

DEL ARMARIO AL OCÉANO: LA HUELLA INVISIBLE DE LAS MICROFIBRAS PLÁSTICAS EN LA INDUSTRIA DE LA MODA

Itzamna Zaknite Flores-Ocampo^{1*}, Mayte Flores-Cortés², Isis Guadalupe-Díaz¹, Sandra Elizabeth Ibarra-Rueda¹, Inna Valeria Acevedo-Granados², Barbara Yaneth Pérez-Alvarado²

¹Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04510, México.

²Programa de Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04510, México.

*zaknyocampo@gmail.com

RESUMEN

La contaminación por microfibras es un problema ambiental asociado a la industria textil, en particular a la moda rápida. Durante el lavado de prendas sintéticas, miles de microfibras plásticas se liberan en el agua y llegan a ecosistemas acuáticos, afectando especies marinas y potencialmente la salud humana. Este artículo busca estudiar el papel de la industria textil en la generación de microfibras, al igual que su impacto ambiental. Además, se propone una estrategia didáctica para concientizar sobre esta problemática, junto con estrategias para mitigar la contaminación por microfibras.

Palabras clave: Contaminación, basura, moda rápida, microfibras, moda, textil, plástico.

ABSTRACT

Microfiber pollution is an environmental problem associated with the textile industry, in particular, fast fashion. During the washing of synthetic clothes, thousands of microfibers are released into the water, reaching aquatic ecosystems, affecting marine species and potentially human health. This article aims to study the role of the textile industry in the generation of microfibers, as well as its environmental impact. Additionally, it proposes a didactic resource to raise awareness about this issue, along with strategies to mitigate microfiber pollution.

Keywords: Contamination, trash, fast fashion, microfibers, fashion, textile, plastic.

INTRODUCCIÓN

Las microfibras plásticas son un contaminante emergente con un tamaño entre 0.001 mm y 5 mm (Barnes *et al.*, 2009). Estas fibras microscópicas han cobrado relevancia en investigaciones ambientales en los últimos años, evidenciando principalmente su impacto en los ecosistemas marinos. A pesar de que la procedencia de estos contaminantes ha sido asociada a la degradación de desechos plásticos de productos cotidianos de un solo uso, un gran porcentaje de las microfibras proviene de una fuente menos evidente: la industria de la moda.

El crecimiento poblacional y el auge de la moda rápida han impulsado la producción y consumo de textiles (Periyasamy y Tehrani-Bagha, 2022). La moda rápida o el fast fashion es un sistema de producción masiva y acelerada de ropa que va siguiendo las tendencias de pasarelas o redes sociales. Generalmente son prendas muy económicas, lo que incentiva la compra impulsiva de estos productos (Bhardwaj y Fairhurst, 2010). Asimismo, suelen estar diseñadas para ser desechables, con costuras débiles y tejidos de baja calidad que se desgastan rápidamente y, aunque las prendas son económicas, su corta vida útil implica un mayor gasto a largo plazo para los consumidores (Henry *et al.*, 2019; Fundación Ellen MacArthur, 2017). Además, procesos realizados durante la producción de las prendas como el lijado, cepillado y blanqueo favorecen la liberación de fibras sintéticas como poliéster, nylon y acrílico (Periyasamy y Tehrani-Bagha, 2022).

Los estudios realizados por Reineccius *et al.* (2020) han categorizado a la industria textil como una de las fuentes principales de emisión de microfibras, seguida significativamente por el lavado doméstico, ya que durante el proceso de lavado miles de microfibras se liberan de las prendas sintéticas. El tamaño de estas partículas permite que puedan escapar de los filtros de los sistemas de

tratamiento de aguas residuales. En consecuencia, estas microfibras alcanzan los sistemas acuáticos a través de mecanismos naturales como el transporte fluvial, escorrentías y transporte atmosférico (Zhang *et al.*, 2021). Además, puede producirse un depósito *in situ* como consecuencia de la degradación de textiles y residuos plásticos desechados inapropiadamente en las zonas de playa. En la zona costera, estos residuos son acarreados hacia el mar por la hidrodinámica propia del entorno (oleaje, marea y corrientes litorales; Figura 1).

Investigaciones científicas como las realizadas por Barnes *et al.* (2009), Van Colen *et al.* (2020), Teng *et al.* (2021) y Pennati *et al.* (2022) han demostrado que las microfibras pueden desplazarse a través de la red trófica, pasando por zooplancton, peces y mamíferos, generando efectos adversos como bloqueos intestinales y alteraciones en la reproducción y/o bioacumulación de sustancias tóxicas.

Se ha reportado la presencia de microfibras en peces como el atún y algunos mariscos como los camarones (Carbery *et al.*, 2018). En humanos se ha reconocido la presencia de microfibras plásticas en varios tejidos y fluidos corporales como la sangre, la placenta, los riñones, las heces, la orina o la leche materna, entre otros; sin embargo, aún no se conocen los efectos adversos a largo plazo en la salud humana (Carbery *et al.*, 2018; Schwabl *et al.*, 2019; Ragusa *et al.*, 2022; Pironti *et al.*, 2024; Massardo *et al.*, 2024; Figura 2).

Por otro lado, los productos químicos (p. ej. tintes y aditivos) utilizados en la industria textil contienen elementos potencialmente tóxicos que pueden contaminar el agua y suelos afectando a los ecosistemas (Niinimäki *et al.*, 2020).

MÉTODO

Algunos datos estadísticos reportados sobre la temática de contaminación por microfibras se enlistan a continuación.

- De cada 100 mil millones de artículos de ropa producidos cada año, 92 millones de toneladas son depositados en vertederos. Siguiendo esta tendencia, para el 2030 existirán 134 millones de toneladas (Global Fashion Agenda y The Boston Consulting Group, 2017).
- Se estima que el 87% de la ropa desechada termina en vertederos o incinerada, a pesar de poder ser reutilizada o reciclada (Niinimäki *et al.*, 2020).
- De acuerdo a Zhang *et al.* (2021), se estima que por cada 100 mil habitantes se liberan entre 50.6 kg a 1180 kg de microfibras anualmente.
- Más del 68% de las fibras actuales para fabricar ropa (poliéster, nylon, acrílico, elastano) se extraen de recursos no renovables, como lo son los combustibles fósiles (Moazzem *et al.*, 2020).
- El poliéster es la fibra sintética más usada y representa el 61.3% de las prendas producidas en todo el mundo, en especial la ropa deportiva (Bhatia, 2020).

Como una contrapropuesta al fast fashion, en el año 2007 surge el término moda lenta, basado en una producción a menor escala, atemporal, empleando materiales sostenibles y enfocándose en la disminución de residuos.

En un contexto en el que la contaminación por microfibras sigue incrementando su relevancia, es imprescindible detectar sus principales fuentes de producción y promover la comprensión entre las prácticas de consumo del sector textil y la industria de



Figura 1. Fuentes de ingreso y transporte de microfibras en los ecosistemas marinos. Modificado de Fernández (2021).

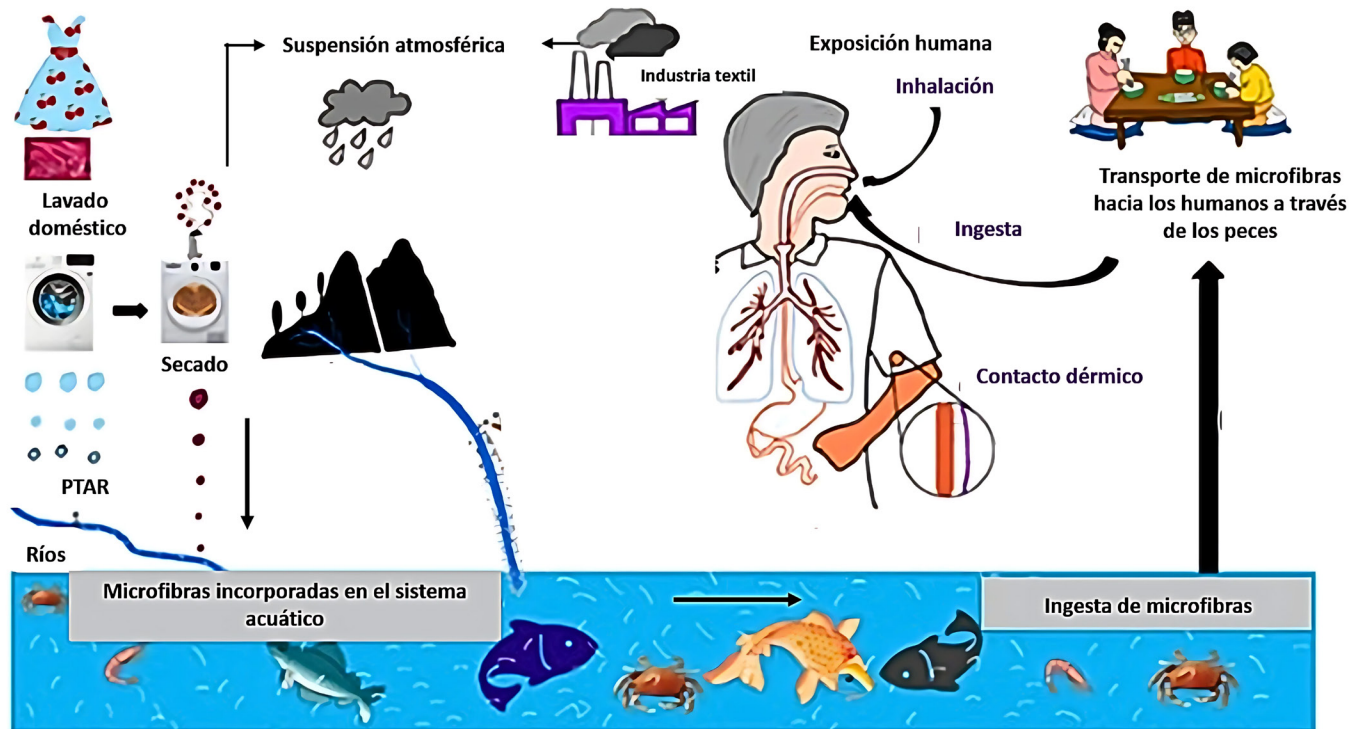


Figura 2. Principales fuentes de transporte de fragmentos de fibra en el ambiente acuático provenientes del lavado doméstico y de las industrias textiles y riesgos de exposición para humanos y animales (PTAR- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales). Modificado de Periyasamy y Tehrani-Bagha (2022).

la moda, por lo que, con la finalidad de concientizar a los jóvenes de educación básica y media superior acerca de esta problemática ambiental, se presenta la siguiente propuesta didáctica.

PROPUESTA DIDÁCTICA

Se sugiere que el docente empiece con una plática introductoria sobre las microfibras y las razones por las que se les considera un contaminante. Esta información se proporciona en la introducción del presente artículo. Después de esta introducción se propone la siguiente actividad con la finalidad de observar la presencia de microfibras en la vida cotidiana, como en el lavado de ropa.

Metodología

Muestreo poblacional

En el entendido de que las telas sintéticas son aquellas que liberan microfibras en el ambiente, los alumnos revisarán durante una semana el material del cual está fabricada su ropa. Con los datos recopilados, establecerán porcentajes para conocer cuál es el material más utilizado en la comunidad. Un ejemplo se muestra en la Tabla 1.

Materiales y procedimiento

Con la finalidad de observar la liberación de microfibras plásticas durante el lavado de telas, se solicitará el material presentado en la Tabla 2. El procedimiento se describe en la Tabla 3. Se sugiere que la experimentación se lleve a cabo en equipos de 3 a 5 personas.

Tabla 1. Ejemplo de cuadro para la recopilación de datos sobre las fibras sintéticas usadas por estudiantes en un salón de clase

Día	Nylon	Poliéster	Polietileno	(Añadir más materiales si es necesario)
1	Colocar el número de personas con ropa de este material			
% de material en el día 1	Ej. 10% nylon (día 1)	Ej. 90% poliéster (día 1)		
2				
% de material en el día 2				

Investigación complementaria

Si desea profundizar más en esta práctica, se plantea hacer una investigación en equipo sobre fibras alternativas a las sintéticas y discutir sus beneficios o contradicciones.

Propuesta de reciclaje y conciencia escolar

Como actividad complementaria se puede realizar el reciclaje de prendas que ya no usen, transformándose en algún otro artículo, como bolsas, estuches o decoraciones, fomentando la reducción de residuos textiles. Compartir esta actividad con la comunidad escolar promueve la creatividad y genera mayor conciencia ambiental y un sentido de colaboración en el entorno escolar.

Tabla 2. Materiales requeridos para el experimento	
Muestra de agua proveniente de un ciclo de lavado (lavadora o a mano); se recomienda llevarlo en un frasco de vidrio para evitar la contaminación cruzada (fibras plásticas provenientes del envase).	
Muestra de agua purificada embotellada.	
4 filtros de café	
2 vasos de precipitado	
2 ligas	
1 lupa y/o microscopio estereoscópico	
Pinzas	
1 plumón indeleble	

Tabla 3. Procedimiento experimental	
1. Recolectar una muestra por equipo de agua usada en el lavado de prendas. Asegurarse de etiquetarlas para una correcta identificación.	
2. En una superficie limpia, preparar filtros individuales para cada muestra. Etiquetar cada filtro con la muestra que se va a analizar, incluyendo la muestra de agua limpia.	
3. Colocar cada filtro en un vaso de precipitados y asegurarlo con una liga.	
4. Verter cuidadosamente cada muestra de agua (lavado y agua pura) sobre el filtro correspondiente.	
5. Dejar secar los filtros tapando con un segundo filtro para evitar que partículas del ambiente contaminen la muestra.	
6. Una vez secos llevar al microscopio o bajo la lupa para observar la presencia de microfibras como se ejemplifica en las siguientes imágenes.	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Lupa</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Microscopio</p>  </div> </div>
7. Con ayuda de las pinzas manipular las fibras para hacer un conteo y realizar un registro de los datos obtenidos.	
<p><i>Nota.</i> En caso de desear identificar entre fibras plásticas y no plásticas (p. ej. algodón) se puede usar una aguja caliente, un plástico se va a "enchinar" mientras que un material orgánico va a quemarse, como el caso del algodón.</p>	

Conclusiones de actividad didáctica

Al término de la práctica didáctica, los alumnos podrán obtener conclusiones sobre la contaminación por microfibras en el ambiente y la relación con la industria de la moda apoyándose en las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo contribuyen la industria textil y la moda rápida con la contaminación de microfibras plásticas al medio ambiente? ¿Qué alternativas hay para esto?
2. Derivado del muestreo poblacional, ¿cuáles son los materiales (p. ej., poliéster) que mayor contaminación por microfibras plásticas podrían generar?

Reflexiones para realizar con el grupo

1. ¿Cómo creen que estos contaminantes llegan a los océanos?
 - Uno de los hallazgos más importantes del experimento es que la liberación de microfibras plásticas ocurre de manera cotidiana, sin que las personas seamos conscientes de ello.
 - Una sola carga de lavado puede liberar cientos de miles de microfibras sintéticas al agua.
 - Cuanto más se lava una prenda, mayor es el desgaste y, por lo tanto, mayor es la liberación de microfibras plásticas.
 - Factores como la temperatura del agua, la velocidad del centrifugado y el tipo de detergente pueden influir en la cantidad de microfibras liberadas.
2. ¿Qué soluciones podríamos crear para minimizar la liberación de microfibras plásticas en el ambiente?
 - Se podría optar por elegir fibras naturales y sostenibles como ropa de algodón orgánico, lino o cáñamo, que, al igual que otros tipos de textiles sintéticos, liberan microfibras plásticas, pero a diferencia de estos, estos se degradan por completo.
 - Reducir la frecuencia del lavado y optar por ciclos de lavado más suaves para poder disminuir el desprendimiento de microfibras plásticas.
 - Apoyar la moda sostenible: Comprar ropa de mayor calidad y durabilidad o ropa de segunda mano y apoyar marcas comprometidas con prácticas ecológicas. Reducir la compra de nuevas prendas, optando por opciones de segunda mano y/o intercambios.
 - Con pequeñas acciones individuales, podemos contribuir a la reducción de la huella de microfibras plásticas.

AGRADECIMIENTOS

A los revisores anónimos de este trabajo, a los correctores de estilo y a los editores de la revista.

REFERENCIAS

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C. y Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 1985–1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>

Bhardwaj, V. y Fairhurst, A. (2010). Fast fashion: response to changes in the fashion industry. *The International Review of Retail,*

Distribution and Consumer Research, 20(1), 165-173. <https://doi.org/10.1080/09593960903498300>

Bhatia, S. C. (2020). Clay minerals and their applications. En *Advanced applications of clay minerals in environmental remediation* (pp. 1-28). Elsevier en *Frontiers in Education Conference (FIE)* 15.

Carbery, M., O'Connor, W. y Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment International*, 115, 400-409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>

Fundación Ellen MacArthur. (2017, 27 de noviembre). A new textiles economy: Redesigning fashion's future. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>

Fernández, S. (2021). ¿Cómo se generan los microplásticos y cómo afectan la vida marina? [Infografía]. Submon. <https://www.submon.org/es/infografia-como-se-generan-los-microplasticos-y-como-afectan-a-la-vida-marina/>

Global Fashion Agenda y The Boston Consulting Group (2017). Pulse of the fashion industry (Reporte No. 1). https://developmenteducation.ie/wp-content/uploads/2019/12/Pulse-of-the-Fashion-Industry_2017.pdf

Henry, B., Laitala, K. y Klepp, I. G. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. *Science of the Total Environment*, 652, 483-494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>

Massardo, S., Verzola, D., Alberti, S., Caboni, C., Santostefano, M., Verrina, E. E., Angeletti, A., Lugani, F., Ghiggeri, G. M., Bruschi, M., Candiano, G., Romeo, N., Gentile, M., Cravedi, P., La Maestra, S., Zaza, G., Stallone, G., Esposito, P., Viazzi, F. y Artini, C. (2024). MicroRaman spectroscopy detects the presence of microplastics in human urine and kidney tissue. *Environment International*, 184, 108444. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108444>

Moazzem, S., Wang, L., Daver, F. y Crossin, E. (2020). Environmental impact of textile waste and recycling strategies. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105011. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105338>

Niinimäki, K., Peters, G., Dahlbo, H., Perry, P., Rissanen, T. y Gwilt, A. (2020). The environmental price of fast fashion. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(4), 189-200. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0039-9>

Periyasamy, A. P. y Tehrani-Bagha, A. (2022). A review on microplastic emission from textile materials and its reduction techniques. *Polymer Degradation and Stability*, 199, 109901. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.109901>

Pennati, R., Castelletti, C., Parolini, M., Scari, G. y Mercurio, S. (2022). Mixotrophic flagellate ingestion boosts microplastic accumulation in ascidians. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 337(6), 639-644. <https://doi.org/10.1002/jez.2596>

Pironti, C., Notarstefano, V., Ricciardi, M., Motta, O., Giorgini, E. y Montano, L. (2024). First evidence of microplastics in human urine, a preliminary study of intake in the human body. *Toxics*, 11(1), 40. <https://doi.org/10.3390/toxics11010040>

Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., Zucchelli, E., De Luca, C., D'Avino, S., Gulotta, A., Carnevalli, O. y Giorgini, E. (2022). Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. *Polymers*, 14(13), 2700. <https://doi.org/10.3390/polym14132700>

Reineccius, J., Appelt, J. S., Hinrichs, T., Kaiser, D., Stern, J., Prien, R. D. y Waniek, J. J. (2020). Abundance and characteristics of microfibers detected in sediment trap material from the deep subtropical North Atlantic Ocean. *Science of the Total Environment*, 738, 140354. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140354>

Schwabl, P., Köhler, S. H., Königshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M.,

- Reiberger, T. y Liebmann, B. (2019). Detection of various microplastics in human stool: A prospective pilot study. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453-457. <https://doi.org/10.7326/M19-0618>
- Teng, J., Zhao, J., Zhu, X., Shan, E. y Wang, Q. (2021). Oxidative stress biomarkers, physiological responses and proteomic profiling in oyster (*Crassostrea gigas*) exposed to microplastics with irregular-shaped PE and PET microplastic. *Science of the total environment*, 786, 147425. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147425>
- Van Colen, C., Vanhove, B., Diem, A. y Moens, T. (2020). Does microplastic ingestion by zooplankton affect predator-prey interactions? An experimental study on larviphagy. *Environmental Pollution*, 256, 113479. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113479>
- Zhang, Y. Q., Lykaki, M., Alrajoula, M. T., Markiewicz, M., Kraas, C., Kolbe, S., Klinkhammer, K., Rabe, M., Klauer, R., Bendt, E. y Stolte, S. (2021). Microplastics from textile origin—emission and reduction measures. *Green Chemistry*, 23(15), 5247-5271. <https://doi.org/10.1039/D1GC01589C>

Manuscrito recibido: 27 de marzo de 2025

Manuscrito corregido recibido: 23 de abril de 2025

Manuscrito aceptado: 17 de mayo de 2025