

# Contaminación por microplásticos en colas de camarones congelados importados a México

Microplastic contamination in imported frozen shrimp tails to Mexico

Dante Isaí Santoyo-Chapa<sup>1</sup>, Kenny Leilani Rivera-González<sup>1</sup>, Mónica Aracely Cuellar-Hidalgo<sup>1</sup>, Robin Dufaye<sup>2</sup>, David Martínez-Jiménez<sup>1</sup>, Paula Salinas-Urquiza<sup>1</sup>, Laura Viridiana Pérez-Rubio<sup>1</sup>, Juan Pablo Huchin-Mian<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Biología Experimental, Universidad de Guanajuato, Noria Alta S/N, C.P. 36050. Guanajuato, Gto., México.

<sup>2</sup>Licenciatura en Ciencias de la Vida, Universidad de Caen Normandie, UFR des Sciences Esplanade de la Paix, CS 14032, 14032 Caen Cedex 5, Francia.

<sup>3</sup>Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato. Noria Alta S/N, C.P. 36050. Guanajuato, Gto., México [jp.huchin@ugto.mx](mailto:jp.huchin@ugto.mx)

## Resumen

Los microplásticos (MPs) son partículas de menos de 5 mm que resultan de la fragmentación de plásticos de mayor tamaño o pueden ser prefabricadas de ese tamaño para ser usados en productos cosméticos. Estos contaminantes pueden terminar en los ecosistemas acuáticos, en donde son consumidos por organismos al confundirlos con alimento, ingresando así en la cadena trófica con posibilidad de alcanzar a los seres humanos. Las especies marinas cultivadas por acuicultura, como el camarón, son susceptibles a la contaminación por MPs. Este estudio tuvo como propósito realizar un análisis comparativo de la abundancia, morfología, tamaño y color de los MPs aislados a partir de camarones congelados importados de Honduras, China y cultivados en México. Los camarones analizados fueron de la especie *Litopenaeus vannamei* y se consiguieron en supermercados de la ciudad de Guanajuato. Se analizó el tracto digestivo de 233 camarones y la mayor abundancia de MPs se encontró en las muestras provenientes de Honduras (n= 444 MPs). Además, los filamentos fueron la morfología más frecuente en los tres países. Es necesario implementar políticas que permitan reducir el uso de plásticos, así como estrategias para la correcta gestión de residuos. De manera individual, es fundamental concientizar sobre el impacto de los MPs para los ecosistemas y la salud humana.

**Palabras clave:** consumo humano, mariscos, alimento, acuicultura

## Introducción

La contaminación por los plásticos es un problema global. Actualmente se producen más de 430 millones de toneladas de plástico al año (United Nations Environment Programme, 2023). Un alto porcentaje de la basura plástica termina principalmente en los ecosistemas acuáticos y en caso de ser ingeridos, pueden alterar la salud de los seres vivos que ahí habitan (Zolotova *et al.*, 2022). Estos desechos se originan principalmente de botellas de refrescos, platos y pañales desechables, así como plástico de embalaje. Estos productos están fácilmente disponibles en el mercado. El inadecuado manejo y reciclaje de estos productos traen como consecuencia que la mayoría de los plásticos terminen en los ecosistemas (Royer *et al.*, 2018).

Los plásticos que son desechados en los ecosistemas están constantemente expuestos a los factores fisicoquímicos del entorno, como la radiación solar, la temperatura y el viento, los cuales pueden favorecer su fragmentación a piezas más pequeñas que son conocidos como microplásticos (MPs). Los MPs son cualquier pieza de plástico menores a 5 mm de diámetro, los cuales están compuestos de polímeros y aditivos potencialmente tóxicos. Además, los MPs se clasifican de acuerdo con su origen en dos tipos: primarios y secundarios. Los MPs primarios son todos aquellos polímeros sintetizados de un tamaño menor a 5 mm que son ampliamente utilizados en la industria cosmética para la fabricación de productos de limpieza y cuidado personal como pastas de dientes, exfoliantes faciales, maquillaje y en esmalte de uñas. En cambio, los MPs secundarios son aquellos que se forman con la fragmentación o biodegradación de plásticos de gran tamaño; por ejemplo, las bolsas de plástico de un solo uso del supermercado.

Se considera que existen dos fuentes principales de MPs: el primero es el lavado de ropa en el hogar que libera fibras de MPs (Wang *et al.*, 2024), los cuales pueden llegar a los océanos y pueden ser confundidos con alimento por los animales pequeños como los peces o camarones. La segunda fuente más importante de MPs son las llantas de los automóviles que van produciendo microplásticos por la fricción que tienen con el asfalto (Kole *et al.*, 2017); estos MPs también pueden llegar a los ecosistemas acuáticos y ser confundidos con alimento por animales pequeños.

La presencia de MPs en diferentes partes del cuerpo de los seres humanos ha despertado serias preocupaciones en los últimos años. Los más recientes estudios han reportado la presencia de MPs en tejido pulmonar (Amato-Lourenço *et al.*, 2021), placenta (Ragusa *et al.*, 2021), sangre (Leslie *et al.*, 2022), inclusive en leche materna (Ragusa *et al.*, 2022). Se considera que la principal fuente de entrada de MPs al cuerpo humano es la ingesta de alimento, especialmente si se consumen animales sin remover el tracto digestivo (por ejemplo, los camarones). Hasta la fecha, se desconocen los riesgos o impactos de los MPs sobre nuestra salud (Zuri *et al.*, 2023).

En México el consumo de camarón es común y un volumen importante de este producto es importado de otros países. Según datos recientes, se estima que las importaciones representan aproximadamente entre el 15% y el 20% del camarón disponible en el mercado mexicano. La producción nacional también es considerable, posicionando a México como uno de los mayores productores de camarón en América Latina, solo detrás de Ecuador. La producción nacional de camarón en 2023 fue de aproximadamente 192,600 toneladas. Estos datos indican que, aunque México tiene una fuerte producción local, aún depende de importaciones para satisfacer la demanda interna. La mayoría del camarón importado proviene de países como Ecuador (García, 2024), aunque existe importación proveniente de países centroamericanos como Honduras, o de países asiáticos, especialmente China. El objetivo de este estudio fue analizar la abundancia, morfología, tamaño y color de MPs provenientes de colas de camarones congelados importados de Honduras y China comparados con camarones cultivados en México.

## **Materiales y métodos**

### **Obtención de los camarones**

Se analizaron 233 colas de camarón provenientes de Honduras (n= 54), China (n= 96) y México (n= 83). Los camarones congelados fueron adquiridos en tres de los principales supermercados de la ciudad de Guanajuato: Chedraui (20.9747759 N, -101.2798054 W), Soriana Híper (21.0197637 N, -101.2602169 W) y La Comercial Mexicana (21.0125844 N, -101.2612136 W), en donde se pueden encontrar diversos productos importados y de producción nacional. Dos bolsas, con camarones cultivados importados de China y Honduras, fueron adquiridas en Chedraui y La Comercial Mexicana respectivamente, mientras que en Soriana Híper se compraron charolas de camarones congelados provenientes de granjas acuícolas de Sinaloa, México. Las bolsas de camarones fueron mantenidas en congelación en el laboratorio para su posterior procesamiento.

### **Procesamiento de las muestras**

Antes de procesar las muestras, se midió la longitud total (mm) de la cola de cada camarón utilizando un vernier electrónico (Steren™), posteriormente fueron pesados en una balanza analítica (Ohaus™). Cada camarón fue diseccionado con un bisturí mediante un corte longitudinal para extraer el tracto digestivo con pinzas finas. El tracto digestivo extraído se colocó en un vaso de precipitado al que se le agregó 20 ml de peróxido de hidrógeno al 30%. Para lograr la digestión de la muestra, la muestra se calentó a 65°C durante 20 a 25 min, agitando suavemente cada 5 min. Cuando las muestras estaban completamente digeridas, se dejaban enfriar a temperatura ambiente durante 1 h, después se filtraron con papel de filtro Whatman y con ayuda de una bomba de vacío.

## Caracterización de microplásticos

Los filtros resultantes fueron analizados bajo microscopios estereoscópicos (Motic SMZ-171) para observar y aislar a los microplásticos. Los fragmentos se caracterizaron con base a su color y morfología (filamentos, fragmentos, films o esferas). Los microplásticos identificados y caracterizados de cada muestra fueron transferidos a otro filtro de papel Whatman limpio para ser fotografiados y posteriormente medidos con el software ImageJ (Figura 1).

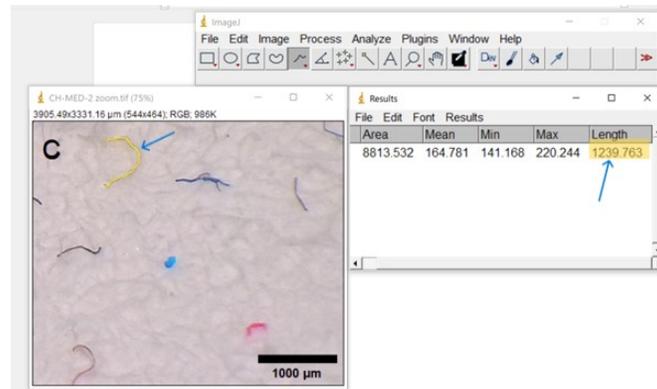


Figura 1. Proceso de medición de un filamento con el programa ImageJ.

## Resultados y Discusión

En la caracterización de MPs se identificaron una amplia variedad de formas, colores y tamaños (Figura 2). La abundancia total de los tipos de MPs no presentó diferencias notables según el país de procedencia. Los filamentos fueron la forma dominante de MPs entre los tres países, con un porcentaje de presencia entre 89.6% y 94.4%, China fue el que mostró la mayor abundancia de filamentos con 493 MPs. Los MPs tipo fragmento fue poco común, representando del 4.6% al 8.9% del total de MPs aislados; en este caso, México presentó una mayor abundancia de esta morfología con el 8.9%. Por otro lado, los films fue la forma de MPs más escasa, con un rango de abundancia de 0.8% hasta 1.4% (Figura 3).

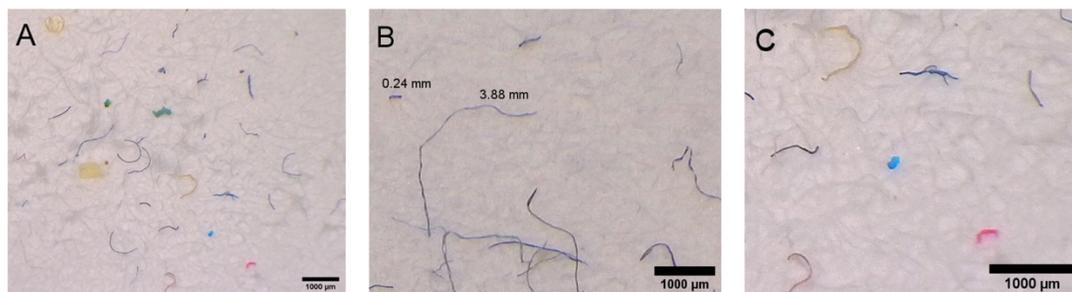


Figura 2. Ejemplos de microplásticos aislados en tractos digestivos de camarones congelados de Honduras, China y México. A: una gran diversidad de tipos y colores de microplásticos. B: Disparidad de tamaños. C: Fragmento azul rodeado de filamentos multicolores.

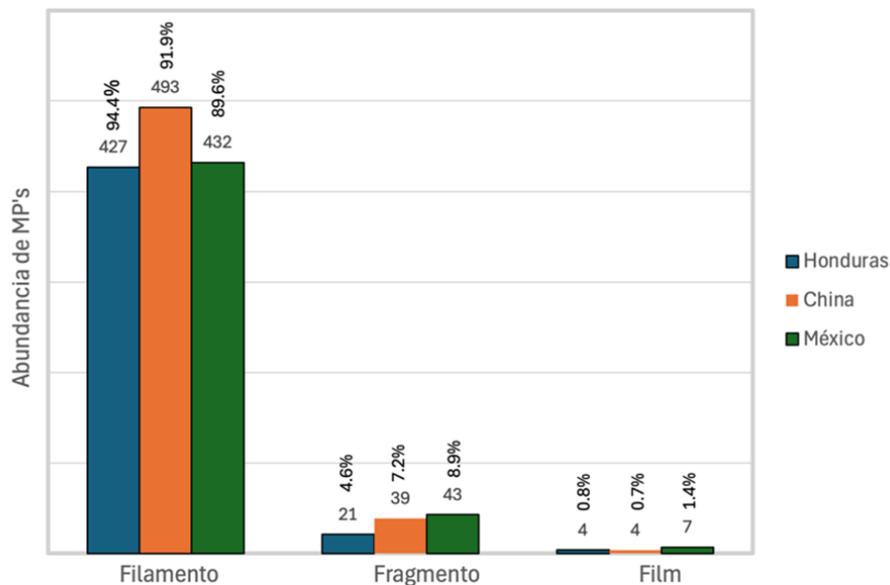


Figura 3. Abundancia de los tipos de microplásticos aislados en los tractos digestivos de camarones congelados de Honduras, China y México.

Nuestros resultados muestran que los filamentos fueron los MPs más abundantes en las colas de camarones de los tres países estudiados. La alta prevalencia de estos MPs tipo filamento puede deberse a varias causas. Principalmente, se ha reportado que las lavadoras domésticas son la principal fuente de producción de MPs que terminan en los ecosistemas, ya que se estima que en cada ciclo de lavado pueden llegar a producir hasta 1,900 fibras de MPs (Castañeta et al., 2020; Browne et al., 2011). También se sabe que el destino principal de estas aguas residuales domésticas son los ríos urbanos que desembocan en lagos, presas o ecosistemas marinos, razón por la cual resulta preocupante debido al aumento de la población y la alta fabricación de textiles sintéticos.

El tamaño de los MPs mostró diferencias significativas (ANOVA,  $P < 0.05$ ) entre los camarones provenientes de los tres países (Figura 4). Los camarones provenientes de Honduras tuvieron la mayor variabilidad en los tamaños de los MPs, con una longitud media de 1.17 mm, con varios valores atípicos que alcanzan hasta cerca de 4.15 mm. En comparación, los camarones de México tuvieron una longitud media de 0.71 mm, aunque también tienen algunos valores atípicos de hasta 2.78 mm. Por otro lado, los camarones de China mostraron el tamaño de MPs más pequeño y consistente, con una longitud media de 0.46 mm.

La abundancia de MPs aislados en las colas de camarones fue significativamente mayor en los camarones provenientes de Honduras comparado con los de México y China (ANOVA,  $p < 0.05$ ) (Figura 5). Los camarones de Honduras presentaron la mayor abundancia media de MPs, con un promedio de 8.2 MPs, aunque algunos individuos tuvieron hasta 18 MPs en el tracto digestivo. Los camarones de México y china tuvieron una media de 5.8 MPs y 5.5, respectivamente, con algunos individuos que mostraron hasta 22 partículas para los camarones mexicanos y 17 MPs para los camarones chinos.

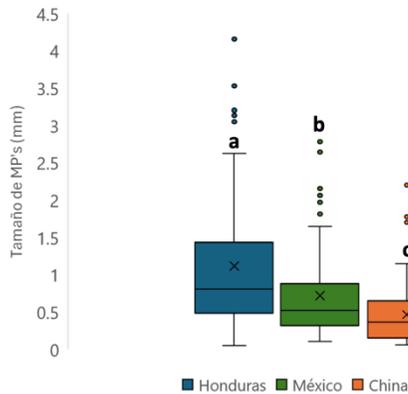


Figura 4. Tamaño de microplásticos en los camarones de Honduras, China y México. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), determinado por la prueba Tukey.

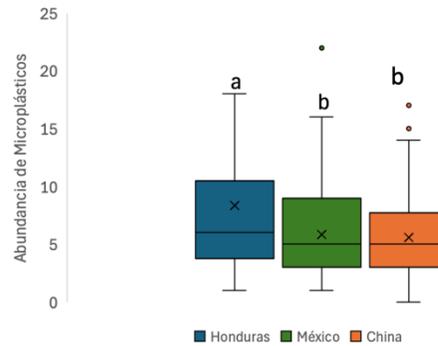


Figura 5. Abundancia de microplásticos en los camarones en Honduras, China y México. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), determinado por la prueba de Tukey.

Se analizó si el peso de las colas de camarones está asociado a la abundancia de MPs (Figura 6). Las regresiones lineales mostraron que no existe asociación entre ambas variables; es decir, un camarón con mayor peso no necesariamente tendrá mayor abundancia de microplásticos, los coeficientes de determinación fueron menores al 9%. Por otro lado, se analizó si la abundancia de los MPs está relacionada con la talla o longitud de las colas de los camarones (Figura 7). Se encontró que no existe relación significativa entre las variables para las muestras provenientes de los tres países. Se encontraron coeficientes de determinación bajos: Honduras,  $R^2=0.003$ ; China,  $R^2=0.08$ ; y México,  $R^2=0.01$ . Este resultado indica que la posibilidad de encontrar mayor o menor cantidad de MPs en un camarón es totalmente aleatoria.

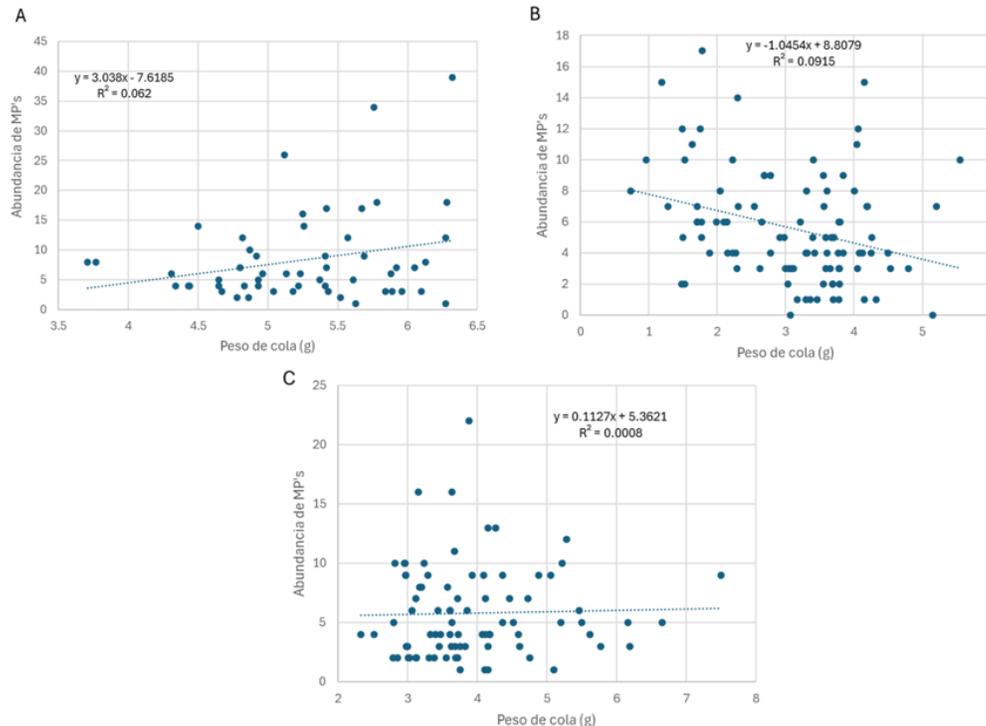


Figura 6. Relación entre la abundancia de microplásticos del tracto intestinal y el peso de las colas de camarón entre los países. A) Honduras, B) China y C) México.

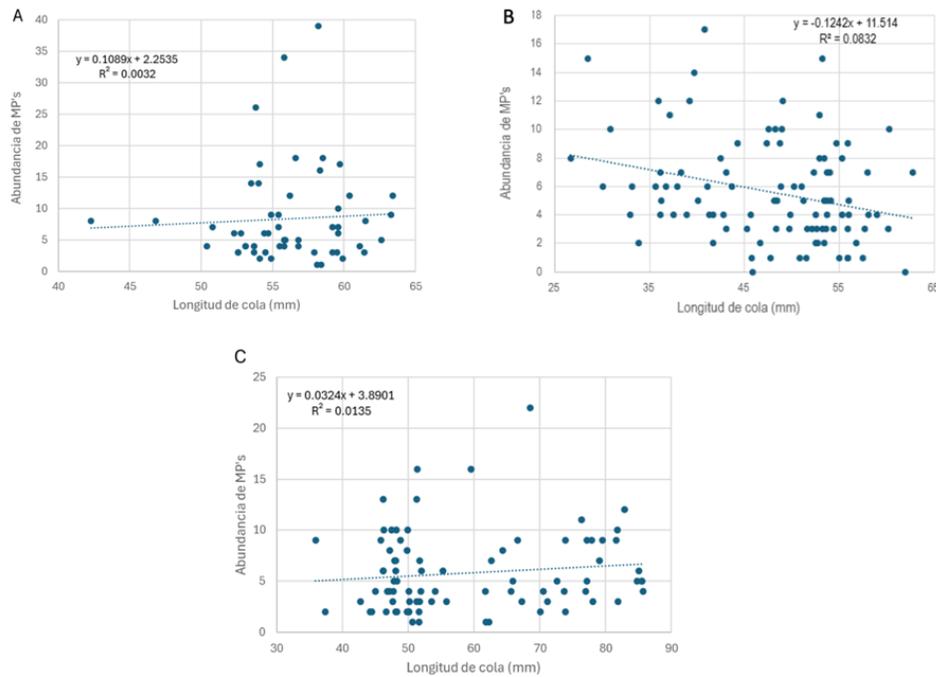


Figura 7. Relación entre la abundancia de microplásticos en el tracto intestinal y la longitud de la cola de los camarones entre los países. A) Honduras, B) China y C) México.

En relación con la diversidad de colores resultantes de los MPs aislados (Figura 8), se observó que los MPs de coloración azul y negro fueron los más frecuentes en los tres países. Los MPs azules fueron los más abundantes en Honduras y en China, representando el 40% y 39% de los MPs, respectivamente; mientras que, para México, los MPs negros fueron los que predominaron con el 53% del total de MPs. El resto colores encontrados estuvo conformado por MPs rojos, verdes, rosas y morados, grises, naranjas y amarillos.

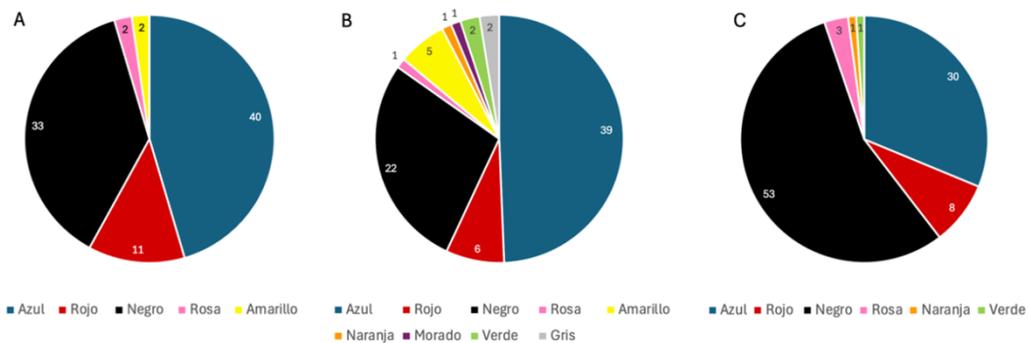


Figura 8. Diversidad de colores de los microplásticos aislados en colas de camarones de A) Honduras B) China C) México.

Los camarones producidos por acuicultura son alimentados durante su primera fase larval por fitoplancton y zooplancton, mientras que al alcanzar estadios poslarvales se les suministra alimento preparado rico en proteínas y lípidos para favorecer la maduración de sus gónadas (Molina, 2019). Esto nos indica que la contaminación por MPs puede ser proveniente del plancton que consumieron dichas partículas, o bien, estos pueden provenir del alimento comercial con el que son alimentados o del ambiente mediante deposición atmosférica durante su proceso de producción. Además, se ha observado que las microalgas marinas podrían ser vehículos de MPs (Sewwandi et al., 2023; Yang et al., 2021). Los camarones cultivados a menudo suelen ser alimentados con una mezcla de microalgas; por lo tanto, la ingesta de MPs por medio de este tipo de alimento también debería ser analizado en futuros estudios. Los MPs que se encuentran flotando en la columna de agua también puede ser una fuente importante de MPs. Es recomendable considerar el uso de filtros adecuados para retener a los MPs del agua que se utiliza en el cultivo de camarones, si bien es imposible eliminarlos por completo, al menos se podrá reducir su abundancia en el agua. La ingesta preferencial de MPs según el color, tamaño y morfología por parte de los camarones aún se desconoce.

## Conclusiones

Reducir los microplásticos en el medio ambiente no es tarea sencilla se requiere del trabajo colaborativo de expertos de varias disciplinas y de la población en general. El establecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales se ha planteado como una estrategia que podría brindar buenos resultados porque reduce la cantidad de MPs en el agua tratada. El buen manejo o establecimiento de regulaciones de la basura que se genera en las zonas urbanas son estrategias que deben considerarse con seriedad, debido a que la mala disposición de la basura es considerada entre las principales fuentes de entrada de plástico a los ecosistemas. La educación ambiental dirigida al público general y a las escuelas de educación básica sobre la problemática del plástico debe ser prioritarios para el gobierno y centros de educación superior del país. Por último, es necesario que se realicen mayor número de estudios para conocer la abundancia de los MPs en los ecosistemas y los seres vivos que ahí viven. En el caso de animales para consumo humano que son cultivados en la acuicultura, como los camarones, se recomienda realizar más estudios para conocer el impacto que tienen los MPs en su salud y el posible daño que puede causar en los humanos.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de la Universidad de Guanajuato y a la Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado por el apoyo otorgado. Agradecemos a la M. en C. Ma. del Carmen Sánchez Leyva por la asistencia técnica, y a los estudiantes de la Maestría en Biología en la División de Ciencias Naturales y Exactas: Kevin Said Ramírez Dávila y Alma Margarita González Evaristo por el apoyo brindado con su conocimiento a lo largo de esta investigación. Al Departamento de Biología por el espacio brindado.

## Bibliografía/Referencias

- Amato-Lourenço, L.F., Carvalho-Oliveira, R., Júnior, G.R., dos Santos Galvão, L., Ando, R.A., Mauad, T. (2021). Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *J. Hazard. Mater.* 416, 126124. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T. and Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: Source and sinks, *Environ. Sci. Technol.* 45(21), 9175-9179.
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 142-157. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v37n3/v37n3\\_a05.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v37n3/v37n3_a05.pdf)
- García, G. (2024). La producción de camarón tiene potencial para fortalecer la economía: entrevista con Rosendo García, Gerente Acuicultura México en ADM. *THE FOOD TECH - Medio de Noticias Líder En la Industria de Alimentos y Bebidas*. <https://thefoodtech.com/seguridad-alimentaria/la-produccion-de-camaron-potencial-para-fortalecer-la-economia-entrevista-con-rosendo-garcia-gerente-acuicultura-mexico-en-adm/>. Recuperado el 20 de julio de 2024.

- Kole, P.J., Löhr, A.J., Van Belleghem, F.G.A.J., Ragas, A.M.J. (2017). Wear and Tear of Tyres: A Stealthy Source of Microplastics in the Environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 14, 1265. <https://doi.org/10.3390/ijerph14101265>
- Leslie, H.A., van Velzen, M.J.M., Brandsma, S.H., Vethaak, A.D., Garcia-Vallejo, J.J., Lamoree, M.H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ. Int.* 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Molina, W. (2019). Cultivo de camarón: cómo se hace, tipos y proceso. *Agrotendencia*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/acuicultura/cultivo-del-camaron-marino/>
- Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., Zucchelli, E., De Luca, C., D'Avino, S., Gulotta, A., Carnevali, O., Giorgini, E., 2022. Raman Microspectroscopy Detection and Characterisation of Microplastics in Human Breastmilk. *Polymers* 14, 2700. <https://doi.org/10.3390/polym14132700>
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M.C.A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environ. Int.* 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Sewwandi, M., Wijesekara, H., Rajapaksha, A. U., Soysa, S., & Vithanage, M. (2023). Microplastics and plastics-associated contaminants in food and beverages; Global trends, concentrations, and human exposure. *Environmental Pollution*, 317, 120747. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120747>
- Wang, C., Song, J., Nunes, L.M., Zhao, H., Wang, P., Liang, Z., Arp, H.P.H., Li, G., Xing, B. (2024). Global microplastic fiber pollution from domestic laundry. *Journal of Hazardous Materials* 477, 135290. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135290>
- Zolotova, N., Kosyreva, A., Dzhailova, D., Fokichev, N., Makarova, O. (2022). Harmful effects of the microplastic pollution on animal health: a literature review. *PeerJ* 10, e13503. <https://doi.org/10.7717/peerj.13503>
- Zuri, G., Karanasiou, A., Lacorte, S. (2023). Human biomonitoring of microplastics and health implications: A review. *Environ. Res.* 237, 116966. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116966>