el tejido de los peces pueden ser un indicador de contaminación por plásticos en los hábitats marinos), *Science of the Total Environment* 476–477, 622–633.

Rochman, C.M., Kurobe, T., Flores, I. & Teh, S.J., 2014, 'Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment.' (Las primeras señales en los peces adultos de una alteración endocrina por la ingestión de polietileno con o sin adsorción o absorción de contaminantes químicos del medio marino), *Science Total Environment* 493 656–661.

Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F.-C., Werorilangji, S. & The, S. J., 2015, 'Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption.' (Residuos antropogénicos en el pescado y marisco: restos de plásticos y fibra textil en pescado y bivalvos que se venden para consumo humano), *Scientific Report* 5, Article number: 14340 doi:10.1038/srep14340

Romeo, T., Battaglia, P., 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.' (La primera evidencia de la presencia de restos de plástico en el estómago de un gran pez pelágico en el mar Mediterráneo), *Marine Pollution Bulletin* 95, 358–361.

Rossi, G., Barnoud, J., & Monticelli, L., 2014, 'Polystyrene nanoparticles perturb lipid membranes.' (Las nanopartículas de poliestireno alteran la membrana lipídica) *The Journal of Physical Chemistry Letters* 5, 241–246.

Rummel, C. D., Löder, M., Fricke, N. F., Lang, T., Griebeler, E.-M., Janke, M. & Gerdt, G., 2016, 'Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea.' (Ingesta de plástico de los peces pelágicos y demersales del Mar del Norte y Báltico), *Marine Pollution Bulletin* 102, 134–141.

Santana, M.F.M., Ascer, L.G., Custódio, M.R., Moreira, F.T. & Turra, A., 2016, 'Microplastic contamination in natural mussel beds from a Brazilian urbanized coastal region: Rapid evaluation through bioassessment.' (Contaminación por microplásticos en un vivero de mejillón natural en una región litoral urbanizada de Brasil: una rápida evaluación mediante la bioevaluación), *Marine Pollution Bulletin* 106, 183–189.

Setälä, O., Fleming-Lehtinen, V. & Lehtiniemi, M., 2014, 'Ingestion and transfer of microplastics in the planktonic food web.' (Ingesta y transferencia de microplásticos en la cadena trófica del plancton), *Environmental Pollution* 185, 77–83.

Silva, A. H., Locatelli, C., Filippin-Monteiro, F., Martinc, P., Liptrrott, N., Zanetti-Ramos, B., Benetti, L., Nazari, E., Albuquerque, C., Pasae, A., Owen, A. & Creczynski-Pasa, T., 2016, 'Toxicity and inflammatory response in Swiss albino mice after intraperitoneal and oral administration of polyurethane nanoparticles.' (Toxicidad y reacción inflamatoria en ratones albinos suizos tras la administración intraperitoneal y oral de nanopartículas de poliuretano), *Toxicology Letters* 246, 17–27.

Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E. & Lester, J.N., 2008, 'Nonylphenol in the environment: a critical review on occurrence, fate, toxicity, and treatment in waste waters.' (Nonyfenol en el medio ambiente: un análisis crítico de la frecuencia, futuro, toxicidad y tratamiento en aguas residuales), *Environment International*, 34, 1033–1049.

Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Rani, M., Lee, J. & Shim, W. J., 2015, 'A comparison of microscopic and spectroscopic identification methods for analysis of microplastics in environmental samples.' (Comparativa de métodos de identificación microscópica y espectroscópica para analizar los microplásticos de muestras medioambientales) *Marine Pollution Bulletin* 93 (1–2) 202–209.

Convenio de Estocolmo, comprobado el 18 de julio del 2016: www.pops.int

Sussarellua, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lamberta, C., Fabioux, C., Pernet, M., Le Goic, N., Quillena, V., Minganta, C., Epelboina, Y., Corporea, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudanta, P. & Huveta, A., 2016, 'Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics.' (La reproducción de la ostra se ve afectada por la exposición a los microplásticos de poliestireno), *PNAS* 113, 2430–2435.

Syberg, K., Khan, F.R., Selck, H., Palmqvist, A., Banta, G.T., Daley, J., Sano, L. & Duhaime, M.B., 2015, 'Microplastics: addressing ecological risk through lessons learned.' (Microplásticos: hacer frente al riesgo ecológico a través de las lecciones aprendidas) *Environ Toxicology and Chemistry* 34, 945–953.

Teuten, E. L., Rowland, S. J., Galloway, T. S., Thompson, R. C., 2007, 'Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants.' (La posibilidad de que los plásticos transporten contaminantes hidrofóbicos) *Environmental Science and Technology* 41, 7759–7764.

Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., BJA rn, 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., Akhavanog, 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.' (Transporte y liberación de sustancias químicas procedentes de los plásticos al medio ambiente y a la fauna y flora) *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364 (1526), 2027–2045.

UNEP/GPA., 2006, 'The State of the Marine Environment: Trends and processes.' (El estado del medio marino: tendencias y procesos) UNEP/GPA, The Hague.

Vegter, A. C., Barletta, M., Beck, C., Borrero, J., Burton, J., Campbell, M. L., Costa, M. F., Eriksen, M., Eriksson, C., Estrades, A., Gilardi, K. V. K., Hardesty, B. D., Ivar do Sul, J. A., Lavers, J. L., Lazar, B., Lebreton, L., Nichols, W. J., Ribic, C. A., Ryan, P. G., Schuyler, Q. A., Smith, S. D. A., Takada, H., Townsend, K. A., Wabnitz, C. C. C., Wilcox, C., Young, L. C. & Hamann, M., 2014, 'Global research priorities to mitigate plastic pollution impacts on marine wildlife.' (Prioridades de la investigación mundial para mitigar el impacto de la contaminación por plásticos en la flora y fauna marina), *Endangered Species Research*, 25, 225–247.

van Cauwenbergh, L. & Janssen, C. R., 2014, 'Microplastics in bivalves cultured for human consumption.' (Microplásticos en los bivalvos cultivados para el consumo humano), *Environmental Pollution* 193, 65–70.

van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreton, L., Maximenko, N., Galgani, F. & Law, K., 2015, 'A global inventory of small floating plastic debris.' (Inventario mundial de pequeños residuos de plástico flotantes), *Environmental Research Letters* 10, 124006.

Wardrop, P., Shimeta, J., Nugegoda, D., Morrison, P., Miranda, A. Tang, M. & Clarke, B., 2016, 'Chemical Pollutants Sorbed to Ingested Microbeads from Personal Care Products Accumulate in Fish.' (Se acumulan en los peces contaminantes químicos adsorbidos o absorbidos por microesferas ingeridas que proceden de los productos de higiene personal) *Environmental Science and Technology* DOI: 10.1021/acs.est.5b06280.

Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C. & Galloway, T. S., 2013, 'Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms.' (La ingestión de microplásticos reduce las reservas energéticas de los gusanos marinos), *Current Biology* 23 (23). R1031–R1033.



Muestra de agua de río para el  
análisis de microplásticos recogida  
durante el Tour del Beluga II en  
Alemania  
© Andreas Varnhorn / Greenpeace.

**Greenpeace España**  
**[www.greenpeace.es](http://www.greenpeace.es)**  
**[info.es@greenpeace.org](mailto:info.es@greenpeace.org)**  
**c/ San Bernardo 107 1ª planta**  
**28015 Madrid**  
**Tlf +34 91 444 14 00**

**GREENPEACE**