





A close-up photograph of a beach covered in driftwood and plastic debris. The foreground is filled with small, light-colored pebbles and sand, interspersed with pieces of weathered wood, twigs, and various fragments of plastic, including blue, green, and white pieces. The background is slightly blurred, showing more of the same scene.

# AHOGADOS EN PLÁSTICO

## LA CONTAMINACIÓN POR MICROPLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO

Balma Albalat Oliver

### ■ EL ORIGEN DEL PROBLEMA: LA INDUSTRIA PLÁSTICA

Miremos donde miremos, encontramos objetos de plástico. Envases, bolsas de supermercado, juguetes, piezas de automóvil, partes de aparatos electrónicos, objetos de higiene, prendas de ropa... De hecho, las sociedades actuales ya han sido denominadas «civilizaciones de plástico» como característica esencial que las define. Pero, probablemente, si volviésemos atrás en el tiempo y explicásemos al premio Nobel belga Leo Baekeland que su invento de la baquelita (el primer plástico sintético fabricado en serie) en 1907, que tanto revolucionó la industria química, ha acabado siendo uno de los problemas de contaminación ambiental más graves que sufrimos, no se lo creería.



Durante el siglo xx, el descubrimiento de Bae-keland sirvió de pistoletazo de salida para el desarrollo y síntesis de muchos otros tipos de materiales termoestables, también conocidos como plásticos. Las características que comparten entre sí estos polímeros orgánicos (basados en estructuras carbonatadas) de alto peso molecular son flexibilidad, maleabilidad, baja densidad, capacidad aislante, resistencia a la biodegradación, que sean tan poco reactivos y, además, que tengan un precio tan bajo. La gran mayoría se elaboran a partir de derivados del petróleo, a pesar de que también existen algunos plásticos de origen vegetal, como algunos derivados del almidón o de resinas vegetales como el látex o el caucho. Desde entonces, los plásticos se han diversificado y han sustituido en muchos usos otros materiales como la madera, el vidrio o el metal. Pero no fue hasta la década de los años setenta cuando los plásticos empezaron a fabricarse de manera industrial. Hasta ahora, la producción ha aumentado exponencialmente, a un ritmo del 5 % anual (Andrady y Neal, 2009). Según Crawford y Quinn (2017), con este crecimiento, en 2050 habrá tantos plásticos como peces en el mar.

El informe *Plastics Europe 2018* estableció la producción de plásticos mundial en 350 millones de toneladas en 2017 y, si la tendencia actual continúa, nos podemos encontrar un escenario de producción de 2.000 millones de toneladas en 2050 (United Nations Environment Programme [UNEP], 2016). El principal productor a escala mundial es China, que fabrica alrededor del 50 % de los plásticos, seguida de Europa, con una producción del 18 %. Esta enorme producción anual, unida a la poca efectividad de los mecanismos de gestión y reciclaje actuales y a la enorme resistencia a la degradación de estos materiales, son las razones por las cuales la gran mayoría de los plásticos acaban abandonados en el medio ambiente. Una vez concluye su vida útil, solo el 17 % del plástico producido en todo el mundo se recicla, y de esta reutilización solo se puede repetir el ciclo un máximo de tres veces (Crawford y Quinn, 2017). El resto de plásticos acaban en los vertederos o en la naturaleza, convertidos en desechos que causan graves problemas a los ecosistemas donde se encuentran, en todos los niveles.

Los océanos se consideran los grandes vertederos de plástico a escala mundial (Figura 1). En los ecosistemas marinos, los plásticos representan la mayoría de los residuos, entre un 60 % y un 95 % (NOAA, 2014), y de estos, el 80 % proceden de tierra firme y el 20 %, de actividades desarrolladas en el mar. Las formas en que los plásticos entran en los océanos son variadas y diver-



Balma Oliver



Bo Ertle



Charles Mitchell / Sufrider Foundation Oregon

Figura 1. En los últimos años, los microplásticos se han erigido como uno de los principales retos a los que se enfrentan las agendas políticas medioambientales y conservacionistas. Por sus características, estas piezas diminutas han llegado incluso a regiones antárticas y se han introducido en la cadena alimentaria a través de los organismos que las ingieren.

**«Una vez concluye su vida útil, solo el 17 % del plástico producido en todo el mundo se recicla»**

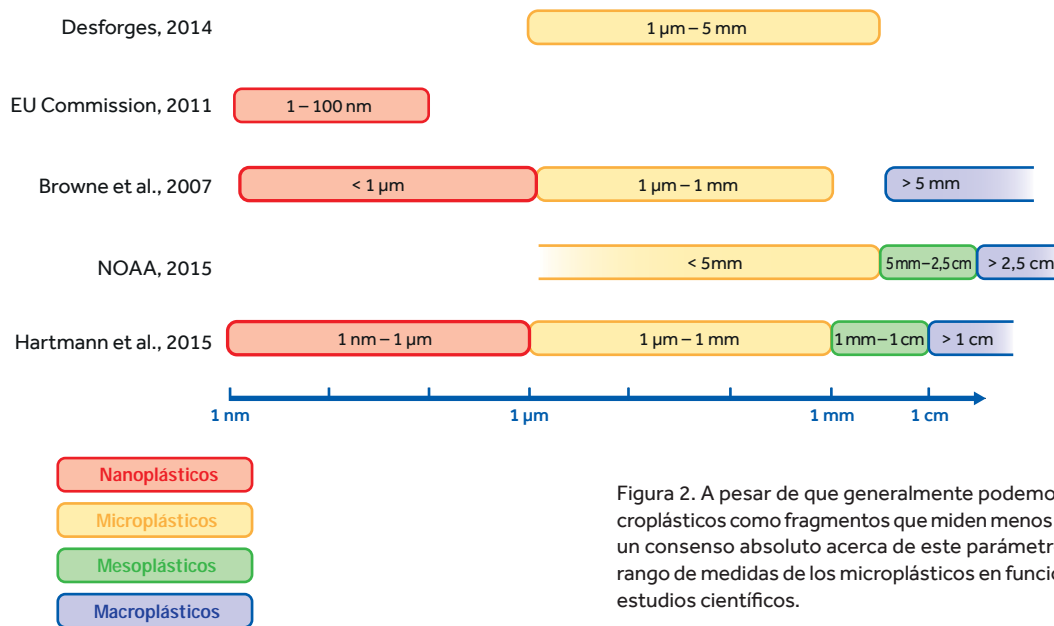


Figura 2. A pesar de que generalmente podemos definir los microplásticos como fragmentos que miden menos de 5 mm, no hay un consenso absoluto acerca de este parámetro. En la imagen, rango de medidas de los microplásticos en función de diferentes estudios científicos.

FUENTE: Rojo-Nieto y Montoto Martínez (2017)

sas, pero principalmente es a través del transporte de los ríos y la introducción desde la línea de costa, especialmente en las zonas densamente pobladas o industrializadas (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017). Del mismo modo, la tipología y las dimensiones de los plásticos condicionan enormemente su impacto en el medio ambiente y en los organismos, así como las herramientas que la comunidad científica utiliza para solucionar esta problemática global. Los microplásticos constituyen uno de los principales retos a los que se enfrentan las agendas políticas medioambientales y conservacionistas y, por esta razón, este artículo tratará de dar una visión integral de esta cuestión en el mar Mediterráneo.

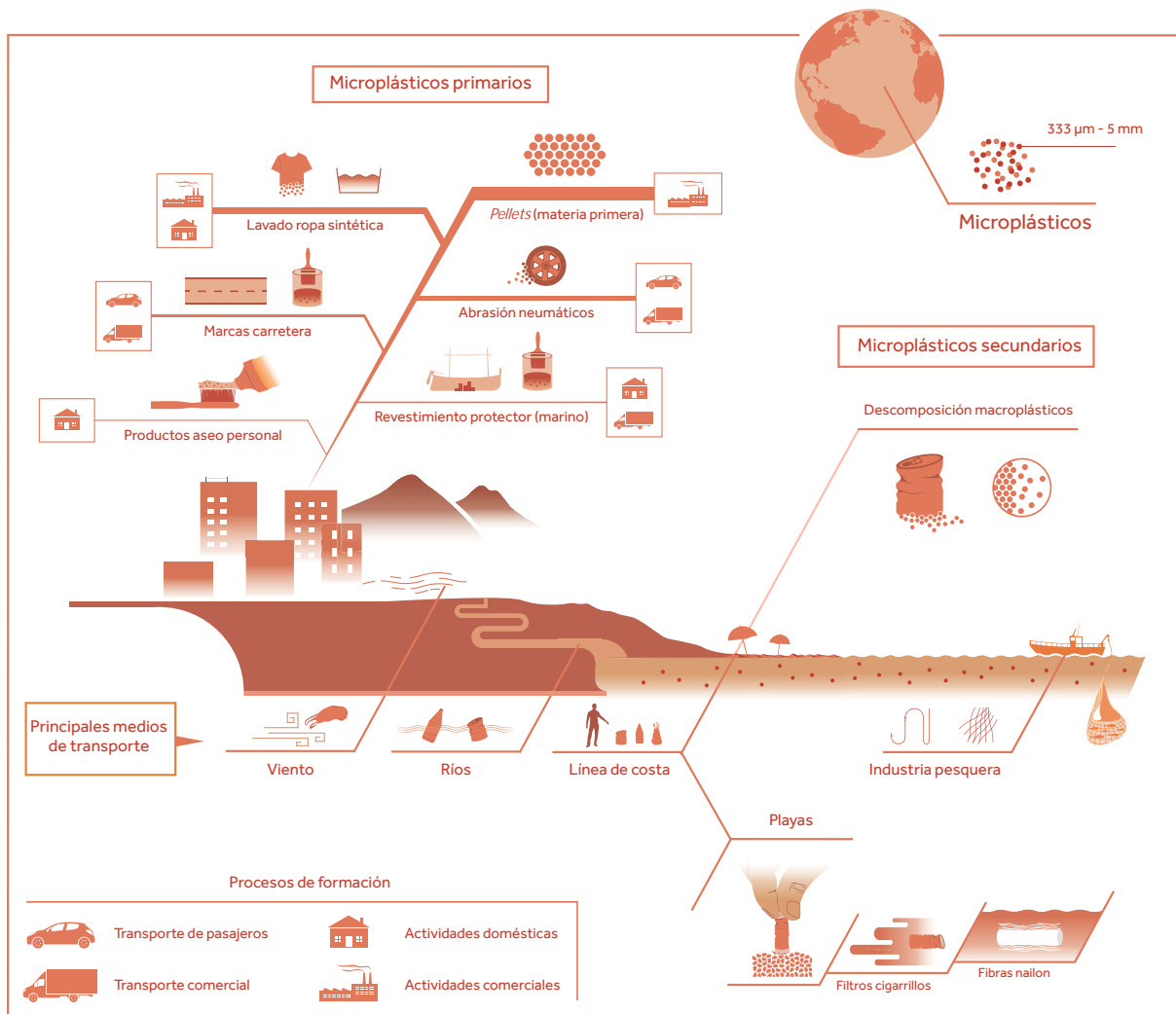
## ■ ¿QUÉ SON LOS MICROPLÁSTICOS?

Los microplásticos se definen, generalmente, como fragmentos de plástico que miden menos de 5 mm (UNEP, 2016), a pesar de que los expertos todavía no han llegado a un consenso a la hora de determinar el rango exacto de medida (Figura 2). Su uso se ha extendido a productos mucho más cotidianos, como por ejemplo partículas exfoliantes en dentífricos y productos de cosmética (Dauvergne, 2018). Por otro lado, para la producción de macroplásticos se utilizan unas esferas diminutas de resina llamadas *pellets*. Estos se ponen en moldes y se funden, para que puedan adoptar la forma del objeto plástico en el cual se transformarán. Los *pellets* son uno de los microplásticos más comunes en el medio marino. En la industria química, otros tipos de microplásticos también se añaden a las pinturas, bien como espesantes, bien como abrasivos, en el proceso de granallado de conducciones de petróleo y gas.

Su presencia es global y ubicua en la naturaleza, en general, y en el medio marino en particular. Este hecho es una consecuencia de la enorme demanda y producción actual del plástico, además de la facilidad de dispersión y transporte y la poca reactividad que presenta. Así que se ha distribuido por todas partes hasta los ecosistemas más remotos: desde el agua de lluvia (Dris, Gasperi, Saad, Mirande y Tassin, 2016), hasta especies árticas (Fang et al., 2018) o los sedimentos del océano profundo (Woodall et al., 2014). La necesidad de estudiar los microplásticos independientemente de los macroplásticos surge de los resultados de numerosos estudios que demuestran que la ausencia de los segundos en una zona no garantiza que no pueda haber de los primeros (Blašković, Fastelli, Čižmek, Guerranti y Renzi, 2016). A partir de los años setenta se inician las investigaciones de los microplásticos de manera diferenciada, y empiezan a desarrollarse metodologías científicas específicas para cubrir los vacíos de conocimiento en este ámbito y definir sus efectos específicos en el medio marino (Van Cauwenberghe, Devriese, Galgani, Robben y Janssen, 2015).

## ■ CLASIFICACIÓN DE LOS MICROPLÁSTICOS

En función de la forma como se introducen en el medio marino y de su origen, los microplásticos se pueden clasificar en microplásticos primarios y secundarios (Figura 3). Por un lado, los primarios se introducen directamente como partículas menores de 5 mm. Según Boucher y Friot (2017), el 95 % de los microplásticos primarios provienen de actividades desarrolladas en tierra firme y solo el 2 % de actividades en el medio marino.



Javier Sanlehi Hanson

Algunos de estos se «pierden» durante el proceso de fabricación, transporte o reciclaje de un producto (por ejemplo, *pellets*), mientras que otros derivan de su uso (por ejemplo, restos provenientes de la erosión de los neumáticos, fibras de nailon, microperlas de cosméticos o aditivos de pinturas). Las ratios de pérdidas dependen principalmente del tipo de actividad de la que provienen y son un indicador que ayuda a estimar el volumen de microplásticos primarios que acaba en el mar (Boucher y Friot, 2017).

Por otro, los microplásticos secundarios son producto de la degradación de macroplásticos, que, una vez abandonados en la naturaleza, acaban erosionados por procesos fisicoquímicos o biológicos. La mayor parte se forman después de que los plásticos de grandes dimensiones hayan abandonado el curso del río; es decir, en el litoral. En la costa, los plásticos quedan expuestos a la radiación solar, las olas y la salinidad; estos factores los erosionan de tal forma que se decoloran, se modifica su estructura molecular y se fragmentan hasta adquirir medidas por debajo de los 5 mm. Algunos estudios demuestran

Figura 3. Tipos de microplásticos que acaban en los océanos. Por un lado, encontramos los microplásticos primarios, que se introducen en el medio marino con una medida menor de 5 mm. Estas piezas suelen proceder de actividades realizadas en tierra firme, desde actividades de tipo industrial como la producción de materias primas (*pellets*), hasta otras tan cotidianas como lavar la ropa (sobre todo de materiales sintéticos). Por otro lado, los microplásticos secundarios provienen en buena parte de la degradación de materiales más grandes, transportados por los ríos o abandonados en la costa.

**«Las mismas dinámicas de la costa favorecen el retorno de los macroplásticos a la línea costera, recurrentemente, hasta que se transforman en microplásticos»**



que las propias dinámicas de la costa favorecen el retorno de los macroplásticos a la línea costera, recurrentemente, hasta que se transforman en microplásticos secundarios (véase Isobe, Kubo, Tamura, Nakashima y Fujii, 2014). De este modo tienden a acumularse en la línea de costa a partir de la cual se dispersarán mar adentro con mayor facilidad. Por otro lado, la degradación de los plásticos siempre es mayor en las playas que mar adentro, puesto que allá soportan una mayor radiación y erosión mecánica que a mar abierto, donde la temperatura del ambiente es menor y los procesos de colonización por parte de organismos sésiles (fenómeno conocido como *fouling*) protegerán los fragmentos de la luz solar. Los microplásticos secundarios son de una naturaleza tan diversa como macroplásticos acaban en el mar. Los más comunes son los fragmentos rígidos, laminados, fibras procedentes de redes, fragmentos esponjosos, etc.

## ■ DISTRIBUCIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN EL MEDITERRÁNEO

Los microplásticos han estado acumulándose en los océanos durante al menos cuatro décadas (Thompson et al., 2004). La principal entrada de microplásticos en el Mediterráneo es el transporte a través de los 69 ríos que desembocan en él, de los cuales los más importantes son el Nilo, el Po, el Ebro y el Ródano. Estos ríos transportan microplásticos procedentes de las actividades que se realizan en tierra firme, y la cantidad es mayor cuanto mayor sea la densidad de población y el nivel de desarrollo tecnológico de los cascos urbanos asociados. Además, la presencia o ausencia de sistemas de aguas residuales, así como si estos incluyen mecanismos de retención de microplásticos, influirá enormemente en el volumen que acabará en el mar. Un estudio estimó que durante el año 2000 se vertieron 3,5 kilotonnes de microplásticos en el Mediterráneo, los valores más elevados en comparación con otros mares europeos (Siegfried, Koelmans, Besseling y Kroeze, 2017). Estos máximos son consecuencia no solo de los factores asociados a las actividades que los producen, sino también de las características particulares del Mediterráneo, que es un mar semicerrado y, por lo tanto, los procesos de acumulación de microplásticos dentro de su cuenca se ven favorecidos por la baja circulación de las aguas.

Una vez en el mar, los microplásticos tienden a acumularse en la línea de costa, desde donde se dispersarán a mar abierto a través del oleaje, las corrientes marinas, el viento y el transporte vertical en la columna de agua. Además, la densidad propia de cada microplás-

tico, así como la colonización por *fouling*, condicionarán su desplazamiento y zona de depósito. Por tanto, los microplásticos más ligeros tenderán a flotar y mantenerse en las capas someras del mar, mientras que los más densos se hundirán y se depositarán en los sedimentos profundos (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017). Los procesos oceanográficos que facilitan la transferencia de los microplásticos en zonas demersales son las cascadas de agua estratificada de varias densidades, las tormentas con regímenes de altas energías, las convecciones en mar abierto y las subducciones salinas (es decir, movimientos de masas de agua como consecuencia de diferencias en la temperatura y la salinidad) (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017).

Mientras que las zonas de acumulación de plásticos de gran medida están bastante identificadas en el Mediterráneo, en el estudio de los microplásticos no tenemos tanta información y existen todavía muchas incógnitas alrededor de los procesos de transporte y zonas de acumulación de estos. Por ejemplo, si bien en las zonas de convergencia de corrientes se han encontrado «islas de plástico», donde la concentración de plásticos en general es superior a otras, parece que no hay tanta acumulación de microplásticos como se podría esperar (Cózar et al., 2014). Se sospecha que estos pueden estar transfiriéndose a otros eslabones del ecosistema a través de procesos de lastre, de bioacumulación como consecuencia de la ingestión por organismos u otros mecanismos de transfe-

rencia todavía desconocidos (Cózar et al., 2014). Otros puntos donde tienden a acumularse los microplásticos son las zonas con bajo hidrodinamismo, como por ejemplo Venecia o los puertos de Bélgica (Rojo-Nieto y Montoto Martínez, 2017).

Así pues, podemos concluir que encontraremos la mayor parte de los microplásticos en el litoral, en las zonas donde convergen las corrientes marinas, las áreas con bajo hidrodinamismo y los sedimentos profundos. No obstante, hay que añadir que los microplásticos pueden ser ingeridos por organismos marinos, de forma que se introducirán en la cadena alimentaria y pueden ser transportados a regiones lejanas y bioacumulados dentro de la propia fauna.

Así pues, podemos concluir que encontraremos la mayor parte de los microplásticos en el litoral, en las zonas donde convergen las corrientes marinas, las áreas con bajo hidrodinamismo y los sedimentos profundos. No obstante, hay que añadir que los microplásticos pueden ser ingeridos por organismos marinos, de forma que se introducirán en la cadena alimentaria y pueden ser transportados a regiones lejanas y bioacumulados dentro de la propia fauna.

## ■ EL IMPACTO DE LOS MICROPLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO

Los microplásticos se consideran contaminantes a muchos niveles y producen efectos negativos tanto en el medio físico como en la biota marina. Según Rojo-Nieto y Montoto Martínez, (2017), los principales impactos son,

**«El 95 % de los microplásticos primarios provienen de actividades desarrolladas en tierra firme»**

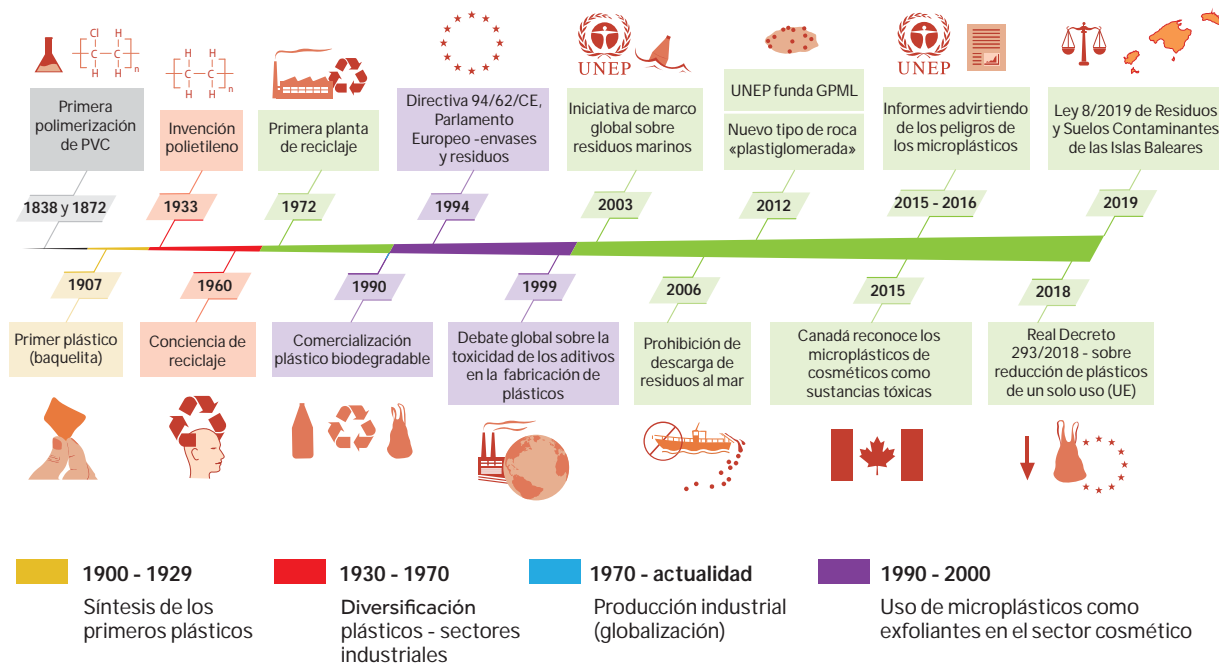


Figura 4. Cronología de la aparición del plástico y la posterior regulación de sus usos, desde la síntesis de los primeros materiales de estas características a las últimas leyes que pretenden detener la contaminación por plástico, como la Ley de Residuos y Suelos Contaminados de las Islas Baleares de 2019.

en primer lugar, la acumulación y dispersión de sustancias tóxicas: los microplásticos actúan como vectores de compuestos tóxicos. Estos los pueden haber adquirido como aditivos durante su proceso de fabricación o bien haberlos absorbido durante su exposición al medio marino. Algunos de los aditivos que se han encontrado son ftalatos, bisfenol A y nonilfenoles. Por otro lado, en el ambiente oceánico, los microplásticos tienden a acumular metales pesados y contaminantes orgánicos hidrófobos, y llegan a concentrar cantidades muy altas. Las toxinas que transportan pueden dispersarse allá donde los microplásticos se acumulan, como por ejemplo la playa o el interior de cualquier organismo que los haya ingerido. En el segundo caso, se ha documentado que las toxinas (en función de qué se haya absorbido y en qué cantidad) pueden actuar como disruptores endocrinos o carcinógenos. La peligrosidad que los contaminantes pueden tener en la fauna marina está en función tanto de la concentración de estos en el microplástico como del tiempo que permanecen dentro del organismo o su posición dentro de la red trófica.

En segundo lugar, los microplásticos provocan la alteración de las propiedades físicas de los sedimentos: cómo se ha comentado hace poco, es común que los microplásticos se acumulen en los estratos sedimentarios,

tanto en las playas como en la plataforma continental marina o en los sedimentos profundos. Cuando estos se acumulan, aumentan la permeabilidad del sedimento y pueden modificar los flujos de agua y de distribución de los nutrientes. Por otro lado, también pueden disminuir las temperaturas máximas del sedimento y tener efectos negativos en especies como las tortugas marinas, bien dilatando el periodo de incubación de los huevos o variando la ratio de nacimientos de machos y hembras (puesto que esta depende de la temperatura de la arena donde han hecho el nido).

En tercer lugar, los microplásticos son vectores de especies exóticas y patógenos: cuando los microplásticos llegan al mar, a su alrededor tienden a formarse

biofilms; es decir, un envoltorio constituido por microorganismos y plancton que se adhiere. Cuando sucede esto, funcionan como vectores y dispersan especies patógenas o exóticas con potencial invasor, las cuales pueden desequilibrar y poner en peligro la biodiversidad de los ecosistemas marinos. Por otro lado, la formación de biofilms desencadena el proceso de colonización por otros organismos sésiles que, lentamente, lastran el microplástico, que aumenta de peso y favorece su desplazamiento hacia zonas más profundas, así como que se deposite en el fondo.

**«La principal entrada de microplásticos en el Mediterráneo es el transporte a través de los 69 ríos que desembocan en él»**

En cuarto lugar, a causa de sus reducidas dimensiones, los microplásticos se confunden con alimento y son ingeridos por muchas especies, desde cetáceos, aves y peces, hasta zooplancton, esponjas y organismos filtradores. Esta ingestión puede ser intencional, accidental o indirecta, puesto que se pueden confundir con alimento, o pueden ser ingeridos conjuntamente con partículas de materia orgánica o formando parte de presas que lo han consumido previamente. Los individuos que han ingerido microplásticos pueden sufrir trastornos alimentarios y bloqueos en el tracto intestinal, así como otros problemas fisiológicos como el bloqueo de los órganos filtradores o problemas reproductivos. Además, los microplásticos pueden introducirse en los organismos a través de las branquias (como se ha observado en los cangrejos) desde las que pueden entrar en el sistema circulatorio e incorporarse al torrente sanguíneo. Con todo, se ha documentado que algunas especies de poliquetos (verméticos marinos) son capaces de excretar los microplásticos que han ingerido sin sufrir daños asociados. También hay que añadir que los microplásticos se pueden transferir a través de la red trófica; es decir, se pueden bioacumular en los organismos de compartimentos superiores, como los grandes depredadores, mamíferos marinos o aves acuáticas. A medida que se transfieren y bioacumulan, la concentración dentro de los organismos puede ser cada vez mayor y, por lo tanto, el potencial tóxico que pueden tener los microplásticos puede ir también en aumento.

Por último, los microplásticos provocan la alteración de flujos de materia orgánica y migraciones verticales planctónicas. Como ya se ha dicho, los microorganismos planctónicos ingieren microplásticos por error. Estos pueden ser excretados y formar parte de los *pellets* fecales que a la vez servirán de alimento a otros organismos de mayor tamaño. Habitualmente estos *pellets* fecales están formados por materia orgánica compacta y densa, de forma que se hundan rápidamente y tienen tasas de sedimentación altas. En cambio, los microplásticos suelen tener densidades bajas y, al quedar adheridos a los *pellets* fecales, reducen su tasa de sedimentación y los mantienen en zonas de la columna de agua superiores, lo que facilita la reingestión o fragmentación.

## ■ LEGISLACIÓN, AVANCES CIENTÍFICOS E INICIATIVAS LOCALES

Las leyes específicamente dirigidas a solucionar el problema de los microplásticos son escasas, pero, en cambio, durante las últimas décadas se ha tejido un marco

legal a escala internacional, europea, estatal y autonómica para hacer frente a la contaminación por plásticos en general (Figura 4). Este marco se centra sobre todo en medidas de regulación de la gestión de los residuos, comercialización y producción de plásticos.

En el ámbito internacional y europeo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP en sus siglas en inglés) ha sido una de las organizaciones impulsoras. A través de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (1982) incluyó la contaminación por plásticos como una de las cuestiones a tratar y desarrolló informes clave sobre el tema, como el *Marine plastic debris and microplastics: Global lessons and research to inspire action and guide policy change*, publicado en 2016. Además, este organismo desarrolló, durante el encuentro en Honolulu de 2011, «la Estrategia de Honolulu», el primer acuerdo global que tiene por objetivo la reducción, prevención y gestión de los residuos plásticos.

Del mismo modo, desde el nacimiento de la Convención de Barcelona para la Protección del Mediterráneo en 1975 se han desarrollado protocolos, planes de acción y marcos estratégicos que incluyen medidas de gestión para luchar contra la contaminación por plásticos. Otras organizaciones internacionales, como la UNESCO y el Grupo de Expertos en los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino, también

han contribuido a elaborar informes y líneas estratégicas en este ámbito. Durante la Convención para la Prevención de Contaminación de los Barcos de 1976 se ratificó, en el anexo V, la prohibición de verter basuras desde los yates. Por su parte, la Unión Europea incorpora, dentro de las estrategias marinas, la contaminación por plástico y microplásticos y también ha elaborado directivas específicas enmarcadas dentro de la estrategia de residuos con este origen. Un ejemplo es la directiva 2015/720, que actualiza la normativa por lo que respecta a la reducción del consumo de bolsas de plástico ligeras y que está siendo aplicada mediante una tasa en su comercialización al consumidor, o las directivas 2006/07/EC y 2004/12/EC, que inciden en las herramientas y estrategias de mejora de la gestión de residuos y los mecanismos de reciclaje. En 2018, esta estrategia se revisó y se propusieron nuevos retos europeos a cumplir en 2030. Por otro lado, algunos países europeos, como Finlandia, Francia, Italia o Suecia han implantado leyes específicas que prohíben el uso de microperlas de plástico en cosmética.

A escala estatal y autonómica, el Estado español aplica las políticas europeas relativas a la contaminación

### «Los microplásticos pueden ser ingeridos por organismos marinos e introducirse así en la cadena alimentaria»



por plásticos, a través de la Ley de Residuos y Suelos Contaminados de 2011, basada en la Directiva Marco de Residuos europea. Además, a través de la aplicación de las estrategias marinas y la Directiva marco del agua, la comunidad científica controla la contaminación por plásticos en los ecosistemas marinos y las masas de agua. Por otro lado, para cumplir los requisitos de la estrategia de los plásticos de la Comisión Europea, en 2018 se promulgó el Real Decreto 293/2018, de 18 de mayo, sobre reducción del consumo de bolsas de plástico, por el cual se crea el Registro de Productores de Residuos (con un apartado específico para fabricantes de bolsas de plástico). Este real decreto ha comenzado a ser de obligado cumplimiento en 2020. Algunas comunidades autónomas se avanzaron a su aplicación e hicieron sus propias leyes, como es el caso de la Ley de Residuos y Suelos Contaminados de las Islas Baleares, promulgada en 2019.

Finalmente, los científicos y las organizaciones conservacionistas también trabajan para aumentar el conocimiento de esta problemática, así como para sensibilizar a la sociedad y encontrar soluciones a un problema que nos afecta a todos y a todas. Algunos ejemplos son el proyecto Nixe 3, que empezó en 2010 y monitoriza residuos plásticos en las islas Baleares, entre otras líneas de investigación. A partir de los datos que recogen, quieren averiguar en qué puntos las corrientes oceánicas acumulan plásticos. Otro ejemplo sería el proyecto de ciencia ciudadana Plástico 0 de Observadores de Mar, cuyo objetivo es analizar la cantidad de microplásticos que hay en las playas a través de la colaboración entre el sector educativo y los científicos del CSIC. En las Pitiúsas, este proyecto lo desarrolla desde 2017 el GEN-GOB Ibiza, de forma que se ha conseguido monitorizar diez playas de Ibiza y Formentera e implicar a la gran mayoría de centros educativos en la iniciativa. Otras organizaciones como Rezero, Plastic Free o Nasti de Plàstic trabajan activamente en la organización de limpiezas de playa y alentando a la población para que adopte unos hábitos de consumo más sostenibles y se abra el camino hacia un futuro con menos producción global de plástico.

El conjunto de la sociedad tenemos que utilizar todas las herramientas que tengamos a nuestro alcance para encontrar soluciones a la contaminación por microplásticos, una amenaza que muchas veces pasa desapercibida pero que es uno de los mayores problemas a escala global al que nos tenemos que enfrentar. Encontrar materiales alternativos al plástico, reducir la producción y evitar el consumo de envases desechables

son las principales respuestas que se están considerando, y que tendremos que adoptar por responsabilidad social y ambiental con la salud de la especie humana, de los ecosistemas marinos y de la naturaleza. ☺

#### REFERENCIAS

- 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. doi: [10.1098/rstb.2008.0304](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304)
- Blašković, A., Fastelli, P., Čižmek, 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*, 114(1), 583–586. doi: [10.1016/j.marpolbul.2016.09.018](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.018)
- Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans: A global evaluation of sources*. Gland: IUCN.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... Duarte, C. M. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(28), 10239–10244. doi: [10.1073/pnas.1314705111](https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111)
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). Plastic production, waste and legislation. En *Microplastic pollutants* (p. 39–56). Amsterdam: Elsevier. doi: [10.1016/C2015-0-04315-5](https://doi.org/10.1016/C2015-0-04315-5)
- Dauvergne, P. (2018). The power of environmental norms: Marine plastic pollution and the politics of microbeads. *Environmental Politics*, 27(4), 579–597. doi: [10.1080/09644016.2018.1449090](https://doi.org/10.1080/09644016.2018.1449090)
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 290–293. doi: [10.1016/j.marpolbul.2016.01.006](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006)
- Fang, C., Zheng, R., Zhang, Y., Hong, F., Mu, J., Chen, M., ... Bo, J. (2018). Microplastic contamination in benthic organisms from the Arctic and sub-Arctic regions. *Chemosphere*, 209, 298–306. doi: [10.1016/j.chemosphere.2018.06.101](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.06.101)
- Isobe, A., Kubo, K., Tamura, Y., Kako, S., Nakashima, E., & Fujii, N. (2014). Selective transport of microplastics and mesoplastics by drifting in coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 89(1-2), 324–330. doi: [10.1016/j.marpolbul.2014.09.041](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.09.041)
- NOAA. (2014). *Turning the tide on trash: A learning guide on marine debris*. Consultado en <https://marinedebris.noaa.gov/turning-tide-trash>
- Rojo-Nieto, E., & Montoto Martínez, T. (2017). Basuras marinas, plásticos y microplásticos: Orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Consultado en <https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/informe-basuras-marinas.pdf>
- Siegfried, M., Koelmans, A. A., Besseling, E., & Kroeze, C. (2017). Export of microplastics from land to sea. A modelling approach. *Water research*, 127, 249–257. doi: [10.1016/j.watres.2017.10.011](https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.011)
- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W. G., ... Russell, A. E. (2004). Lost at sea: Where is all the plastic? *Science*, 304(5672), 838. doi: [10.1126/science.1094559](https://doi.org/10.1126/science.1094559)
- UNEP. (2016). *Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- Van Cauwenbergh, 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. doi: [10.1016/j.marenvres.2015.06.007](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.007)
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., ... Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317. doi: [10.1098/rsos.140317](https://doi.org/10.1098/rsos.140317)

**BALMA ALBALAT OLIVER.** Técnica y educadora ambiental. Graduada en Ciencias del Mar por la Universidad de Alicante.