




año 2022

SERIE: DOCUMENTOS ICCAS
Ambiente y salud



LOS MICROPLÁSTICOS EN EL MEDIOAMBIENTE, UN PROBLEMA EN CRECIMIENTO

Dra. Eliana Munarriz

Lic. Juan Pablo Luppi

Dra. Edda Villaamil

Dra. Valentina Olmos

Basta con mirar a nuestro alrededor para comprender que la mayoría de los objetos inertes que nos rodean están hechos de plástico. Sin lugar a dudas, estos polímeros permitieron grandes avances tecnológicos en todas las áreas exploradas por el género humano, desde la aeroespacial hasta la nanomedicina, sin dejar de mencionar el enorme impacto que han tenido en nuestra vida cotidiana.

Gracias a la variedad de características fisicoquímicas que presentan los plásticos, estos pueden ser duros o blandos, rígidos o flexibles, opacos o transparentes, y moldearse en láminas o en fibras. Pero sobre todo, presentan una cualidad muy particular: son impermeables. Tal versatilidad abrió un abanico de soluciones innovadoras para mejorar el bienestar y confort del ser humano. Asimismo, contribuyeron a la distribución de las riquezas, no solo a través de aplicaciones concretas -por ejemplo, al revolucionar la cadena de valor de la producción de alimentos-, sino también al permitir el acceso a bienes accesibles a los sectores de las poblaciones con menores recursos.

No sorprende que, dada la multiplicidad de aplicaciones, la producción industrial de plásticos se haya incrementado sostenidamente desde los años '50 y en especial durante las últimas décadas. La información a nivel mundial (2015) indica que la producción de plástico ha pasado de los dos millones de toneladas anuales en 1950 a los 381 millones de toneladas generadas en 2015, con una marcada aceleración a partir del inicio del milenio, pues la mitad de todo el plástico producido en la historia se ha fabricado en estos últimos decenios [1]. Un estudio reciente pronosticó que para el año 2040 la producción de plásticos se cuadruplicará y superará los 12.000 millones de toneladas [2]. Este aumento en la producción tiene un límite a futuro, ya que la mayoría de los compuestos usados para fabricar plástico, como el etileno y el propileno, se obtienen de hidrocarburos fósiles, derivados del petróleo, materias primas no renovables, lo que implica que no satisface el criterio de sostenibilidad.

Las mismas cualidades fisicoquímicas de los plásticos que los hacen útiles para la producción de bienes de consumo son también su talón de Aquiles, puesto que no es posible la biodegradación de estos materiales. En consecuencia, la gestión de sus residuos es muy compleja, porque pueden acumularse en el ambiente durante cientos o miles de años. Por este motivo, no es correcto asegurar que el plástico desaparezca o se descomponga, sino que, al estar expuesto en los ambientes naturales a la erosión y la radiación solar, el material se debilita y se va pulverizando en partículas pequeñas con dimensiones expresables en milímetros o micras. Se generan así los microplásticos y nanoplásticos. A esta problemática se suma que la mayoría del plástico pro-

ducido se destina a aplicaciones a muy corto tiempo, y se convierte en residuo en cuatro o cinco años. Esta situación se exagera por el aumento en la cantidad de productos plásticos de único uso, como por ejemplo los envoltorios y la vajilla plástica, que a su vez estimulan el consumo descartable, creando un círculo vicioso en el consumo de los plásticos.

Sin embargo, el dato más impactante es que de los aproximadamente 6.000 millones de toneladas de plásticos que se convirtieron en residuos, solo el 9% han sido reciclados y el 12% incinerados, mientras que casi el 80% se acumula en el ambiente [3] **Fig. 1**.



Figura 1. Acumulación de plásticos en el ambiente.

El incremento en la producción de plástico, sin una estrategia en la gestión de sus residuos, ha logrado que en tan solo 70 años la contaminación sea global, encontrándose plásticos en cada rincón del planeta y una acumulación de residuos en las cuencas oceánicas, incluidas islas remotas, los polos, mares profundos, lagos y ríos, suelos y sedimentos, así como en la atmósfera y en la biomasa animal. **Fig 2**. Estudios ambientales estimaron que cada año ingresan al océano entre 0,8 y 1,5 millones de toneladas métricas¹ de macroplásticos y microplásticos (definidos como residuos plásticos menores <5 mm) respectivamente [4]. **Fig 3**.

¹Tonelada métrica es una unidad de medida de masa en el sistema métrico decimal y actualmente de masa en el Sistema Internacional de Unidades (SI) que equivale a 1000 kg.

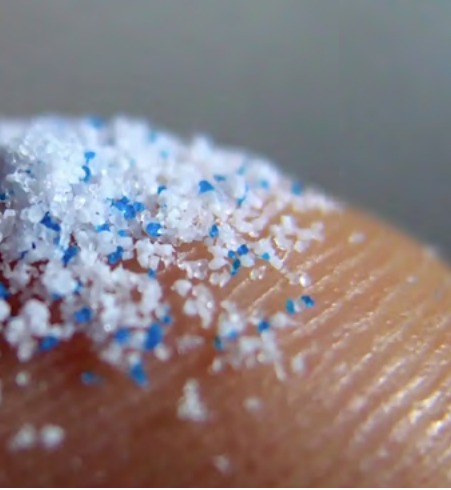


Figura 2. Partículas de microplástico.

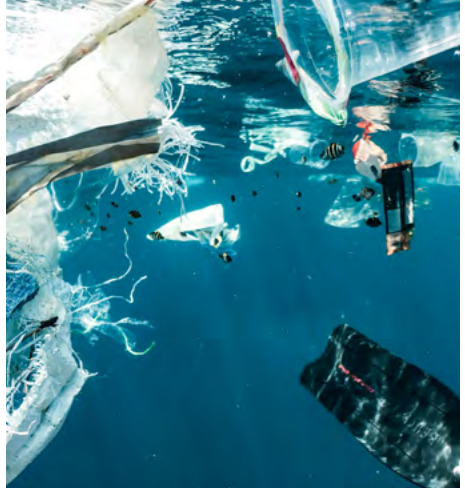


Figura 3. Más de 0.8 millones de toneladas de plástico terminan en el mar cada año.

Una vez en los cuerpos de agua y océanos, las especies marinas se ven perjudicadas por la ingestión y/o el enredo con residuos plásticos. Existen evidencias de que organismos de todos los niveles tróficos, casi 700 especies marinas y más de 50 especies de agua dulce, han ingerido o se han enredado en macroplásticos [5, 6], lo que implica un alto impacto negativo en la salud de los ecosistemas. **Fig 4.**



Figura 4. Los desechos plásticos en mares pueden triplicarse en 2040 a menos que el mundo reaccione.

Desafortunadamente, aún no hay disponibles datos, cuantificaciones y estimaciones comparables para la contaminación por residuos plásticos en los ambientes terrestres, pero existe una creciente evidencia de que el plástico es ingerido por una amplia gama de organismos terrestres [7].

Asimismo, la sustentabilidad de las actividades productivas como la pesca, el turismo y el transporte marítimo se ve amenazada por la contaminación con estos residuos, provocando mermas económicas que se han estimado en un mínimo de \$ 13 mil millones de dólares anuales [8].

La contaminación por residuos plásticos también afecta otros aspectos del bienestar humano: afecta la estética de las playas [9], bloquea los sistemas de ingeniería de drenaje y aguas residuales [10] y proporciona un caldo de cultivo para los vectores de enfermedades, generando una amenaza para la salud humana [11, 12]. **Fig 5.**



Figura 5. Contaminación de las playas.

La evidencia indica que los microplásticos se incorporan cada vez más a la cadena alimentaria de los seres humanos. El impacto en la salud humana que esto representa es difícil hoy de determinar y se requiere más investigación [13, 14, 15]. La presencia de plásticos en mariscos, pescados y en sal marina y su posterior ingestión por parte de los consumidores ha generado preocupación sobre la posible bioacumulación en la cadena alimentaria [16, 17, 18, 19]. **Fig 6.**



Figura 6. Origen de los microplásticos y contaminación en la cadena de alimentos.

Además, los residuos plásticos también podrían consumirse en forma directa a través del agua de bebida, pues algunos estudios encontraron que en varios países el agua, tanto corriente como embotellada, está contaminada con microplásticos [20, 21].

Por otra parte, poco se sabe sobre los desechos plásticos que se fragmentaron al tamaño submicrométrico (nanoplásticos). Como estas pequeñas partículas son ligeras, es posible que se encuentren en lugares remotos de la Tierra, ya que pueden ser transportadas por el movimiento del aire. Un estudio publicado en 2022 confirma la presencia de estos nanoplásticos en hielos de ambas regiones polares, en la Antártida y en Groenlandia [22].

Dado que los residuos plásticos solo se han introducido en el medio natural hace relativamente poco tiempo y los efectos de su contaminación sobre los ecosistemas terrestres y marinos se manifiestan a largo plazo, existe incertidumbre sobre el impacto y la magnitud de los daños que pueden generar en el planeta y en sus habitantes.

[1] R. Geyer, J. R. Jambeck, K. Lavander Law, *Sci. Adv.* 3, e1700782 19 (2017).

[2] W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, J. Koskella, C. A. Velis, L. Godfrey, J. Boucher, M. B. Murphy, R. C. Thompson, E. Jankowska, A. Castillo Castillo, T. D. Pilditch, B. Dixon, L. Koerselman, E. Kosior, E. Favoino, J. Gutberlet, S. Baulch, M. E. Atreya, D. Fischer, K. K. He, M. M. Petit, U. R. Sumaila, E. Neil, M. V. Bernhofen, K. Lawrence, J. E. Palardy. *Science*. 10.1126/science.aba.9475 (2020).

[3] OECD Environment Policy Paper No. 12, *Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade*. ISSN 2309-7841, 2018.

[4] J. Boucher, D. Friot. IUCN, 2017.

[5] S. C. Gall, R. C. Thompson. *Mar. Pollut. Bull.* 92, 170-179 (2015).

[6] C. M. Rochman, M. A. Browne, A. J. Underwood, J. A. van Franeker, R. C. Thompson, L. A. Amaral-Zettler. *Ecology* 97, 302-312 (2016).

[7] E. Huerta Lwanga, J. Mendoza Vega, V. Ku Quej, J. L. A. Chi, L. Sanchez Del Cid, C. Chi, G. Escalona Segura, H. Gertsen, T. Salánki, M. van der Ploeg, A. A. Koelmans, V. Geissen. *Sci. Rep.* 7, 14071 (2017).

[8] United Nations Environment Programme, *Valuing plastics: the business case for measuring, managing and disclosing plastic use in the consumer goods industry*, United Nations, 2014.

[9] K. J. Wyles, S. Pahl, K. Thomas, R. C. Thompson. *Environ. Behav.* 48, 1095-1126 (2016).

[10] J. Fobil, J. Hogarh, J. Appl. Ecol. 10, 1 (2009).

- [11] E. Boelee, G. Geerling, B. van der Zaan, A. Blauw, A. D. Vethaak. *Acta Trop.* 193, 217-226 (2019).
- [12] S. B. Borrelle, J. Ringma, K. Lavender, C. C. Monnahan, L. Lebreton, A. McGivern, E. Murphy, J. Jambeck, G. H. Leonard, M. A. Hilleary, M. Eriksen, H. P. Possingham, H. De Frond, L. R. Gerber, B. Polidoro, A. Tahir, M. Bernard, N. Mallos, M. Barnes, C. M. Rochman. *Science*, 369, Issue 6510, pp. 1515-1518 (2020).
- [13] A. A. de Souza Machado, W. Kloas, C. Zarfl, S. Hempel, M. C. Rillig. *Glob. Change Biol.* 24, 1405-1416 (2018).
- [14] L. G. A. Barboza, A. Dick Vethaak, B. R. B. O. Lavorante, A. K. Lundebye, L. Guilhermino. *Mar. Pollut. Bull.* 133, 336-348 (2018).
- [15] D. Peixoto, C. Pinheiro, J. Amorim, L. Oliva-Teles, L. Guilhermino, M. N. Vieira. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 219, 161-168 (2019).
- [16] Thompson, R. *Marine Anthropogenic Litter*, Springer International Publishing, 2015.
- [17] GESAMP. *Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment*, 2015.
- [18] A. A. Koelman, E. Besseling, E. Foekem, M. Kooi, S. Mintenig, B. C. Ossendorp, P. E. Redondo-Hasselharms, A. Verschoor, A. P. van Wezel, M. Scheffer. *Environ. Sci. Technol.* 51, 20, 11513-11519 (2017).
- [19] V. Hidalgo-Ruz, L. Gutow, R. C. Thompson, M. Thiel. *Environmental Science & Technology*, 49/22, pp. 13622-13627 (2015).
- [20] M. Kosuth, E. V. Wattenberg, S. A. Mason, C. Tyree, D. Morrison. *Synthetic polymer contamination in global drinking Water*, 2017.
- [21] Mason, S., V. Welch and J. Neratko. *Front. Chem.* (2018).
- [22] [Materić D., Kjær H. A., Vallelonga P., Tison J. L., Röckmann T., Holzinger R. Nanoplastics measurements in Northern and Southern polar ice, *Environ. Res.* 112741, (2022).

LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS, UN DESAFÍO CON ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Frente a la problemática de la gestión de los residuos plásticos, se pueden plantear diversos enfoques que atañen a la producción, uso y eliminación de los plásticos. Las posibilidades de ejecutarlos varían de acuerdo con la situación socioeconómica de los países y también de las políticas públicas que lleve adelante el gobierno nacional, provincial o local [1, 2, 3]. Uno de los enfoques se basa en que la gran mayoría de los microplásticos en el ambiente provienen de la ruptura y degradación de materiales plásticos. Las regulaciones vigentes, cuando las hay, proponen otro enfoque, relacionado con la producción primaria de microplásticos, es decir, aquellos generados industrialmente, y cuyo aporte al ambiente es menor [4].

Para reducir el aporte de microplásticos por degradación, en general se propone un cambio en la etapa de producción (preconsumo), es decir en el diseño del producto. Por ejemplo, a través de uso de materiales alternativos para reducir la producción y eliminación de plásticos. También se incluyen las modificaciones en el diseño, como sería la reducción del peso del producto plástico, para disminuir la generación de residuos; o el cambio de la materia prima, promoviendo la utilización de plásticos biodegradables que podrían reducir los impactos ambientales adversos de los plásticos convencionales, al reducir su huella medioambiental. Puede incluirse en este enfoque, el cambio en la conducta de las personas a través del consumo responsable, por ejemplo, eliminando el uso de envoltorios plásticos. Otra alternativa sería el desarrollo de nuevos modelos de empaque de los productos de consumo [5].

El otro enfoque hace referencia a las actividades de limpieza y remediación, como por ejemplo la limpieza de playas y tecnología para recolectar plásticos de los océanos. En ambos casos se promueve la eliminación de los plásticos que ya están en el entorno natural.

Sin embargo, ninguna de las propuestas anteriores es útil sin un tercer enfoque, que se centra en la gestión posconsumo, lo que requiere un incremento considerable en las inversiones con el fin de mejorar las capacidades y estimular las innovaciones en materia de gestión de residuos plásticos [6, 7]. Podemos mencionar algunas estrategias de baja complejidad, como es facilitar la recolección de los residuos. Esto permitiría retirar los residuos plásticos antes de que comiencen a generar problemas en el ambiente. Otras medidas podrían orientarse a incrementar las tasas del reciclaje y aumentar el porcentaje de utilización de plásticos reciclados en vez de plásticos vírgenes. Esta última medida debería ser acompañada de incentivos eco-

nómicos que favorezcan a las industrias que utilicen mayoritariamente plásticos reciclados, por lo menos hasta que resulte competitivo para la producción. Asimismo, y con niveles de inversión creciente, se pueden incluir en este enfoque las tecnologías que permiten procesar los residuos plásticos para obtener derivados del petróleo. Esta opción, si bien se encuentra a escala de planta piloto, tiene resultados muy prometedores, sobre todo porque utiliza como insumo tipos de plástico que no se consideran reciclables [8]. Resulta interesante que además del reciclado de plásticos, también se propone la recuperación energética, ya que completa al reciclado para la gestión de los residuos plásticos en una economía circular. **Fig 7.**



Figura 7. Gestión de los residuos plásticos en una economía circular

En Dinamarca se utiliza el 98% de los residuos plásticos para generar energía, aprovechando 3,5 millones de toneladas cubriendo el 5% de su demanda de electricidad y el 20% de sus necesidades de calefacción. Algo similar ocurre en Austria [9].

Estudios recientes se han focalizado en estimar la efectividad de las intervenciones para reducir la contaminación de los residuos plásticos utilizando modelaciones matemáticas. Las esti-

maciones muestran que, incluso en el mejor de los casos, en el que se lograra una reducción del 78% en la generación de residuos, igualmente para el año 2040 ingresarían 710 millones de toneladas métricas de plásticos a los ecosistemas acuáticos y terrestres [10].

En conclusión, para evitar una acumulación masiva de residuos plásticos en el ambiente, se necesita urgentemente una acción colectiva y global en forma coordinada que asegure reducir el consumo de plástico, aumentar las tasas de reutilización, recolección de residuos y reciclaje, junto con la aceleración de la inversión para la innovación en la cadena de valor del plástico. Solo a través del compromiso del sector privado, los gobiernos y la comunidad internacional se podrán resolver los problemas ecológicos, sociales y económicos derivados de la contaminación por residuos plásticos y lograr que termine el ingreso de plásticos en el ambiente.

[1] Mason, S., V. Welch and J. Neratko. *Front. Chem.* (2018).

[2] D. Xanthos, T. R. Walker. *Mar. Pollut. Bull.* 118, 17–26 (2017).

[3] J. K. Abbott, U. R. Sumaila. *Rev. Environ. Econ. Policy* 13, 327–336 (2019).

[4] Mitrano, D. M., & Wohlleben, W. (2020). Microplastic regulation should be more precise to incentivize both innovation and environmental safety. *Nature Communications*, 11(1), 5324. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19069-1>

[5] C. A. Velis, D. Lerpiniere, M. Tsakona, *Prevent Marine Plastic Litter–Now!* (International Solid Waste Association, 2017).

[6] M. Cordier, T. Uehara. *Sci. Total Environ.* 670, 789–799 (2019).

[7] I. E. Napper, R. C. Thompson. *Environ. Sci. Technol.* 53, 4775–4783 (2019).

[8] <https://www.eleconomista.es/empresasfinanzas/noticias/8338092/05/17/Convertir-el-plastico-en-petroleo-la-solucion-para-salvar-los-oceanos.html>

[9] ECOPLAST http://www.ecoplas.org.ar/newsletter_2017_junio_sustentabilidad.php

[10] W. W. Y. Lau, Y. Shiran, R. M. Bailey, E. Cook, M. R. Stuchtey, J. Koskella, C. A. Velis, L. Godfrey, J. Boucher, M. B. Murphy, R. C. Thompson, E. Jankowska, A. Castillo Castillo, T. D. Pilditch, B. Dixon, L. Koerselman, E. Kosior, E. Favoino, J. Gutberlet, S. Baulch, M. E. Atreya, D. Fischer, K. K. He, M. M. Petit, U. R. Sumaila, E. Neil, M. V. Bernhofen, K. Lawrence, J. E. Palardy. *Science*. 10.1126/science.aba9475 (2020).