Héctor Reyes Bonilla, Lorena Viloria Gómora e Isabel Montserrat Arreola Alarcón

Contaminación marina por microplásticos en la península de Baja California

Este trabajo resume la información obtenida sobre la presencia y los efectos de los microplásticos en los corales, peces y mamíferos marinos que habitan el golfo de California. Los datos muestran que las concentraciones de estos residuos son bajas en el ambiente y en los organismos. Sin embargo, es necesario mantener sistemas de monitoreo para conocer con detalle la evolución de este problema.

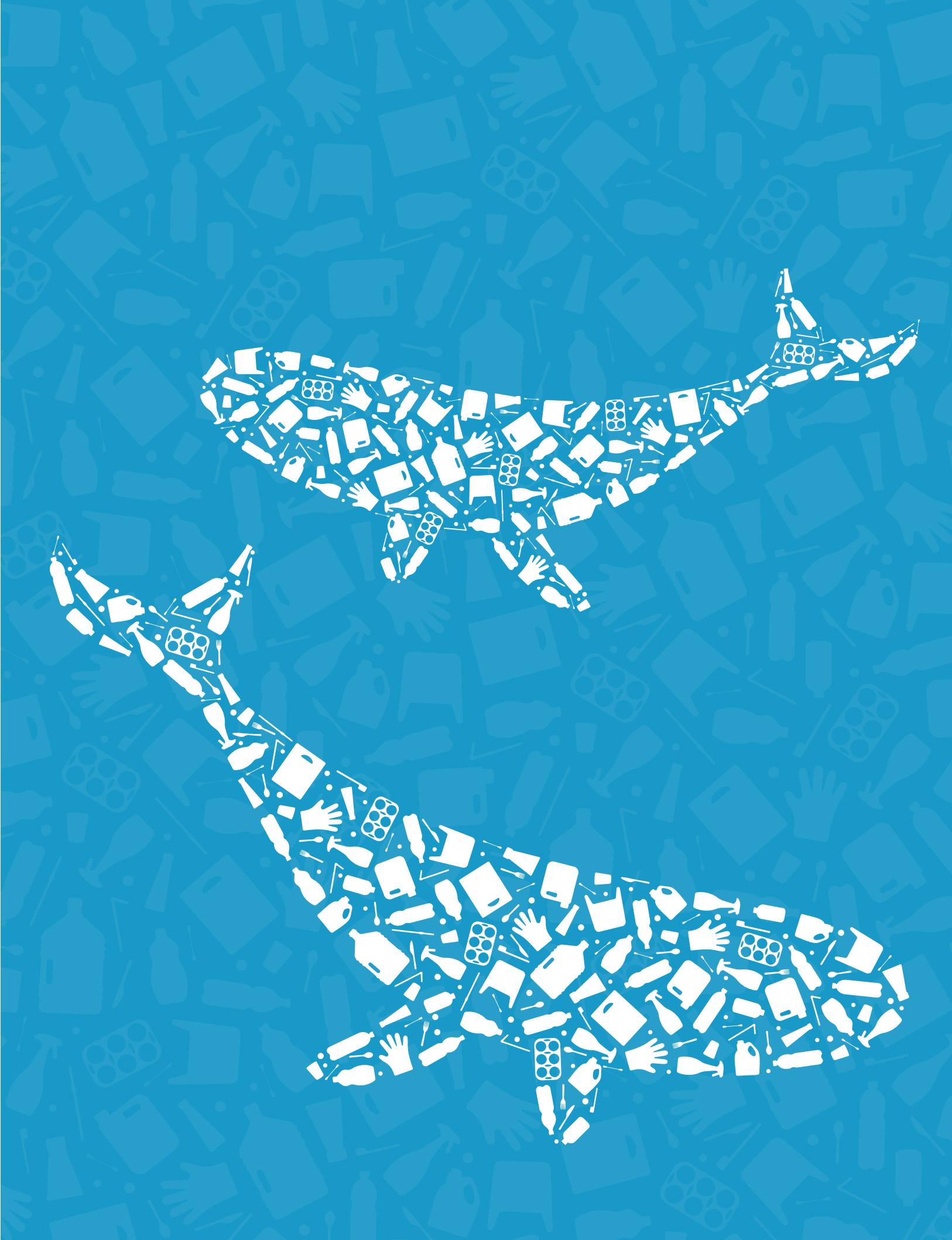
El problema de la basura marina

Los océanos han sido parte esencial de la vida de las sociedades humanas desde hace más de 20 000 años, cuando nuestra especie comenzó a surcarlos; además, desde hace siglos hemos incluido a mamíferos, peces e invertebrados marinos en nuestra dieta (Fagan, 2017). Desafortunadamente, el manejo de los mares no ha sido el ideal; un alto porcentaje de los recursos pesqueros se ha sobreexplotado, el exceso de dióxido de carbono en la atmósfera resultado de la quema de combustibles está acidificando el mar (Hilborn y Hilborn, 2019), y recientemente se ha descubierto otro agente que afecta a los ecosistemas marinos: la basura, con un enorme volumen y diversidad de materiales que las personas y las industrias desechan, y que llegan al mar acarreados por el viento o la lluvia, o bien son liberados directamente por los humanos.

Debido al descubrimiento de la "isla de basura" en el norte del océano Pacífico, la opinión pública centró su atención en los microplásticos, que son fibras o fragmentos de un tamaño menor de 5 mm, constituidos por distintos materiales, como tereftalato de polietileno (PET, proveniente de botellas para bebidas), policloruro de vinilo (PVC) y poliamidas (nailon y telas sintéticas). Estos contaminantes han sido localizados desde los polos hasta el ecuador, y desde la **zona intermareal** hasta los mares profundos (FAO, 2017). Además, en pruebas de laboratorio se ha demostrado que pueden afectar a los organismos marinos de manera directa e indirecta.

Zona intermareal
Franja de la costa situada entre los niveles que marcan las mareas máximas y mínimas.

El objetivo del presente artículo es abordar la información acerca de la presencia de los microplásticos en los sedimentos costeros, la columna de agua y la fauna marina de la península de Baja California, una región reconocida mundialmente



por su buen estado de conservación y su alta producción pesquera, y que es estratégica para México dado el gran volumen y la diversidad de servicios ambientales que provee para la sociedad. Por lo anterior, existe un gran interés en conocer el estado de salud de sus ecosistemas para llevar a cabo un mejor manejo de los recursos.

Microplásticos en sedimentos

Los trabajos científicos dedicados a conocer el estado de los sedimentos en playas de la península de Baja California son muy recientes e iniciaron con la publicación de Teresita de Jesús Piñón Colín y cols. (2018), quienes identificaron un promedio de 135 partículas/kg de sedimento en 21 playas a lo largo de la península, tanto del lado del océano Pacífico como del golfo de California. Las playas en el Pacífico presentaron poco más del doble de la abundancia de microplásticos que los sitios ubicados en el golfo. Del lado del océano destacan las zonas con gran intensidad de turismo, como Rosarito en Baja California (entre Tijuana y Ensenada) y Cabo San Lucas en Baja California Sur, con cantidades de entre 230 y 300 partículas/kg de sedimento. Con base en lo anterior, los autores citados proponen que la descarga de aguas residuales y el turismo son las principales fuentes de contaminantes. Es importante mencionar que 91% de las partículas identificadas eran fibras, que es el tipo más común que se encuentra en otros estudios realizados en todo el mundo.

Por otro lado, Juan Carlos Álvarez Zeferino y cols. (2020) llevaron a cabo una investigación que abarcó 33 playas de todo el país y en la cual se mostró que el golfo de California es la región con la mayor variabilidad en concentraciones de microplásticos por unidad de área, con un pico en los alrededores de las ciudades de Topolobampo en Sinaloa (545 microplásticos/m^2) y un mínimo a las afueras de La Paz en Baja California Sur (32 microplásticos/m^2). Estas cifras son inferiores a las encontradas en otros análisis hechos en Brasil, Sudáfrica y Corea del Sur (700 piezas/m^2), pero además los autores comentan que es posible que haya un factor de sobreestimación, ya que antes del muestreo la región estuvo bajo los efectos de un huracán, y el viento y las escorrentías desde tierra pudieron haber aportado material en exceso a la zona marina.

Asimismo, entre 2018 y 2019 se llevó a cabo una investigación sobre la cantidad y el tipo de microplásticos presentes en sedimentos de la zona intermareal de dos parques nacionales de Baja California

Figura 1. Ejemplo de toma de sedimento en la zona intermareal del Parque Nacional Cabo Pulmo. Crédito: Isabel Montserrat Arreola Alarcón.

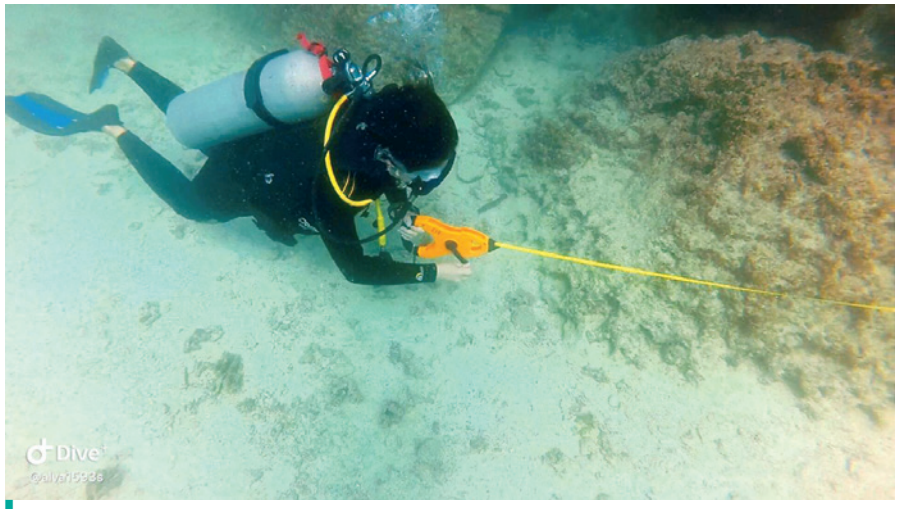


Figura 2. Monitoreo del estado de salud de los corales. Crédito: Isabel Montserrat Arreola Alarcón.

Sur: el Archipiélago de Espíritu Santo y Cabo Pulmo (Arreola Alarcón, 2020). Ambos sitios tienen gran relevancia para la conservación, pues el primero está inscrito en la Lista Verde de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el segundo es Patrimonio de la Humanidad, decretado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco).

En las dos áreas se registraron microplásticos (véase la Figura 1), cuya forma más común fueron fibras. Los contaminantes aparecieron principalmente en la temporada cálida (mayo a octubre) y el área con mayor presencia de partículas fue Cabo Pulmo, con un promedio de 113.41 partículas/100 g sedimento, mientras que en Espíritu Santo se encontraron 53.83 piezas/100 g sedimento. La autora sugiere que la mayor concentración en Cabo Pulmo se debe a su ubicación geográfica, cercana a la entrada del golfo de California, que lo hace ser un sitio expuesto al material particulado que viaja con las corrientes desde el Pacífico central mexicano, donde debido a la concentración poblacional, el turismo y la industria, el aporte de desechos plásticos al mar debe ser elevado.

Impacto en los invertebrados marinos

Con respecto a las especies de invertebrados, en el mundo se han llevado a cabo, principalmente, estudios de la concentración de microplásticos en los tejidos de moluscos y corales, y se ha demostrado que la presencia de estos contaminantes los vuelve más susceptibles a las enfermedades. Considerando estos antecedentes, y el hecho de que no hay trabajos sobre este tema en la costa del Pacífico mexicano, una de las autoras (Arreola Alarcón, 2020) analizó la relación entre la cantidad de microplásticos en el sedimento y la salud de los corales en el Parque Nacional Cabo Pulmo y en el Archipiélago de Espíritu Santo (véase la Figura 2).

La investigación buscó relacionar el número total de partículas de plástico encontradas en los sedimentos de la zona arrecifal con la proporción de colonias de coral que presentan algún tipo de lesiones o síndromes (enfermedades). Los resultados mostraron que la cantidad de plástico no estuvo estadísticamente relacionada con la cantidad de colonias afectadas, probablemente porque la cantidad de partículas por muestra (100 g de sedimento seco) fue pequeña (113 piezas/100 g de sedimento en Cabo Pulmo y 47 piezas/100 g de sedimento en Espíritu Santo); también cabe considerar que más de 80% de los corales estaban en condición sana. No obstante lo anterior, se observó que los corales presentes en sitios con mayores cantidades de plástico tenían valores más altos de afectaciones, lo cual hace pensar que si en el futuro este material llega a acumularse en las zonas de estudio, puede llegar a representar un factor de perturbación para los corales y generar efectos negativos.

Efectos de los microplásticos en peces

En relación con los microplásticos encontrados en peces marinos, se desarrolló un estudio a escala nacional (Greenpeace México, 2017), el cual es importante como referencia básica para conocer la situación dentro del golfo de California. En la investigación se analizaron casi 800 peces de todo el país, y en particular para el golfo se trabajaron los tractos digestivos (esófago, estómago e intestino) de 320 peces de 25 especies, todos provenientes de la captura comercial de la ciudad de La Paz. Esta zona fue elegida porque es donde se desembarca el mayor volumen de pesca artesanal en la península de Baja California.

De los organismos estudiados, en 21% aparecieron microplásticos, en especial fibras posiblemente provenientes de aparejos de pesca, aunque también se encontraron piezas provenientes de la fragmentación de botellas o bolsas (microplásticos secundarios). Los peces presentaron un promedio de apenas 0.34 contaminantes por individuo, con conteos de entre 1 y 7. Al comparar estas cifras con las obtenidas para peces recolectados en el puerto de Veracruz (96% de los peces con microplásticos, con hasta 37 piezas en un individuo) y en Puerto Morelos en Quintana Roo (61% de la muestra con los contaminantes, y un máximo de 45 piezas en un pez), es evidente que la condición de los peces del golfo de California es mucho mejor.

Los tipos de peces mayormente afectados en La Paz fueron las rayas guitarra, los jureles, atunes y lenguados; de éstos, más de 55% de los individuos revisados presentaron microplásticos. En contraste, los pargos, cabrillas y tiburones martillo y perro estuvieron libres de las partículas. Estos resultados indican que los fragmentos plásticos son consumidos principalmente por especies que se alimentan del fondo o en la columna de agua (lenguados, atunes); en cambio, los carnívoros arrecifales (pargos, cabrillas, tiburones) se ven poco afectados. Este resultado también hace pensar que, al menos en esta región de México, la transferencia de plástico entre depredadores y presas es mínima.

Figura 3. Rorcuales comunes alimentándose en el golfo de California. Crédito: Fabián Rodríguez, PRIMMA/UABCS.

La situación de los mamíferos marinos

La interacción que los mamíferos marinos (ballenas, delfines, lobos marinos y focas) tienen con los microplásticos es preocupante. Debido a su amplia distribución, movilidad, estrategias de alimentación y longevidad, los mamíferos son susceptibles a la bioacumulación y la biomagnificación de contaminantes presentes en el mar. Por otro lado, todas las ballenas se alimentan por filtración, lo que las hace vulnerables a ingerir microplásticos de manera directa (aquellos flotando en el agua) e indirecta (los que están dentro de sus presas). Cabe considerar que especies como el rorcual común pueden filtrar hasta 70 000 litros de agua en una bocanada. Pero la preocupación no reside en la ingestión, sino en el hecho de que las piezas contienen sustancias químicas añadidas durante su fabricación, como los ftalatos, los cuales pueden causar daños reproductivos a los individuos adultos y afectar el desarrollo de las crías.

El estudio de microplásticos en mamíferos marinos es complejo. Por el tamaño de estos animales, se deben emplear técnicas indirectas, como examinar su dieta por medio de las heces fecales o revisar la cantidad de contaminantes presentes en el agua marina circundante; en el mejor de los casos, se pueden tomar muestras directas de la grasa y piel usando flechas modificadas. Otra fuente de información son los individuos recientemente muertos que están varados en las playas, ya que al ser disecados aportan información importante a partir de su contenido estomacal; además, se pueden tomar muestras biológicas de sus órganos en busca de agentes químicos tóxicos.

En México, el único mamífero marino en el que se ha estudiado este problema es el rorcual común, ya que tiene una población residente en el golfo de California (véase la Figura 3). Los trabajos del Programa de Investigación de Mamíferos Marinos de la Universidad Autónoma de Baja California Sur han evaluado la cantidad de microplásticos presentes en muestras de zooplancton –su alimento– y en las heces fecales, además de que han registrado las concentraciones de ftalatos en su grasa y alimento (Fossi y cols., 2016; Goñi Godoy, 2020; Olavarrieta García, 2017). En muestras de zooplancton colectadas en la bahía de La Paz durante 2015 y 2016 (véase la Figura 4) se identificó que 68% de los arrastres presentaban microplásticos con hasta 20 piezas/m^3 (con un promedio de 0.21 ítems/m^3). Para 2019, en la totalidad de las muestras de agua y de heces fecales se encontraron microplásticos (0.09 partículas/m^3 en el agua, y hasta 15 ítems/100 g en las heces); el polietileno y el poliéster fueron los polímeros más abundantes. Comparando entre los datos de ese año para la bahía de La Paz y el norte del golfo de California, la bahía tuvo el mayor número de microplásticos, tanto en zooplancton (0.21 ítems/m^3 *versus* 0.09 ítems/m^3) como en heces (0.103 ítems/g *versus* 0.066 ítems/g). Por otra parte, tanto en el zoo-

Ftalatos
Sustancias químicas, líquidas e incoloras, que se añaden a los plásticos para hacerlos flexibles y resistentes.

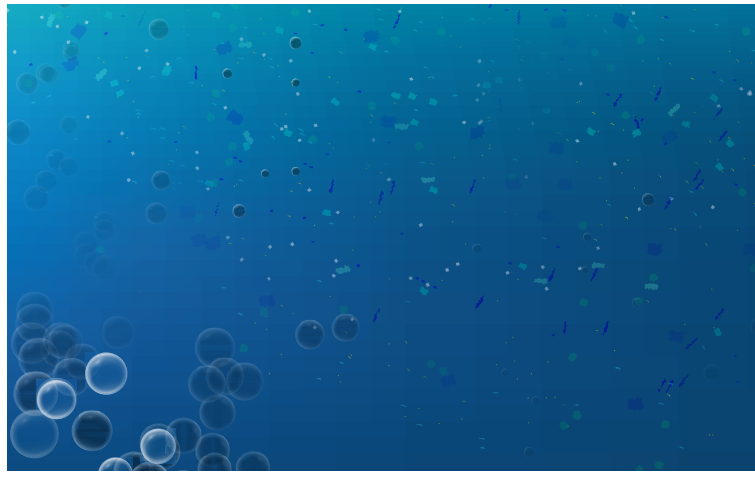
Figura 4. Arrastre para colecta de microplásticos en superficie, cerca de La Paz. Crédito: Fabián Rodríguez, PRIMMA/UABCS.

plancton como en la grasa de las ballenas se detectaron seis tipos de ftalatos: los más abundantes fueron el di-(2-etilhexil) ftalato (DEHP), usado como plastificante en artículos de PVC, y el mono-(2-etilhexilo) ftalato (MEHP), producto metabólico del primero y que se ha demostrado como más toxico a nivel celular y genético.

Por último, al comparar el golfo de California con el mar Mediterráneo –uno de los más contaminados del planeta–, llama la atención que la cantidad de ftalatos en las muestras de zooplancton fueron similares, mientras que las concentraciones en el tejido graso de las ballenas del golfo fueron casi cuatro veces menores que las registradas en el Mediterráneo. Estos resultados indican una importante diferencia en la capacidad de bioacumulación en las ballenas.

La gran pregunta: ¿qué tan dañinos son los microplásticos?

Aún no hay un veredicto definitivo sobre la intensidad del daño que los microplásticos pueden provocar para los organismos marinos en general. Aunque sabemos que la basura marina se encuentra en todos los océanos y existen ejemplos de mortalidad de aves y mamíferos en diversas partes del mundo, éstos se relacionan sobre todo con los macroplásticos (bolsas, tapas de botellas, materiales de redes, etc.). Por el contrario, los datos para los microplásticos indican que no causan directamente la muerte de los organismos grandes, ya que son bioquímicamente inertes y pueden ser defecados por la mayoría de los individuos. Sin embargo, las sustancias químicas añadidas durante la producción de esos plásticos suponen un riesgo potencial para la salud de los animales marinos, independientemente de su tamaño, ya que su efecto puede ser crónico y acumulativo.

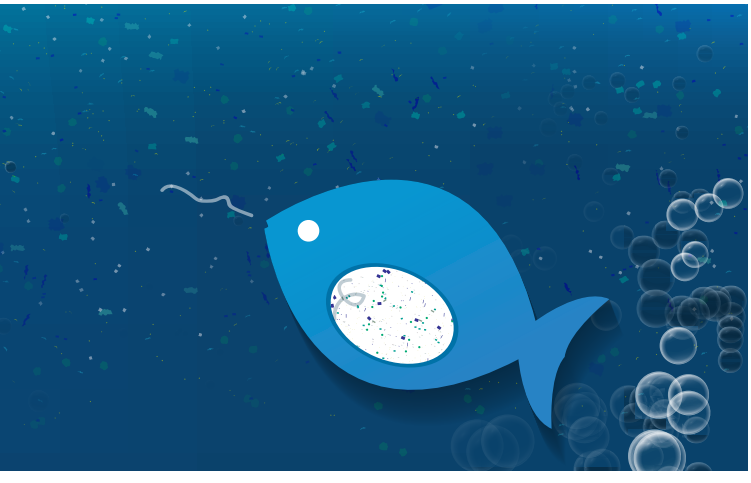


En el caso de la península de Baja California, afortunadamente, las concentraciones de microplásticos son bajas en los sedimentos, en el agua y en los organismos, por lo que es poco probable que en este momento haya consecuencias ecológicas de consideración. Sin embargo, el crecimiento de la población y de las actividades humanas en las costas supone un incremento constante en el aporte de plásticos al mar. Esta circunstancia hace relevante mantener los monitoreos para confirmar la condición de las especies marinas y desarrollar trabajos experimentales para conocer con más detalle el efecto de estas sustancias en la fisiología de los animales. Aún nos queda mucho por aprender para conocer con claridad la magnitud de este problema y pensar en vías para su solución o mitigación.

Héctor Reyes Bonilla
Laboratorio de Sistemas Arrecifales, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
hreyes@uabcs.mx

Lorena Viloria Gómora
Departamento Académico de Ciencias Marinas y Costeras, Universidad Autónoma de Baja California Sur.
lviloria@uabcs.mx

Isabel Montserrat Arreola Alarcón
Universidad Autónoma de Baja California Sur y Amigos para la Conservación de Cabo Pulmo, A. C.
isabel.arreola@cabopulmoamigos.org



Referencias específicas

Álvarez Zeferino, J. C., S. Ojeda Benítez, A. A. Cruz Salas, C. Martínez Salvador y A. Vázquez Morillas (2020), "Microplastics in Mexican beaches", *Resources, Conservation and Recycling*, 155:104633.

Arreola Alarcón, I. M. (2020), *Análisis de la concentración de microplásticos en zonas arrecifales de Áreas Naturales Protegidas de Baja California Sur, México* (tesis de maestría), Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Fagan, B. (2017), *Fishing. How the sea fed civilization*, Boston, Yale University Press.

FAO (2017), *Los microplásticos en los sectores de pesca y acuacultura*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: ‹http://www.fao.org/3/ca3540es/ca3540es.pdf›, consultado el 20 de julio de 2021.

Fossi, M. C., L. Marsili, M. Baini, M. Giannetti, D. Coppola, C. Guerranti, F. Rubegni, F. Caliania, R. Minutoli, G. Lauriano, M. Finoia, F. Rubegni, S. Panigada, M. Berube, J. Urbán R. y C. Panti (2016), "Fin whales and microplastics: The Mediterranean Sea and the Sea of Cortez scenarios", *Environmental Pollution*, 209:68-78.

Goñi Godoy, G. (2020), *Microplásticos: posible riesgo para la población residente de rorcual común* (Balaenoptera physalus) *del Golfo de California, México* (tesis de maestría), Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Greenpeace México (2017), *Estudio sobre la contaminación por microplásticos en peces de México*, Greenpeace México. Disponible en: ‹https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/3377/estudio-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-por-microplasticos-en-peces-de-mexico/#:~:text=Estudio%20sobre%20el%20impacto%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n%20por%20micropl%C3%A1sticos%20en%20peces%20de%20M%C3%A9xico,-Greenpeace%20M%C3%A9xico%20octubre&text=De%20los%20755%20peces%20muestreados,piezas%20en%20un%20mismo%20pez›, consultado el 3 de febrero de 2022.

Hilborn, R. y U. Hilborn (2019), *Ocean recovery*, Oxford, Oxford University Press.

Olavarrieta García, T. (2017), *Abundancia de microplásticos en la bahía de La Paz y niveles de ftalatos en el rorcual común (Balaenoptera physalus)* (tesis de maestría), Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Piñón Colín, T. J., R. Rodríguez Jiménez, M. A. Pastrana Corral, E. Rogel Hernández y F. T. Wakida (2018), "Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico", *Marine Pollution Bulletin*, 131:63-71.