Dalila Aldana Aranda, Martha Enríquez Díaz y Víctor Castillo Escalante

El Caribe y su contaminación por microplásticos

Cerca de 12.7 millones de toneladas métricas de plásticos terminan en los océanos del mundo; los más ubicuos son los microplásticos, presentes en los sedimentos y la columna de agua, donde pueden ser ingeridos por organismos marinos. Se cuantificó la contaminación utilizando al caracol rosado como especie indicadora. Los microplásticos están presentes en todo el Caribe y son más abundantes en la parte noroeste.

Antecedentes

Desde la primaria aprendemos que los océanos ocupan 75% de la superficie de la Tierra, pero no nos enseñan que la existencia de la humanidad depende más de ellos de lo que creemos. De los océanos proviene 60% de las proteínas para nuestro consumo, que son además alimentos ricos en minerales y con bajo contenido de grasas. Pero lo más importante radica en que sus aguas son el verdadero pulmón del planeta, pues en ellas se genera de 60% a 85% del oxígeno que va a la atmósfera, la mayoría producido por el plancton vegetal (fitoplancton). Además, en los océanos se absorbe más de la mitad del dióxido de carbono que emitimos para producir energía, transportarnos, fabricar los productos que utilizamos u obtener nuestros alimentos, pues en todos estos procesos se quema petróleo y otros combustibles. Los océanos son también reguladores de nuestro clima. Adicionalmente, diversas actividades económicas están vinculadas a sus aguas, con las cuales se generan cerca de tres billones de dólares al año. Éstos son algunos ejemplos de los múltiples beneficios que nos brindan los océanos.

Por lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha declarado al periodo 2021-2030 como el Decenio de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible. Esta declaratoria busca promover el trabajo conjunto para revertir el problema de salud de los océanos, la afectación por la sobrepesca y el impacto de la contaminación marina, para con ello hacer sostenible nuestra existencia. Éstas son algunas razones para que su conservación sea una prioridad en las agendas políticas de todos los países en los que artificialmente hemos dividido a nuestro planeta. En las escuelas, y entre la sociedad en general, se debe enseñar que los múltiples servi-

cios que nos brindan los océanos tienen una función vital; si entendiéramos esto, utilizaríamos menos a los océanos como el gran basurero de la humanidad.

El Caribe

El Caribe es un mar cerrado entre el arco de las islas de las Antillas menores, al este, y las Antillas mayores y la parte continental del Caribe, al oeste; en total, 37 países integran el litoral. Con una superficie de 3 millones de km^2, se formó hace 180 millones de años, en el Jurásico. En el Caribe vive 10% de la población mundial, mientras que 11% de la pesca se hace en sus aguas. Además, la diversidad es una sus principales características, pues aquí se encuentra la segunda barrera coralina más grande de la Tierra, con casi 25% de la biodiversidad de los corales del mundo. Relacionada con los arrecifes se mantiene una intensa actividad turística, perteneciente a la categoría de turismo triple S (en inglés: *sun, sand and sea,* "sol, arena y mar"), el cual representa aproximadamente 6% del producto interno bruto en México.

Sin embargo, el Caribe es el segundo mar más contaminado del mundo por plásticos y microplásticos, porque la mitad de los residuos urbanos de esta región van a basureros a cielo abierto y 85% de sus aguas residuales no son tratadas antes de llegar al mar. De acuerdo con la ONU, 13 millones de toneladas de plástico llegan a los mares de todo el mundo, lo equivalente a arrojar cada minuto un camión lleno de plástico. De la basura marina, 80% está conformada por plásticos y se calcula que en 2050 habrá más plástico que peces. Mucha de esta basura está asociada al turismo masivo; a saber, cada minuto se compran más de un millón de botellas de agua o refrescos, lo que representa 25% de la basura de los océanos. Alarmante resulta también saber que más de la mitad del total del plástico en sus aguas ha sido producido desde 2000 a la fecha.

Los microplásticos

Por lo que respecta a los microplásticos en los océanos, estos materiales derivan de la fragmentación de diferentes tipos de plásticos, pero también provienen de la producción de microesferas que son adicionadas a cremas, pastas de dientes, pinturas, abrasivos, detergentes, entre otros productos. No obstante,

sorprende saber que la mayor parte de las fibras de microplásticos proviene de mucha de la ropa que utilizamos y que es elaborada con textiles sintéticos (al menos 35%), ya que en cada lavada se desprenden en promedio 20 000 fibras que llegarán a los océanos junto con las aguas residuales. Asimismo, el desgaste de las llantas de nuestros autos contribuye en 30%, y el polvo de las ciudades, en 25 por ciento.

Es importante saber que los plásticos tienen diferente densidad, por lo que hay unos que flotan, al tener una densidad menor que la del agua del mar (como las bolsas de plástico), pero hay otros que se hunden, como el tereftalato de polietileno (PET) y las fibras de poliéster de la ropa. Así, tanto los organismos del plancton como los que viven en los fondos marinos podrán llegar a ingerir microplásticos. Adicionalmente, un aspecto preocupante de los microplásticos es el hecho de que acumulan más de una centena de sustancias tóxicas; entre ellas, contaminantes como los insecticidas, fertilizantes organoclorados y contaminantes orgánicos persistentes, que son altamente cancerígenos y disruptivos del sistema endocrino.

"Los plásticos no desaparecen, sólo se fragmentan…" en pedazos cada vez más pequeños, hasta llegar a un tamaño microscópico. Es así como estos materiales, y las sustancias tóxicas que contienen, se integran en las cadenas tróficas; empiezan por el plancton, de éste pasan a larvas de peces, moluscos y crustáceos, y de ahí a estadios adultos de diversas especies marinas. Si consideramos que la mayor parte de estas especies son nuestro alimento, esto quiere decir que los microplásticos llegan finalmente a nuestros platos y organismos.

Estudios de contaminación por microplásticos en el Caribe

Para conocer el estado de la contaminación por microplásticos en el Caribe, en el departamento de Recursos del Mar del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida, llevamos a cabo una investigación en la cual utilizamos como especie **bioindicadora** al caracol rosa (*Strombus gigas*), por ser un molusco endémico del Caribe que se encuentra en todos los países que integran la región y que en su fase adulta está asociada al fondo marino (véase la Figura 1). Para no sacrificar a los caracoles en el estudio, conforme a las prácticas bioéticas, y además porque se trata de una especie amenazada, en el laboratorio de Biología, Conservación y Cultivo de Moluscos desarrollamos un método no invasivo que consiste en

Bioindicadora
Especies que actúan como señal de alerta ante las condiciones ambientales.

Figura 1. Caracol rosa (*Strombus gigas*), especie de molusco utilizada como bioindicadora en la investigación de la contaminación marina por microplásticos. *Fotografía:* Alejandro Aldana Moreno.

obtener y analizar las heces fecales de esta especie. El plástico que ingieren los caracoles no lo digieren, pues no cuentan con un sistema enzimático que lo permita, así que los materiales atraviesan el tracto digestivo y salen con las excretas. Para llevar a cabo el estudio, colocamos a los caracoles en acuarios y después de cuatro horas colectamos las heces (véase la Figura 2) para hacer su análisis con diferentes tipos de microscopia óptica y electrónica. En seguida, todos los caracoles fueron regresados al mar sin haber sido afectados.

Con la ayuda de colegas investigadores de otros países, obtuvimos muestreos realizados con este método en diversos sitios de todo el Caribe. En la Figura 3 se indica la cantidad de microplásticos encontrados en cada localidad: la mayor concentración se presentó en el Caribe mexicano y la parte menos contaminada se encontró en las Antillas menores (frente a la isla francesa Guadalupe). El gradiente de contaminación, de menor a mayor, va de la parte oriental del Caribe a la parte noroeste.

Como parte de los resultados, en la Figura 4 se muestran fibras de microplásticos que pueden servir de soporte para su desarrollo a algunos microorganismos. Sin embargo, el grave problema de los microplásticos para la salud de la fauna marina, y para

Figura 2. Caracol rosa en acuarios donde se hace la toma de muestras de heces para el análisis de la presencia de microplásticos. *Fotografía:* Dalila Aldana Aranda.

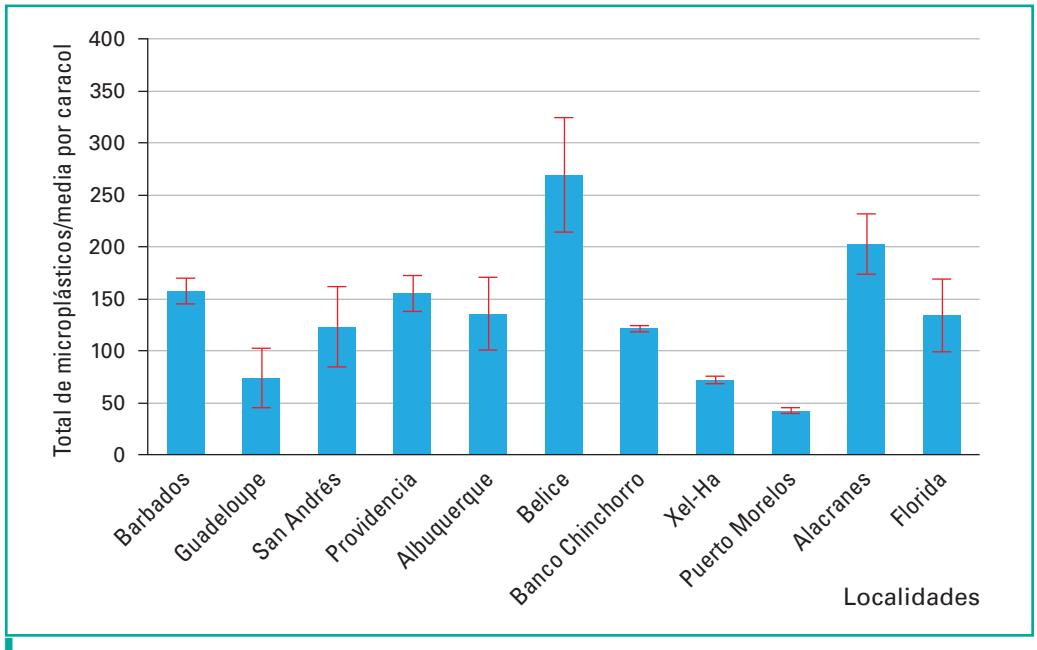

Figura 3. Resultados de la concentración de contaminantes microplásticos en varios sitios del Caribe. *Elaboración:* Dalila Aldana; *diseño:* Martha Enríquez Díaz.

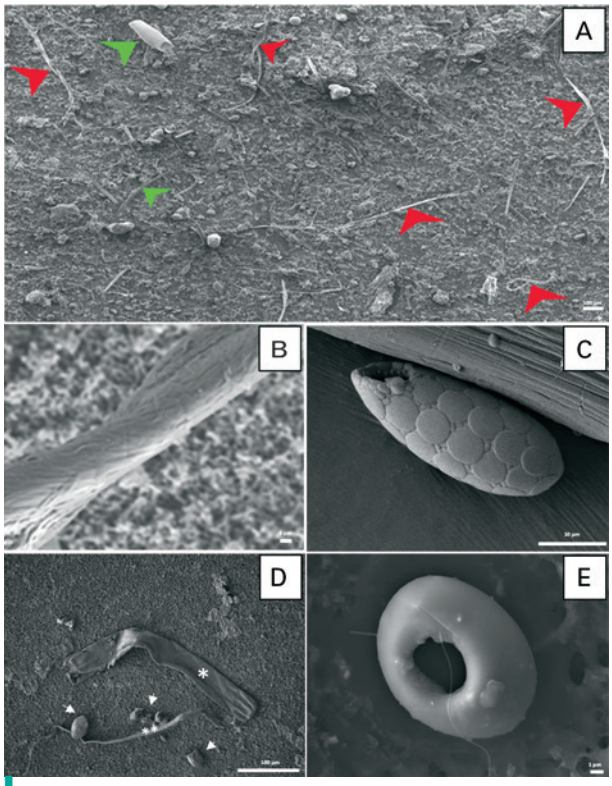

Figura 4. Imágenes de microscopía electrónica de barrido: *A)* vista general, en rojo, de fibras de microplásticos y, en verde, fragmento de diatomeas; *B)* y *C)* fibras de microplásticos colonizadas por microorganismos; *D)* microplásticos en forma de láminas; *E)* esferas de microplásticos contenidas en las muestras de heces del caracol rosa. *Crédito:* Eve Mouret, Marion Bardet y Paul Caillet, tesistas de maestría de la Universidad de las Antillas Francesas con el Cinvestav-IPN-Mérida, bajo la dirección de Dalila Aldana Aranda. Fotos tomadas en LANNBio-Área de Microscopía Electrónica de Barrido del Cinvestav-IPN-Mérida.

nosotros al consumir pescados y mariscos, es la gran cantidad de sustancias tóxicas que contienen. Unas provienen de su proceso de fabricación, como el bisfenol, el cual es un interruptor de la madurez sexual; otras sustancias, como los insecticidas, herbicidas y fertilizantes, son absorbidas por el plástico, el cual tiene la capacidad de concentrarlas.

Conclusión

Los resultados de esta investigación demuestran que todo el Caribe está contaminado por microplásticos y que 100% de los individuos de caracol rosa analizados los presentan en sus excretas. Esto debe llevarnos a reflexionar para que modifiquemos nuestras actividades, pues somos la fuente de contaminación de los océanos y su biodiversidad, y al mismo tiempo estamos provocando consecuencias negativas para nuestra salud. Por otra parte, debemos tener presente que el plástico se produce a partir de petróleo, lo que implica un impacto al cambio climático. La subsistencia del planeta depende del modelo de consumo y producción que tengamos; por lo anterior, es importante que evitemos los plásticos de un solo uso, y en su lugar siempre traer un termo para nuestras bebidas y una bolsa para las compras. Las acciones sencillas, llevadas a una escala planetaria, son efectivas.

Agradecimientos

Investigación financiada por el Caribbean Fisheries Management Council (CFMC). Muestreos realizados en diversos sitios del Caribe por: Hazel Oxenford, University of the West Indies, Barbados; Jairo Medina, Universidad Nacional de Colombia, Campus Caribe, San Andrés; Gabriel Delgado, Florida Fish and Wildlife Conservation Commission, Fish and Wildlife Research Institute, Florida; y Claude Bouchon, Université des Antilles, Guadeloupe, Francia.

Dalila Aldana Aranda

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida.

daldana@cinvestav.mx

Martha Enríquez Díaz

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida.

marthaenriquez_1999@yahoo.com

Víctor Castillo Escalante

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida.

vicas@cinvestav.mx

Referencias específicas

Andrady, A. L. (2011), "Microplastics in the marine environment", *Mar. Pollut. Bull.*, 62:1596-1605. Disponible en: ‹https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030›, consultado el 2 de febrero de 2022.

Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R. C. Thompson y M. Thiel (2013), "Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification", *Sci. Technol.*, 46:3060-3075. Disponible en: ‹https://doi.org/10.1021/es2031505›, consultado el 2 de febrero de 2022.