

**REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE ESPAÑA**

**MICROPLÁSTICOS EN  
ECOSISTEMAS MARINOS:  
EL GRAN DESAFÍO AMBIENTAL**

DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN  
COMO ACADÉMICA DE NÚMERO POR LA  
**EXCMA. SRA. DÑA. MARÍA DE LA SALUD DEUDERO COMPANYY**

Y CONTESTACIÓN DEL  
**EXCMO. SR. D. MIGUEL DELIBES DE CASTRO**

EL DÍA 29 DE ABRIL DE 2026



MADRID

Domicilio de la Academia: Valverde, 22

[www.rac.es](http://www.rac.es)

**REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES DE ESPAÑA**

**MICROPLÁSTICOS EN  
ECOSISTEMAS MARINOS:  
EL GRAN DESAFÍO AMBIENTAL**

DISCURSO LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN  
COMO ACADÉMICA DE NÚMERO POR LA  
**EXCMA. SRA. DÑA. MARÍA DE LA SALUD DEUDERO COMPANYY**

Y CONTESTACIÓN DEL  
**EXCMO. SR. D. MIGUEL DELIBES DE CASTRO**

EL DÍA 29 DE ABRIL DE 2026



MADRID  
Domicilio de la Academia  
Valverde, 22

*A mi familia y a todos a los que tanto he amado,  
por aumentar mi amor al mar  
y a todas sus formas de vida*

ISSN: 0214-9540

ISBN: 978-84-87125-97-3

Depósito legal: M-10240-2026

# ÍNDICE

Agradecimientos y contexto personal en la investigación .....	7
Contaminación por plásticos: una amenaza creciente, persistente y global .....	11
Microplásticos: de los giros oceánicos al escenario planetario.....	18
Efectos ecológicos: impactos a múltiples escalas .....	22
La ingesta de microplásticos: un estresor ambiental con efectos subletales .....	26
El Mediterráneo: el paradigma de la contaminación por plásticos .....	29
Daño físico y obstrucción gastrointestinal .....	30
Estrés oxidativo y daño celular .....	31
Inflamación, respuestas inmunológicas y reproducción .....	33
Bioacumulación y transferencia trófica .....	35
Liberación de aditivos tóxicos y transferencia de contaminantes ..	36
La perspectiva sanitaria: Efectos en salud humana .....	38
Plásticos, ciclos planetarios y cambio global .....	39
Dimensión social de la contaminación por plásticos .....	43
La ciencia ante el reto de proteger la biodiversidad marina .....	45
Referencias bibliográficas .....	47
Contestación del Excmo. Sr. D. Miguel Delibes de Castro .....	55

Excma. Sra Presidenta de la Academia,  
Excmos. Miembros de la Academia,  
Familiares, compañeros y amigos,  
Sras. y Sres.

Excelentísimos miembros de la Real Academia de Ciencias, distinguidos colegas, señoras y señores: es para mí un honor tomar la palabra en este acto de ingreso. Quiero comenzar expresando mi más profundo agradecimiento. Agradezco a los Académicos por su beneplácito, a mis mentores científicos que alentaron mi pasión por la oceanografía, y a mis colaboradores a lo largo del desarrollo de la investigación cuyo apoyo ha sido inestimable.

Mi trayectoria personal en la ciencia comenzó con una curiosidad infantil por el mar, que se transformó en una carrera dedicada al estudio de la biodiversidad marina. La fascinación por la observación de la naturaleza me ha acompañado desde mis primeros recuerdos de infancia y todavía me envuelve a mis 57 años de experiencia vital. Descifrar los procesos implicados en la diversidad biológica, ahondar en los mecanismos reguladores de la abundancia y distribución de especies, y comprender el delicado equilibrio de los sistemas marinos ha dirigido mi trayectoria desde mis inicios. Los ecosistemas marinos están sometidos a una elevada presión por las actividades humanas, provocando degradación de hábitats y ecosistemas, desequilibrios en la funcionalidad ecológica y pérdida de biodiversidad marina.

Mi rumbo se estableció desde temprana edad, indudablemente marcado por el contexto familiar, con mis padres como maestros, exploradores, inquietos navegantes y apasionados con un profundo amor y respeto al mar. La avidez por cultivar mi conocimiento mediante asignaturas relacionadas con el medio marino conllevó una formación académica en distintos destinos nacionales e internacionales. Recuerdo las innumerables horas de observaciones en la lupa binocular del laboratorio de Gante, identificando mandíbulas, quetas y otros aspectos anatómicos y morfológicos de los nematodos para el desarrollo de mi tesis de master. Igualmente, los días en el Mar del Norte muestreando organismos para la evaluación del efecto reserva mediante la aplicación de isótopos estables como trazadores ecológicos de redes tróficas marinas. Destacar el enorme gozo de las campañas de buceo científico, investigando las comunidades biológicas en áreas marinas protegidas. Agradezco las vivencias que me permitieron tener una

visión crítica, abierta y aprender nuevas técnicas y metodologías en países con elevada especialización científico-técnica.

Sin duda, varios han sido los referentes con influencia en mis investigaciones, desde la ecología y limnología del brillante ecólogo Dr. Margalef hasta los estudios del Dr. Pauly en relación a la sobreexplotación pesquera y la regresión de los océanos. Quisiera mencionar el trabajo pionero de maestras, guías y mentoras Dra. Isabel Moreno y Dra. Beatriz Morales-Nin, incansables oceanógrafas y pioneras en el estudio de los quetognatos, la exploración Antártica, los otolitos y la gestión de la ciencia. Muchos otros compañeros de ruta han contribuido con sus enseñanzas, aportaciones, ideas y sugerencias a crear el ambiente propicio para nutrir las hipótesis experimentales y ahondar en aspectos novedosos con una perspectiva plural. Así, cabe mencionar la ecología bentónica de la Dra Vincx, la oceanografía operacional del Dr. Tintoré, la metaecología y las fanerógamas de los Dr. Duarte y Dra. Marba, los isótopos estables del Dr. Polunin, de quien aprendí la gestión de la editorial científica, los cetáceos de la Dra. Fossi y el saber del Dr. Galgani, compañeros y referentes en estudios de plásticos en el mar.

Los inicios en el estudio de la contaminación por plásticos resultaron apasionantes. Iniciar una línea de investigación en la que apenas había estudios científicos representó un reto y una oportunidad única que permitía gran libertad en la elección de las cuestiones a estudiar. Recuerdo mis primeras inmersiones de investigación en aguas costeras, donde constaté que incluso en rincones aparentemente prístinos aparecían fragmentos diminutos de plástico entre el plancton. Aquella observación casual se convirtió en el eje de mis investigaciones posteriores. Quisiera agradecer al excelente equipo de investigación que me ha acompañado en esta trayectoria, especialmente a las compañeras Dra. Alomar, Dra. Vázquez-Luis, Dra. Fagiano, Álvarez, entre muchos otros.

Quisiera comenzar este discurso remarcando el enorme gozo junto a la responsabilidad de ostentar la Medalla 63 de nueva creación. Agradezco sinceramente a la Sección de Ciencias Naturales la propuesta de que se convocara una vacante en el campo científico de “Biodiversidad marina: ecología y conservación”, asunto del que me ocupó y que juzgo de gran trascendencia. La emoción me invadió en el mismo instante en que el Académico Dr. Delibes me comunicó que él mismo, junto a la Dra. Crespo y el Dr. García Novo, habían juzgado oportuno presentar mi candidatura. Vaya mi agradecimiento a los tres, aunque desgraciadamente el profesor

García Novo ya no pueda recibirlo. Tras la presentación, pasaron meses de inquieta espera, no sin menoscabo de perder la ilusión de pertenecer a tan ilustre grupo de científicos, cuya experiencia y conocimiento enriquecen a la sociedad en su conjunto.

En este discurso, siguiendo la tradición de quienes me precedieron en esta Academia, compartiré el fruto de años de trabajo científico sobre un problema ambiental de escala global con manifestaciones locales y biológicas profundas: la contaminación por plásticos y microplásticos y sus impactos en la biodiversidad marina. Abordaré esta temática recorriendo, de forma paralela a mi propio recorrido investigador, la magnitud de la crisis de contaminación por plásticos, la distribución y características de los plásticos y microplásticos en el medio marino, sus efectos fisiológicos en organismos, su bioacumulación a lo largo de las redes tróficas, las implicaciones en ecosistemas. Espero que este análisis, basado en evidencia científica sólida y marcado por mi experiencia personal, contribuya a resaltar la urgente necesidad de comprender a fondo este problema para proteger los mares y océanos.

Permítanme entonces iniciar con una introducción al alcance y contexto de la contaminación por plásticos y microplásticos en los océanos.

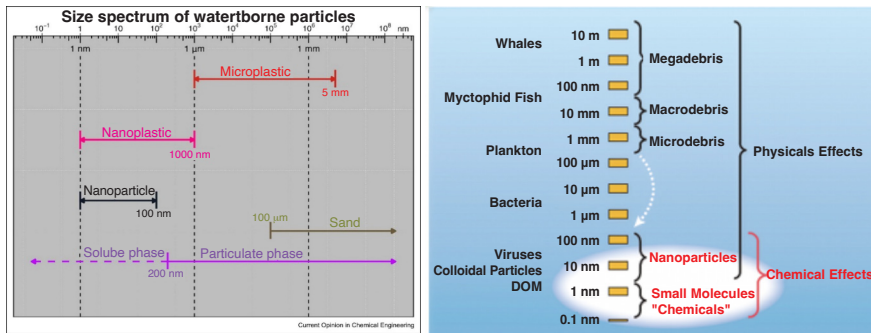
*El hombre es parte de la naturaleza,  
y su guerra contra la naturaleza es  
inevitablemente una guerra contra sí mismo.”*  
RACHEL CARSON, 1962

## **CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS: UNA AMENAZA CRECIENTE, PERSISTENTE Y GLOBAL**

Los océanos, que abarcan más del 70 % de la superficie terrestre, constituyen un componente esencial del sistema climático global y del mantenimiento de la biosfera. Sin embargo, este sistema altamente interconectado y dinámico se encuentra actualmente sometido a intensas presiones de origen antrópico, como la contaminación química, la explotación no sostenible de recursos, la rápida urbanización costera y los efectos sinérgicos del cambio climático (Pecl *et al.*, 2022).

Los plásticos constituyen una clase de contaminante sin parangón en la historia ambiental moderna, cuya singularidad radica en su extrema heterogeneidad morfológica, química, estructural y funcional. Esta diversidad abarca una vasta tipología de polímeros como polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, poliestireno, poliésteres y poliuretanos que presentan propiedades fisicoquímicas diferenciadas en cuanto a densidad, hidrofobicidad, resistencia mecánica, reactividad superficial y degradabilidad. A estas propiedades intrínsecas se suma la adición de compuestos plastificantes, estabilizantes, retardantes de llama, pigmentos, antioxidantes y agentes antimicrobianos que amplían las funcionalidades del material, aunque también incrementan su toxicidad potencial y su complejidad analítica.

El espectro dimensional de los plásticos es igualmente amplio, con tamaños que van desde macrofragmentos visibles al ojo humano hasta nanopartículas en el rango de 1 a 100 nanómetros, cuya detección exige metodologías instrumentales avanzadas como la espectroscopía Raman, la microscopía electrónica de barrido o la espectrometría de masas acoplada a cromatografía (Figura 1). La morfología: esferas, fibras, films, filamentos o fragmentos irregulares responde a diferentes usos, procesos de producción y mecanismos de degradación ambiental, condicionando sus rutas de transporte, su interacción con contaminantes secundarios y su capacidad de incorporación en rutas metabólicas y biológicas.



**Figura 1.** Espectro del tamaño de partículas en el medio marino y su relación con efectos físicos y químicos por espectro de tamaño de los organismos.

El plástico es uno de los contaminantes más persistentes y omnipresentes, cuya distribución abarca todas las regiones oceánicas, incluidos hábitats pelágicos, bentónicos y organismos en todos los niveles tróficos (IUCN, 2022). Los plásticos representan la fracción dominante, tanto en volumen como en persistencia y toxicidad, abarcando al menos el 85 % del total de residuos marinos (Law, 2010; Agamuthu *et al.*, 2019) y se han convertido en un marcador estratigráfico del Antropoceno (Zalasiewicz *et al.*, 2016). Los residuos marinos de origen antropogénico muestran una tendencia de incremento a escala global (Figura 2). Se calcula que anualmente ingresan al medio marino cerca de 14 millones de toneladas de plásticos (Compa *et al.* 2022; IUCN, 2022). Las estimaciones globales recientes sobre partículas plásticas flotantes oscilan entre 82 y 358 billones, con un peso total que varía entre 1,1 y 4,9 millones de toneladas (Eriksen *et al.*, 2023). Los registros de series temporales globales, que abarcan de 1979 a 2019, revelan una fase de oscilaciones hasta 2005, seguida de un incremento exponencial sostenido (Isobe e Iwasaki, 2022).

Los residuos marinos se han identificado en diversos contextos oceánicos desde las costas y estuarios hasta los giros oceánicos, islas remotas, plataformas de hielo y fondos oceánicos profundos, incluidos los entornos hadales (Lebreton *et al.*, 2018; Ostle *et al.*, 2019; van Sebille *et al.*, 2019; GESAMP, 2020; Tekman *et al.*, 2020; Kane *et al.*, 2020). Los patrones de distribución y acumulación de residuos plásticos difieren marcadamente según los compartimentos marinos considerados (playas, columna de agua superficial y profunda, fondos oceánicos) y los procesos oceanográficos que los rigen. Actualmente todavía persisten importantes vacíos de información a escalas locales, especialmente en lo relativo a la conectividad de

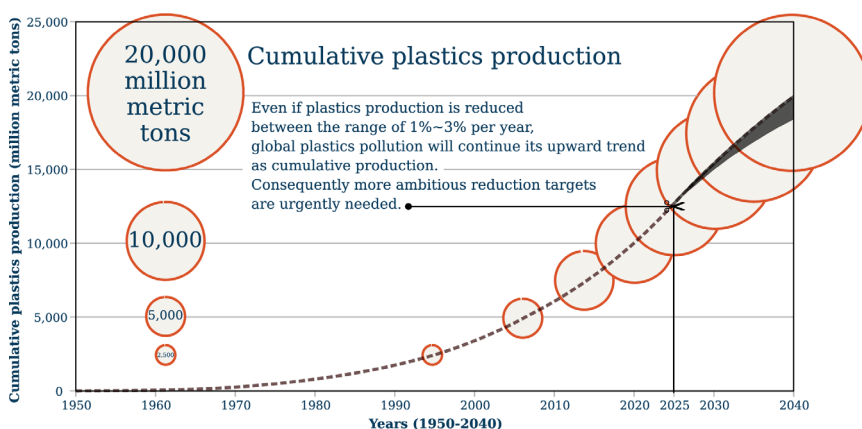


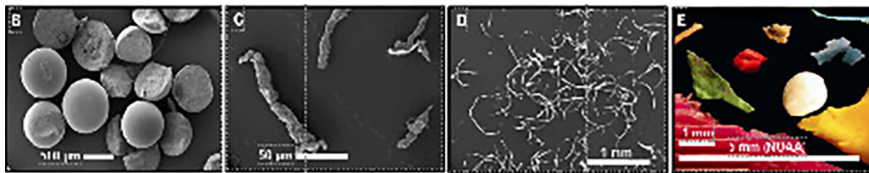
Figura 2. Producción acumulada de plásticos. Scientists' Coalition for an Effective Plastics Treaty, 2024

masas de agua, dinámica de giros y estructuras mesoescalares, así como al papel de los procesos mediados biológicamente que determinan en gran medida el destino de los residuos.

El conocimiento sobre las zonas de acumulación se ve limitado por la heterogeneidad espacial de los ecosistemas marinos y la compartimentación vertical del océano (superficie, columna de agua, sedimento, biota, redes tróficas). Investigaciones recientes evidencian la transferencia activa de microplásticos entre capas epipelágicas y mesopelágicas, así como su incorporación en sedimentos bentónicos y redes alimentarias, estas últimas actuando como reservorios biológicos (Choy *et al.*, 2019; Pabortsava y Lampitt, 2020, Olmo-Gilabert *et al.*, 2024). El esfuerzo científico no es homogéneo a escala global y hay regiones como el Mediterráneo, el Ártico y los mares de Asia Oriental y países englobados en la asociación de naciones del sudeste asiático ASEAN, que han recibido mayor atención debido a su vulnerabilidad y elevada presencia de contaminación por plásticos. Esta complejidad representa un desafío metodológico en el análisis del destino y los flujos de estos contaminantes.

La contaminación por plásticos constituye una amenaza ambiental global sin precedentes, caracterizada por su persistencia, ubicuidad y complejidad estructural. Este fenómeno trasciende los límites de los ecosistemas para integrarse en los procesos planetarios que regulan la estabilidad de la biosfera. Esta complejidad de estructura y composición dificulta de manera sustancial su monitoreo ambiental, al requerir protocolos diferenciados

para cada tipo de matriz (agua, suelo, biota, aire) así como un esfuerzo técnico considerable para su identificación y cuantificación. La ausencia de estándares internacionales armonizados para la medición de micro y nanoplásticos genera desafíos comparativos y limita la capacidad de evaluar tendencias globales, identificar fuentes dominantes o establecer umbrales ecológicos. El desarrollo de herramientas cuantitativas y modelización ha mejorado la caracterización de las fuentes, flujos de entrada y rutas de dispersión de estos residuos, destacando el papel de infraestructuras como plantas de tratamiento de aguas, vías fluviales y zonas portuarias. Sin embargo, aún existen importantes incertidumbres en la comprensión de las rutas de transferencia y el destino diferencial de los plásticos en función de su tamaño (desde nanoplásticos hasta macropásticos).



**Figura 3.** Fotografías electrónicas de B-microesferas de cosméticos, C-partículas de neumáticos, D-fibras, E-microplásticos. Thompson et al, 2024.

El origen de la basura marina es terrestre (80%), mientras que las actividades marítimas, como el transporte y la pesca industrial explican el 20% restante (UNEP, 2021). Los residuos se redistribuyen por el océano, alcanzando regiones más allá de la jurisdicción nacional y comportándose como contaminantes de naturaleza transfronteriza. Las fuentes de entrada al medio ambiente son igualmente diversas y reflejan la amplia gama de actividades humanas que involucran materiales plásticos en su ciclo de vida. Además de las vías clásicas asociadas a residuos sólidos urbanos mal gestionados como envases, bolsas y envases alimentarios desechados sin control, existen rutas menos visibles, aunque igualmente relevantes, que se originan en procesos cotidianos e industriales cuya contribución al flujo global de contaminación plástica ha sido subestimada durante décadas. Entre estas, destaca la liberación de microfibras sintéticas durante el lavado doméstico e industrial de textiles, que alcanzan los sistemas de saneamiento y escapan con frecuencia de los procesos convencionales de tratamiento de aguas. Otro aporte significativo es el desgaste de neumáticos en infraestructuras urbanas y carreteras, cuyas partículas plásticas se incorpora a la escorrentía superficial y puede ser transportado por el viento hacia cuerpos de agua cercanos. Figura 3.

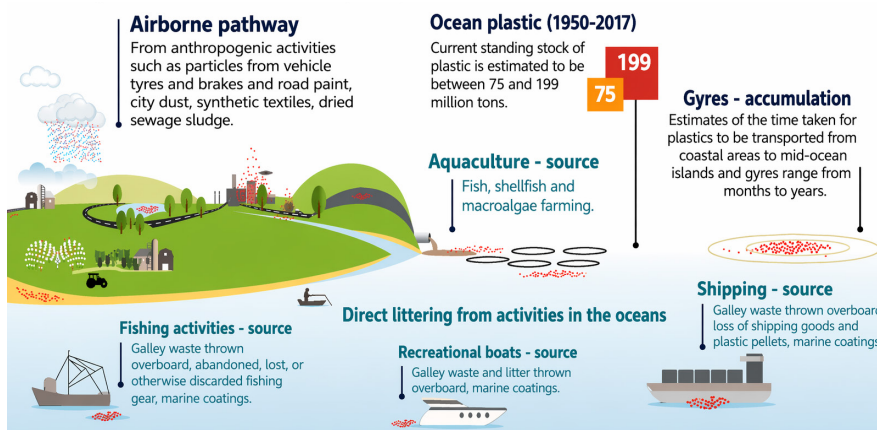


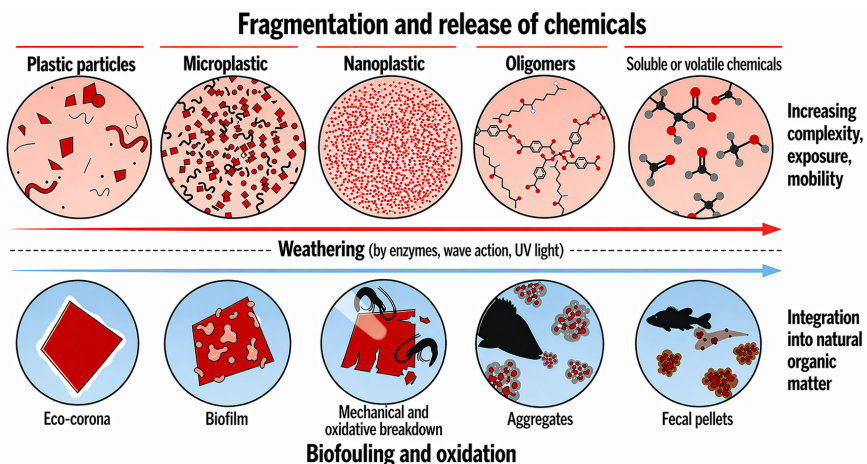
Figura 4. Fuentes principales de los plásticos y microplásticos en los océanos. UNEP 2021.

Asimismo, la degradación y desprendimiento de partículas procedentes de pinturas industriales, barnices marinos, recubrimientos plásticos de infraestructuras y superficies urbanas, así como la abrasión mecánica de plásticos durante su uso cotidiano o en procesos industriales, generan aporte de fragmentos que se incorporan de manera persistente al medio ambiente terrestre, marino y atmosférico. Estas fuentes difusas suelen pasar desapercibidas en los esquemas tradicionales de gestión de residuos, pero su contribución acumulativa al flujo global de microplásticos es significativa y creciente.

La transformación ambiental del plástico comprende un conjunto de procesos físico-químicos y biológicos que modifican la estructura, funcionalidad y reactividad de los polímeros una vez liberados en el entorno. Entre estos procesos destacan la fragmentación mecánica inducida por fricción, abrasión o impacto, la fotodegradación provocada por la exposición a radiación ultravioleta, la oxidación térmica o química que altera las cadenas poliméricas mediante reacciones con oxígeno, ozono o radicales libres, la colonización biológica por comunidades microbianas que conforman la denominada plastisfera y la agregación con partículas orgánicas e inorgánicas presentes en la matriz ambiental.

Estas rutas complejas no solo transforman las características físicas y químicas originales del material, sino que alteran profundamente su comportamiento en los ecosistemas, modificando su flotabilidad, solubilidad, capacidad de adsorción y afinidad superficial con otras sustancias. A medida que se fragmentan en micro- y nanoplásticos, estos materiales adquieren

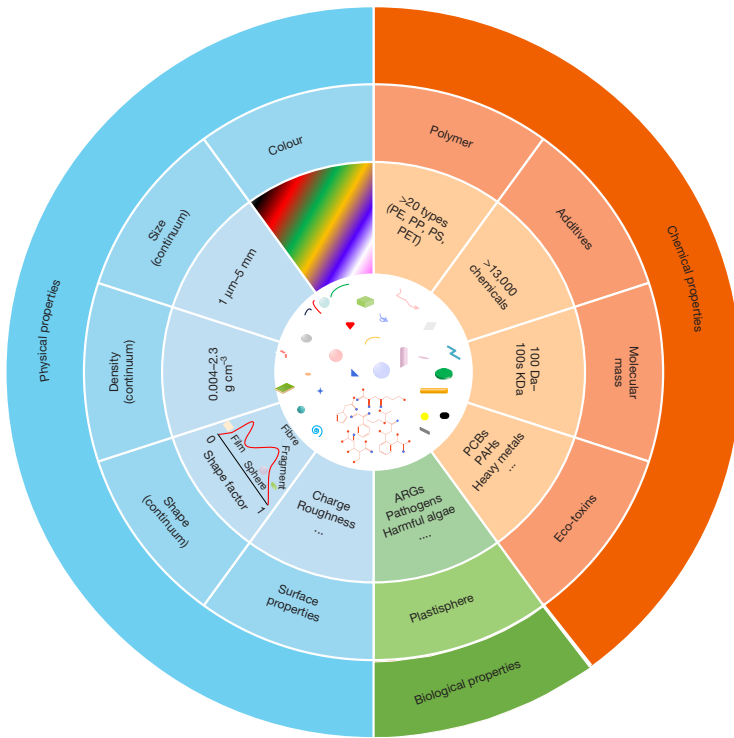
una mayor biodisponibilidad, lo que incrementa su capacidad de interacción con membranas celulares, órganos y fluidos biológicos de diversos organismos. En este estado, los plásticos actúan como vectores activos de contaminantes químicos incluyendo contaminantes orgánicos persistentes, metales pesados y aditivos que se adsorben en su superficie o son liberados durante la degradación. Figura 5.



**Figura 5.** Transformación ambiental del plástico y contaminantes químicos asociados. MacLeod *et al.*, 2021.

Los plásticos representan un contaminante pobremente reversible cuya permanencia en el medio ambiente se prolonga en escalas de tiempo ecológica y geológicamente significativas, debido a su resistencia intrínseca a los procesos naturales de degradación (MacLeod *et al.* 2021). Esta categoría comprende compuestos cuya extracción activa resulta tecnológicamente inviable por los costes energéticos y logísticos que implica su extracción de matrices ambientales heterogéneas como suelos, sedimentos marinos, agua atmosférica o tejidos biológicos, y cuya eliminación pasiva mediante procesos bióticos o abióticos es extremadamente lenta o incluso inexistente en condiciones naturales.

En definitiva, la irreversibilidad de la contaminación por plásticos no solo se debe a la persistencia molecular de los polímeros sintéticos, sino también a su extraordinaria capacidad de fragmentación, dispersión y retención en compartimentos ambientales. En conjunto, estas transformaciones convierten al plástico en una entidad ecológica que pasa de ser un residuo sólido a convertirse en un agente dinámico con capacidad de modificar los procesos ecológicos, biogeoquímicos y evolutivos a múltiples escalas. Figura 6.

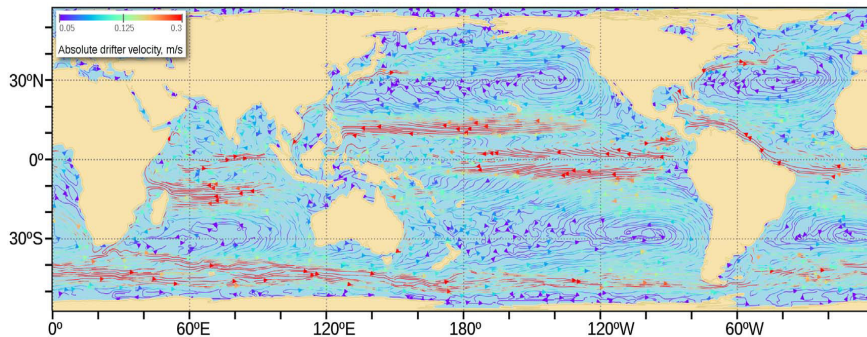


**Figura 6.** Complejidad de los microplásticos en el ambiente con indicación de propiedades físicas (tamaño, forma, densidad, propiedades superficiales), químicas (tipo de polímero, aditivos, estructura molecular, sustancias químicas adsorbidas) y biológicas (microbioma asociado). ARG: genes de resistencia a antibióticos; HAP: hidrocarburos aromáticos policíclicos; PCB: bifenilos policlorados; PE: polietileno; PP: polipropileno; PS: poliestireno; PET: tereftalato de polietileno. Zhao *et al.*, 2025.

A lo largo del desarrollo de la investigación de los efectos de los plásticos sobre la biodiversidad marina, y dentro de mi propio recorrido investigador, este problema ha pasado de ser un tema transversal a centrar el foco de las hipótesis científicas. Al inicio, los estudios se dirigían a la evaluación cuantitativa de los microplásticos, con cuestiones sobre la magnitud espacial de la contaminación por plásticos. ¿Se trata de casos aislados o es un problema de escala global? Pronto la evidencia demostró la escala del fenómeno. La presencia constante de partículas plásticas en muestras de agua, sedimento y tejidos de organismos evidencia una nueva dimensión de la contaminación que coexiste con la biodiversidad marina. Este reconocimiento enmarcará las secciones siguientes, donde se analiza la distribución y características de los microplásticos en el medio marino, y cómo afectan a los organismos y ecosistemas.

## MICROPLÁSTICOS: DE LOS GIROS OCEÁNICOS AL ESCENARIO PLANETARIO

La investigación sobre la contaminación por plásticos en el medio marino comenzó en las cuencas oceánicas centrales, lejos de la costa, concretamente en los giros oceánicos (Figura 7). Los primeros estudios científicos sobre residuos plásticos marinos se publicaron en la revista *Science* en 1972, donde se documentó la presencia de pequeñas partículas de plástico en el mar de los Sargazos (Carpenter *et al.*, 1972; Carpenter y Smith, 1972). Más de una década después, en 1986, estudiantes universitarios a bordo de un velero iniciaron muestreos de superficie en el Atlántico Norte, contando fragmentos de plásticos pequeños. Este esfuerzo dio lugar al primer conjunto de datos a largo plazo sobre la presencia de plásticos flotantes en esa región (Law *et al.*, 2010).



**Figura 7.** Corrientes oceánicas, giros y convergencias, acumulación de plásticos en los cinco giros oceánicos subtropicales

En 1996, el Capitán Charles Moore descubrió la conocida “Gran Mancha de Basura del Pacífico” y posteriormente publicó la primera descripción científica sobre acumulaciones masivas de residuos plásticos en el giro subtropical del Pacífico Norte (Moore *et al.*, 2001). Años más tarde, en 2004, Richard Thompson introdujo el término “microplástico” para referirse a partículas plásticas menores de 5 mm presentes en sedimentos y aguas superficiales oceánicas (Thompson *et al.*, 2004). En ese mismo trabajo, Thompson y sus colegas hicieron un llamado urgente a intensificar la investigación sobre este contaminante emergente, lo que impulsó un crecimiento exponencial en la producción científica relacionada con la contaminación, el destino y los efectos de los residuos plásticos en el océano.

Hace apenas dos décadas, el término “microplástico” no se encontraba incorporado en el vocabulario técnico de las ciencias ambientales ni formaba par-



corporado fragmentos de origen antrópico al sustrato geológico (Tekman *et al.*, 2020). Su hallazgo en el hielo marino del Ártico y la Antártida, así como en las aguas subterráneas y los sistemas lóticos continentales, indica que no existe región del planeta que escape a su influencia, incluso aquellas tradicionalmente consideradas remotas o prístinas. Esta ubicuidad, combinada con la capacidad de los polímeros para persistir y transportarse a través de vectores físicos y biológicos, refuerza la idea de que nos encontramos ante un contaminante sistémico global. Aunque en el océano abierto los microplásticos se distribuyen a gran escala, en entornos costeros la proximidad a fuentes terrestres y las características oceanográficas locales son determinantes. La descarga de aguas residuales urbanas (incluso tras el tratamiento de depuración) aporta una carga considerable de microfibras sintéticas y microesferas de cosméticos a zonas costeras. Asimismo, los ríos actúan como cintas transportadoras de los residuos plásticos urbanos y rurales hacia el mar.

Una vez en el ambiente marino, los vientos dominantes, el oleaje y las corrientes costeras configuran entornos de contaminación variables. La deposición atmosférica, proveniente de estas fuentes urbanas e industriales, representa una vía de transporte cada vez más reconocida de microplásticos, y es la ruta principal de fibras (Suaria *et al.*, 2024). Figura 9.

Por otro lado, hay que considerar el transporte mediado biológicamente, junto a los procesos físicos. Estos mecanismos emergen como particularmente relevantes para las fracciones más pequeñas de microplásticos y fibras. La bomba biológica está emergiendo también como bomba de microplásticos y como mecanismo relevante de redistribución latitudinal y vertical de los MPs (Fagianò *et al.*, 2024).

Este reconocimiento no solo ha impulsado el desarrollo de un campo interdisciplinar robusto que combina oceanografía, ecotoxicología, química ambiental, biología molecular y ciencias sociales, sino que también ha reconfigurado el modo en que entendemos la contaminación. Lejos de ser un fenómeno puntual o localizado, la contaminación plástica se revela como una transformación sistemática del medio ambiente global, con consecuencias materiales, simbólicas y políticas. El relato de los plásticos en el océano es también un relato sobre las formas de producción, consumo y desecho en la era industrial, y sobre la necesidad de reformular las relaciones entre sociedad y naturaleza.

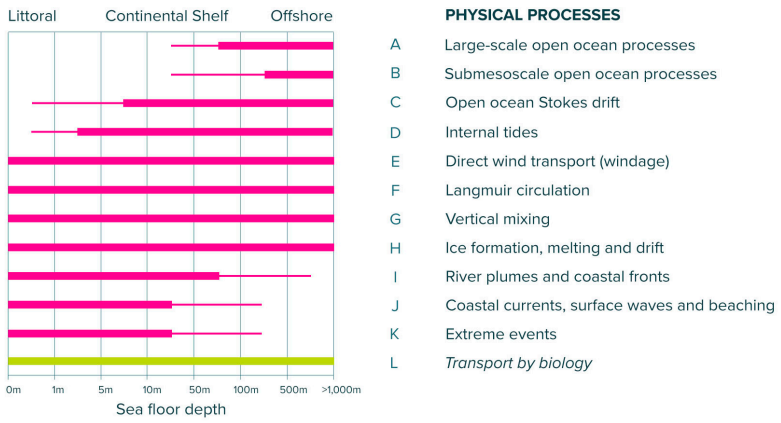
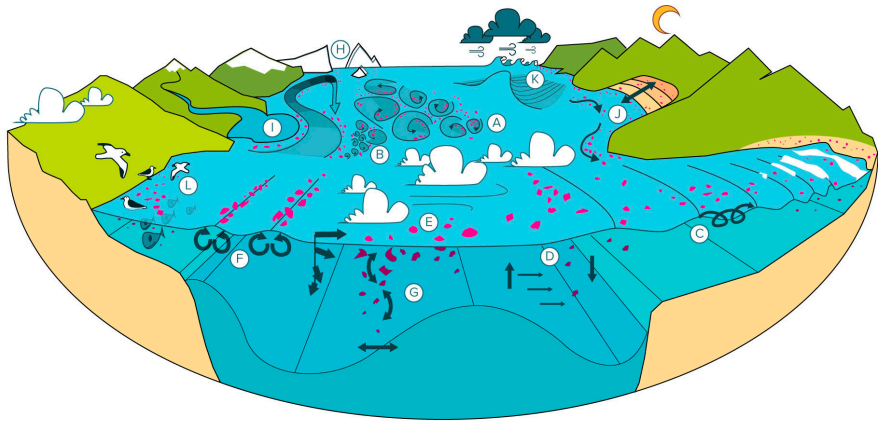
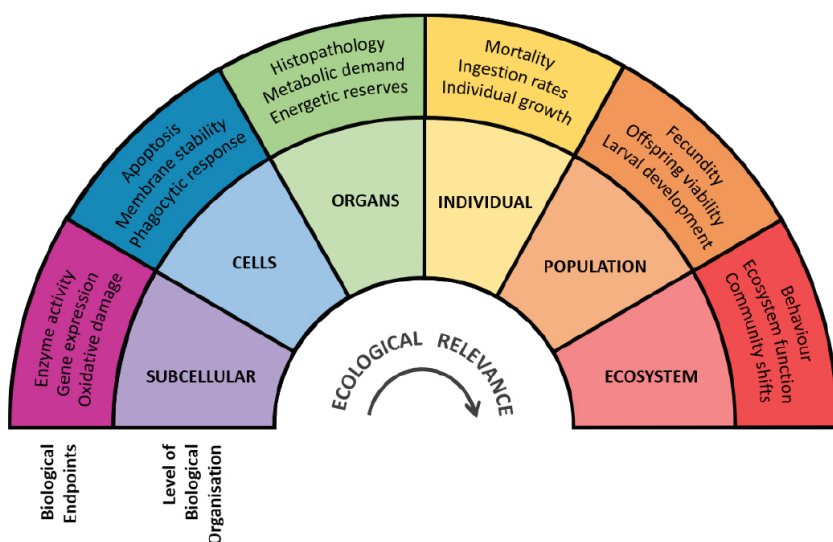


Figura 9. Transporte de plásticos por procesos físicos y biológicos. van Sebille *et al.*, 2020.

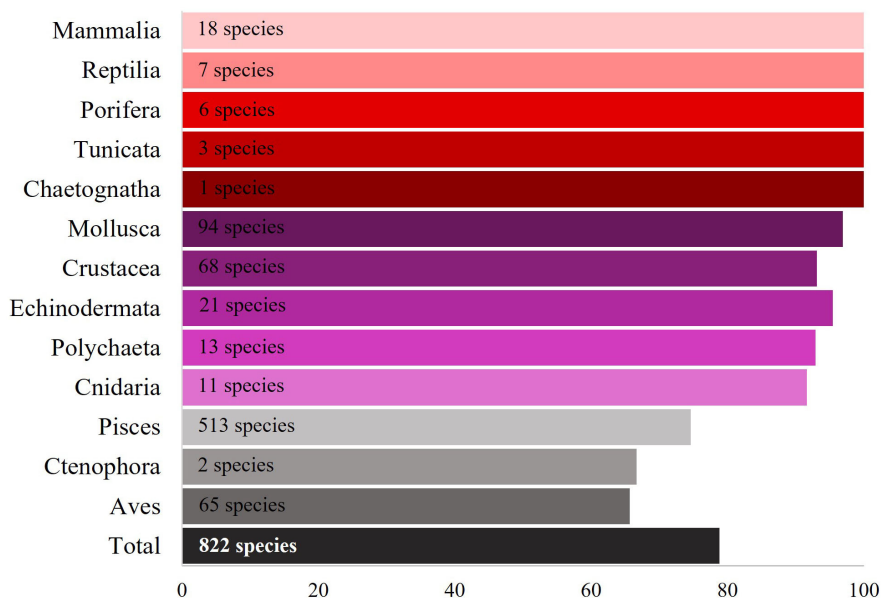
## EFFECTOS ECOLÓGICOS: IMPACTOS A MÚLTIPLES ESCALAS

Desde una perspectiva ecológica, la contaminación por plásticos constituye una amenaza sistémica para la biodiversidad marina, afectando a especies en todos los niveles tróficos y generando impactos directos e indirectos (Eriksen *et al.*, 2014; Geyer *et al.*, 2017; UNEP, 2009) que abarcan desde el nivel subcelular hasta el nivel ecosistémico (Figura 10). Entre los efectos más documentados se encuentran la ingesta, el enmallamiento, la obstrucción del aparato digestivo, la inanición, la asfixia, infecciones, toxicidad por aditivos químicos y disrupción endocrina.



**Figura 10.** Efectos ecológicos de los plásticos a distintas escalas de organización biológica. SAPEA 2019.

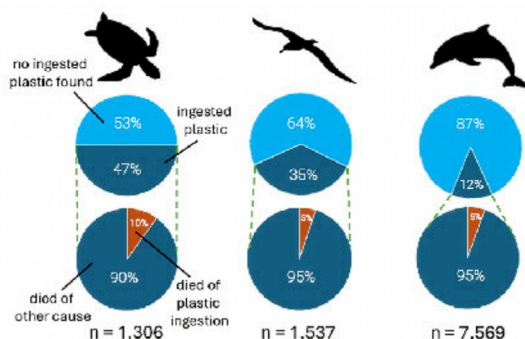
Estas acumulaciones de residuos marinos se reflejan en impactos sobre la biodiversidad marina cada vez más documentados. Hay numerosos estudios que reportan interacciones directas entre la fauna marina y los plásticos: más de 800 especies de organismos incluyendo aves marinas, tortugas, mamíferos marinos, peces y organismos invertebrados han ingerido o se han enredado con residuos plásticos macro y micro a nivel global (Kuhn S. & van Franeker, 2020; Marmara *et al.*, 2023). Figura 11.



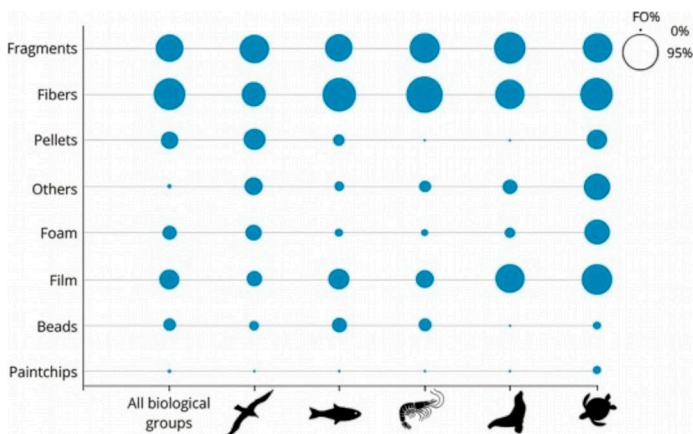
**Figura 11.** Diversidad taxonómica y número de especies con ingesta de microplásticos. Marmara *et al.*, 2023.

Los modelos globales de distribución de basura marina combinados con datos biológicos indican que algunos grupos emblemáticos, tales como las tortugas marinas y las aves marinas, presentan mayor riesgo de interacción con plásticos flotantes (Compa *et al.*, 2022). En el caso de los microplásticos, debido a su tamaño, la interacción más común es la ingesta indirecta vía el alimento o el agua. Se ha constatado que la ingesta y transferencia de microplásticos ocurre a lo largo de toda la red trófica marina, desde zooplankton que confunde microplásticos con presas, hasta peces depredadores, aves marinas y mamíferos, incluidos cetáceos y pinnípedos. Asimismo, las tasas de mortalidad son muy elevadas en la megafauna: tortugas, aves y mamíferos marinos (Figura 12).

Por otro lado, al considerar todos los grupos taxonómicos, la prevalencia morfológica de los plásticos ingeridos es diferencial con predominancia de fragmentos, fibras y films; mientras que en relación a las tipologías de polímeros se observa dominancia polietileno, polipropileno y poliamidas, entre otros polímeros plásticos (Figuras 13, 14).

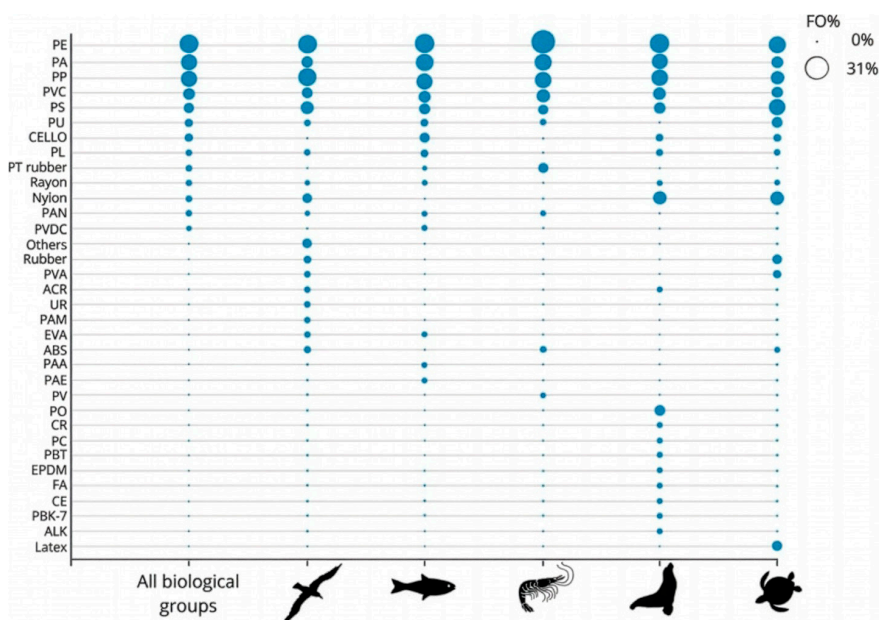


**Figura 12.** Tasas generales de ingestión de plástico y tasas de mortalidad atribuibles al plástico en tortugas, aves y mamíferos marinos. Savoca 2025



**Figura 13.** Prevalencia de morfologías de plásticos ingeridas por la fauna. La frecuencia de aparición (FO%) de ingestión de plástico en fauna silvestre marina para todos los grupos biológicos: aves, peces, invertebrados, mamíferos y reptiles. Monteiro *et al.*, 2022

En términos funcionales, la presencia masiva de plásticos en ambientes marinos puede alterar procesos fundamentales que sostienen la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas. La bioturbación, por la que los organismos bentónicos remueven y oxigenan el sedimento se ve afectada por la presencia de fragmentos plásticos que alteran la compactación, reducen la disponibilidad de oxígeno en los poros del sedimento y bloquean los canales de intercambio entre el sustrato y la columna de agua. Esta obstrucción puede inducir la desaparición local de especies clave, como poliquetos o bivalvos, y comprometer la dinámica de remineralización de nutrientes y la degradación de materia orgánica. Varios estudios apuntan a impactos



**Figura 14.** Prevalencia de plásticos de diferentes polímeros para todos los grupos biológicos: aves, peces, invertebrados, mamíferos y reptiles. Frecuencia de aparición (FO%) de ingestión de plástico en fauna marina. Abreviatura de polímeros: Polietileno – PE, Poliamida – PA, Polipropileno – PP, Cloruro de polivinilo – PVC, Poliestireno – PS, Poliuretano – PU, Celofán – CELLO, Poliéster – PL, Caucho de politerpeno – PT, Poliacrilonitrilo – PAN, Cloruro de polivinilideno – PVDC, Acetato de polivinilo – PVA, Acrílico – ACR, Uretano – UR, Poliacrilamida – PAM, Etileno acetato de vinilo – EVA, Acrilonitrilo butadieno estireno – ABS, Poliarilamida – PAA, Poli(éter arílico) – PAE, Polivinilo – PV, Poliolefina – PO, Policloropreno – CR, Policarbonato – PC, Tereftalato de polibutileno – PBT, Poli(etileno propileno dieno) – EPDM, Formaldehído – FA, Celulosa – CE, Carbon black – PBK-7, Resina alquídica – ALK. Monteiro *et al.*, 2022

sutiles, aunque potencialmente significativos de los microplásticos en las comunidades biológicas. Los microplásticos en sedimentos pueden afectar a la ingeniería de ecosistemas realizada por organismos bentónicos. De este modo, la reducción de la actividad bioturbadora en especies sedimentívoras altera la tasa de recambio del sedimento y el reciclado de nutrientes en el bentos, como ocurre cuando poliquetos y holoturias sustituyen la ingesta de sedimento por microplásticos vacíos de valor nutricional (Compa *et al.* 2022). De modo similar, si los organismos filtradores clave (mejillones, almejas o esponjas) filtran agua cargada de microplásticos, pueden colmatarse sus aparatos filtradores o gastar energía extra expulsándolos, disminuyendo su eficiencia en la clarificación del agua y en el traslado de carbono de la columna de agua al fondo marino. Estos son hipotéticos efectos *bottom-up* en funciones ecosistémicas que aún se están investi-

gando, y conceptualmente nos indican que el papel ecológico de ciertas especies puede verse comprometido. La tasa de sedimentación se altera, puesto que los plásticos en suspensión modifican las propiedades fisicoquímicas del material particulado, afectando la velocidad de decantación y promoviendo la formación de agregados. Esta alteración puede interrumpir el transporte vertical de partículas y nutrientes, y reducir la eficiencia de procesos como el secuestro de carbono o la deposición de detritos biológicos. Adicionalmente, la carga de microplásticos en los sedimentos es mucho mayor que la carga de plásticos flotantes y en columna de agua, lo que demuestra el destino final de la mayoría de plásticos se encuentra en los fondos y sedimentos (Fagiano *et al.*, 2023; Alomar *et al.*, 2024). Figura 15.

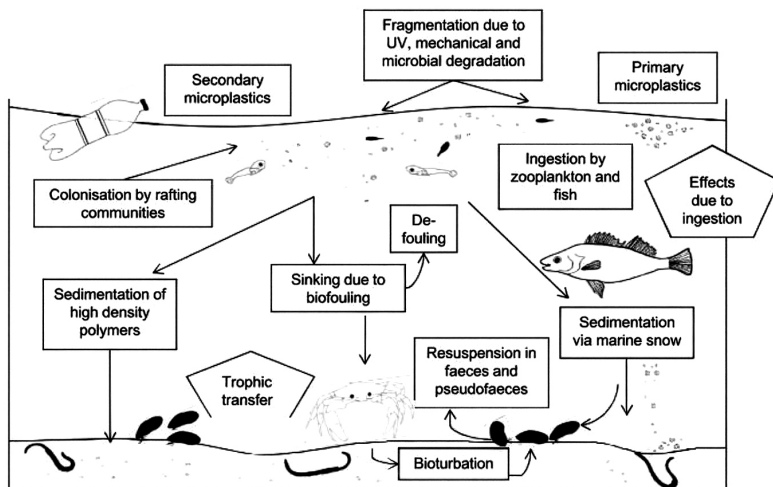


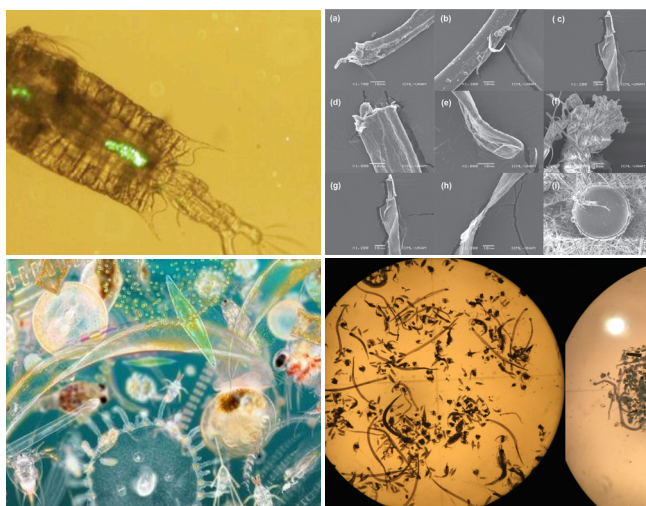
Figura 15. Transferencia de microplásticos e interacciones biológicas.

### La ingesta de microplásticos: un estresor ambiental con efectos subletales

La presencia de microplásticos en el medio marino tiene efectos adversos sobre los organismos, ya que las investigaciones revelan que la ingesta y contacto con microplásticos pueden inducir estrés fisiológico, daños celulares y respuestas bioquímicas en los organismos marinos. Los impactos fisiológicos comprometen la salud y viabilidad de los organismos expuestos, influyen en su comportamiento, incluidos los patrones alimentarios, las estrategias de defensa y las dinámicas de apareamiento. Como resultado, se generan efectos acumulativos que se propagan en el tiempo y se amplifican a través de los niveles tróficos, comprometiendo la estabilidad ecológica y la resiliencia de los ecosistemas en su conjunto.

Los microplásticos se integran en las redes tróficas marinas aunque su dinámica difiere de los contaminantes tradicionales, ya que tienden a bioacumularse en organismos sedentarios u omnívoros de nivel medio, y aportan un vector de contaminantes químicos a niveles altos. El efecto es mayormente subletal y crónico, afectando a lo largo del ciclo vital, provocando un cuadro en el que la contaminación por microplásticos opera como un factor de estrés difuso en los ecosistemas, cuya influencia puede amplificarse al combinarse con los procesos ecológicos normales de alimentación y transferencia de energía.

Un estudio multiespecífico en el Parque Nacional de Cabrera evaluó la ingestión de partículas antropogénicas en cinco grupos taxonómicos (peces, erizos de mar, holoturias, bivalvos y medusas) y analizó patrones según sus hábitos alimentarios, hallando ingesta de microplásticos y confirmando que la exposición no es meramente teórica sino efectiva en el medio natural (Compa *et al.* 2022). Los resultados mostraron que las especies omnívoras presentaron las mayores cantidades de microplásticos. Las dietas generalistas exponen a los organismos a mayor cantidad de microplásticos, al incorporar presas que ya contenían partículas o porque sus estrategias de alimentación (ej., filtración no selectiva, detritívora) hacen más probable la ingestión incidental. En cambio, las especies estrictamente herbívoras (erizos de mar ramoneadores) ingieren menos microplásticos, ya que sus alimentos (algas bentónicas) contienen menos partículas que el detrito o el plancton (Figura 16). En el mismo estudio, no se hallaron diferencias significativas en la carga de microplásticos entre hábitats (con probabilidades



**Figura 16.** Transferencia de microplásticos en comunidades planctónicas.

imilares de ingesta de plásticos en peces pelágicos y en peces demersales) (Compa *et al.* 2022), lo que apunta a que la contaminación por microplásticos está lo suficientemente extendida a escala local como para que la mayoría de nichos tróficos se vean expuestos.

La bioacumulación de microplásticos puede ocurrir particularmente en animales sésiles o de movimiento limitado, en filtradores o sedimentívoros. Los bivalvos son excelentes bioindicadores dada su autoecología y su sobretodo si su tasa de excreción no equilibra la tasa de ingestión (Li *et al.*, 2019). De hecho, se han reportado valores de hasta ~5 microplásticos por individuo en mejillones de áreas costeras (Compa *et al.* 2022). De forma similar, algunos organismos detritívoros sedimentarios, como las holoturias, pueden ingerir microplásticos presentes en el sustrato junto con la materia orgánica, con tasas de ingestión altas (8 a 16 ítems/individuo) y un 100% de los individuos analizados conteniendo plásticos (Compa *et al.* 2022).

Estos hallazgos se suman a un creciente consenso científico: los microplásticos actúan como agentes estresores en organismos marinos, incluso a niveles de concentración relativamente bajos o en exposiciones breves. Diversos estudios han reportado alteraciones en peces debido a la ingesta de microplásticos, tales como cambios en la conducta alimentaria, reducción en la capacidad de evadir depredadores, y perturbaciones en el comportamiento de banco (agrupamiento) y en interacciones sociales normales (Rios-Fuster *et al.*, 2021). De este modo, se observan efectos conductuales con modificaciones de comportamiento en peces: los individuos alimentados con partículas de plástico se mostraron más audaces durante las interacciones sociales y tendieron a una mayor actividad de alimentación. Estos cambios de conducta como mayor atrevimiento o actividad pueden influir en la ecología del animal (un pez más osado podría incurrir en mayores riesgos de depredación o alterar las jerarquías de grupo). Se apreciaban diferencias fisiológicas y de comportamiento tras tres semanas de exposición, enfatizando la necesidad de investigar exposiciones más prolongadas en la determinación de la salud y supervivencia de los peces a largo plazo (Rios-Fuster *et al.*, 2021). Asimismo, las larvas de peces expuestas a microplásticos presentan tiempos de reacción más lentos ante la presencia de depredadores, señal de debilitamiento sensorial o energético.

La complejidad de los efectos es elevada ya que los microplásticos pueden lesionar tejidos, provocar respuestas inflamatorias, generar estrés oxidativo a nivel celular, liberar químicos tóxicos en los organismos y, en ocasiones, alterar procesos metabólicos y reproductivos. Además, se han observado

expuestas de inflamación de tejidos, alteraciones en la expresión génica relacionada con el metabolismo y efectos en la reproducción (como disminución en la fecundidad) en organismos expuestos crónicamente a microplásticos en condiciones controladas (Rios-Fuster *et al.*, 2021). A nivel celular y fisiológico, la contaminación por microplásticos impone una carga adicional de estrés que provoca efectos subletales, y que su acumulación en el tiempo o en combinación con otros contaminantes puede traducirse en reducciones de crecimiento, rendimiento reproductivo y supervivencia, afectando eventualmente a las poblaciones. Figura 17.

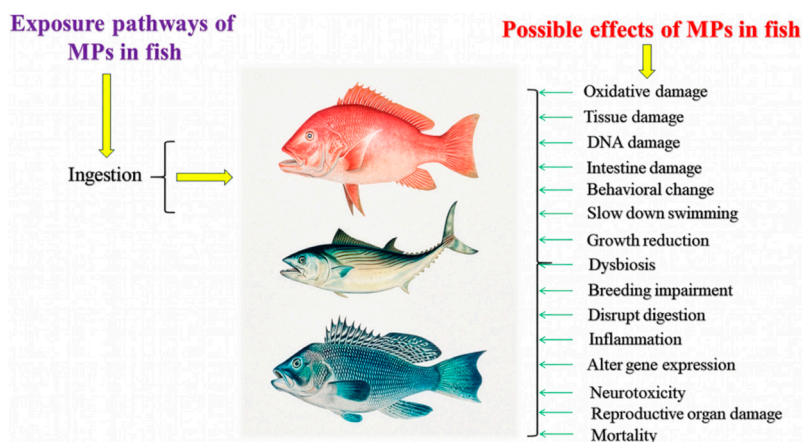


Figura 17. Efectos de la ingesta de microplásticos en peces.

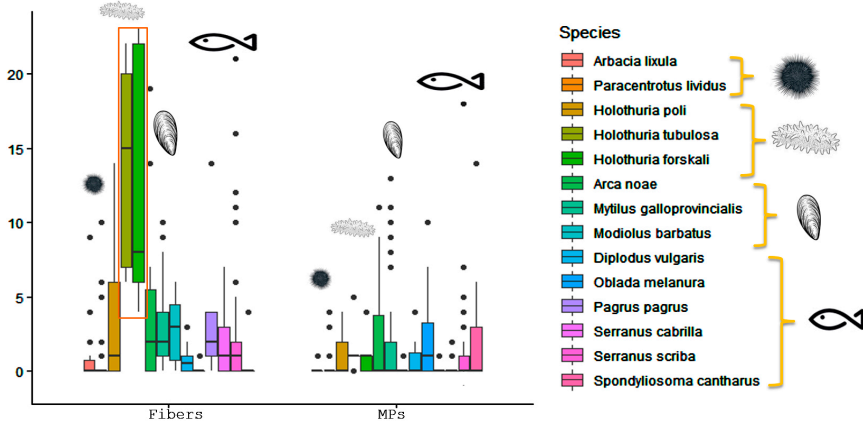
## El Mediterráneo: el paradigma de la contaminación por plásticos

El Mediterráneo destaca como uno de los mares más contaminados por plásticos a nivel global (Sánchez-García *et al.*, 2024; Calleja-Setién *et al.*, 2025). La presencia ubicua de estos fragmentos ha generado interacciones extensas con la biota marina. Ya hace diez años, en el primer estudio de revisión bibliográfica que realizamos se identificaron 134 especies mediterráneas afectadas por ingestión o enredo con plásticos en el intervalo comprendido entre 1986 y 2014 (Deudero & Alomar, 2015). Se analizaron más de 17.000 individuos y se encontraron plásticos en el tracto digestivo de peces pelágicos, elasmobranquios, tortugas marinas y mamíferos marinos, incluyendo especies listadas como amenazadas por la UICN (Deudero & Alomar, 2015). Estos hallazgos tempranos ya advertían que la biodiversidad marina está bajo amenaza directa por la contaminación plástica.

Investigaciones posteriores han cuantificado el riesgo a escala de ecosistemas. Se evaluaron 84 especies de 6 clases taxonómicas diferentes en el Mediterráneo (teleosteos, crustáceos, mamíferos marinos, reptiles, cefalópodos) para estimar la probabilidad de ingerir microplásticos (Compa *et al.*, 2019). Los resultados confirmaron que la diversidad marina mediterránea se enfrenta a un riesgo elevado de exposición al plástico. Las especies costeras resultaron especialmente vulnerables, presentando mayor riesgo de ingestión que aquellas de mar abierto. Factores relacionados con el ciclo vital y la autoecología influyen en la exposición: las especies de mayor tamaño corporal y amplio rango de desplazamiento tienden a encuentros con microplásticos en distancias mayores, mientras que las especies de movimientos locales concentran la exposición cerca de sus áreas de campeo. Esta evaluación multi-específica permitió identificar zonas geográficas de riesgo tales como el Estrecho de Gibraltar, el santuario Pelagos (Mediterráneo noroccidental y costa norte de África), el mar Egeo y áreas del Mediterráneo oriental que mostraron las mayores concentraciones de especies en riesgo de ingerir plásticos (Compa *et al.*, 2019). El solapamiento espacial de las especies con densidades elevadas de microplásticos flotantes incrementan la probabilidad de interacción. Los datos evidencian un impacto generalizado sobre la biodiversidad, por la interacción de los plásticos con multitud de especies marinas filogenéticamente diversas, ya sea confundiénolos con alimento o quedando atrapados por enmallamiento o enredo, especialmente en poblaciones vulnerables. Varias especies marinas incluidas en listas rojas se ven afectadas por ingestión o enredo con plásticos, lo que plantea retos de conservación poblacional (Deudero & Alomar, 2015, Khun & van Franeker, 2020). Este panorama justifica la creciente preocupación científica y la necesidad de evaluar efectos a distintos niveles biológicos para valorar las consecuencias de los microplásticos en las redes tróficas marinas así como la selección adecuada de especies bioindicadoras (Fossi *et al.*, 2018; Rios-Fuster *et al.*, 2023a) y de la incidencia en áreas marinas protegidas (Soto-Navarro *et al.*, 2021; Compa *et al.*, 2023). Figura 18.

### **Daño físico y obstrucción gastrointestinal**

A nivel de organismo, la ingesta de microplásticos provoca una serie de efectos fisiológicos subletales. Los organismos marinos interactúan con los plásticos resultando en toxicidad química, daño físico y alteraciones biológicas. Se han documentado casos de abrasión interna y bloqueo intestinal causados por partículas de plástico, lesiones que pueden reducir la capacidad alimentaria y el fitness del individuo. La ingestión de



**Figura 18.** Fibras y microplásticos ingeridos en especies costeras de peces e invertebrados marinos. Fagiano *et al.*, 2023.

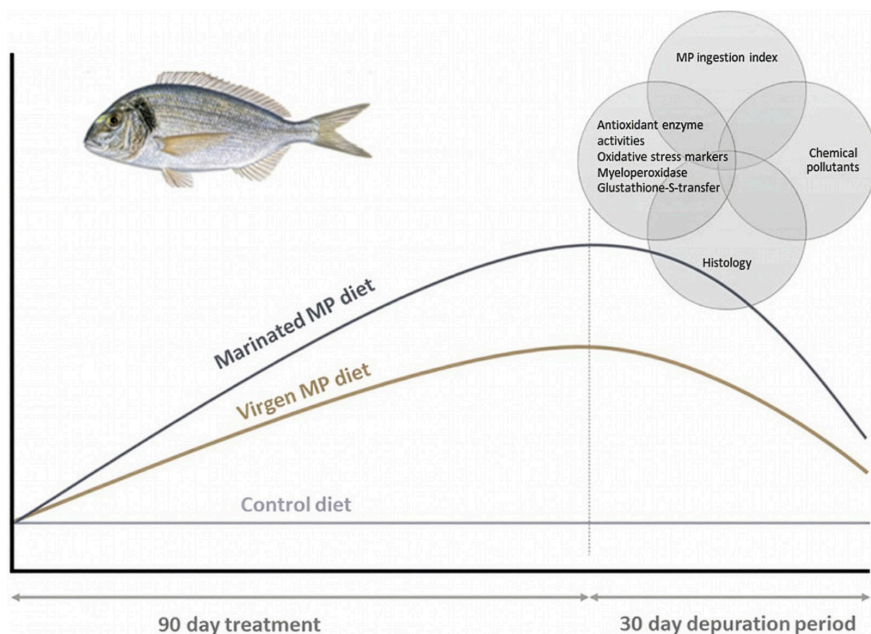
partículas plásticas puede ocasionar lesiones mecánicas. En organismos filtradores o detritívoros, los microplásticos se acumulan en los tractos digestivos e interfieren con la digestión. En bivalvos filtradores como mejillones y ostras, los microplásticos retenidos en el intestino causan irritación de la pared intestinal y pueden reducir la absorción de nutrientes. En peces provocan abrasiones internas o pequeñas obstrucciones intestinales. La exposición crónica a múltiples partículas a lo largo del tiempo incrementa la probabilidad de daños físicos acumulativos. Asimismo, la presencia continua de materiales no digeribles en el estómago puede generar falsa sensación de saciedad, reduciendo el apetito del animal y conduciendo a desnutrición.

### Estrés oxidativo y daño celular

Uno de los efectos fisiológicos más consistentes hallados en estudios experimentales es la activación de sistemas antioxidantes celulares para contrarrestar la inducción de estrés oxidativo. Cuando los tejidos vivos están expuestos a los microplásticos y a los contaminantes asociados, ya sea por contacto directo o tras la ingestión, se detecta un aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y radicales libres en las células. En un estudio con doradas *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) mantenidas en cautiverio, se suministró a los peces una dieta con adición de microplásticos durante varios meses para evaluar su reacción fisiológica. Los

resultados mostraron un aumento progresivo de la actividad de enzimas antioxidantes como la catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y glutatión peroxidasa en hígado, sangre y otros tejidos (Capó *et al.*, 2021a), demostrando daño celular por oxidación de lípidos y proteínas.

En invertebrados se han reportado hallazgos similares. En mejillones mediterráneos (*Mytilus galloprovincialis*) la exposición a microplásticos provocó un aumento en la actividad de enzimas antioxidantes en las branquias y otros tejidos, acompañado de evidencia de daño oxidativo. En el estudio experimental con mejillones en jaulas de acuicultura los mejillones expuestos en las jaulas ingirieron más microplásticos y mostraron niveles más altos de actividad en catalasa, SOD y glutatión reductasa en sus tejidos (Capó *et al.*, 2021a). A pesar de esta respuesta adaptativa, los mejillones presentaron indicadores de estrés fisiológico ya que sus tejidos exhibieron concentraciones mayores de MDA y otras señales de daño oxidativo irreparable, lo que sugiere que la elevación en las enzimas de defensa no es suficiente para contrarrestar el estrés causado por los microplásticos (Capó *et al.*, 2021a). En resumen, los microplásticos “estresan” a nivel celular a los organismos, provocando un estado similar al de una inflamación crónica o una exposición tóxica subletal. Figura 19.



**Figura 19.** Respuesta fisiológica de dorada (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) alimentados con dieta enriquecida con microplásticos de polietileno de baja densidad (tamaño 100 a 500  $\mu\text{M}$ ) aplicando marcadores de estrés oxidativo e inflamatorio en hígado (Capó *et al.*, 2021)

Estos efectos se han constatado en condiciones de laboratorio estrictamente controladas. En pruebas toxicológicas, la exposición forzada de peces a dietas enriquecidas con microplásticos puros, tanto vírgenes como previamente sumergidos en agua de mar, resultó en incremento de ROS en células hepáticas, activación de enzimas antioxidantes y signos de inflamación en el hígado, en comparación con un grupo control sin microplásticos (Capó *et al.*, 2021b). Esto sugiere que los daños inducidos por una exposición prolongada a microplásticos pueden tener efectos residuales a medio plazo, y que una vez superado cierto umbral, la homeostasis del organismo tarda en restablecerse o puede quedar permanentemente afectada.

### **Inflamación, respuestas inmunológicas y reproducción**

Los microplásticos pueden activar el sistema inmunitario. La presencia de microplásticos en contacto con tejidos induce reacciones inflamatorias localizadas: las células inmunitarias se infiltran para encapsular o digerir las partículas. En peces se registró un aumento en la actividad de la mieloperoxidasa, un enzima indicador de activación de leucocitos inflamatorios tras la dieta con microplásticos, indicando una reacción inflamatoria hepática (Capó *et al.*, 2021b). De forma similar, en estudios con invertebrados, como poliquetos marinos y crustáceos, la exposición a microplásticos elevó la producción de citoquinas proinflamatorias y la actividad fagocítica de células inmunes, con el consiguiente coste energético y de salud para el organismo. La inflamación crónica derivada de la exposición continuada a microplásticos podría lesionar tejidos y comprometer la función de órganos vitales. En bivalvos, se han observado granulomas (acúmulos de células inmunes) alrededor de fragmentos plásticos retenidos, lo que sugiere un intento del organismo de aislar el material extraño, a expensas de la formación de tejido cicatricial. Estas respuestas inflamatorias, si bien son defensivas, pueden causar estrés fisiológico adicional y dañar tejidos sanos.

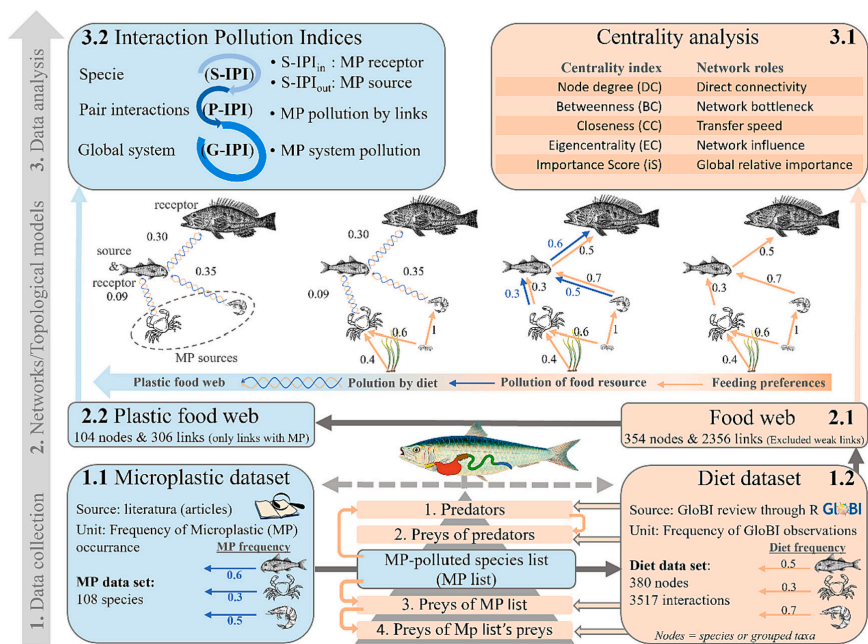
Todos los procesos descritos: daño físico, estrés oxidativo, inflamación y carga química pueden traducirse en alteraciones funcionales en los organismos afectados. En el plano fisiológico, la ingestión de microplásticos se ha asociado con una diversidad de alteraciones metabólicas que incluyen cambios en el metabolismo energético, reducción en la eficiencia digestiva y disfunción mitocondrial. Así, la inflamación intestinal y estrés oxidativo hepático podría mostrar reducción en la tasa de crecimiento, debido a la combinación de menor eficiencia alimentaria y gasto energético en

respuestas de estrés. De hecho, se han reportado disminución en la condición corporal (relación peso-talla) de peces expuestos a dietas con microplásticos. En invertebrados, se han observado reducciones en la filtración en bivalvos y en la movilidad o alimentación en organismos bentónicos expuestos a altos niveles de microplásticos en sedimento. El estudio del efecto de los microplásticos en la reproducción mediante investigaciones con organismos modelo han revelado que la exposición crónica a microplásticos en ostras puede reducir la producción de ovocitos y espermatozoides, posiblemente por estrés generalizado o por disrupción endocrina. Asimismo, el éxito de eclosión de embriones y la supervivencia de larvas se ve afectado en presencia de concentraciones elevadas de microplásticos. Se ha documentado que algunas especies presentan concentraciones elevadas de plastificantes en tejidos reproductivos y hepáticos, lo cual podría estar asociado con fenómenos de feminización, reducción de fertilidad o inmunosupresión crónica.

Conviene matizar que muchos de los efectos fisiológicos mencionados han sido documentados bajo condiciones experimentales controladas, con concentraciones de microplásticos más elevadas que las concentraciones ambientales, con el fin de detectar posibles impactos. Esto plantea la cuestión de la relevancia ecológica de estos hallazgos: ¿en qué medida sufren estrés y daño real los organismos en el océano debido a los microplásticos presentes? La evidencia de campo comienza a dar respuestas. La tolerancia a un cierto grado de estrés por microplásticos a nivel individual (vertebrados o invertebrados) difiere de la tolerancia a nivel poblacional, potencialmente comprometiendo la vitalidad poblacional a largo plazo. Este punto conduce a examinar cómo los microplásticos participan en las dinámicas de las redes tróficas y la bioacumulación, lo que se aborda en la próxima sección.

## **BIOACUMULACIÓN Y TRANSFERENCIA TRÓFICA**

Una de las dimensiones clave de la problemática de los microplásticos es su potencial para transferirse a lo largo de las cadenas alimentarias marinas. A diferencia de ciertos contaminantes químicos solubles que se biomagnifican claramente (aumentando su concentración en organismos de niveles tróficos superiores, como ocurre con el mercurio o los PCB), en el caso de los microplásticos el fenómeno es más complejo. Los microplásticos son objetos particulados que pueden ser excretados tras la ingestión, lo que limitaría su biomagnificación clásica. Sin embargo, existen varios mecanismos por los cuales los microplásticos y sus impactos pueden propagarse a través de las redes tróficas: la transferencia física de partículas de presa a depredador, la bioacumulación de partículas en organismos longevos que se alimentan crónicamente de fuentes contaminadas, y la transferencia de contaminantes químicos asociados a microplásticos a medida que éstos aumentan de nivel trófico. Numerosos estudios han documentado la presencia de microplásticos en especies de distintos niveles de la red trófica. En la naturaleza, esta transferencia se produce tanto por ingestión directa como a través del consumo de presas contaminadas, y puede estar acompañada por la liberación progresiva de aditivos y contaminantes adheridos, tales como plastificantes, retardantes de llama, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes, que se desorben en condiciones fisiológicas. Un caso ilustrativo es el de los peces mesopelágicos (como los mictófididos o peces linterna) que se alimentan en la superficie durante la noche y descienden durante el día. Estos peces presentan abundantes microplásticos en sus estómagos en zonas del giro subtropical del Pacífico Norte. A su vez, los peces mesopelágicos son presas de calamares y grandes peces pelágicos, bioacumulando así los microplásticos a niveles superiores de la cadena. El efecto de biomagnificación indirecta se da en depredadores de alto nivel trófico ya que concentran contaminantes que se han liberado de los microplásticos que han ingerido a lo largo de su ciclo vital. Se han hallado microfragmentos en hígado, músculo y circulación sanguínea de peces expuestos a microplásticos, lo que evidencia la translocación más allá del tracto digestivo y la infiltración en tejidos internos afectando a la salud del organismo a largo plazo. La mayoría de los estudios sugieren que no hay una biomagnificación neta significativa de las partículas a lo largo de los niveles tróficos puesto que se eliminan por la excreta, pero sí existe bioacumulación en organismos de vida larga y exposición recurrente. Existe un amplio margen de desarrollo en la aplicación de índices y redes topológicas para la evaluación de especies clave y las interacciones tróficas (Figura 20).



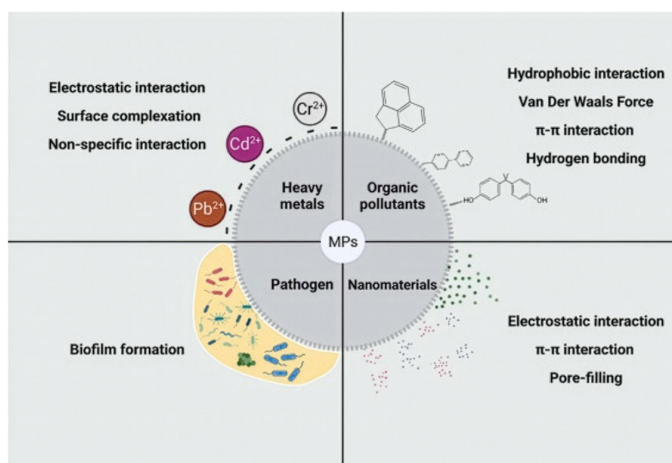
**Figura 20.** Análisis de redes tróficas e índices de contaminación por ingesta de plásticos e interacción entre especies (IPI). Las fuentes de microplásticos juegan funciones topológicas clave. Los IPI facilitan los estudios de bioacumulación y biomagnificación. Olmo-Gilabert *et al.*, 2024.

### Liberación de aditivos tóxicos y transferencia de contaminantes

El riesgo ecológico de los microplásticos está asociado a su doble vertiente: física y química. Más allá de los efectos físicos, los microplásticos también pueden actuar como vectores químicos. En su composición, los plásticos contienen monómeros residuales y aditivos químicos (plastificantes, retardantes de llama, colorantes, estabilizantes UV) que pueden lixiviar (liberarse) en el interior de los organismos tras la ingestión. Un claro ejemplo son los ftalatos y el bisfenol A, compuestos ampliamente utilizados como plastificantes, que pueden filtrarse de los plásticos. En el estudio con doradas de acuicultura se midió la bioacumulación de aditivos plásticos en el músculo evidenciando el aumento de las concentraciones de bisfenoles y ftalatos, indicando la migración de estos compuestos desde los microplásticos ingeridos hacia los tejidos del pez (Capó *et al.*, 2022). La presencia de plastificantes en los tejidos debe considerarse por las propiedades disruptoras endocrinas y tóxicas. Su acumulación podría interferir con funciones hormonales, reproductivas o de crecimiento en los organismos afectados, sumándose al estrés físico de las partículas. Así, los componentes químicos de los plásticos (adi-

tivos, monómeros) o los contaminantes orgánicos que éstos adsorben en el mar pueden generar efectos toxicológicos, incluyendo disrupción endocrina o incluso riesgos de carcinogénesis a largo plazo (Deudero & Alomar, 2015).

Por otro lado, los microplásticos en el ambiente actúan como sustrato que adsorben contaminantes orgánicos persistentes e incluso metales pesados presentes en el agua en el denominado efecto ‘caballo de Troya’ (Figura 21). Las sustancias tóxicas como los PCB, pesticidas organoclorados o hidrocarburos aromáticos policíclicos tienden a adherirse a las superficies plásticas hidrofóbicas. De esta manera, un microplástico en el océano puede llevar adherida una carga de contaminantes químicos mucho mayor que la del agua circundante (Capó *et al.*, 2021b; Capó *et al.*, 2022). Esto multiplica el impacto potencial, ya que el organismo lidia con el estrés mecánico de la partícula y con las toxinas añadidas. Los contaminantes se desorben dentro del tracto digestivo y pasan a los tejidos, un fenómeno conocido como transferencia trófica de contaminantes. La importancia de esta ruta (microplástico como vector vs. exposición directa por agua/alimento) se demuestra en ensayos controlados donde se ha detectado transferencia de compuestos orgánicos persistentes desde los microplásticos a los organismos. Los efectos de los aditivos plásticos y los lixiviados, como los liberados por partículas de desgaste de neumáticos, sobre la supervivencia, el crecimiento y la metamorfosis en organismos en la base de las redes tróficas se han observado en diversos taxones zooplanctónicos, con mayor intensidad en los estadios tempranos de desarrollo (Bournaka *et al.*, 2023; Gambardella *et al.*, 2024; Le Du-Carrée *et al.*, 2024; Moreira *et al.*, 2024).



**Figura 21.** Mecanismos de adsorción y principales formas de interacción de microplásticos con contaminantes ambientales (metales pesados, contaminantes orgánicos, patógenos y nanomateriales). Hu *et al.*, 2022

## **La perspectiva sanitaria: Efectos en salud humana**

La presencia de partículas de plástico en matrices biológicas, incluyendo tejidos de peces de interés comercial, invertebrados bentónicos, aves marinas, mamíferos superiores e incluso en placentas humanas, ha ampliado sustancialmente el perfil del plástico como contaminante transversal. Existe la preocupación colateral de la seguridad alimentaria, por la presencia de microplásticos en peces y moluscos de consumo. Su integración en redes tróficas, ciclos biogeoquímicos y procesos fisiológicos se ha documentado en múltiples estudios, revelando no solo la exposición directa de organismos, sino también su incorporación a rutas metabólicas y mecanismos celulares clave. Esto plantea interrogantes críticos sobre su toxicocinética, bioacumulación y efectos transgeneracionales, e inscribe el fenómeno en el centro de las preocupaciones contemporáneas de la salud pública, la ética ambiental y la bioseguridad planetaria y lo enmarca en el enfoque del One Health. Si bien los riesgos para la salud humana aún se investigan, este hecho conecta el problema ecológico con el socioeconómico.

Desde la perspectiva sanitaria, la exposición crónica y multifactorial a polímeros sintéticos y a los aditivos que estos incorporan incluidos ftalatos, bisfenoles, retardantes de llama bromados, alquilfenoles y metales pesados plantea una preocupación creciente. Aunque algunos de estos compuestos ya han sido clasificados como disruptores endocrinos, mutágenos o carcinógenos, los efectos acumulativos, las interacciones sinérgicas y la exposición combinada aún no están completamente caracterizados en términos toxicológicos. La evidencia emergente sugiere alteraciones en la función hormonal, inmunodepresión, inflamación crónica, disfunción metabólica y efectos transgeneracionales. Estas sustancias pueden ingresar al organismo a través de múltiples rutas: vía alimentaria, inhalatoria, dérmica o incluso placentaria, lo que amplifica su potencial de afectación a poblaciones vulnerables como niños, embarazadas y personas inmunodeprimidas.

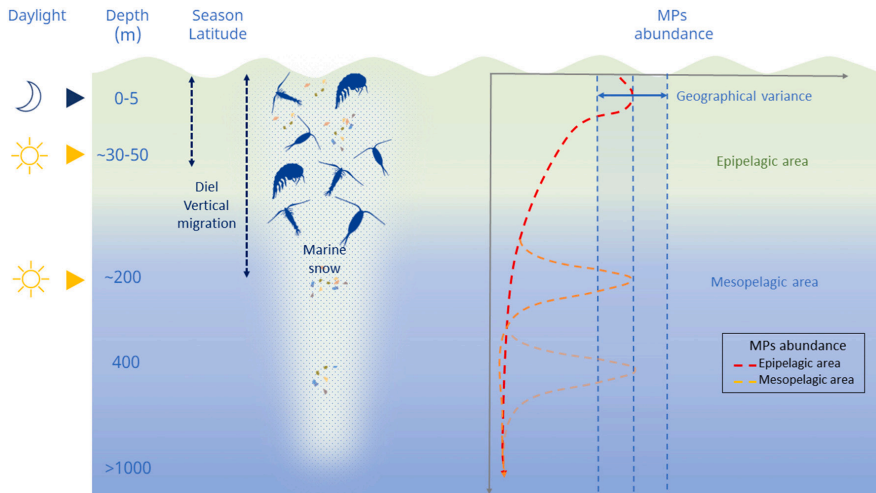
## **PLÁSTICOS, CICLOS PLANETARIOS Y CAMBIO GLOBAL**

La contaminación por plásticos se ha integrado progresivamente en los grandes ciclos biogeoquímicos que sustentan el funcionamiento del sistema Tierra, introduciendo alteraciones sistémicas que transforman las dinámicas naturales de los flujos de materia y energía. Su influencia sobre el ciclo del carbono es significativa, ya que los polímeros sintéticos constituyen una fuente antropogénica de carbono fósil no biodegradable, cuya incorporación a los ecosistemas naturales modifica procesos fundamentales a escala planetaria. Este carbono plástico, al incorporarse en sedimentos oceánicos, suelos agrícolas y sistemas acuáticos, altera la dinámica de secuestro de carbono y puede comprometer la eficacia de los sumideros naturales que moderan el cambio climático. En términos funcionales, los plásticos representan un tipo de carbono recalcitrante, altamente persistente, que no es fácilmente asimilado ni reciclado por las rutas biológicas convencionales.

Las consecuencias ecológicas de este fenómeno incluyen la posibilidad de superar umbrales críticos en ecosistemas vulnerables, alterando su capacidad de resiliencia y provocando cambios de estado difíciles de revertir. En contextos como el océano profundo o los hábitats polares, la acumulación de plásticos puede generar efectos de larga duración sobre la biodiversidad, la estructura trófica y las funciones ecosistémicas. A medida que aumenta la evidencia sobre la permanencia de los polímeros en los sedimentos y su incorporación a procesos biológicos, se refuerza la necesidad de considerar a los plásticos como elementos constituyentes del Antropoceno.

En el océano, los microplásticos suspendidos en la columna de agua interfieren de manera significativa con la eficiencia de la bomba biológica marina, un proceso esencial para la regulación del clima global. Esta bomba, responsable del transporte vertical de carbono orgánico particulado desde las capas superficiales hacia los fondos oceánicos, depende críticamente de la formación y hundimiento de agregados biogénicos. Esta interferencia se produce tanto por la alteración de la agregación de partículas como por la competencia con detritos naturales, y conlleva una reducción en el flujo de carbono hacia los fondos oceánicos, debilitando la función reguladora de los océanos sobre el clima global. Figura 22.

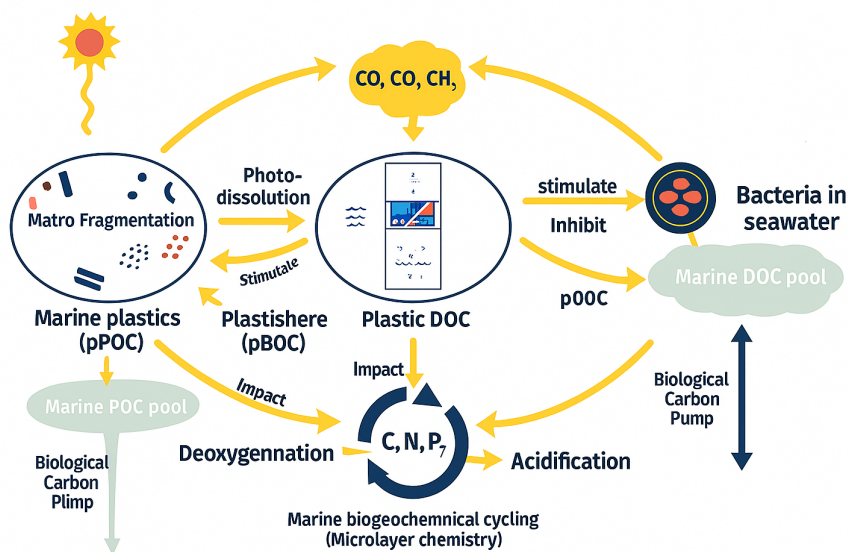
La presencia de partículas de plástico altera la agregación natural de fitoplancton, detritos orgánicos y minerales, modificando la densidad, estabilidad y tasa de sedimentación de estas partículas, lo que a su vez compromete el flujo vertical del carbono. Esta alteración disminuye la capacidad del



**Figura 22.** Esquema de la migración vertical diaria del zooplancton y su contribución a la distribución vertical de partículas de plástico. Alonso *et al.*, 2023

océano para secuestrar  $\text{CO}_2$  atmosférico, reduciendo su rol como sumidero climático en un momento crítico de aceleración del calentamiento global. Además, los microplásticos pueden adsorber nutrientes, compuestos orgánicos disueltos y metales traza, modificando la disponibilidad de estos recursos clave para las comunidades fitoplanctónicas.

Por otra parte, al flotar en la capa fótica y dispersarse en la columna de agua, los plásticos modifican la penetración de la luz solar, afectando la fotosíntesis primaria en organismos fotosintéticos. La atenuación de la luz, combinada con el sombreado generado por agregados plásticos y biofilms asociados, puede provocar reducciones localizadas de la producción primaria, especialmente en regiones costeras, zonas de afloramiento y plataformas continentales. Además, los plásticos actúan como sustrato para el crecimiento de organismos no fotosintéticos, que compiten con el fitoplancton por nutrientes limitantes como nitrógeno y fósforo, alterando la estructura y función de las comunidades microbianas y fitoplanctónicas. Estas interacciones generan un conjunto de perturbaciones ecológicas que pueden amplificarse a lo largo de la red trófica marina, afectando tanto la eficiencia energética como la estabilidad ecosistémica a gran escala. Estos impactos funcionales no solo reducen la capacidad del ecosistema para mantener procesos biogeoquímicos clave, sino que también disminuyen su resiliencia frente a perturbaciones externas como la acidificación oceánica o el calentamiento global. Figura 23.

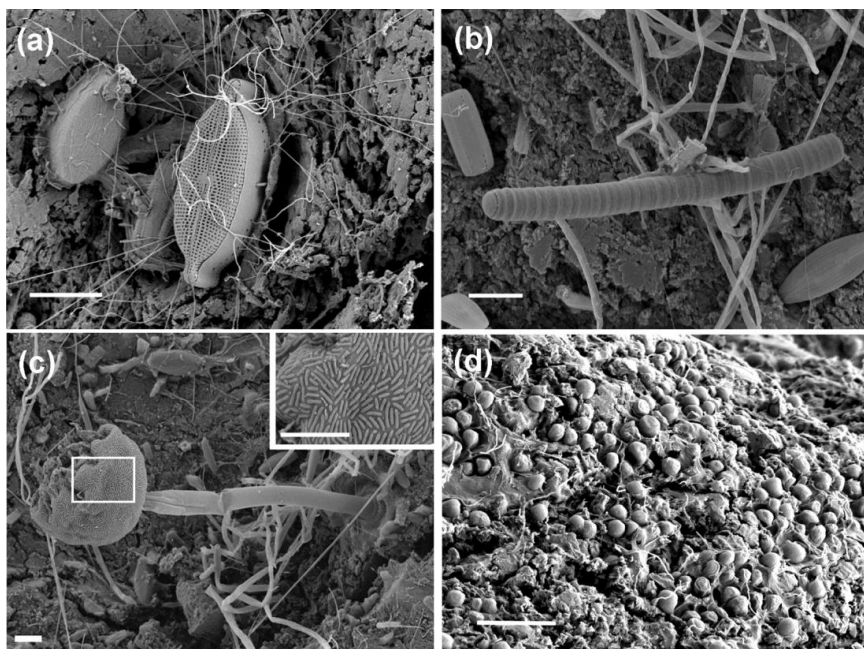


**Figura 23.** Esquema del reciclado, transformación e impactos del carbono plástico en sus diferentes formas (pPOC, pDOC, and pBOC) en los océanos.

Estudios recientes indican que el zooplankton puede contribuir al transporte vertical de microplásticos mediante la producción de pellets fecales y procesos tróficos asociados. Modelizaciones a escala global han estimado una exportación acumulada de 230.000-660.000 toneladas de microplásticos mediada por pellets fecales entre 1980 y 2010 (Kvale *et al.*, 2020), mientras que estimaciones regionales han cuantificado flujos del orden de  $\sim 270$  partículas  $m^{-3} \text{ día}^{-1}$  desde la superficie hacia capas más profundas, mediados por copépodos en el Canal de la Mancha (Fagiano *et al.*, 2025).

Asimismo, los plásticos actúan como vectores de dispersión de especies invasoras, patógenos y microorganismos resistentes, lo que contribuye a la desestabilización de comunidades biológicas y a la propagación de enfermedades. Además, amplifican los efectos de otros factores de estrés, como la sobrepesca y el cambio climático. Su ciclo de vida completo desde la extracción de materias primas hasta su desecho está asociado a emisiones significativas de gases de efecto invernadero, lo que refuerza su contribución al cambio climático (Ford *et al.*, 2022). De manera análoga a lo observado en el ciclo del carbono, los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y del fósforo también experimentan modificaciones inducidas por la presencia persistente y ubicua de partículas de plástico en los ecosistemas naturales.

Una de las vías más relevantes de interferencia es la formación de biofilms microbianos sobre la superficie de los plásticos, que actúan como nuevos microhábitats capaces de modificar las rutas tradicionales de transformación de nutrientes alterando los procesos de nitrificación, desnitrificación y mineralización, dando lugar a dinámicas microbianas distintas a las observadas en sustratos naturales. Figura 24.



**Figura 24.** Biofilms microbianos sobre la superficie de plásticos: plastisfera. Imágenes SEM de: (A) Diatomea pennada en MPs con posibles filamentos producidos por bacterias similares a *Hyphomonas*. (B) Cianobacterias filamentosas. (C) Ciliado depredador pedunculado en primer plano cubierto de bacterias ectosimbióticas (recuadro) junto con diatomeas, bacterias y células filamentosas. (D) Células microbianas en la superficie de los MPs. Hu *et al.*, 2022.

En síntesis, la integración de los plásticos en los ciclos planetarios debe ser entendida como una alteración estructural de la Tierra. Su ubicuidad, persistencia y capacidad para modificar los flujos de materia y energía obliga a repensar los modelos de funcionamiento del sistema Tierra e incorporar esta variable en los marcos conceptuales del cambio global. Desde esta perspectiva, la contaminación por plásticos es un fenómeno geológico y ecológico con capacidad de retroalimentar las crisis climática, ecológica y social del siglo XXI.

## **Dimensión social de la contaminación por plásticos**

En el plano social, la contaminación por plásticos representa una amenaza que compromete la salud humana, la viabilidad económica de sectores productivos que dependen del equilibrio ecológico y la integridad simbólica de los paisajes naturales y urbanos. A nivel simbólico y cultural, la omnipresencia de los plásticos en paisajes, desde playas y ríos hasta espacios urbanos y rurales, merma la noción de naturaleza intacta y plantea una disonancia al proyecto moderno de desarrollo. La naturaleza ubicua y persistente de estos contaminantes se convierte así en una metáfora de las contradicciones del modelo contemporáneo traducido en una economía basada en el descarte, una temporalidad acelerada y una desconexión creciente entre producción y sostenibilidad ecológica. Esto presenta desafíos normativos y éticos, ya que su regulación exige enfoques integrados de salud ambiental que superen las limitaciones de los marcos regulatorios actuales. Esta problemática va más allá de una deficiente gestión de residuos: revela una lógica de producción desconectada de los límites biofísicos del planeta.

En términos económicos, los impactos de la contaminación por plásticos se manifiestan tanto en pérdidas directas tales como la disminución del valor comercial de productos pesqueros contaminados, como en costes indirectos derivados del deterioro ambiental y la pérdida de servicios ecosistémicos. Sectores clave como la pesca artesanal, el turismo costero y la agricultura se ven afectados por la presencia de residuos en el entorno, que reducen la productividad y aumentan los costes de operación. Estos efectos son especialmente significativos en contextos vulnerables, donde la economía local depende estrechamente de la salud de los ecosistemas. Figura 25.

El impacto de los microplásticos en ecosistemas marinos es transversal alterando las funciones ecológicas y amenazando a las áreas protegidas, integrándose en las dinámicas ecológicas de forma persistente. Así, en áreas de interés pesquero o reservas pesqueras orientadas a conservar recursos explotables los microplásticos ingeridos por peces comerciales podrían tener repercusiones en la salud de los stocks (reduciendo su crecimiento o reproducción), influyendo en la pesca. Las comunidades costeras dependen de ecosistemas sanos, y la presencia ubicua de microplásticos presenta incertidumbre sobre la resiliencia de esos ecosistemas y la calidad de los servicios que nos proveen (pesca, turismo de naturaleza, protección costera, etc.). De hecho, esta influencia no se detiene ante las fronteras de las áreas protegidas ni distingue entre ecosistemas prístinos o degradados. A lo largo del discurso se ha demostrado que los microplásticos afectan a los organismos a escala individual y se transfieren por las redes tróficas, con consecuencias a escala de ecosistema mediante la alteración de las interacciones ecológicas,

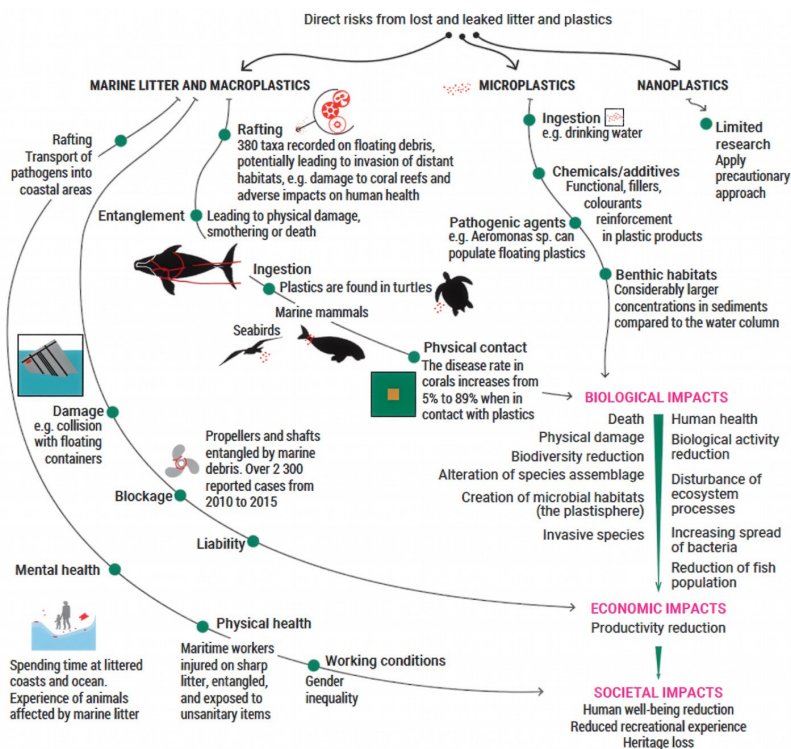


Figura 25. Impactos y riesgos de la contaminación por plásticos. UNEP 2025.

las funciones de los hábitats o los servicios ecosistémicos. En este sentido, es primordial discernir el efecto en reservas o áreas marinas protegidas. La evidencia científica sugiere que los microplásticos alteran la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos, y que las áreas marinas protegidas (AMP) no están exentas de esta forma de contaminación global.

Las presiones antropogénicas sobre los ecosistemas marinos y costeros comprometen seriamente la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Pese a avances regionales puntuales, el progreso global hacia el ODS 14 continúa siendo insuficiente en términos de escala e implementación efectiva (Andriamahefazafy *et al.*, 2022; UNEP, 2019). En particular, la meta 14.1 plantea la necesidad de prevenir y reducir significativamente la contaminación marina para 2025, incluyendo los residuos sólidos y la eutrofización por nutrientes. No obstante, las proyecciones actuales advierten que, de no adoptarse medidas drásticas, el volumen de plásticos que ingresan al océano podría duplicarse o incluso triplicarse para 2040 (UN DESA, 2022), lo que representa un serio obstáculo para el cumplimiento de esta meta internacional.

## **LA CIENCIA ANTE EL RETO DE PROTEGER LA BIODIVERSIDAD MARINA**

Como investigadora comprometida con la sostenibilidad marina, este ingreso en la Real Academia de Ciencias representa una oportunidad para reforzar el vínculo entre ciencia y sociedad, entre conocimiento y acción. Ante una crisis ambiental que se manifiesta a múltiples escalas, la ciencia debe ejercer un papel de anticipación, orientación y responsabilidad colectiva. La historia del plástico es, en última instancia, una historia sobre los límites del planeta y sobre nuestra capacidad o incapacidad para habitarlo de forma ética y sostenible.

En este discurso he abordado la contaminación por plásticos y su impacto en la biodiversidad marina desde diferentes escalas: global y local, física y biológica, individual y ecosistémica. La omnipresencia de estas partículas en mares y océanos está vinculada al crecimiento sostenido en el uso y producción de plásticos, alcanzando incluso ecosistemas remotos y espacios protegidos. Se ha detallado su distribución, fuentes y vías de deposición en distintos hábitats, desde la superficie hasta los fondos marinos.

Se han analizado sus efectos en los organismos: daños celulares y fisiológicos que afectan desde mejillones hasta peces, así como la transferencia de microplásticos a través de las redes tróficas, generando nuevos factores de alteración ecológica. Se ha evidenciado que incluso los ecosistemas bajo protección estricta no están exentos de esta amenaza difusa, que actúa en sinergia con otros estresores ambientales.

Con este discurso, he querido subrayar la urgencia del problema de los plásticos y la necesidad de fortalecer el conocimiento científico frente a una crisis ambiental de gran envergadura. Los océanos, que cubren más del 70% del planeta, son esenciales para el equilibrio del sistema Tierra. La contaminación por plásticos exige un enfoque multidisciplinar. Los microplásticos, como nuevo componente del ecosistema global, están alterando las interacciones entre especies y su entorno. El conocimiento científico es esencial para enfrentar esta problemática y contribuir a mitigar la crisis ambiental asociada.

He ofrecido una visión basada en evidencias científicas actuales, matizada por mi experiencia en investigaciones en el mar y laboratorio. La ciencia ha revelado la magnitud del problema, y debe ser esta misma ciencia, fortalecida por la cooperación internacional y la dedicación de investigadores, la que continuará construyendo el conocimiento necesario para preservar la integridad de los ecosistemas marinos.

Como científica y miembro de esta Academia, reafirmo mi compromiso de seguir desarrollando investigaciones que permitan comprender los impactos de los microplásticos y proponer soluciones prácticas y efectivas para reducir su presencia en el medio marino. La Real Academia de Ciencias no solo representa un reconocimiento, sino una plataforma privilegiada para divulgar estos conocimientos y amplificar el llamado a la acción ante una de las amenazas más graves que enfrentan nuestros océanos.

En nombre de todos los colaboradores, mentores y coautores cuyos hallazgos he citado y a quienes agradezco profundamente, y con la motivación que conlleva ingresar en esta ilustre institución, reitero mi compromiso con la investigación científica al servicio del conocimiento y de la conservación marina. Muchas gracias.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agamuthu P, Mehran SB, Norkhairah A, Norkhairiyah A. 2019. Marine debris: A review of impacts and global initiatives. *Waste Manag Res* 37(10):987-1002. doi: 10.1177/0734242X19845041. Epub 2019 May 14. PMID: 31084415.
2. Alomar, C., Rios-Fuster, B., Cefali, M. E., Fagiano, V., & Deudero, S. 2024. Monitoring microplastics in coastal waters of a biosphere reserve: a case study in Menorca (Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 31:882–894. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31061-y>
3. Alfonso MB, Lindsay DJ, Arias AH, Nakano H, Jandang S, Isobe A, 2023. Zooplankton as a suitable tool for microplastic research, *Science of The Total Environment*, 905, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167329>.
4. Andriamahefazafy, M., Touron-Gardic, G., March, A., Hosch, G., Palomares, M. & Failler, P. 2022. Sustainable development goal 14: To what degree have we achieved the 2020 targets for our oceans? *Ocean & Coastal Management*, 227, 106273. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106273>.
5. Bournaka, E., Almeda, R., Koski, M., Page, T.S., Mejlholm, R.E.A., Nielsen, T.G., 2023. Lethal effect of leachates from tyre wear particles on marine copepods. *Mar Environ Res* 191, 106163. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.106163>
6. Calleja-Setién, E., Rios-Fuster, B., Alomar, C., Fagiano, V., Sánchez-García, N., Bernal-Mondejar, I., & Deudero, S. (2025). Floating microplastics along the western Mediterranean Sea: Are we reaching a “Good Environmental Status” or drifting away?. *Marine Pollution Bulletin*, 211, 117372. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117372>.
7. Capó, X., Rubio, M., Solomando, A., Alomar, C., Compa, M., Sureda, A., & Deudero, S. 2021a. Microplastic ingestion and enzymatic responses in *Mytilus galloprovincialis* reared at the vicinities of an aquaculture station. *Chemosphere*, 280, 130575. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130575>
8. Capó, X., Company, J.J., Alomar, C., Compa, M., Sureda, A., Grau, A., Hansjosten, B., López-Vázquez, J., Quintana, JB., Rodil, R., & Deudero,

S. 2021b. Long-term exposure to virgin and seawater exposed microplastic enriched-diet causes liver oxidative stress and inflammation in gilthead seabream *Sparus aurata*, Linnaeus 1758. *Science of The Total Environment*, 767, 144976. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.144976>

9. Capó, X., Alomar, C., Compa, M., Sole, M., Sanahuja, I., Rojas, D. L., Paniagua González G., Garcinuno-Martínez, R.M., & Deudero, S. 2022. Quantification of differential tissue biomarker responses to microplastic ingestion and plasticizer bioaccumulation in aquaculture reared sea bream *Sparus aurata*. *Environmental Research*, 211, 113063. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113063>

10. Carpenter, E.J., and K.L. Smith. 1972. Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science* 175(4027): 1,240–1,241, <https://doi.org/10.1126/science.175.4027.1240>.

11. Carpenter, E.J., Anderson S.J., Harvey G.R., Miklas H.P., Peck. BB 1972. Polystyrene spherules in coastal waters. *Science* 178(4062):749–750, <https://doi.org/10.1126/science.178.4062.749>.

12. Choy, C. A., Robinson, B. H., Gagne, T. O., Erwin, B., Firl, E., Halden, R. U., Hamilton, J. A., Katija, K., Lisin, S. E. & Rolsky, C. 2019. The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific reports*, 9, 7843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2>.

13. Compa, M., Alomar, C., Wilcox, C., van Sebille, E., Lebreton, L., Hardesty, B. D., & Deudero, S. 2019. Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment*, 678, 188-196. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.355>

14. Compa, M., Alomar, C., López Cortès, M. F., Rios-Fuster, B., Morató, M., Capó, X., Fagiano, V & Deudero, S. 2022. Multispecies Assessment of Anthropogenic Particle Ingestion in a Marine Protected Area. *Biology*, 11(10), 1375. <https://doi.org/10.3390/biology11101375>

15. Compa, M., Alomar, C., & Deudero, S. 2023. Mapping microplastic overlap between marine compartments and biodiversity in a Mediterranean marine protected area. *Science of The Total Environment*, 892, 164584. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164584>

16. Deudero, S., & Alomar, C. 2015. Mediterranean marine biodiversity under threat: reviewing influence of marine litter on species. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 98 (1–2), 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.012>
17. Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, 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, e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>.
18. Eriksen M, Cowger W, Erdle LM, Coffin S, Villarrubia-Gómez P, Moore CJ, *et al.* (2023) A growing plastic smog, now estimated to be over 170 trillion plastic particles afloat in the world's oceans-Urgent solutions required. *PLoS ONE* 18(3): e0281596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281596>
19. Fagiano, V., Compa, M., Alomar, C., Rios-Fuster, B., Morató, M., Capó, X., & Deudero, S. 2023. Breaking the paradigm: Marine sediments hold two-fold microplastics than sea surface waters and are dominated by fibers. *Science of The Total Environment*, 858, 159722. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159722>
20. Fagiano, V., Compa, M., Alomar, C. & Deudero, S., 2024. Global Meta-Analysis and Review of Microplastic in Marine Copepods. *Environmental Pollution*, 351, 124092. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124092>
21. Fagiano, V., Cole, M., Coppock, R. L., & Lindeque, P. K. (2025). Real-time visualization reveals copepod mediated microplastic flux. *Journal of Hazardous Materials*, 140551.
22. Ford, H. V., Jones, N. H., Davies, A. J., Godley, B. J., Jambeck, J. R., Napper, I. E., Suckling, C. C., Williams, G. J., Woodall, L. C. & Koldewey, H. J. 2022. The fundamental links between climate change and marine plastic pollution. *Science of the Total Environment*, 806, 150392. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>.
23. Fossi, M.C., Pedà, C., Compa, M., Tsangaris, C., Alomar, C., Claro, F., Ioakeimidis, C., Galgani, F., Hema, T., Deudero, S., Romeo, T., Battaglia, P., Andaloro, F., Caliani, I., Casini, S., & Panti, C. 2018. Bioindicators for monitoring marine litter ingestion and its impacts on Mediterranean biodiversity. *Environmental Pollution*, 237, 1023-1040 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.019>

24. Gambardella, C., Miroglio, R., Costa, E., Cachot, J., Morin, B., Clérandeau, C., Rotander, A., Rocco, K., d'Errico, G., Almeda, R., Alonso, O., Grau, E., Piazza, V., Pittura, L., Benedetti, M., Regoli, F., Faimali, M., Garaventa, F., 2024. New insights into the impact of leachates from in-field collected plastics on aquatic invertebrates and vertebrates. *Environ Pollut.* 355, 124233. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124233>
25. Geyer, R., Jambeck, J. R. & Law, K. L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, 3, e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
26. Hu L., Zhao Y., Xu H., 2022. Trojan horse in the intestine: A review on the biotoxicity of microplastics combined environmental contaminants, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 439, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129652>.
27. Isobe, A. & Iwasaki, S. 2022. The fate of missing ocean plastics: Are they just a marine environmental problem? *Science of the Total Environment*, 825, 153935. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153935>
28. IUCN. 2022. Issues Brief: Post-2020 global biodiversity framework [Online]. Online. Available: <https://www.iucn.org/resources/issues-brief/post-2020-global-biodiversity-framework>
29. Kane I.A., Clare M.A., Miramontes E., Wogelius R., Rothwell J.J., Garreau P., Pohl F., 2020. Seafloor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation. *Science* 368, 1140-1145
30. Kvale, K.F., Prowe, A.E., Oschlies, A., 2020. A Critical Examination of the Role of Marine Snow and Zooplankton Fecal Pellets in Removing Ocean Surface Microplastic. *Front Mar Sci* 6, 493848. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00808>
31. Kuhn S. & van Franeker J.A., 2020. Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna. *Mar Pollut Bull* 151, 110858
32. Law, K.L., S. Morét-Ferguson, N.A. Maximenko, G. Proskurowski, E.E. Peacock, J. Hafner, and C.M. Reddy. 2010. Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science* 329(5996):1,185–1,188, <https://doi.org/10.1126/science.1192321>.

33. Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthose, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A. & Levivier, A. 2018. Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific reports*, 8, 1-15.
34. Le Du-Carrée, J., Palacios, C.K., Rotander, A., Larsson, M., Alijagic, A., Kotlyar, O., Engwall, M., Sjöberg, V., Keiter, S.H., Almeda, R., 2024. Cocktail effects of tire wear particles leachates on diverse biological models: A multilevel analysis. *J Hazard Mater* 471, 134401. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134401>
35. Li J, Lusher AL, Rotchell JM, Deudero S, Turra A, Bråte ILN, Sun C, Hossain MS, Li Q, Kolandhasamy P, Shi H, 2019. Using mussel as a global bioindicator of coastal microplastic pollution. *Environmental Pollution*, 244, 522-533. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.032>.
36. MacLeod, M., Arp H. P., Tekman, M. B., Jahnke, A., 2021. The global threat from plastic pollution. *Science*. 373. 61. [10.1126/science.abg5433](https://doi.org/10.1126/science.abg5433).
37. Marmara D, Katsanevakis S, Brundo M-V, Tiralongo F, Ignoto S and Krasakopoulou E., 2023. Microplastics ingestion by marine fauna with a particular focus on commercial species: a systematic review. *Front. Mar. Sci.* 10:1240969. doi: 10.3389/fmars.2023.1240969
38. Monteiro R, Andrades R, Noleto-Filho E, Pegado T, Morais L, Gonçalves M, Santos R, Sbrana A, Franceschini S, Soares MO, Russo T, Giarrizzo T, 2022. GLOVE: The Global Plastic Ingestion Initiative for a cleaner world, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 185, Part A, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114244>.
39. Moore, C.J., S.L. Moore, M.K. Leecaster, and S.B. Weisberg. 2001. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific central gyre. *Marine Pollution Bulletin* 42(12): 1,297–1,300, [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(01\)00114-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(01)00114-X).
40. Moreira, W., Alonso, O., Paule, A., Martínez, I., Le Du-Carrée, J., Almeda, R., 2024. Life stage-specific effects of tire particle leachates on the cosmopolitan planktonic copepod *Acartia tonsa*. *Environ Pollut.* 343, 123256. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123256>

41. Olmo-Gilabert, R., Fagiano, V., Alomar, C., Rios-Fuster, B., Compa, M., & Deudero, S. 2024. Plastic webs, the new food: Dynamics of microplastics in a Mediterranean food web, key species as pollution sources and receptors. *Science of The Total Environment*, 918, 170719. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170719>
42. Ostle C., Thompson R.C., Broughton D., Gregory L., Wootton M., Johns D.G., 2019. The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications* 10, 1622
43. Pabortsava, K. & Lampitt, R. S. 2020. High concentrations of plastic hidden beneath the surface of the Atlantic Ocean. *Nature communications*, 11, 4073. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17932-9>.
44. Pecl, G. T., Alexander, K. A., Melbourne-Thomas, J., Novaglio, C., Villanueva, C. & Nash, K. L. 2022. Future Seas 2030: pathways to sustainability for the UN Ocean Decade and beyond. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32, 1-7. <https://doi.org/10.1007/s11160-022-09705-y>.
45. Rios-Fuster, B., Arechavala-Lopez, P., García-Marcos, K., Alomar, C., Compa, M., Álvarez, E., Julià, M.M., Solomando, A., Sureda, A., & Deudero, S. 2021. Experimental evidence of physiological and behavioral effects of microplastics ingestion in *Sparus aurata*. *Aquatic Toxicology*, 231, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105737>
46. Rios-Fuster, B., Alomar, C., & Deudero, S. 2023a. Elucidating the consequences of the co-exposure of microplastics jointly to other pollutants in bivalves: A review. *Environmental Research*, 216, 114560. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114560>
47. Rios-Fuster, B., Compa, M., Alomar, C., Morató, M., Ryfer, D., Villalonga, M., & Deudero, S. 2023b. Are seafloor habitats influencing the distribution of microplastics in coastal sediments of a Marine Protected Area? *Environmental Science and Pollution Research*, 30:49875–49888. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25536-1>
48. Sánchez-García, N., Alomar, C., Rios-Fuster, B., Vazquez-Bonales, J. A., Calleja-Setien, E., Ventero, A., Iglesias, M., & Deudero, S. (2024). Identifying macrofloating debris hotspots in the Mediterranean Sea applying multiplatform methodologies. *Science of the Total Environment*, 955, 176860. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176860>.

49. SAPEA 2019. A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society. <https://www.sapea.info/wp-content/uploads/report.pdf>
50. Savoca, MS, 2025. Revealing the risk of macroplastic ingestion to marine wildlife, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 122 (51) e2529117122, <https://doi.org/10.1073/pnas.2529117122>
51. Scientists' Coalition for an Effective Plastics Treaty, 2024. Primary Plastic Polymers: urgently needed Upstream Reduction. DOI: 10.5281/zenodo.10906376
52. Soto-Navarro, J., Jordá, G., Compa, M., Alomar, C., Fossi, M. C., & Deudero, S. 2021. Impact of the marine litter pollution on the Mediterranean biodiversity: A risk assessment study with focus on the marine protected areas. *Marine Pollution Bulletin*, 165, 112169. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112169>
53. Suaria, G. (2024). The occurrence of natural and synthetic fibers in the marine environment. In *Microfibre Pollution from Textiles* (pp. 245-262). CRC Press.
54. Tekman M.B, Wekerle C., Lorenz C., Primpke S., Hasemann C., Gerds G., Bergmann M., 2020. Tying up Loose Ends of Microplastic Pollution in the Arctic: Distribution from the Sea Surface through the Water Column to Deep-Sea Sediments at the HAUSGARTEN Observatory. *Environ Sci Technol* 54, 4079-4090.
55. Thompson, R.C., Y. Olsen, R.P. Mitchell, A. Davis, S.J. Rowland, A. W. John, D. McGonigle, and A.E. Russell. 2004. Lost at sea: Where is all the plastic? *Science* 304(5672):838, <https://doi.org/10.1126/science.1094559>.
56. Thompson RC, Courtene-Jones W, Boucher J, Pahl S, Raubenheimer K, Koelmans AA, 2024. Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned? *Science* doi:10.1126/science.adl2746
57. UN DESA 2022. The Sustainable Development Goals Report 2022 - July 2022. New York, USA: UN DESA. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/>.
58. UNEP 2009. Marine Litter: A Global Challenge. Nairobi: UNEP. <https://www.unep.org/resources/report/marine-litter-global-challenge>

59. UNEP 2019. Global Environment Outlook - GEO-6: Healthy Planet, Healthy People. <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>.
60. UNEP 2021. From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36963/POLSOL.pdf>
61. UNEP United Nations Environment Programme 2025. Global Environment Outlook 7: A future we choose – Why investing in Earth now can lead to a trillion-dollar benefit for all. Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/49014>
62. van Sebille, E. Aliani, S. Law, K. L. Maximenko, N. J. M. Alsina, A. Bagaev, M. Bergmann, B. Chapron, I. Chubarenko, A. Cózar, P. Delandmeter, M. Egger, B. Fox-Kemper, S. P. Garaba, L. Goddijn-Murphy, B. D. Hardesty, M. J. Hoffman, A. Isobe, C. E. Jongedijk, M. L. A. Kaandorp, L. Khatmullina, A. A. Koelmans, T. Kukulka, C. Laufkötter, L. Lebreton, D. Lobelle, C. Maes, V. Martinez-Vicente, M. A. Morales Maqueda, M. Poulain-Zarcos, E. Rodríguez, P. G. Ryan, A. L. Shanks, W. J. Shim, G. Suaria, M. Thiel, T. S. van den Bremer, D. Wichmann, 2020. The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters* 15 (2), 023003 . <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>
63. Zalasiewicz, J., C.N. Waters, J.A.I. do Sul, P.L. Corcoran, A.D. Barnosky, A. Cearreta, M. Edgeworth, A. Galuszka, C. Jeandel, R. Leinfelder, and J.R. McNeill. 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene* 13:4–17, <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>
64. Zhu, X. 2021. The plastic cycle—an unknown branch of the carbon cycle. *Frontiers in Marine Science*, 7, 609243.
65. Zhao S, Kvale K, Zhu L, Zettler E, Egger M, Mincer T, Amaral-Zettler L, Lebreton L, Niemann H, Nakajima R, Thiel M, Bos R, Galgani L, Stubbins A, 2025. The distribution of subsurface microplastics in the ocean. *Nature*. 641. 51-61. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08818-1>
66. Zhou C, Bi R, Su C, Liu W, Wang T, 2022. The emerging issue of microplastics in marine environment: A bibliometric analysis from 2004 to 2020, *Marine Pollution Bulletin*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113712>.

**CONTESTACIÓN  
DEL  
EXCMO. SR. D. MIGUEL DELIBES DE CASTRO**

Excma. Sra. Presidenta de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España, excelentísimas y excelentísimos miembros de la Academia, Autoridades, Profesora Salud Deudero Company, familiares y amigos de la profesora Deudero, señoras y señores, amigos todos:

Agradezco a la Presidenta de la Academia que me haya designado para replicar, en nombre de la Corporación, al discurso de recepción de la Excelentísima Sra. Doña Salud Deudero Company. Es un honor y una satisfacción, pues me ofrece la oportunidad, tal como demanda el Reglamento, de “reconocer y enmarcar”, por un lado, los méritos de una colega a quien aprecio y admiro, pero por otro, también, de reflexionar públicamente sobre algunos aspectos de su discurso que me parecen muy relevantes.

Con la profesora Deudero irrumpen hoy en esta casa no solo una destacada mujer científica, sino también el archipiélago de las Baleares y el mar Mediterráneo y, de su mano, el conjunto de los océanos del mundo. Todo el mar, o toda la mar, pues, como saben, mar es una vieja palabra latina que se puede, y se debe, usar fluidamente tanto en masculino como en femenino. La doctora Deudero procede de una familia de marinos donde, a no dudar, como ocurre entre muchas gentes de sus islas, se emplea a menudo la expresión “la mar”, un femenino que denota sutilmente la estrechez del vínculo con ese medio, un cariño intenso y una particular capacidad de evocación.

Ingresa hoy en esta Real Academia una mujer, decía, lo que afortunadamente es cada vez más frecuente (ella va a ser la sexta académica numeraria en activo en la Sección de Naturales), pero no lo ha sido siempre. En alguna ocasión, la profesora Deudero se ha referido a los “techos de cristal” que dificultan la promoción de las mujeres. En esta Real Academia nos felicitamos al recibirla hoy, sabiendo que, aunque por el momento seamos más hombres que mujeres, de ninguna manera se sentirá sola aquí.

La doctora Salud Deudero nació en Palma de Mallorca en 1968. De familia con una doble vertiente: marinera y artística, creció a la vera del Mediterráneo, prendándose de su luz, su olor, su azul y los innumerables y misteriosos inquilinos de sus radas y praderas submarinas. Desde niña supo que quería dedicarse al mar, y encontró muchas formas de hacerlo. El poeta Pablo Neruda dejó escrito: “Necesito del mar porque me enseña:/no sé si aprendo música o conciencia”. La joven Salud se esforzaba por recono-

cer cuanto muestra el Mediterráneo, lo que implicaba tanto deleitarse con sus calas y sus aguas como tomar conciencia de su fragilidad, y a raíz de ello, defenderlo. Experta navegante, llegó a formar parte del equipo preolímpico de vela en la clase 470, una embarcación cuyo gobierno requiere particular destreza. Pero la dedicación al deporte de élite requiere mucha dedicación, así que renunció a ese camino ilusionante para finalizar la licenciatura en Biología. Lo hizo en la Universidad de Barcelona en 1991 y a continuación, durante dos años, realizó un máster en Biología Marina en la Universidad Libre de Bruselas. De regreso a las islas llevó a cabo cursos universitarios sobre sistemas de información geográfica y aspectos jurídicos y ambientales, tentada por la idea de mejorar el mundo a través del activismo, de la acción directa, trabajando para ONGs de carácter ambiental. Apasionada por la navegación, cursó estudios de patrón profesional y dudó si dedicarse profesionalmente a la mar, aunque finalmente decidió capitanear su vida hacia el estudio de los mares y su conservación.

Escribiendo estas líneas he recordado una intervención hace pocos meses del Profesor Mas-Colell en esta misma Real Academia. Con gracia, vino a decirnos, más o menos, que la mayoría de los grandes investigadores hacen muy bien su trabajo, pero son inútiles para otra cosa. No es una afirmación demasiado original, por otro lado, pues siempre se ha hablado del despiste de los científicos. La propia Emma, esposa de Charles Darwin, reprendía cariñosamente a su marido: “Tu mente y tu tiempo están llenos de los asuntos y pensamientos más interesantes y absorbentes... pero eso te dificulta prestar atención a las cuestiones que no tienen relación con lo que estudias”. Hemos oído de muchos grandes investigadores que desde niños eran capaces de resolver complicados problemas matemáticos, montaban laboratorios de química en su casa o coleccionaban mariposas. Tal vez es que no valían (o no valíamos) para otra cosa, y por ello no tuvieron que escoger. Me parece meritorio que la profesora Deudero, que pudo llegar a ser una capitana, una deportista de renombre o una reputada activista social, ingrese hoy en esta casa como distinguida científica porque en su día, entre varias opciones, optó por este camino (se cuenta, dicho sea entre paréntesis, que el físico danés Niels Bohr fue en su juventud un notable portero de fútbol... que en cierto momento se olvidó de parar el balón porque estaba repasando los cálculos que había anotado en un poste de su portería).

Pero decía que con la Dra. Salud Deudero llegan a esta Academia el Mediterráneo y toda la mar, lo que no es poco decir. Como ella misma ha contado en su discurso, el océano ocupa el 70% de la superficie terrestre y es, con diferencia, la parcela más inexplorada del planeta. Con profundidades

que alcanzan los 11.000 metros, contiene por encima de 2.000 millones de kilómetros cúbicos de agua. No hace mucho leí, y me impresionó vivamente, que varios cientos de seres humanos suben cada año al Everest, la mayor altura de la Tierra, casi ochocientas personas han viajado al espacio y doce han pisado la Luna, pero hasta 2019 tan solo tres habían visitado el fondo de la Fosa de las Marianas, el lugar más profundo del lecho marino (desde entonces lo han hecho varias decenas más). Algunos de los descubrimientos más notables sobre la naturaleza y el funcionamiento del Sistema Tierra se han realizado en el océano en el último medio siglo. En los últimos lustros hemos sabido que el océano profundo, el hábitat más extenso de la biosfera, está dominado por arqueas, el dominio de la vida descubierto por Carl Woese en 1977. En 1985 se identificó por primera vez la cianobacteria *Prochlorococcus*, el organismo más pequeño conocido (y seguramente el más abundante en la Tierra), responsable del 30% de la actividad fotosintética en el mar. Los ecosistemas quimiosintéticos asociados a las fumarolas geotermales del fondo del océano fueron descubiertos en 1997. Hasta 2005 no logró fotografiarse un calamar gigante vivo, uno de los mayores animales del planeta... La investigación del mar constituye un desafío plenamente vigente para la ciencia del siglo XXI que sin duda merecía estar representada en esta Academia de Ciencias de España. Celebramos saldar hoy ese descubierto.

La profesora Deudero defendió su tesis doctoral, becada por el CSIC y dirigida por la Dra. Beatriz Morales Nin, en la Universidad de las Islas Baleares, en 1999. Versó sobre “Relaciones tróficas en las comunidades ícticas asociadas a dispositivos agregadores de peces”, y marcó su interés por las redes tróficas y la ecología de comunidades marinas. Por cierto, quizá alguno de ustedes se pregunte que son esos “dispositivos agregadores de peces”, que internacionalmente llaman FADs (fish aggregating devices); se trata de objetos flotantes, anclados o a la deriva, colocados en mar abierto para atraer peces, que se concentran bajo ellos, haciendo más sencilla la pesca comercial; una revisión reciente estimaba que en los últimos 30 años se han colocado cada año unos 60.000 de estos dispositivos en el Mediterráneo, especialmente en Sicilia, Túnez, Malta y Mallorca.

Antes de terminar la tesis doctoral, la profesora Deudero investigó durante un año para su tesis de maestría en el Instituto de Zoología de la Universidad de Gante, en Bélgica, sobre las comunidades meiobentónicas, evaluando los efectos de la contaminación costera en copépodos, nematodos y otros invertebrados marinos. Mientras hacía el doctorado en el CSIC, publicaba artículos sobre peces poco conocidos desde el punto de vista

científico en el Mediterráneo Occidental, incluido el pez piloto (*Naucrates ductor*), que los griegos llamaron así porque pensaban que guiaba a sus barcos de regreso a casa, o la llampuga (*Coryphaena hippurus*), también llamada dorado o pez limón. Algunos de sus artículos de aquella época ya se refieren al efecto de la protección, o la falta de ella, sobre la abundancia poblacional de ciertas especies ícticas de interés pesquero. Realizó más tarde una prolongada estancia postdoctoral con una beca del Ministerio en el departamento de Marine Sciences de la Universidad de Newcastle, en el Reino Unido, donde trabajó sobre el efecto de la pesca de arrastre en las comunidades bentónicas, y estancias postdoctorales más breves en el Centro de Estudios del Mar de la Universidad Federal de Paraná, en Brasil, estudiando distintos aspectos de ecología litoral y arrecifes artificiales, y en la Universidad de Florencia, en Italia, sobre dinámica de decápodos y especies invasoras.

Durante su estancia en Newcastle se formó con el Dr. Polunin en la utilización de isótopos estables para investigar sobre la ecología de poblaciones y comunidades y las relaciones interespecíficas. Ello le permitiría unos años después abrir una línea de investigación en el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), centro del CSIC, así como en la Universidad de las Islas Baleares, donde desarrolló actividad científica y docente durante siete años. Posteriormente, tras su incorporación como Científica Titular al Centro Oceanográfico de Baleares, del Instituto Español de Oceanografía, amplió los estudios sobre redes tróficas, especies invasoras y reservas marinas, mediante el análisis de isótopos estables. De esa línea resultarían un buen número de publicaciones científicas. Inevitablemente en el Mediterráneo, uno de los mares más contaminados del mundo, al trabajar sobre relaciones tróficas hubo de lidiar con la importancia creciente de un alimento no natural, la basura antropogénica, y en particular los plásticos y microplásticos. Estudió las mortandades masivas de nacras (*Pinna nobilis*), molusco bivalvo de gran tamaño endémico del Mediterráneo y ligado a las praderas de fanerógamas marinas, que se halla en inminente riesgo de extinción; tradicionalmente, la nacra se consideraba amenazada por la pesca, la contaminación y la destrucción de su hábitat, pero la profesora Deudero y su equipo demostraron en 2017, trabajando en toda la costa ibérica además de las Baleares, que el principal responsable de la catastrófica mortalidad registrada era un protozoo patógeno de tipo Haplosporido. Desde entonces, su equipo en el Centro de Oceanografía ha mantenido una vigilancia estricta sobre las últimas y muy reducidas poblaciones de la especie, incorporando al estudio técnicas moleculares para detectar niveles de variabilidad genética en distintas poblaciones aisladas.

Con la contaminación y los plásticos llegamos al tema del inquietante e informado discurso que acabamos de escuchar, en gran medida basado en investigaciones de la propia Profesora Deudero, a menudo muy citadas. Poco o nada puede uno añadir al discurso desde el punto de vista científico. Todo lo más, adornarlo con alguna anécdota personal. La doctora Deudero era una niña pequeña en su isla cuando uno, entonces becario, intentaba hacer la tesis doctoral en Doñana. Una tarde, recorriendo la playa, observamos sorprendidos una especie de sábana arrebujaada que huía de nosotros acercándose al agua. La alcanzamos, descubriendo que se trataba de un hermoso alcatraz que llevaba un paño de plástico embutido en la cabeza a modo de poncho o chubasquero; sin duda, confundido por los brillos, había intentado “pescarlo” lanzándose en picado, como los alcatraces pescan habitualmente, y había quedado aprisionado, incapaz de volar o nadar, de forma que la marea lo arrastró a la arena; liberar de su prisión a aquella ave majestuosa, evitando sus picotazos, echarla al aire y verla volar de nuevo en dirección a alta mar, fue un deleite que aún puedo revivir hoy.

Aunque centrado en el mar, el discurso de la profesora Deudero trasciende con mucho ese ámbito. Por ejemplo, al señalar que ante las insidiosas amenazas actuales al medio ambiente, las áreas protegidas no son un antídoto suficiente. No sirven, o no del todo, para lo que fueron concebidas. Lo subraya refiriéndose al Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera, pero podríamos decir otro tanto del Parque Nacional de Doñana y de muchos otros, si no todos, en el resto del mundo. Porque lo más relevante del discurso me parece la lucidez de la autora al indicar que los problemas que denuncia plantean “una disonancia al proyecto moderno de desarrollo”, son resultado de una “lógica de producción desconectada de los límites biofísicos del planeta”, o son “metáfora de las contradicciones del modelo civilizatorio contemporáneo”. Me detendré brevemente aquí.

Por edad, viví con fascinación el cambio de los juguetes de madera y latón a los juguetes de plástico. Ya adulto, como todos ustedes, he disfrutado de las enormes ventajas prácticas de los distintos tipos de plásticos, en gran medida ignorando sus perjuicios. Se atribuye el inicio de la “era del plástico” al doctor Leo Baekeland, químico belga afincado en Estados Unidos que en 1909 inventó la baquelita (mucho antes, por cierto, se había titulado en la Universidad de Gante, la misma en la que la Dra. Deudero llevó a cabo su tesis de maestría). Baekeland se hizo multimillonario con su patente, y además, sin duda por buenas razones, fue elegido miembro de las grandes academias y sociedades científicas norteamericanas, y recibió numerosísimas distinciones, incluidas la Medalla Nichols de la American

Chemical Society, el Premio Gibbs o la Medalla Franklin. Hoy la doctora Deudero nos ha hablado, sin embargo, de las enormes afecciones sociales, sanitarias y económicas derivadas de la omnipresencia de plásticos y microplásticos.

De ningún modo es un caso único. En 1948 el químico suizo Paul Hermann Müller recibió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina “por el descubrimiento de la alta eficiencia del dicloro difenil tricloroetano (DDT) como un veneno de contacto contra muchos artrópodos”. Se consideró un invento esencial para combatir enfermedades transmitidas por insectos, como la malaria y la fiebre amarilla. Unos años después, no obstante, la bióloga marina Rachel Carson, invocada en el discurso de la profesora Deudero, denunció los riesgos ecológicos del DDT en su influyente “La primavera silenciosa”, que acabó desencadenando la creación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Esta agencia prohibiría el DDT en 1972. Siguió a ello una gran polémica, pero en 2005 el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), urgió a prohibir en todo el mundo el uso del DDT y otros 11 “plaguicidas y productos químicos industriales peligrosos que pueden matar a la gente, producir daños en el sistema nervioso e inmunológico, provocar cáncer y desórdenes reproductivos, así como perturbar el desarrollo normal de lactantes y niños”.

¿Avanzamos por el buen camino? Merece la pena reflexionar. El biólogo catalán Enric Sala, compañero de curso de la doctora Deudero durante la licenciatura y actualmente contratado por National Geographic para hacer conservación del mar, atribuye a Daniel Pauly, profesor de Biología Pesquera de la Universidad de Columbia Británica, también invocado en el discurso de ingreso, la idea de que el sistema económico dominante supone un esquema Ponzi, una estafa piramidal; imaginamos estar creando riqueza, pero para generar esos aparentes beneficios precisamos dilapidar el capital natural, que es imprescindible para vivir. A largo plazo es una dinámica insostenible. A este respecto, me gustaría recordar a la profesora Jane Lubchenco, otra ecóloga marina, que en su discurso de 1997 (publicado en *Science* al año siguiente) como Presidenta de la Sociedad Americana para el Avance de la Ciencia, ponía el foco en la necesidad de un “nuevo contrato social” de los científicos, a los que demandaba no solo producir nuevo conocimiento, sino también proporcionar las herramientas para que la “sociedad se mueva hacia una biosfera más sostenible, ecológicamente sólida, económicamente viable y socialmente justa”. Pienso que

el discurso de la profesora Deudero encaja a la perfección, y refuerza, tal requerimiento.

Voy terminando. Como síntesis, las líneas de investigación de la nueva académica abarcan desde la ecología trófica, con el estudio de redes tróficas, a las respuestas de las comunidades bentónicas a los efectos antrópicos y las especies invasoras, la bioacumulación de contaminantes en invertebrados marinos, los biomarcadores de estrés, la efectividad de las áreas marinas protegidas, la fauna en ecosistemas de praderas de fanerógamas y sus amenazas, y los impactos de las basuras marinas, concretamente los plásticos y microplásticos, en los ecosistemas, comunidades y especies marinas. Ha publicado cerca de 200 artículos científicos. Además, ha desarrollado una intensa labor de asesoría en comités nacionales e internacionales: ha sido copresidenta del Comité de Recursos y Ecosistemas Marinos de la Comisión Internacional para la Exploración Científica del Mar Mediterráneo (CIEM), ha trabajado para el Consejo Internacional de Exploración del Mar (ICES), para el Foro de la Unión Europea sobre la basura en el mar, etc. También ha llevado a cabo numerosas tareas de gestión científica: entre 2016 y 2018 fue directora del Centro Oceanográfico de Baleares (dimitió por la “hiperburocratización”), que dirige de nuevo en la actualidad, asesoró a la Agencia Estatal de Investigación en temas de océanos y biodiversidad, y ha sido Delegada Institucional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en las Islas Baleares. Asimismo, tiene una enorme capacidad de difundir la ciencia a la sociedad, a través de conferencias, artículos, programas de radio y televisión, etc. La doctora Deudero disfruta con la vocación docente, destacando la puesta en marcha de nuevas asignaturas de grado y postgrado relacionadas con el medio marino y un Master en Ecología Marina en la Universidad de las Islas Baleares. Ha dirigido 12 tesis doctorales y más de 20 tesis de maestría. En 2023 recibió el Premio Ramón Llull, el galardón más importante otorgado por el Govern de les Illes Balears. Sea bienvenida, le deseamos el mayor éxito en esta casa.

La fascinación por el mar es muy general. Quizá los humanos percibamos oscuramente que la vida comenzó allí hace más de 3500 millones de años, que nuestros primitivos antepasados conquistaron la tierra firme mucho más tarde, y que probablemente del mar dependerá nuestro destino. Algo así debía intuir el poeta asturiano Ángel González cuando dijo que nuestras historias “empiezan de mil modos diferentes/para llegar al mismo/final/siempre:/el hombre, solo, frente al mar, por último...”.

He dicho.