

IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO

En áreas naturales protegidas mexicanas



GREENPEACE



Cómo citar:

Rivera-Garibay Omar Oslet, Álvarez-Filip Lorenzo, Rivas Miguel, Garelli-Ríos Ornela, Pérez-Cervantes Esmeralda y Estrada-Saldívar Nuria (2020). Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas. Greenpeace México.

Greenpeace México - Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación, UNAM

Responsable técnico / Coordinadores

Dr. Lorenzo Álvarez Filip (Universidad Nacional Autónoma de México)

Dr. Miguel Rivas Soto (Greenpeace México)

Lic. Ornela Garelli Ríos (Greenpeace México)

Colaboradores

Biol. Omar Oslet Rivera Garibay (Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación, UNAM)

M. en C. Esmeralda Pérez Cervantes (Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación, UNAM)

M. en C. Nuria Estrada Saldívar (Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación, UNAM)

Redacción

Biol. Omar Oslet Rivera Garibay

Lic. Ornela Garelli Ríos

Dr. Miguel Rivas Soto

Hoy el planeta enfrenta la mayor crisis climática y de pérdida de biodiversidad que haya presenciado la humanidad. La acelerada pérdida de especies es un síntoma inequívoco de la degradación de los hábitats y conlleva un daño a los servicios ecosistémicos fundamentales para nuestra supervivencia como especie, como son el acceso a alimentos o agua limpia, entre otros.

Hacer algo está en nuestras manos, el tiempo para actuar es ahora, pero poco se logrará sin realizar cambios sistémicos y de fondo a un modelo de consumo que se basa en la extracción de materias primas, la manufactura de productos y el consumo excesivo que demanda recursos que sobrepasan la capacidad del planeta.

Los plásticos son un elemento característico de este modelo de sobreconsumo: numerosos empaques, envases y embalajes están diseñados para ser desechables o para tener uno o pocos usos, y con el gancho de la promesa del reciclaje los productores arteralmente depositan en el consumidor final la responsabilidad de una cadena de decisiones fundamentadas principalmente en la mercadotecnia. Erradicar el patrón cultural de “usar y tirar” es el principal objetivo de la campaña “Océanos Libres de Plásticos” de Greenpeace. A través de ella buscamos señalar a todos los actores responsables de que hoy más de trece millones de toneladas de plástico vayan a parar a nuestros océanos (Geyer et al., 2017). Además, afirmamos que los consumidores finales de los productos no somos los principales responsables, también lo son quienes los fabrican y los ponen en el mercado, así como quienes legislan a favor de un negocio que obtiene ganancias millonarias a cambio de costos ambientales que debemos pagar los ciudadanos, ya que los desechos plásticos terminan en el mar y dañan a una enorme cantidad de especies marinas.

Diversas investigaciones científicas han documentado el impacto negativo de la contaminación por plásticos en los océanos. Aquí, estos productos mal diseñados y mal manejados hacen estragos en la biodiversidad marina. Se calcula que cada año mueren por esta causa más de cien mil mamíferos marinos, más de un millón de aves marinas así como una de cada tres tortugas marinas (Moore, 2008; Avery-Gomm et al., 2012; Baulch y Perry, 2014), entre otras especies que se ven afectadas por modelos de producción y consumo que urge extirpar de raíz. En México hemos documentado que uno de cada cinco pescados que se adquieren con fines alimentarios contiene microplásticos en sus vísceras, lo que en consecuencia afecta la salud de las personas y las fuentes de trabajo basadas en el turismo y la pesca, etc. (Greenpeace México, 2019).

El reporte Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas pretende documentar cómo la contaminación por plástico está presente en México más allá de los tiraderos clandestinos, la basura arrojada en las calles y los rellenos sanitarios repletos de productos que nos prometieron que serían reciclados. Ello muestra que ésta también inunda las áreas naturales protegidas (ANP) de México. Tal situación es resultado de un sistema dinámico e interconectado en el que nuestras decisiones de consumo repercuten en los sitios más recónditos, prístinos y protegidos del planeta. Como resulta evidente, la contaminación por plásticos en nuestros mares afecta negativamente los últimos bastiones de la biodiversidad y obstaculiza la principal estrategia de conservación de los servicios ecosistémicos.

Después de que leas este reporte te invitamos a cambiar tu modelo de consumo, a

dejar de lado el modelo de “usar y tirar” que sólo nos brinda pequeñas comodidades sin considerar el alto precio que pagamos por ello. En caso de que seas empresario, te conminamos a buscar alternativas libres de plástico, a optar y promover sistemas de recambio, reuso, relleno y otras opciones que no generen pasivos ambientales posconsumo, a salir de tu zona de confort. Si eres una autoridad o un tomador de decisiones, es hora de que intervengas para ponerle un alto a la contaminación por plástico mediante leyes/reformas que realmente modifiquen los sistemas de producción y consumo, con la finalidad de defender el patrimonio natural de México y el futuro de la ciudadanía que representas; es importante que privilegies el bien común y, por ende, que te comprometas con un México libre de contaminación por plásticos.

Dr. Miguel Rivas Soto

Líder del proyecto Océanos Libres de Plásticos
Greenpeace México

Índice

Presentación	3
Introducción	6
La contaminación por plásticos en México y el mundo	7
Metodología y justificación del estudio	9
Principales hallazgos	11
Basura flotando en la superficie	11
Basura plástica en el arrecife	13
Zonas de influencia, los lugares más contaminados	13
Distribución de los plásticos en el fondo del mar	15
Tipo de plástico encontrado	16
Fragmentos: ¿posibles microplásticos futuros?	17
Posibles orígenes de esta contaminación	18
Basura internacional	19
La contaminación por plásticos constituye una grave amenaza	23
Afectaciones a la fauna marina	23
Plástico en los arrecifes	23
Impactos sociales	24
Hacia una solución del problema	26
Conclusiones	29
Referencias	31
Agradecimientos	35

An underwater photograph showing a coral reef on the left and several pieces of clear plastic waste, including bags and fragments, floating in the blue water on the right.

Introducción

Desde mediados del siglo XX, han ocurrido muchos cambios drásticos en la superficie del planeta. Uno de los más evidentes es la presencia y abundancia de desechos plásticos (Barnes et al., 2009). Sólo en 2015 la producción global de plásticos fue de 380 millones de toneladas (Geyer et al., 2017); el problema es que éstos pueden permanecer en la naturaleza entre cientos y miles de años (Andrady, 2017; Barnes et al., 2009). En virtud de ello, se reconoce que los desechos de plásticos hoy son una grave amenaza a escala global (Barboza et al., 2019).

Un estimado de 4.8 a 13 millones de toneladas de residuos plásticos invariablemente terminan en los océanos (Andrady, 2017). Esos materiales incluyen piezas con un amplio rango de formas, tamaños y composiciones químicas (Barboza et al., 2019). En los ecosistemas marinos pueden hallarse microperlas de cosméticos, fibras textiles, pellets industriales, bolsas, botellas, juguetes, equipos de pesca perdidos y piezas de boyas que debido a sus características pueden viajar grandes distancias, así que hay objetos de infinidad de tamaños en todas las regiones oceánicas (Barboza et al., 2019).

La contaminación por plásticos en los ecosistemas marinos fácilmente interactúa con la vida oceánica y representa, por tanto, una amenaza para la fauna silvestre y para el ambiente en general (Barboza et al., 2019). Se sabe que cerca de setecientas especies marinas interactúan con desechos marinos a lo largo y ancho del mundo, y cuando menos 17% de esas especies está incluida en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) (Gall y Thompson, 2015). El principal problema para los animales es el enredo en los desechos y/o su ingestión, por lo que muchas especies de aves, tortugas, mamíferos, peces y crustáceos resultan afectadas (Barboza et al., 2019).

Los plásticos pueden actuar junto con diferentes estresores ambientales: otros contaminantes [p. ej., los orgánicos persistentes (COP o POP, por sus siglas en inglés), el cambio en las temperaturas del océano, la acidificación oceánica y la explotación de recursos marinos. Al respec-

to, se ha demostrado un incremento en la colonización y abundancia bacteriana y algal en sitios con presencia de plásticos, lo cual tiene un efecto negativo de amplio rango para el ecosistema (Beaumont et al., 2019). Adicionalmente, los microplásticos poseen la capacidad de transportar microorganismos a grandes distancias, con el potencial de actuar como vectores en la transferencia de patógenos invasivos de nuevos ambientes (Walkinshaw et al., 2020). Los desechos plásticos constituyen un riesgo tanto para la salud de nuestros mares y costas como para nuestra economía y comunidades (Barboza et al., 2019). Daños sociales y económicos se relacionan con la existencia de basura en el mar ya que se ve comprometido el valor recreacional, estético y educacional de las áreas marinas, aparte de ser un riesgo para la salud pública (Martem, 2018). Un ejemplo claro atañe a la industria pesquera, pues su productividad, viabilidad, rentabilidad y seguridad es muy vulnerable a la existencia de plástico en el mar

(Beaumont et al., 2019).

Por estas razones, Greenpeace México y el Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) nos dimos a la tarea de estudiar los impactos de la contaminación por plásticos en una muestra de ocho Áreas Marinas Protegidas (AMP) de México como una forma de generar evidencia científica sobre el alcance de esta problemática en México. Con ese objeto, el presente informe se dividió en siete secciones que consisten en un breve análisis del estado del problema en el país, la metodología seguida, los principales hallazgos del estudio y algunas propuestas de medidas para avanzar hacia una solución del problema en las que el gobierno federal, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), adscrita a la primera, deben tener un papel central, como explicaremos más adelante.

La contaminación por plásticos en México y el mundo

Como ya se dijo, la producción de plásticos mundial alcanzó 380 millones de toneladas durante 2015 (Geyer et al., 2017) y se pronostica que en 2050 esa cifra se cuadruplicue. Más de 90% del plástico se produce con resina virgen, es decir, a partir de la transformación directa de los derivados del petróleo, lo que representa más de 6% del consumo mundial del hidrocarburo y para 2050 se estima que ese índice llegue a 20%. Esto significa que en tres décadas más los plásticos van a representar 15% del presupuesto de emisiones de carbono necesario para mantener por debajo de 2 °C el aumento global de la temperatura (World Economic Forum et al., 2016). Sin embargo, la comunidad científica, a través del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), ha sido enfática al señalar que el aumento de la temperatura global

no debe exceder de 1.5 °C y con esa meta es imperativo reducir a la mitad las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 (IPCC, 2019). Por tanto, disminuir la producción de plásticos constituye una oportunidad única para alcanzar las metas de disminución de emisiones desde su origen, el uso de combustibles fósiles.

Aunque China encabeza la producción de plástico mundial, América del Norte (México, Estados Unidos y Canadá) sigue al país asiático con 18% de la producción. De acuerdo con la Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC), en México se producen más de siete millones de toneladas de este material al año, 48% de ellas destinadas a envases, empaques y embalajes. A muchos de estos productos se les denomina plásticos de un solo uso (SUP, siglas de single-use plastics) y dan forma a bolsas, popotes o

vajilla desechable, botellas de agua y refrescos, empaques de snacks, así como a contenedores de aceites, lavatrastes, detergentes, champú y otros variados artículos de aseo.

Solamente en la Ciudad de México se producen cada día más de trece mil toneladas de residuos, es decir, 1.4 kilogramos por persona, cifra que desde 2014 aumenta a razón de 45 toneladas diarias según el Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México (Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México 2018). De ellos, entre 12 y 15% son residuos plásticos. La justificación de tal generación de residuos plásticos recae en la promesa de que serán reciclados y por consiguiente incrementarán la oferta de empleos dirigidos a la recuperación de residuos potencialmente valorizables. Pero la realidad es otra: los porcentajes de reciclaje son bajos y del total de residuos valorizables sólo se recupera y recicla una pequeña fracción de los residuos generados (6.1%). Cabe destacar que la mayoría de los empleos relacionados con esta actividad (67.3%) es de tipo informal, de mala calidad y se realiza en condiciones precarias (Greenpeace y Alianza México sin Plástico, 2019).

El panorama mexicano no difiere del mundial, donde apenas 9% de los plásticos producidos entre 1950-2015 fueron reciclados (Geyer et al., 2017). De hecho, se calcula que 95% del valor del material destinado a empaques y embalajes se pierde después del primer uso, y tras cuatro décadas de haberse introducido en los envases plásticos la conocida etiqueta de reciclaje ♻ sólo 14% de éstos han sido efectivamente recolectados para su posterior valorización (World Economic Forum, et al., 2016).

En 2018 Greenpeace, a partir de un ejercicio de ciencia ciudadana, elaboró una auditoría de marca para determinar el impacto de la contaminación por plásticos en 42 sitios de playas mexicanas. Los hallazgos fueron que la basura plástica estaba presente en 100% de los lugares muestreados al azar, correspondientes a 47.9% de los residuos encontrados con una densidad de 3.1 fragmentos por metro cuadrado de playa a nivel nacional y que la mayoría de estos con-



Foto: Esmeralda Pérez Cervantes

taminantes (41.5%) pertenecía a las marcas Coca-Cola, PepsiCo, Nestlé y Bimbo (Rivas y Beltrán, 2018).

En virtud de lo anterior, en Greenpeace enfocamos nuestros esfuerzos en las soluciones previas a la fabricación y consumo de los productos plásticos de vida corta, al tiempo que exhortamos al gobierno de México y al Poder Legislativo a poner un alto a este tipo de contaminación desde su origen, con medidas que desincentiven su uso –como la prohibición de algunos plásticos “desechables”–, así como a que extiendan la responsabilidad a los productores, no sólo a la ciudadanía, por el mal manejo de los residuos. Sin embargo, esto ha sido difícil debido al poder de cabildeo de la industria y a su influencia sobre la toma de decisiones en política pública a través de acuerdos que buscan fomentar únicamente soluciones de posconsumo pero sin modificar el modelo de negocio (business as usual) de la industria del plástico.

Subrayamos que las soluciones posconsumo, como el reciclaje, son necesarias para evitar que más plástico vaya a parar al medio ambiente, pero no son una solución efectiva y eficiente para la problemática mundial porque no se centran en la raíz del problema, el sistema de producción y consumo basado en el patrón cultural de “usar y tirar”, insostenible en un planeta de recursos finitos.

Metodología y justificación del estudio

A pesar de que en la región del Atlántico y Caribe se han documentado elevadas concentraciones de plástico en el mar (Law et al., 2010), muy pocos trabajos proporcionan un panorama de la situación actual que guarda nuestro país respecto a la contaminación por plásticos en los ecosistemas marinos.

De acuerdo con la Conanp, las Áreas Protegidas se definen como “porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados”. Actualmente, la Conanp administra 182 áreas naturales federales, de las cuales 37 tienen superficie marina y costera. Aunque estas áreas poseen suma importancia para la conservación y el manejo marino (Pomeroy et al., 2005), no se salvan de la contaminación por plásticos y múltiples trabajos han documentado la presencia de estos materiales en zonas marinas protegidas (Liubartseva, et al., 2019; Baztan et al., 2014; Barnes et al., 2018; Fossi et al., 2017).

Es importante mencionar que entre los principales elementos que caracterizan a las áreas naturales protegidas (ANP) localizadas en Caribe mexicano son los arrecifes coralinos, ecosistemas que proveen un gran número de servicios ambientales tales como alimento, protección costera y turismo (Carvalho-Souza et al., 2018). La situación de dichos ecosistemas es ilustrativa de que las actividades antropogénicas, a diferentes escalas, provocan una extensa degradación en los hábitats naturales (Álvarez Filip et al., 2011). Al respecto, Lamb et al. (2018) demostraron que los desechos plásticos favorecen la colonización de patógenos en brotes de enfermedades coralinas y estiman que para 2025 alrededor de 15.7 billones de piezas plásticas se localizarán en los arrecifes de coral por todo el Pacífico asiático. Por su parte, Carvalho-Souza et al. (2018) identificaron varias especies de esponjas y corales duros y

blandos dañados por el enredo de residuos plásticos de pesca perdidos; estos autores recalcan la urgencia de realizar estudios para entender cómo este estresor antropogénico puede afectar a los arrecifes a nivel mundial debido a su importante papel de ecosistemas altamente productivos.

Generar evidencia científica en México sobre el impacto de la contaminación plástica de nuestro país es fundamental para que los tomadores de decisiones cuenten con un marco de referencia sobre la urgencia ambiental en la que nos encontramos y convencerlos de que es imperativo detener la generación de residuos plásticos en nuestras ciudades a través de la creación e implementación de políticas públicas (p. ej., a través de leyes locales de prohibición de diversos productos de plástico de un solo uso como las que se han expedido en diversos puntos del país).

Derivado de lo anterior y con la finalidad de evaluar la presencia de desechos plásticos en las ANP mexicanas, Greenpeace y el Laboratorio de Biodiversidad Arrecifal y Conservación de la UNAM desarrollaron una metodología que constó de un proceso de monitoreo en dos fases: 1) la evaluación de plásticos en la superficie del mar y 2) el registro de plásticos en columna de agua y fondo arrecifal. Se evaluaron 21 sitios arrecifales, 15 dentro de ANP del Caribe mexicano, tres en zonas urbanas o puertos en el área de Influencia de ANP del Caribe mexicano y tres en ANP del Golfo de México (Mapa 1). Esta metodología fue desarrollada con base en la Guía para el monitoreo de basura marina en los mares europeos (Directive, 2013), cuyo objetivo es hacer recomendaciones y proporcionar la información necesaria para realizar monitoreos y elaborar estrategias dirigidas a la evaluación estandarizada de las aguas marinas de la región.

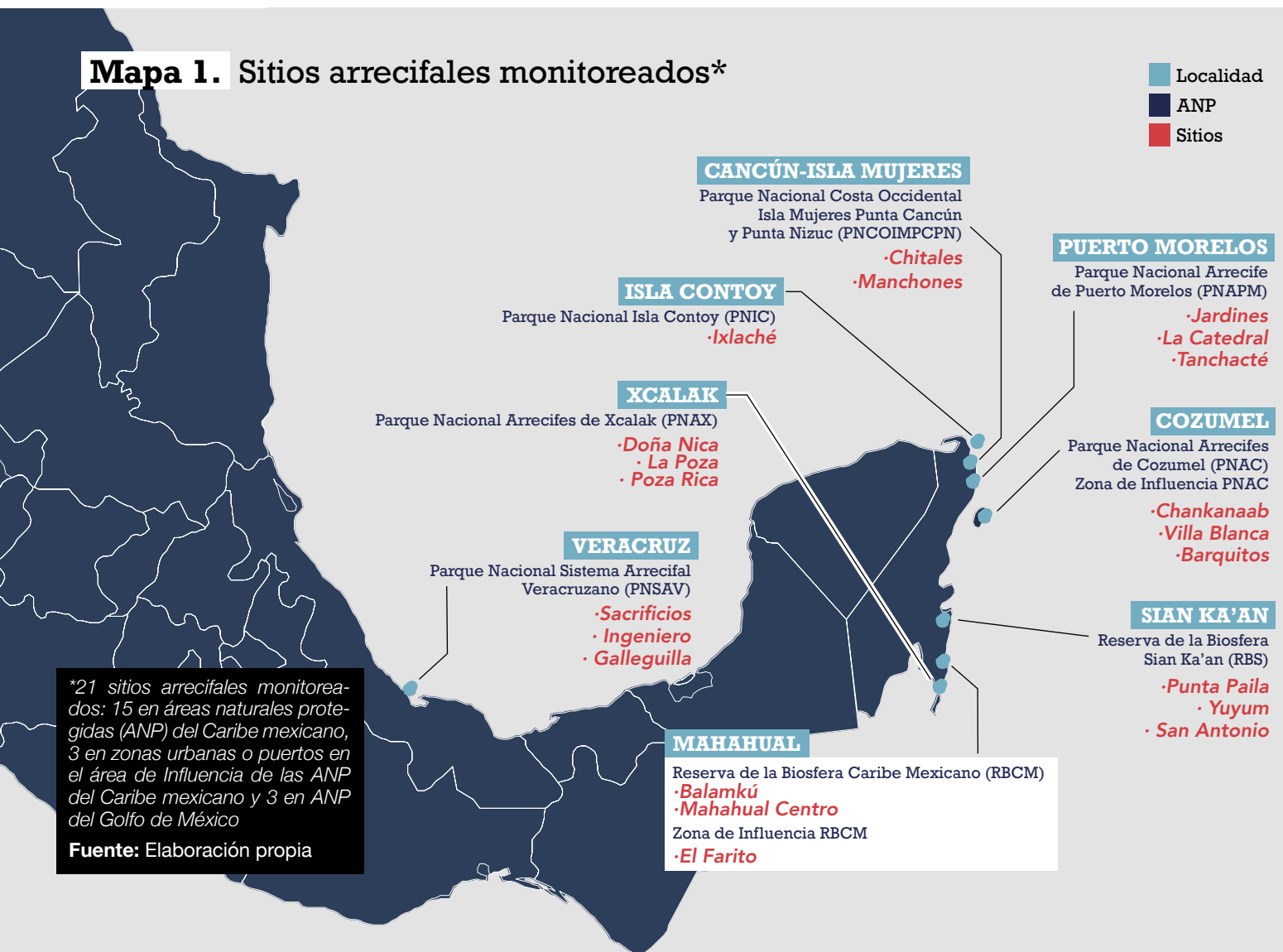
La primera fase de la metodología consistió en realizar una exploración visual mediante el uso de embarcaciones con la finalidad de detectar la presencia de desechos plásticos en la superficie del

mar. En cada una de las ANP se aplicó una técnica de observación y registro de datos denominada transecto lineal, la cual consiste en registrar información a lo largo de una línea recta (real o imaginaria) que atraviesa la zona a estudiar; cada transecto tuvo 10 km de largo por 4 m de ancho a una velocidad constante de 11 km/h (6 nudos) y una duración de una hora por cada transecto. Un solo observador registró los datos desde la proa de la embarcación y anotó todos los desechos plásticos (mayores de 5 cm) hallados en el área del transecto. En un formato previamente diseñado se registraron los datos colectados: tipo de material plástico (basado en la identificación de su forma o función), cantidad, desgaste (definido por tres categorías: muy desgastado, medianamente desgastado o con un desgaste bajo), color y origen, en caso de que fuera posible saber, el país de fabricación o marca del producto.

En la segunda fase del monitoreo se evaluó la

presencia de desechos plásticos en la columna de agua (cuerpo de agua que se encuentra debajo de la superficie del mar hasta el fondo) y el sustrato del arrecife. Esto se llevó a cabo mediante un censo visual con equipo SCUBA a una profundidad de uno a 18 m, de acuerdo con las características particulares de los arrecifes evaluados. En esta parte se realizaron 286 transectos lineales de 30 m de largo por 6 m de ancho y se registró la presencia de basura plástica (mayor de 2.5 cm) que estuviera tanto en el fondo del arrecife como flotando en la columna de agua. En este caso se asentó el tipo de material plástico, su conteo, desgaste y color con base en las mismas consideraciones previamente mencionadas; además, se integró otra categoría: la posición donde se encontraba la pieza plástica (ya sea flotando o en el sustrato) y, dado el caso, el origen del plástico si se conocía el país de fabricación o marca del producto.

Mapa 1. Sitios arrecifales monitoreados*



La selección de las ANP estudiadas obedece a que tienen la característica común de contar con arrecifes coralinos próximos a su costa, lo que les confiere vulnerabilidad de distintas formas. Estas ANP poseen una importancia ambiental clave para la zona; al mismo tiempo, algunas de ellas reciben cuantiosos visitantes extranjeros y nacionales e interactúan, ya sea de forma directa o indirecta, con comunidades humanas allí estableci-

das que presentan distinto desarrollo poblacional.

En virtud de ello, uno de los principales cuestionamientos que surgieron a la hora de plantear el desarrollo de este proyecto fue si las ANP en México resultan perjudicadas por los residuos plásticos, y si es así, en qué medida ocurre. En la siguiente sección se exponen los principales hallazgos obtenidos al buscar responder estas preguntas.

Principales hallazgos

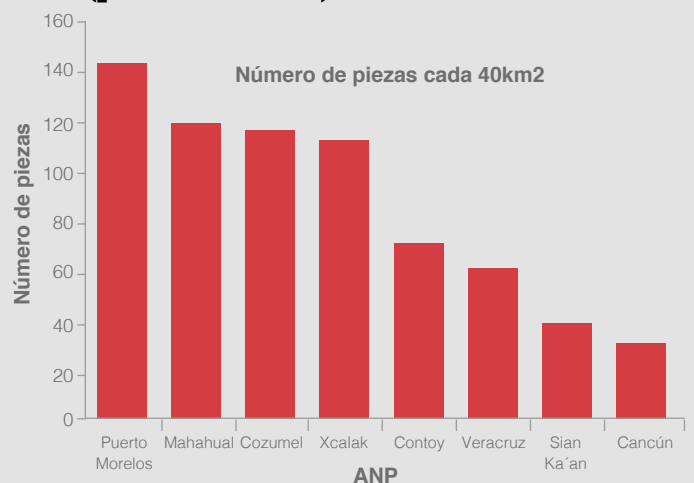
Las zonas del Caribe mexicano y el Golfo de México se distinguen por su enorme biodiversidad marina y por su alto impacto antropogénico. Como consecuencia, en el transcurso del tiempo se han establecido algunas ANP que cubren gran parte de la región con el propósito de conservación de los ecosistemas involucrados en ellas. México tiene una de las ANP más grandes del continente, la Reserva de la Biosfera Caribe mexicano (RBCM), la cual abarca 50% del Arrecife Mesoamericano. Sin embargo, lo anterior no salva a estos ecosistemas marinos de sufrir el impacto de la contaminación por plásticos, pues durante el estudio identificamos la presencia de piezas plásticas en **todas** las ANP estudiadas, tanto en la superficie como en la columna de agua y el sustrato de los sitios arrecifales evaluados. En total se registraron **815** piezas hechas de material plástico con diversas formas, tamaños y usos; esto equivale a 2 piezas/ km² flotando en superficie y a 3 500 piezas/km² en el fondo del mar (0.6 piezas/180 m²)¹. En los siguientes apartados se brinda una explicación más detallada al respecto.

BASURA FLOTANDO EN LA SUPERFICIE

En total se registraron **664** piezas plásticas flotando en la superficie de las ocho ANP, es decir, un promedio de **83** piezas plásticas por cada **40 km²**

recorridos en la embarcación (lo que equivale a 2 piezas/km²). Al analizar cada ANP, **Puerto Morelos** fue el sitio que presentó el promedio más alto con 145 piezas/40 km², seguido de Mahahual con 114 y de Cozumel con 108. Las ANP donde menor cantidad de basura en superficie hubo fueron el complejo Cancún-Isla Mujeres-Punta Nizuc y la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an con un promedio de 32 y 38 piezas/40 km², respectivamente (gráfica 1).

Gráfica 1. Total de piezas plásticas flotantes en la superficie de las ANP evaluadas (piezas/40km²)



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

¹La cifra de 815 piezas plásticas es el resultado de un muestreo sistemático en el que se monitorearon áreas relativamente pequeñas dentro de las ANP, de modo que fuera posible obtener una representación del problema y hacer comparaciones entre éstas. La gravedad de la problemática resulta aún más evidente si dimensionamos estos resultados a áreas mayores.

Dato complementario: la historia de los botes amarillos

Resulta interesante fijar nuestra atención en los recipientes amarillos encontrados con frecuencia a lo largo de las costas del Caribe mexicano. Como era de esperarse, dichos botes también se observaron en nuestro estudio (véanse las imágenes 1 y 2). Si bien su aparición en los transectos realizados fue de tan sólo dos piezas, en las playas se les ve en mayor número de acuerdo con testimonios de la comunidad, sobre todo prestadores de servicios, pescadores y pobladores. Tales recipientes pueden provenir de islas del Caribe como República Dominicana, donde están al alcance de la población general porque se comercializan y distribuyen en tiendas de abarrotes (véase la imagen 3), e incluso la maquinaria para su fabricación se ofrece en algunos sitios de venta en internet.²

Si se considera la carencia de información estadística clara acerca de la densidad y variabilidad de la llegada de estos recipientes a las costas, es importante que se efectúen más estudios sobre su procedencia y origen, además de las razones por las que terminan en el mar y posteriormente en las costas de nuestro país. Estas preguntas pueden abrir la oportunidad de elaborar un estudio más extenso que se enfoque sólo en el tipo de material plástico presente en las costas de México, especialmente en el Caribe.

Imagen 1. Botes amarillos en la costa



Foto: Omar Rivera

Imagen 2. Bote amarillo encontrado en la superficie del agua



Foto: Omar Rivera

Imagen 3. Botes amarillos en venta en una tienda de República Dominicana



Foto: Andreina Valdez

²Para un ejemplo de sitio por internet que vende estas maquinarias, véase <https://spanish.alibaba.com/product-detail/vinagre-plastic-bottles-machine-for-dominican-republic-60615775856.html>

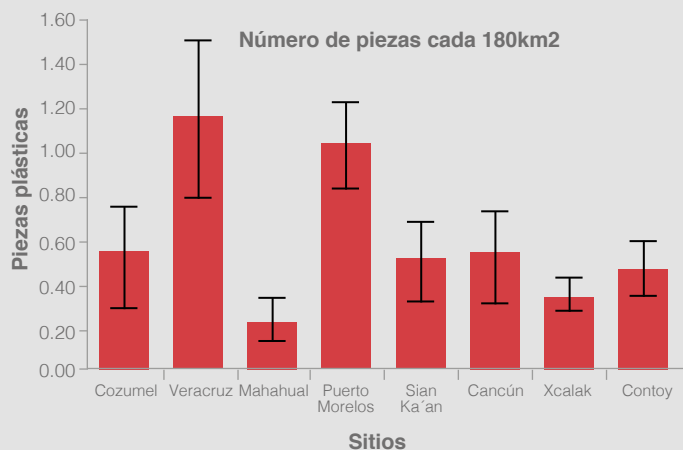
BASURA PLÁSTICA EN EL ARRECIFE

Respecto a la basura plástica registrada en el fondo y en la columna de agua de los sitios arrecifales dentro de las diferentes ANP evaluadas, se descubrió un total de **151** piezas plásticas, con un promedio de **0.63** piezas por cada **180 m²**. Al analizar el número promedio de piezas presentes en cada ANP, se observó que en **Veracruz** y **Puerto Morelos** el promedio fue de 1 pieza/180m² (valores equivalentes a 6 277 y 5 777 piezas/km², respectivamente), mientras que en el resto de las ANP evaluadas se mantuvo por debajo de ese promedio, y Xcalak e Isla Contoy fueron los sitios con menores valores registrados (0.33 y 0.48, equivalente a 1 666 y 1 333 piezas plásticas/km², respectivamente) (gráfica 2).

La comparación entre los resultados obtenidos en superficie y los hallados en el fondo del arrecife sobre el número de piezas plásticas por kilómetro cuadrado arroja datos alarmantes: el número de piezas flotando en la superficie es de 2 piezas/km², mientras que la cantidad de basura que se encuentra en el fondo de los sitios visitados alcanza un total estimado de 3 500 piezas/km².

Por consiguiente, se encontró más basura plástica en el fondo del mar que flotando en la superficie

Gráfica 2. Promedio de piezas plásticas registradas en el fondo en los sitios arrecifales pertenecientes a cada ANP (piezas/180 m²)



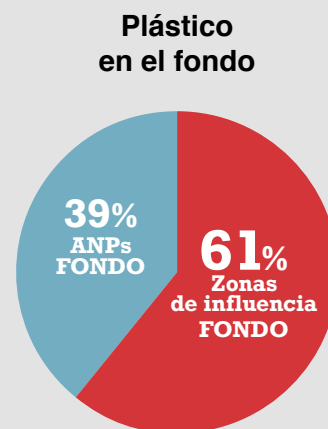
Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

del agua puesto que los desechos eventualmente llegan a la playa o se hunden. Es desalentador observar basura plástica en el mar, pero esto es solamente la punta del iceberg dado que la mayor parte de estos residuos está en el fondo, fuera de la vista de las personas.

ZONAS DE INFLUENCIA, LOS LUGARES MÁS CONTAMINADOS

Se visitaron tres sitios (El Farito, Villa Blanca y Barquitos) (véase cuadro 1) con influencia directa en el polígono de las ANP de las localidades de Cozumel y Mahahual, cuya característica común es una intensiva utilización turística, pues cerca se ubican dos de los muelles para cruceros con mayor uso y afluencia del Caribe mexicano. Estos sitios, llamados zonas de influencia (ZI), tuvieron valores altos de presencia de basura en el fondo. Sólo si juntamos el plástico registrado dentro de las ANP con lo encontrado en estos sitios, la proporción de basura que corresponde a las ZI conforma 61% de los plásticos hallados en el fondo marino (gráfica 3).

Gráfica 3. Promedio de piezas plásticas registradas en el fondo en los sitios arrecifales pertenecientes a cada ANP (piezas/180 m²)



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

Por otro lado, al contrastar el plástico presente en el fondo de estas ZI en Cozumel y Mahahual con el que había dentro del polígono de protección, se observa que el promedio de piezas registradas por cada 180 m² difiere en gran medida: las ZI tuvieron un promedio de 4.9 piezas/180 m² en Cozumel y 1.8 piezas/180 m² en Mahahual, contra 0.54 piezas/180 m² y 0.24 piezas/180 m², respectivamente, de acuerdo con lo registrado dentro del polígono de protección (gráfica 4). Al calcular estos resultados por kilómetro cuadrado, el número de piezas plásticas estimado para las ZI sería de 27 222/km² para Cozumel y de 10 000/km² para Mahahual.

Por tanto, la zona de influencia conformada por los sitios Villa Blanca y Barquitos en Cozumel tuvo el mayor promedio de basura plástica de todos los casos; hay que decir que estos sitios no forman parte del polígono de protección del Parque Arrecifal aunque tienen influencia directa del mismo. Si se representan estos valores previos

como número de piezas por kilómetro cuadrado, de nuevo los datos son preocupantes, pues para la ZI en Cozumel habría un total estimado de 27 000 piezas plásticas/km², mientras que para la ZI de Mahahual habría 10 000 piezas plásticas/km².

Lo anterior podría sugerir que la menor cantidad de basura en los sitios ubicados en las ANP significa que los objetivos de esos instrumentos de protección funcionan y que las zonas que quedan fuera del polígono de protección son muy susceptibles a tener mayor cantidad de piezas plásticas quizá como resultado de las actividades locales y de turismo que se llevan a cabo en ellas, desde la dinámica producto de la llegada masiva de cruceros hasta las actividades de snorkel, buceo o pesca que se desarrollan allí. Sin embargo, cabe señalar que estos sitios marinos pertenecen a un sistema abierto, por lo que existe la posibilidad de que la basura encontrada provenga de sitios alejados de la zona costera más cercana, es decir, de otros países.

Gráfica 4. Promedio de piezas plásticas registradas en el fondo de las ANP y ZI de las localidades de Cozumel y Mahahual (número de piezas/180 m²)

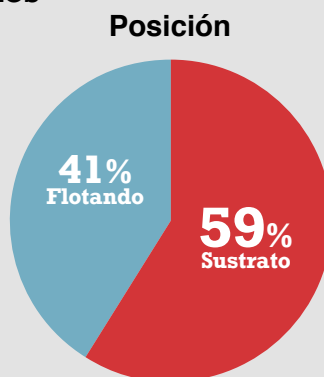


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

DISTRIBUCIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN EL FONDO DEL MAR

Ante la pregunta de si el plástico encontrado en el fondo de los sitios evaluados flotaba en la columna de agua o se localizaba en el sustrato del arrecife, se constató que 59% de las piezas plásticas estaba en el sustrato de los sitios (enredadas a alguna estructura coralina o algal, o en la arena) mientras que 41% flotaba sobre la columna de agua (gráfica 5).

Gráfica 5. Proporción de los desechos plásticos de acuerdo con la posición donde se encontraron en el fondo de los arrecifes



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación



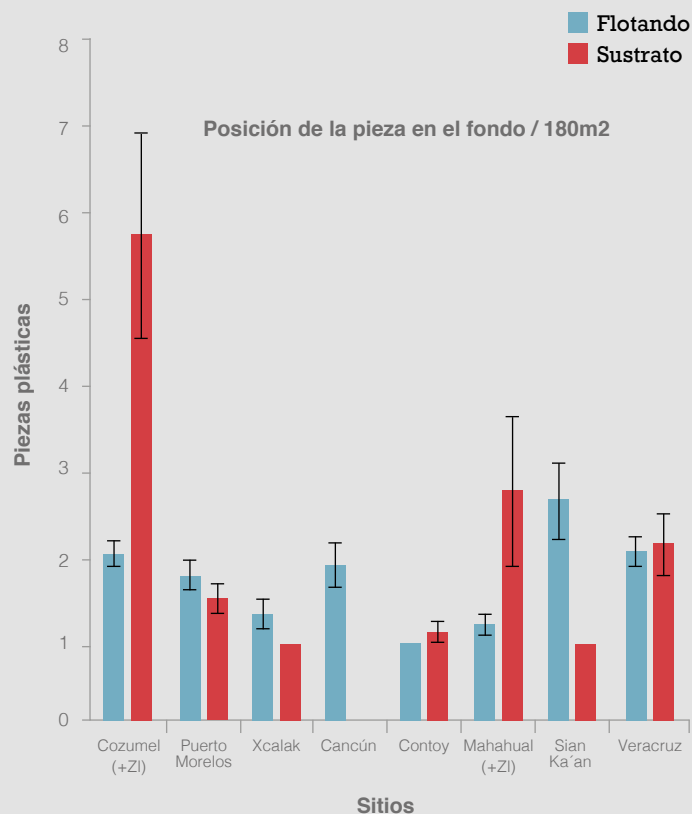
Foto: OORG

Sobre el particular se pudo observar que la distribución de piezas plásticas encontradas en la columna de agua (flotando) se mantuvo relativamente similar en todos los sitios evaluados y que los lugares con mayor y menor promedio de piezas/180 m² flotando fueron Sian Ka'an e Isla Contoy, con 2.66 y 1 pieza, respectivamente.

En relación con las piezas detectadas en el sustrato arrecifal, Cozumel (incluidas las ZI) tuvo el mayor promedio, con 5.7 piezas/180 m², seguido de Mahahual (incluidas las ZI) con 2.7 piezas/180 m², en tanto que Sian Ka'an y Cancún registraron los valores más bajos, con 1 y 0 piezas/180 m², respectivamente (gráfica 6).

De lo anterior se infiere que para este estudio hubo un mayor porcentaje de piezas interactuando de forma directa-física con el sustrato de los sitios. Esto podría constituir un riesgo potencial para las especies que utilizan estas zonas como refugio o sitio de alimentación; además, en ocasiones estas piezas plásticas estaban atoradas directamente en las estructuras que conforman el sustrato, lo que puede dañar a las especies que habitan estos sitios y a las que conforman su estructura (como esponjas, corales y algas).

Gráfica 6. Promedio de piezas encontradas por ANP tanto en el sustrato como flotando en el fondo de los arrecifes (posición de las piezas/180 m²)

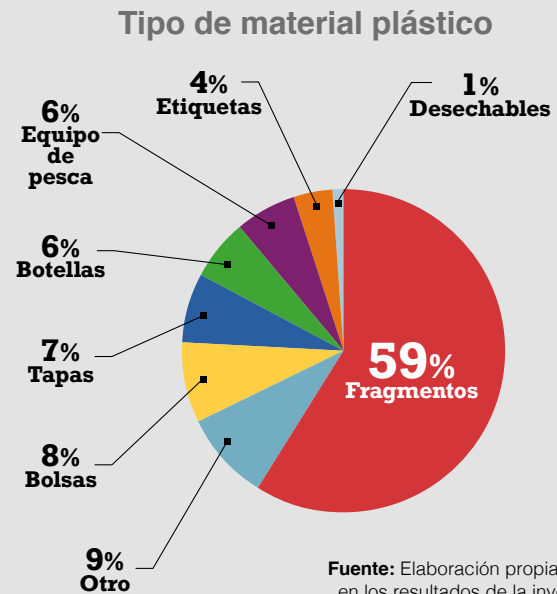


Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

TIPO DE PLÁSTICO ENCONTRADO

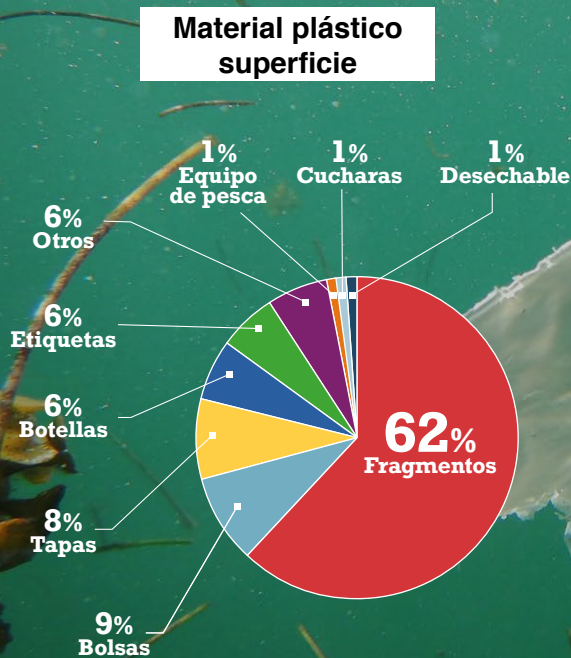
En cuanto al tipo de plástico encontrado, los fragmentos (definidos como una pieza plástica visible al ojo humano que debido a su nivel de degradación es imposible determinar su forma o función) predominaron ampliamente en todas las ANP evaluadas (59%), los demás tipos de plástico que abundaron en el estudio fueron: bolsas (8%), tapas (7%), equipo de pesca (6%), botellas (6%), etiquetas (de productos bebibles o comestibles) (4%) y materiales desechables (poliestireno) (1%), además se estableció una categoría llamada "otros" (9%) que incluyó piezas únicas cuya frecuencia fue inconstante como en el caso del resto del plástico encontrado. Esta categoría comprendió cables, agitadores, cajas, lapiceros, gorras, letreros, popotes, sandalias, cepillos de dientes, los botes amarillos antes mencionados, cucharas y tenedores, entre otros (gráfica 7).

Gráfica 7. Tipo de artículo plástico registrado en todas las piezas del estudio

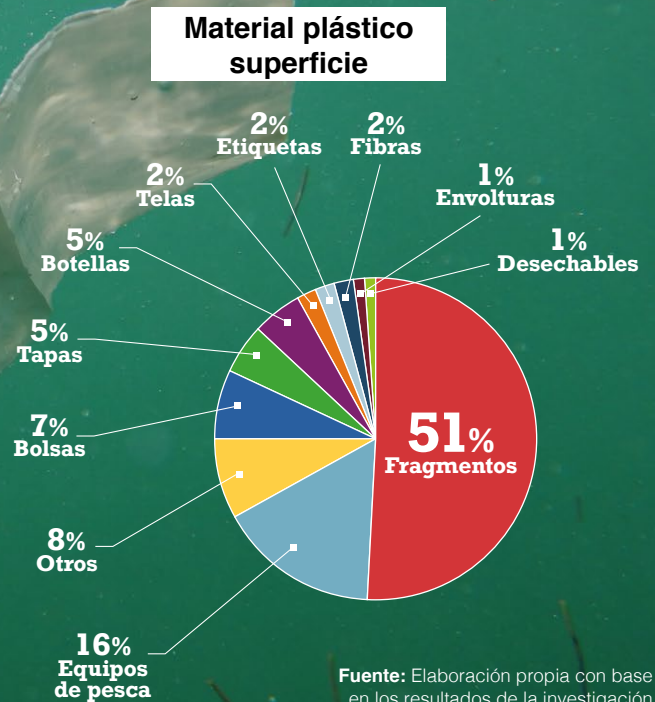


Se aprecia la misma tendencia al analizar por separado el tipo de plástico encontrado en la superficie y el fondo, ya que los fragmentos vuelven a dominar en porcentaje de aparición (gráficas 8 y 9).

Gráfica 8. Tipo de material plástico registrado para las piezas halladas en la superficie

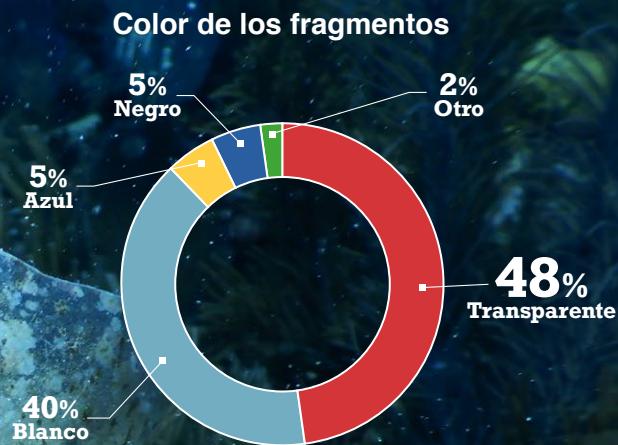


Gráfica 9. Tipo de material plástico registrado para las piezas halladas en el fondo

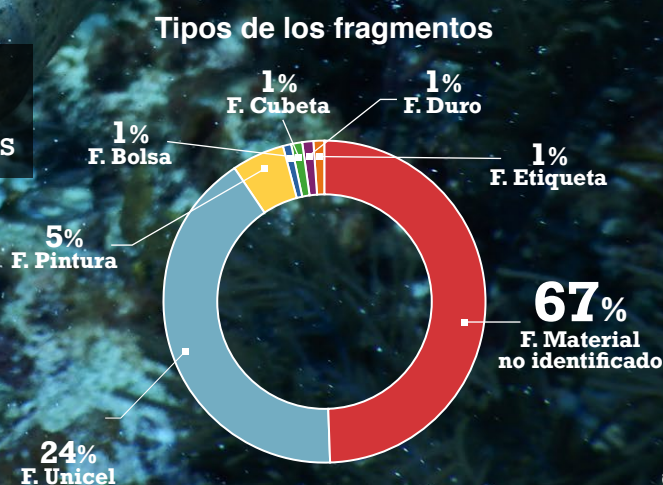


Cabe recalcar que la categoría de fragmentos comprende distintos tipos de plástico; su importancia radica en que fueron las piezas más abundantes en el estudio y mostraron características singulares como su tamaño, porque no son microplásticos (menores de 5 mm) pero sí tienen potencial de ingesta. Otro rasgo importante fue la coloración, pues la mayoría fueron piezas transparentes o blancas (en el caso de los fragmentos de unicel) (gráfica 10). En este caso los fragmentos preponderantes (67%) fueron unos para los que fue imposible determinar su forma o función previa, seguidos de fragmentos de unicel (poliestireno) (24%) y posteriormente una variedad de fragmentos de pintura, bolsas, cubetas, etiquetas, etc. (gráfica 11).

Gráfica 10.
Coloración registrada para los tipos de fragmentos



Gráfica 11.
Tipos de fragmentos



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación

Foto: OORG

FRAGMENTOS:

¿POSIBLES MICROPLÁSTICOS FUTUROS?

Las piezas de plástico grandes experimentan una degradación continua hasta transformarse en unas más pequeñas que conllevan riesgos importantes (Kühn y Franeker, 2020). Mediante la acción del viento, el oleaje y el sol, las piezas plásticas más grandes se erosionan y acaban por convertirse en partículas microplásticas menores de 5 mm (NOOA, 2016). Es preocupante, según los datos recabados por este estudio, la presencia de un gran número de fragmentos que casi están en el rango de microplásticos, ya que son partículas peligrosas que pueden causar efectos adversos en la biota marina y en los seres huma-

nos por su capacidad de sobrepasar las paredes de los tejidos o las membranas celulares (Kühn y Franeker, 2020; Barboza et al., 2019).

Por su tamaño y otras características físicas que poseen, como la extensión de su área superficial en volumen, los microplásticos tienen la capacidad de facilitar el transporte de contaminantes como los orgánicos persistentes (COP o POP, por sus siglas en inglés) e incluso ser vectores de enfermedades (Lamb et al., 2018; Gall y Thompson, 2015; Andrady, 2017). En un estudio reciente sobre el contenido estomacal de peces comerciales en tres regiones de México se encontró que en el tracto digestivo de cinco de cada 10 ejemplares había material microplástico (Greenpeace México, 2019).

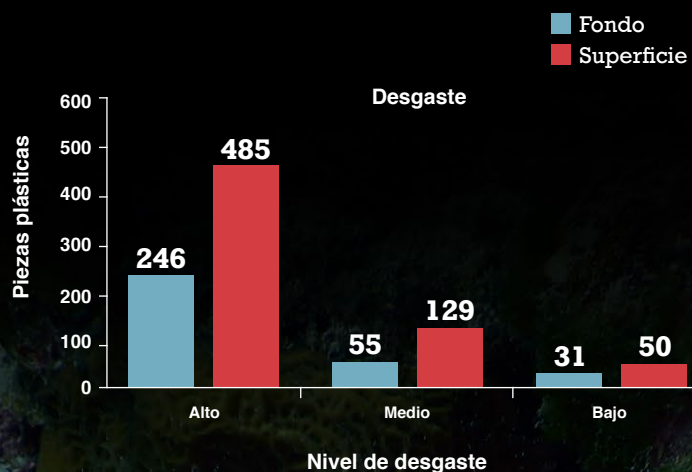
POSIBLES ORÍGENES DE ESTA CONTAMINACIÓN

El plástico puede ser transportado desde áreas pobladas hacia el ambiente marino por numerosas vías: ríos, viento, mareas, lluvias, desagües pluviales e incluso inundaciones (Reisser et al., 2013); posteriormente, los desechos con capacidad de flotación actúan como trazadores de corrientes superficiales medias a gran escala (Law et al., 2010), es decir que los desechos son transportados siguiendo las rutas de éstas. Asimismo, acerca de la distribución y concentración geográfica de plásticos en el Atlántico y Caribe, la investigación determinó que tales desechos tienden a acumularse en uno de los giros de corrientes superficiales de la región, mejor conocidos como giros de convergencia subtropical.

De acuerdo con nuestro estudio, 6% de la basura encontrada fue material de equipo de pesca sobre el que no es posible asegurar si su origen es local o externo, pues a pesar de que este tipo de desechos plásticos puede provenir de las pesquerías locales de la zona donde se encontró, también puede circular en giros oceánicos hacia zonas de convergencia y, como resultado, tener un impacto negativo en hábitats alejados de su punto de origen (Kubota, 1994). Es difícil determinar la procedencia geográfica de los desechos a partir de los patrones de corrientes o con base en las mismas piezas plásticas recuperadas (Law et al., 2010) y entender esa dinámica constituye una veta de oportunidad para futuros estudios.

No obstante, el desgaste de las piezas plásticas encontradas brinda algunas pistas sobre: 1) el tiempo que llevan en el mar y 2) la probabilidad de que éstas puedan fragmentarse y convertirse en piezas microplásticas. En el estudio que nos ocupa, establecimos una categoría de desgaste por cada pieza observada en las ANP y concluimos que en la mayoría de los casos tanto las piezas registradas en el fondo como en la superficie tendieron a presentar mucho desgaste (gráfica 12). Dicho dato sugiere que la basura hallada tiene tiempo flotando en la superficie y probablemente se convertirá en piezas microplásticas o incluso llegará a hundirse (en el caso de la flotante). Law y cols. (2010) afirman que una de las posibles causas del hundimiento de la basura que flota es la fragmentación.

Gráfica 12. Nivel de desgaste de las piezas plásticas encontradas



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados de la investigación



BASURA INTERNACIONAL

En cuanto a su procedencia, apenas en 3.5% de las piezas plásticas detectadas en la superficie y en el fondo marino se identificó su país de origen (gráficas 13 y 14), un margen bajo para inferir la procedencia exacta de toda la basura plástica en el estudio. No obstante, se hizo un esfuerzo por identificar el nombre del producto y de la empresa asociada a las piezas plásticas encontradas en el mar con el propósito de tener un panorama sobre el impacto potencial de ciertos productos, empresas y países en los ecosistemas marinos.

De este análisis resalta la variedad de regiones del mundo de donde proviene el plástico pues, de 29 piezas, siete eran mexicanas y siete estadounidenses. Respecto a las islas del Caribe y Centroamérica, cuatro tenían su origen en República Dominicana, dos en Jamaica, una en Puerto Rico y una en Guatemala, mientras que desde la región de Sudamérica llegaron dos piezas de Colombia y una de Ecuador. También se identificaron piezas provenientes de Europa y Asia: una italiana, una francesa, una singapurense y una turca (véase imagen 4 y mapa 2).

Mapa 2. Variedad de regiones del mundo de donde proviene las 29 piezas de plástico



Imagen 4.

Desechos plásticos cuyo país de origen se pudo identificar



Foto: Javier González Barrios

Se realizó el rastreo a partir de la marca del producto encontrado en el mar y se llevó a cabo una clasificación por la empresa fabricante del producto, su nombre comercial, el uso del mismo y el país de origen (cuadro 2). En relación con las empresas asociadas con los productos hallados, destacan las que producen y comer-

cializan bienes de consumo rápido, en particular de bebidas embotelladas como es el caso de Coca-Cola y PepsiCo. Las piezas identificadas como de origen mexicano se relacionan con las empresas Coca-Cola (tres), Sabritas (una), Lucas (una), José Cuervo (una) y Nutrioli (una) (véase cuadro 1).

Foto: Greenpeace



Cuadro 1. Clasificación de las piezas plásticas identificadas. Nombre de la empresa que las fabrica, nombre del producto, su descripción y país de origen

Nombre de la empresa	Nombre del producto	Descripción del producto	País
Ocean Spray	Flavour Splash Water	Jugo embotellado	EUA
PepsiCo/Aquafina	Aquafina	Agua embotellada	EUA
PepsiCo	7Up	Refresco embotellado	EUA
P&G Everyday	Secret	Desodorante	EUA
Culligan Water	Culligan	Agua embotellada	EUA
Bodyarmor SuperDrink	Body Armor	Bebida deportiva	EUA
Upstate Niagara Cooperative	Upstate Farms	Yogurt envasado	EUA

Coca-Cola	Cristal	Agua embotellada	México
Sabritas	Salsa Britas	Salsa embolsada	México
Lucas	Lucas	Dulce envasado	México
Nutrioli	Nutrioli	Aceite embotellado	México
José Cuervo	José Cuervo	Agitador	México
Soeli	Desconocido	Recipiente de líquidos	República Dominicana
Coca-Cola	Fanta	Refresco embotellado	República Dominicana
Rica	Listamilk	Leche embotellada	República Dominicana
Alpina	Alpina	Yogurt envasado	Colombia
Brinsa	Blancox	Cloro embotellado	Colombia
Winsyco	WATA	Agua embotellada	Jamaica
Lasco	ICool	Agua embotellada	Jamaica
BV Brothers	Tom Milk	Yogurt envasado	Puerto Rico
Mavesa	Mavesa	Mantequilla envasada	Ecuador
CBC/PepsiCo	AMP 365	Bebida energética	Guatemala
Cosmec S.r.L.	Hergen	Cosmético envasado	Italia
Dream Cosmetics	Caro White	Crema corporal envasada	Francia
HUNCA	She	Desodorante	Turquía
Lion	Ma Ma Lemon	Jabón para cocina envasado	Singapur

Un aspecto que merece especial atención es que el análisis sobre el origen de las piezas plásticas apenas es un indicio sobre la magnitud del problema existente y de la responsabilidad del sector privado en este tema.

En el presente estudio para las costas mexicanas se aprecia la reiteración de marcas ubicadas entre las cinco principales causantes de la contaminación por plásticos a nivel global, de acuerdo con la auditoría de marca que realizó Break Free From Plastics (2019) en la que Coca-Cola lideró como emisora de residuos plásticos, seguida por PepsiCo, Nestlé, Unilever y Mondeléz.

Esta realidad pone de manifiesto la necesidad de que las empresas del ámbito mundial, nacional y local asuman la responsabilidad que les corresponde en la lucha contra la contaminación por plásticos mediante la adopción de medidas ambiciosas como la de transparentar su huella plástica (cuánto plástico producen o utilizan), responsabilizarse de la gestión de los residuos que sus productos generan y poner a disposición soluciones preconsumo. Este último punto significa que las empresas deben ofrecer a sus clientes opciones libres de plástico de un solo uso, es decir, deben transitar hacia nuevas modalidades de proveer sus productos basadas en la reutilización de materiales durables, resistentes y no tóxicos, así como mediante sistemas de recarga y rellenado (como los dispensadores de refresco o detergentes), venta a granel, envases retornables (p. ej., las botellas retornables utilizadas para distribuir diversas bebidas), etc. Todo esto dirigido, en primer lugar, a evitar la generación de residuos que después tengan que gestionarse y que hoy constituyen un grave problema ambiental.

Ante la grave invasión de los ecosistemas naturales con residuos plásticos, las soluciones posconsumo como el reciclaje son insuficientes porque su práctica es muy reducida, por ejemplo, en México sólo 6.07% de los residuos valorizables realmente se recicla (Greenpeace México y Alianza México sin Plástico, 2019). Lo anterior plantea la urgencia de buscar soluciones reales preconsumo que contemplen tanto reducir la producción y el consumo de plásticos como erradicar el modelo de “usar y tirar” productos hechos de materiales diseñados para utilizarse brevemente y después desecharse, como los plásticos de un solo uso.

Por otro lado, el elevado desgaste de las piezas podría corroborar la idea de que la mayor parte de la basura plástica hallada en las ANP proviene de fuentes externas a la costa de cada una de ellas, es decir que se trata de basura que viene flotando en el mar. Esto resultó cierto respecto a los productos identificados de otros países. Sin embargo, se requieren estudios más detallados sobre el rastreo del origen geográfico de la basura que no es identificable.

La presencia de piezas con origen en otros países muestra que nuestros océanos son un sistema integrado en el que las acciones cometidas en determinada parte del globo afectan al resto del sistema. De ahí la relevancia de proteger nuestros océanos mediante mecanismos –como un Tratado Global de los Océanos en el seno de las Naciones Unidas– que fortalezcan una gobernanza mundial que privilegie la conservación y protección de cuando menos 30% de los océanos mediante santuarios marinos donde queden restringidas actividades humanas dañinas como la explotación petrolera o la minería de aguas profundas.

La contaminación por plásticos constituye una grave amenaza

AFECTACIONES A LA FAUNA MARINA

En las zonas donde se realizaron los distintos monitoreos se observaron diferentes animales marinos: mamíferos (p. ej., manatíes y delfines), tortugas marinas, elasmobranquios, grandes comunidades de peces e invertebrados y aves, de lo que surgió la pregunta de si la fauna marina asociada a estos ecosistemas marinos tiene un riesgo potencial ante la presencia de desechos plásticos en su hábitat.

Se afirma que la degradación del hábitat ocasionada por este tipo de basura tiene impactos graves en la biodiversidad de varios puntos críticos puesto que los arrecifes de coral, manglares y pastos marinos son sitios de crianza para casi todas

las especies marinas (NOOA, 2016). Por tal motivo, a nivel global se encuentran día con día nuevas especies marinas ya sea con ingesta de plásticos o enredadas en ellos y se reporta que 30% de los individuos de aves marinas, 4.4% de los mamíferos marinos y 32% de las tortugas marinas tienen plástico en sus estómagos, con la aclaración de que los datos de ingesta plástica discutidos se refieren únicamente a partículas plásticas visibles en los tractos digestivos de la fauna marina (Kühn y Franeker, 2020). Por tanto, la presencia de piezas plásticas en la columna, fondo y superficie marinos registrada en esta investigación constituye un riesgo potencial para las especies animales que viven en las zonas estudiadas.



Foto: Greenpeace/Paul Hilton

PLÁSTICO EN LOS ARRECIFES

La degradación de hábitats acuáticos debido a desechos marinos es una seria amenaza potencial para la salud del océano, los ecosistemas costeros y los recursos marinos (NOOA, 2016). Todas las ANP evaluadas comparten la característica de contar con un ecosistema arrecifal bajo su protección. Por su gran biodiversidad biológica son zonas de pesca recreativa y sitios comer-

cialmente populares, lo cual a menudo favorece la aparición de equipo de pesca abandonado que contribuye de forma significativa a los desechos marinos, sobre todo en aguas someras (NOOA, 2016). Como los desechos se acumulan, pueden enredarse en especies de coral ramificadas, llevar a su fragmentación y abrasión, y por último a la potencial reducción de heterogeneidad del hábitat, proveyendo así un sustrato abierto para

la colonización algal (UNEP, 2009), la cual quizá lleve aparejada una proliferación bacteriana susceptible de producir un efecto negativo de amplio rango para el ecosistema (Beaumont et al., 2019).

Debido a la gran cantidad de fragmentos y el alto desgaste de las piezas encontradas en este estudio, alarma su potencial transformación en

partículas microplásticas. Se considera la posibilidad de que elevadas concentraciones de desechos microplásticos afecten la salud de los corales, pues éstos pueden confundir microplásticos con presas y consumir cifras superiores a 50 ug de plástico, una cantidad similar a su consumo de plancton (NOOA, 2016).

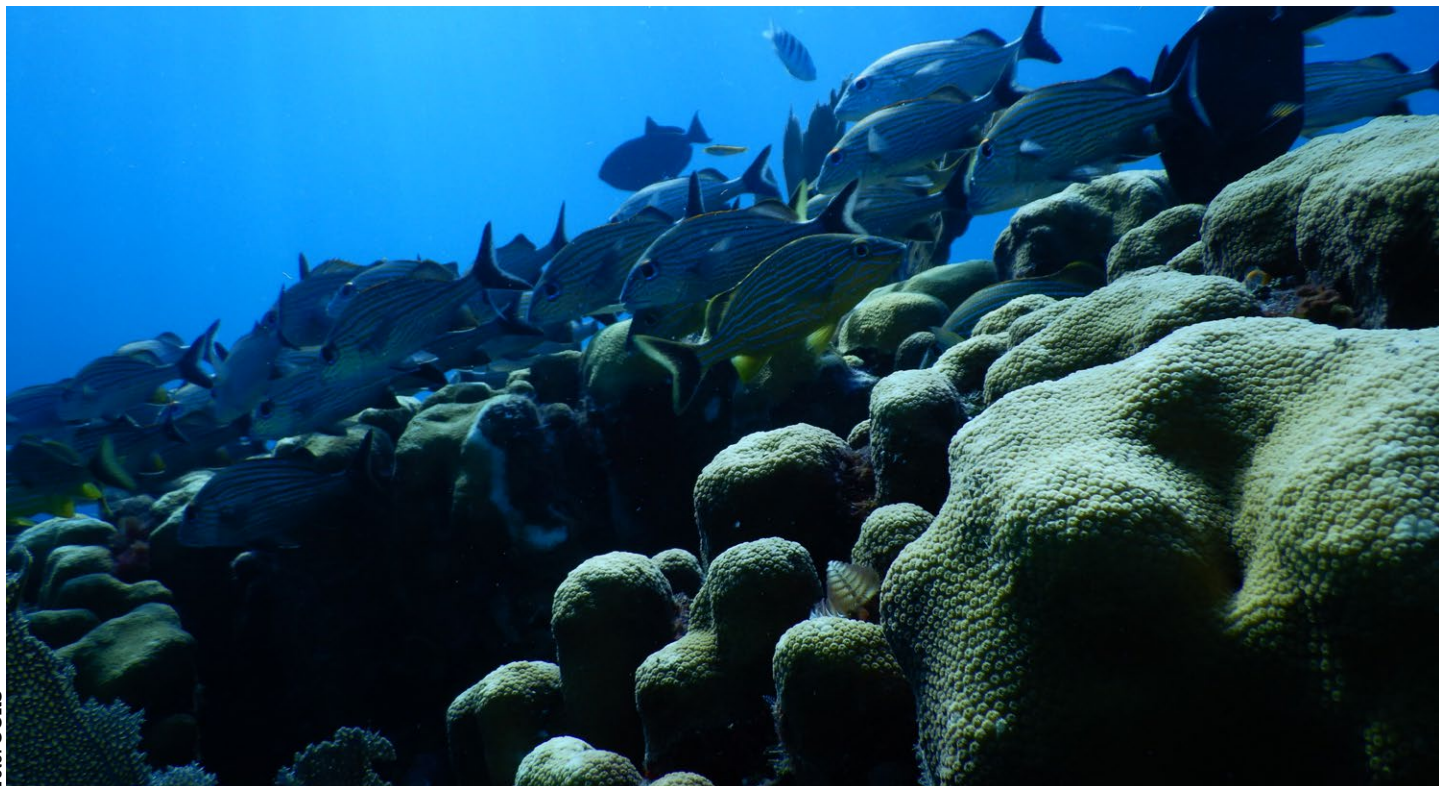


Foto: OORC

IMPACTOS SOCIALES

Los ecosistemas marinos, en particular los arrecifes coralinos, proporcionan servicios ecosistémicos cruciales para la dinámica social de los desarrollos humanos asentados en las costas del país. Tales servicios son aquellos que obtenemos de la naturaleza para beneficio de los humanos y son de diferentes tipos: provisional, como la alimentación mediante la pesca; de regulación, como los de protección de la costa mediante la estructura formada por los arrecifes coralinos, o culturales, como los servicios de recreación y entretenimiento que brindan los paisajes característicos de los arrecifes coralinos. Sin embargo, por la presencia de plástico en el mar casi todos los servicios ecosistémicos a escala global resienten daños sustanciales; esto tiene como consecuencia un de-

clive en la prestación de servicios del ecosistema marino que equivale a una pérdida anual de 500 a 2 500 billones de dólares en el valor de los beneficios derivados de éstos a nivel global (Beaumont et al., 2019).

Que las zonas donde se efectuó el estudio se distinguieran por depender en gran medida de estos servicios ecosistémicos y que en todas ellas hubiera desechos plásticos debería ser motivo de gran preocupación porque no nada más hay impactos negativos de índole ambiental sino también sociales y económicos. Tan sólo la contaminación plástica en el mar tiene un costo anual por cada tonelada de plástico de 3 300 a 33 000 dólares en términos de reducción del capital marino natural. Pero el costo total tal vez sea mayor porque la presencia de plástico también puede

repercutir gravemente en la recreación experiencial, con un abanico de perjuicios económicos que van desde la limpieza hasta la pérdida de ingresos del turismo (Beaumont et al., 2019).

Asimismo, la productividad, viabilidad, rentabilidad y seguridad de la industria pesquera y de acuicultura está en una situación de alta vulnerabilidad al impacto del plástico en el mar, sobre todo cuando éste se suma a factores más amplios que incluyen el cambio climático y la sobrepesca (Beaumont et al., 2019). Es evidente que el análisis político y el debate en torno al ciclo de los plásticos está concentrado en su contaminación y disposición final, con un énfasis particular en la contaminación marina, pero poca atención han recibido la manufactura y los patrones de sobreconsumo (Nielsen et al., 2020).

Este informe, así como todo el trabajo que se hace en la campaña Océanos sin Plásticos de Greenpeace México, se propone, mediante la generación de evidencia científica sobre los impactos de la contaminación plástica en nuestro país, recalcar precisamente la urgencia de transitar hacia un modelo económico distinto basado en reducir la producción y consumo de un material como el plástico de un solo uso, cuya vida útil es muy breve y se desecha de inmediato, generando grandes cantidades de residuos que van a parar a la naturaleza. La excesiva producción y consumo de plástico no es sostenible para nuestro planeta.

En resumen, la contaminación plástica en el mar afecta a especies carismáticas, contribuye a la pérdida del bienestar humano (Beaumont et al., 2019) y aun compromete la salud de las personas pues se han encontrado desechos antropogénicos en el contenido de individuos de peces y mariscos mercantilizados para consumo humano (Greenpeace México, 2019; Rochman et al., 2015), evidencia clara de que los desechos plásticos se han infiltrado en la cadena alimenticia marina hacia los seres humanos por medio de los mariscos. Ello obliga a cuestionarnos sobre un asunto fundamental: la bioacumulación y biomagnificación de químicos y sus consecuencias para la salud humana (Rochman et al., 2015).

Cabe subrayar que en la actualidad se ha creado una conciencia importante acerca de las con-



Foto: Greenpeace/Mario Dib

secuencias ecológicas (Kühn y Franeker, 2020). Empezar acciones encaminadas a reducir la contaminación por plásticos en el mar redundaría en asegurar la provisión actual y futura de los servicios ecosistémicos, así como los beneficios que éstos proveen a la humanidad (Beaumont et al., 2019). De cualquier modo no hay que olvidar que todo el ciclo de vida de los plásticos es político, pero que aún no se ha politizado por igual (Nielsen et al., 2020). Por tanto, cobra particular relevancia informarse y exigir a los tomadores de decisiones que pongan como prioridad esta problemática en sus agendas ya que pensar en términos de “business as usual” y “medidas de adaptación” para afrontar la contaminación plástica en los océanos en lugar de implementar medidas de prevención y mitigación podría dirigir hacia otra crisis ambiental con la que las futuras generaciones tendrían que lidiar (Gallo et al., 2018).

Hacia una solución del problema

Nuestras áreas marinas y costeras están amenazadas por la contaminación plástica y debemos reconocer que enfrentamos circunstancias que ponen en riesgo la biodiversidad costera y a las comunidades humanas (Baztan et al., 2014). Los resultados que arrojó esta investigación muestran que nuestro país no se encuentra exento de la contaminación por plásticos. Al contrario, las piezas plásticas halladas en nuestros mares y playas afectan a las especies que los habitan, además de propiciar su ingreso en la cadena alimenticia de los seres humanos con los perjuicios a la salud que esto implica. Además, ocasionan daños sociales y económicos significativos para las comunidades locales.

De acuerdo con lo expuesto, es imperativo tomar medidas para evitar que los residuos plásticos lleguen a la naturaleza. Dichas medidas deben tener una visión integral de la problemática de la contaminación por plásticos, es decir, desde su origen en el patrón cultural de “usar y tirar” y en la excesiva producción y consumo de plásticos de un solo uso que, paradójicamente, tienen una vida útil muy corta (de escasos minutos o de un par de veces) pero una permanencia muy larga (de hasta cientos de años) en la naturaleza una vez que se desechan.

Urge que los gobiernos locales tomen medidas para hacer más eficientes sus mecanismos de gestión de residuos. Sin embargo, es preciso aclarar que ver la problemática únicamente desde la perspectiva del manejo de residuos no solucionará el problema. Sí lo hará implementar acciones dirigidas a reducir la producción y el consumo de este material, en el entendido de que el mejor residuo es el que no se genera. Esto implica prohibir la comercialización y distribución gratuita de determinados productos de plástico de un solo uso (bolsas, vasos, platos, cubiertos, popotes, etc.), medida que hoy ya se está implementando en diversas ciudades y estados de México, así como en otros países del mundo. En Greenpeace México consideramos que estas medidas, aunque

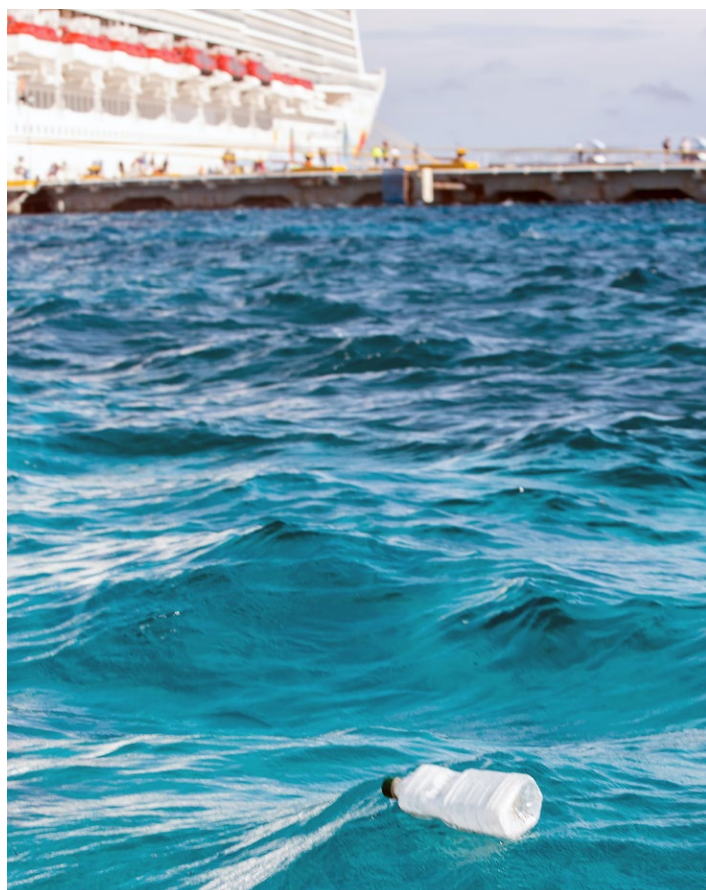


Foto: Greenpeace/Mario Dib

abarcen un número reducido de plásticos desechables (dejan fuera por ejemplo a las botellas PET o a los empaques y envases de buena parte de los productos que adquirimos en el supermercado), constituyen un avance en la dirección correcta, dado que permiten a la ciudadanía transitar hacia formas de consumo más responsables con el medio ambiente y dejar atrás el patrón cultural de “usar y tirar”.

No obstante, estas disposiciones gubernamentales no deben dar pie a la sustitución del plástico por otros materiales que siguen siendo de un solo uso (p. ej., papel, cartón, biodegradables, bioplásticos y compostables), los cuales también están diseñados para desecharse en cuestión de minutos, perpetuar el modelo de “usar y tirar” y contribuir de igual forma a la generación de residuos en las ciudades. Al respecto, es importan-

te recalcar que los bioplásticos, compostables o plásticos etiquetados como biodegradables no se degradan en condiciones marinas, donde parámetros como la temperatura, oxígeno y salinidad son muy distintos a los parámetros esperados en un proceso de composta (Raynaud, 2014); es decir que dichos materiales, al igual que el plástico regular, persisten también en la naturaleza y representan una amenaza para las especies. En Greenpeace las llamamos “falsas soluciones” porque únicamente trasladan la problemática de la contaminación plástica a otros problemas ambientales y sociales, como el aumento de las emisiones agrícolas, el cambio de uso de suelo para cultivar y la amenaza a la seguridad alimentaria, como ocurre en el caso de los llamados plásticos de contenido biológico fabricados con material vegetal (maíz, caña de azúcar, etc.) (Greenpeace USA, 2019a). De ahí la trascendencia de enfocarse en acciones que extirpen el problema de raíz eliminando el modelo cultural de “usar y tirar”.

Para ello, debemos transitar hacia nuevos modelos de consumo basados en la reutilización de materiales durables, resistentes y no tóxicos y en la compra de productos cero residuos. Con ese objetivo, las empresas deben apostar por la innovación, eje de su modelo de negocio, a fin de brindar a sus clientes opciones libres de plástico, es decir, deben buscar nuevas formas de proveer sus productos sin generar residuos: sin empaques ni

embalajes de un solo uso (p. ej., con envases durables que sean retornables, recargables o rellenables, con una oferta más extensa de productos a granel, con dispensadores para vender bebidas u otros líquidos como detergentes, etc.). Para más opciones de innovación cero residuos, consúltese nuestro informe sobre el supermercado inteligente en Greenpeace USA, 2019b)

Los gobiernos locales y el gobierno federal tienen que comprometerse de manera decisiva para hacer frente a la contaminación plástica, tanto desde el Poder Ejecutivo como del Legislativo. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) es responsable de la administración y cuidado de las ANP del país a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), y por ello es su deber emprender acciones efectivas y eficientes para conservar el patrimonio natural de México.

Como encargada de la definición de la política pública en materia ambiental, la Semarnat, y en consecuencia la Conanp, debe añadir la problemática de la contaminación plástica a sus estrategias para el desarrollo de programas dirigidos a la protección y conservación de las ANP ya que, como muestra este estudio, constituye una amenaza para estos frágiles ecosistemas. Por ello, la Semarnat debe estar en el centro de las discusiones actuales en torno al problema de los residuos plásticos y hacer propuestas de política pública

Foto: Javier Gonzalez Barrios



que incluso informen a otros poderes y niveles de gobierno. Y aunque los residuos plásticos presentes en las ANP marinas no siempre se generan in situ, se debe regular y prohibir la entrada a estas áreas protegidas de productos plásticos de un solo uso, por lo que proponemos modificaciones al REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS para incluir esta medida en el artículo 87 (Capítulo I, Título Sexto) y en el programa de manejo de las diferentes ANP con el propósito de disminuir el impacto de este contaminante y desincentivar su uso, además de promover campañas de información y concientización que fomenten alternativas de relleno, reuso y canje, así como de productos de larga vida útil.

Dado que las ANP son una herramienta importante para la conservación de la biodiversidad en el país y que los servicios ecosistémicos que proveen son esenciales para las comunidades locales, tanto en el plano social como en el económico, es esencial que se asegure su preservación. Para ello, el gobierno de la República debe asegurar que la Conanp cuente con presupuesto y personal suficientes para desempeñar su labor. En el Presupuesto de Egresos de la Federación de 2020 el rubro ambiental sufrió un recorte de 3.7%, por lo que el total para este año quedó, de acuerdo con la misma Semarnat, en un monto 56% menor que el asignado en 2015 (Méndez, 2019; Ángulo 7, 2019). En el caso particular de la Conanp, en 2018 tuvo un presupuesto de alrededor de 1 000 millones de pesos, pero en 2019 fue de 843 millones (Gómez Durán, 2019), lo que significó una reducción de alrededor de 16%. Estas cifras a la baja contrastan con la emergencia ecológica en la que nos encontramos.

Por otro lado, el Poder Legislativo federal, tanto la Cámara de Diputados como la de Senadores, debe asumir la responsabilidad que le corresponde y legislar no sólo para prohibir productos plásticos como lo han hecho los congresos locales, sino para contribuir a extirpar el problema de raíz con la inclusión en leyes como la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) de principios como la responsabi-

lidad extendida del productor. Esto con el fin de que las empresas productoras y comercializadoras de plástico se responsabilicen del manejo de los residuos que sus productos generan una vez desechados y que brinden a los consumidores opciones innovadoras para adquirir productos sin generar residuos.

Asimismo, los legisladores tienen la posibilidad, mediante la aprobación de reformas a la LGPGIR, de armonizar las legislaciones que se han aprobado en diversas ciudades y estados del país, de modo que la transición a una economía libre de plásticos de un solo uso sea posible manteniendo la soberanía de los estados pero de forma integrada con la Federación. Además, los diputados y senadores deben garantizar que la incineración no se privilegie como opción válida para la gestión de los residuos, incluidos los plásticos, debido a las graves afectaciones ambientales, sociales y sanitarias que implica.

Desde principios de 2019, a partir de un proceso de parlamento abierto, las demandas ciudadanas a favor de la regulación de los plásticos de un solo uso se han hecho escuchar, a pesar de los embates de diversos legisladores que han favorecido los intereses industriales mediante acciones como la aprobación del acuerdo voluntario con empresarios por una Nueva Economía del Plástico nacional que desestimó las demandas ambientales o el impulso a una Ley General de Economía Circular que privilegia únicamente el reciclaje como solución al problema y que deja de lado el avance dado para modificar la LGPGIR. Es imprescindible que los legisladores no posterguen más su deber de legislar por el planeta y por las personas que habitamos en él, tienen que tomar medidas reales que no privilegien los intereses de unos cuantos sino de la mayoría.

De esta forma, tanto la Semarnat, a través de la Conanp, como el Congreso de la Unión y los gobiernos locales del país deben actuar en armonía e informarse los unos a los otros para alcanzar una solución integral a la contaminación por plásticos, uno de los principales problemas ambientales que sufren nuestras ciudades y océanos y que agrava la crisis ambiental y de pérdida de biodiversidad que enfrentamos como humanidad hoy en día.



Foto: OORG

Conclusiones

El presente reporte, Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas, demuestra los impactos negativos de la contaminación plástica en México con base en evidencia científica que hace tangible su importancia en nuestro país con el propósito de informar e impulsar el diseño de políticas públicas y legislaciones federales para atender la problemática desde sus causas de manera integral y urgente.

La investigación se centró en evaluar ocho ANP pertenecientes al Caribe mexicano y el Golfo de México, y en todas se encontraron desechos plásticos: 815 piezas plásticas en total. En la superficie del agua se hallaron 664 piezas con un promedio de 83 plásticos flotando por cada 40 km². Puerto Morelos fue el sitio con el promedio más alto y la zona de Cancún-Isla Mujeres-Punta Nizuc fue el más bajo. Al analizar la basura detectada en el fondo de los arrecifes visitados se registró un total de 151 piezas plásticas con un promedio general de 0.63 piezas por cada 180 m², y

Puerto Morelos y Veracruz tuvieron un promedio superior al resto con 1 pieza/180 m², mientras que Xcalak e Isla Contoy presentaron los valores promedio más bajos: menos de 1 pieza/180 m².

De los tres sitios fuera de las ANP, pero con mucha influencia en el polígono de protección, se obtuvieron valores elevados de presencia de basura en el fondo y juntos tuvieron cerca del doble de desechos plásticos que los sitios dentro del polígono de protección. Lo anterior deja claro que la función de las ANP impone una condición importante para el cuidado y conservación de los sitios, pues en este caso algunas de las piezas se pudieron identificar como plástico proveniente de actividades turísticas locales. No obstante, como se mencionó antes, estos sitios están cerca de la parte protegida, así que su riesgo es parecido o igual a que estuvieran dentro del polígono debido a que algunas de las piezas tienen la capacidad de ser transportadas hacia sitios aledaños. Además, estos sitios se ubican junto a dos de los muelles para

cruceros más grandes del Caribe mexicano, de modo que el número elevado de desechos en el fondo quizá tenga relación directa con las actividades de los cruceros. Al respecto, se sugiere efectuar una verificación normativa de lo que estas embarcaciones y sus actividades tienen permitido realizar y en qué medida eso cuenta con vigilancia.

Asimismo, el análisis para diferenciar el plástico encontrado en el fondo arrojó que 59% de las piezas plásticas se hallaron en el sustrato del arrecife y el resto flotando en la columna de agua. Este hallazgo sugiere que las piezas plásticas tienen alguna interacción física con el fondo arrecifal, pudiendo tener implicaciones negativas para el crecimiento y función de los organismos que habitan estos ecosistemas, como los corales que, por una parte, pueden ser fragmentados y lacerados por las piezas plásticas y, por la otra, pueden ingerir partículas microplásticas resultado de la fragmentación de piezas más grandes. En Cozumel y Mahahual se encontraron los promedios más altos de presencia de piezas plásticas en el sustrato arrecifal.

En relación con el tipo de plástico encontrado en el presente estudio, entre varios plásticos de un solo uso se hallaron bolsas, tapas, equipo de pesca, botellas y etiquetas. Sin embargo, los fragmentos predominaron en todas las ANP evaluadas con más de la mitad de las piezas. Los fragmentos fueron de diversos tipos, en su mayoría no identificables y de unicel. Es importante mencionar que estos fragmentos se consideran potenciales microplásticos, y debido a su alta densidad en el estudio podrían constituir la principal amenaza reconocida en nuestro trabajo para el ecosistema y quienes lo habitan.

Independientemente de los casos en que era fácil determinar el origen de los desechos plásticos, es posible inferir que la mayoría de la basura plástica registrada provenía de sitios alejados de la costa más cercana a las ANP, tal vez transportada por las corrientes superficiales puesto que en su mayoría presentaba alto desgaste y fragmentación. Sólo se pudo reconocer con claridad el origen de 29 piezas plásticas procedentes de

12 países de distintos continentes. PepsiCo y Coca-Cola lideraron a las empresas de origen de los productos plásticos encontrados en el mar.

El estudio aporta argumentos que sostienen la gravedad del problema y las implicaciones de la contaminación por plásticos en el mar, así como sus alcances locales, regionales y globales. Fue evidente que este tipo de impacto producido por nuestras acciones está presente en México y que se deben emprender acciones rápidas y decididas para cambiar las formas tradicionales de legislar y de hacer política pública, mismas que velan por intereses particulares y dejan las cuestiones ambientales relegadas, descuidan la integridad de los ecosistemas y, con ello, nuestro futuro y el de las próximas generaciones.

De los resultados de este trabajo se desprende la existencia de riesgos potenciales para los ecosistemas marinos, la fauna que habita en ellos y la sociedad que tiene una relación directa o indirecta con estos sitios. Además, se infiere que el problema de la contaminación plástica no sólo implica impactos negativos ecológicos sino también perjuicios económicos, culturales y sociales. Sin duda, la responsabilidad no debe recaer únicamente sobre el consumidor, puesto que el gobierno y los productores/comercializadores deben hacerse cargo del papel crucial que desempeñan en esta problemática.

Como ciudadanos, es imprescindible darnos cuenta que los tiempos actuales de emergencia ambiental requieren personas capaces de hacer un esfuerzo para transitar hacia estilos de vida y hábitos de consumo más responsables con nuestro planeta y de ser más conscientes del impacto que generan en la naturaleza. Para ello, debemos exigir a nuestros gobernantes y a las industrias que dominan el mercado que encaminen sus acciones hacia cambios sistémicos basados en la superación del modelo económico actual dependiente del plástico de un solo uso para subsistir, por otro en el que los productos sean distribuidos de forma innovadora sin generar residuos provenientes de envases, empaques y embalajes hechos con un material tan dañino para el medio ambiente como es el plástico.

Referencias

ÁLVAREZ FILIP, L., J. A. GILL y N. K. DULVY (2011), "Complex reef architecture supports more small-bodied fishes and longer food chains on Caribbean reefs", *Ecosphere*, vol. 2, núm. 10, pp. 1-17.

ANDRADY, A. L. (2017), "The plastic in microplastics: a review", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 119, núm. 1, pp. 12-22.

Ángulo 7 (2019), "Pide Semarnat y otros organismos ambientales mayor presupuesto federal", 13 de noviembre, disponible en: <https://www.angulo7.com.mx/2019/11/13/piden-semarnat-y-organismos-ambientales-mayor-presupuesto-federal/>

AVERY-GOMM, S., P. D. O'HARA, L. KLEINE, V. BOWES, L. K. WILSON, K. L. BARRY (2012), "Northern fulmars as biological monitors of trends of plastic pollution in the eastern North Pacific", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, núm. 9, pp. 1776-1781, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.04.017>

BARBOZA, L. G. A., A. CÓZAR, B. C. GIMÉNEZ, T. L. BARROS, P. J. KERSHAW y L. GUILHERMINO (2019), "Macroplastics pollution in the marine environment", en Charles R. C. SHEPPARD (ed.), *World seas: an environmental evaluation*, Estados Unidos, Academic Press, pp. 305-328.

BARNES, D. K., F. GALGANI, R. C. THOMPSON y M. BARLAZ (2009), "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments", *Philosophical Transactions of the Royal Society B, Biological Sciences*, vol. 364, núm. 1526, pp. 1985-1998.

BARNES, D. K., S. A. MORLEY, J. BELL, P. BREWIN, K. BRIGDEN, M. COLLINS, ... y B. TAYLOR (2018), "Marine plastics threaten giant Atlantic Marine Protected Areas", *Current Biology*, vol. 28, núm. 19, pp. R1137-R1138.

BAULCH, S., C. PERRY (2014), "Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans", *Marine Pollution Bulletin*, núm. 80, pp. 210-221, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.050>

BAZTAN, J., A. CARRASCO, O. CHOUINARD, M. CLEAUD, J. E. GABALDON, T. HUCK, ... y J. P. VANDERLINDEN (2014), "Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 80, núms. 1-2, pp. 302-311.

BEAUMONT, N. J., M. AANESSEN, M. C. AUSTEN, T. BÖRGER, J. R. CLARK, M. COLE, ... y K. J. WYLES (2019), "Global ecological, social, and economic impacts of marine plastic", *Marine Pollution Bulletin*, núm. 142, pp. 189-195.

Break Free From Plastics (2019), "Branded. Vol. II Identifying the world's top corporate plastic polluters", disponible en: <https://www.breakfreefromplastic.org/wp-content/uploads/2020/02/branded-2019-web-FINAL-v2.pdf>

DE CARVALHO-SOUZA, G.F., LLOPE, M., TINÔCO, M.S., MEDEIROS, D.V., MAIA-NOGUEIRA, R., y C.L. SAMPAIO (2018), "Marine litter disrupts ecological processes in reef systems." *Marine Pollution Bulletin*, vol. 133, pp. 464-471.

DIRECTIVE, S. F. (2013), *Guidance on Monitoring of Marine Litter in European Seas*, MSFD Technical Subgroup on Marine Litter, Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission (JRC Scientific and Policy Report).

FOSSI, M. C., T. ROMEO, M. BAINI, C. PANTI, L. MARSILI, T. CAMPANI, ... y S. TADDEI (2017), "Plastic debris occurrence, convergence areas and fin whales feeding ground in the Mediterranean marine protected area Pelagos Sanctuary: a modeling approach", *Frontiers in Marine Science*, núm. 4, p. 167.

GALL, S. C. y R. C. THOMPSON (2015), "The impact of debris on marine life", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 92, núms. 1-2, pp. 170-179.

GALLO, F., C. FOSSI, R. WEBER, D. SANTILLO, J. SOUSA, I. INGRAM, ... y D. ROMANO (2018), "Marine litter plastics and microplastics and their toxic chemicals components: the need for urgent preventive measures", *Environmental Sciences Europe*, vol. 30, núm. 1, pp. 13.

GEYER, Roland, Jenna R. JAMBECK y Kara LAVENDER LAW (2017), "Production, use, and fate of all plastics ever made", *Science Advances*, vol. 3, núm. 7, p. 5, disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

GÓMEZ DURÁN, T. (2019), "Poco presupuesto, deforestación y defensores asesinados: las deudas ambientales de México en 2019", *Animal Político*, 13 de diciembre, disponible en: <https://www.animalpolitico.com/2019/12/deudas-ambientales-mexico-2019/>

Greenpeace USA (2019a), "Tirando el futuro: las empresas ofrecen falsas soluciones a la contaminación por plásticos", disponible en: <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/3356/tirando-el-futuro-las-empresas-ofrecen-falsas-soluciones-a-la-contaminacion-por-plasticos/>

Greenpeace México (2019), "Estudio sobre de la contaminación por microplásticos en peces de México", disponible en: <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/3377/estudio-sobre-el-impacto-de-la-contaminacion-por-microplasticos-en-peces-de-mexico/>

Greenpeace México y Alianza México sin Plástico (2019), "Reciclar. La falacia de la industria en la lucha contra la contaminación plástica. Estado de reciclaje en México, disponible en: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2617486/Greenpeace/templates/pages/alianza/estado-del-reciclaje-report-completo.pdf>

Greenpeace USA (2019b), "The Smart Supermarket. How retailers can innovate beyond single-use plastic and packaging", disponible en: <https://www.greenpeace.org/usa/wp-content/uploads/2019/11/SMART-SUPERMARKET-How-retailers-can-innovate-beyond-single-use-plastics-packaging.pdf>

IPCC (2019), “Summary for policymakers”, en P. R. SHUKLA, J. SKEA, E. CALVO BUENDIA, V. MASSON-DELMOTTE, H.- O. PÖRTNER, D. C. ROBERTS, P. ZHAI, R. SLADE, S. CONNORS, R. VAN DIEMEN, M. FERRAT, E. HAUGHEY, S. LUZ, S. NEOGI, M. PATHAK, J. PETZOLD, J. PORTUGAL PEREIRA, P. VYAS, E. HUNTLEY, K. KISSICK, M. BELKACEMI y J. MALLEY (eds.), *Climate change and land: an IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.

KUBOTA, M. (1994), “A mechanism for the accumulation of floating marine debris north of Hawaii”, *Journal of Physical Oceanography*, vol. 24, núm. 5, pp. 1059-1064.

KÜHN, S., y J. A. VAN FRANEKER (2020), “Quantitative overview of marine debris ingested by marine megafauna”, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 151, núm. 110858.

LAMB, J.B., WILLIS, B.L., FIORENZA, E.A., COUCH, C.S., HOWARD, R., RADER, D.N., ... y C.D. HARVELL (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, vol. 359, núm.6374, pp. 460-462.

LAW, K. L., S. MORÉT-FERGUSON, N. A. MAXIMENKO, G. PROSKUROWSKI, E. E. PEACOCK, J. HAFNER y C. M. REDDY (2010), “Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre”, *Science*, vol. 329, núm. 5996, pp. 1185-1188.

LIUBARTSEVA, S., G. COPPINI y R. LECCI (2019), “Are Mediterranean Marine Protected Areas sheltered from plastic pollution?”, *Marine Pollution Bulletin*, núm. 140, pp. 579-587.

MARTEM, H.S. (2018). Indicators for evaluating impacts from marine macroplastics using an Ecosystem Service approach (Master’s thesis, NTNU).

MÉNDEZ, E. (2019), “Presupuesto ambiental sufre descalabro de 3.7%”, *Excelsior*, 25 de noviembre, disponible en: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/presupuesto-ambiental-sufre-descalabro-de-37-por-ciento/1349656>

MOORE, C. J. (2008), “Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-term threat”, *Environmental Research*, vol. 108, núm. 2, pp. 131-139, disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025>

NIELSEN, T.D., HASSELBALCH, J., HOLMBERG, K. y J. STRIPPLE (2020). “Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle.” *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, vol. 9, núm. 1, e360.

POMEROY, R. S., L. M. WATSON, J. E. PARKS y G. A. CID (2005), “How is your MPA doing? A methodology for evaluating the management effectiveness of marine protected áreas”, *Ocean & Coastal Management*, vol. 48, núms. 7-8, pp. 485-502.

RAYNAUD, J. (2014), “Valuing plastics: The business case for measuring, managing and disclosing plastic use in the consumer goods industry”, UNEP.

REISSER, J., J. SHAW, C. WILCOX, B. D. HARDESTY, M. PROIETTI, M. THUMS y C. PATTIARATCHI (2013), "Marine plastic pollution in waters around Australia: characteristics, concentrations, and pathways", PloS One, vol. 8, núm. 11.

RIVAS M. y C. BELTRÁN (2018), "Invasión plástica", Greenpeace México, disponible en: <https://www.greenpeace.org/mexico/publicacion/1239/invasion-plastica/>

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO (2018), Inventario de residuos sólidos de la Ciudad de México 2018, disponible en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2018-VF-09-09-2019.pdf>

ROCHMAN, C. M., A. TAHIR, S. L. WILLIAMS, D. V. BAXA, R. LAM, J. T. Miller, ... y S. J. TEH (2015), "Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption", Scientific Reports, vol. 5, núm. 14340.

UNEP (2009). Marine Litter: A Global Challenge. In: (Ed.). UNEP, Nairobi, Kenya, pp. 232.

WALKINSHAW, C., LINDEQUE, P.K., THOMPSON, R., TOLHURST, T., y M. COLE (2020). "Microplastics and seafood: lower trophic organisms at highest risk of contamination." Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 190, núm. 110066.

WORLD ECONOMIC FORUM, ELLEN MACARTHUR FOUNDATION y MCKINSEY & COMPANY (2016), "The new plastics economy: rethinking the future of plastics", disponible en: <http://www.ellen-macarthurfoundation.org/publications>

AGRADECIMIENTOS

Queremos extender un agradecimiento especial a las personas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación porque sin su colaboración no hubiera sido posible, en especial al M.C. Francisco Medellín-Maldonado, la Dra. Alba González-Posada, el Dr. Jacobo Santander-Monsalvo y el M.C. Alexis Medina-Valmaseda, así como a los biólogos Raúl Padilla-Guzmán y Gandhi Germán Ramírez-Tapia. También agradecemos a Andreina Valdez y a Juan David Mejía-Ciro, quienes desde su perspectiva regional hicieron aportaciones valiosas a la misma.

Greenpeace México agradece la valiosa aportación de sus socios donadores, la cual sustenta la realización de este tipo de estudios en favor de la protección del medio ambiente, la paz y la justicia social, y nos permite contrarrestar el cabildeo de una industria que únicamente busca defender sus intereses económicos. Greenpeace es una organización con independencia económica y política gracias a ustedes.

