

Análisis comparativo de la liberación de microplásticos en simulaciones de uso real en recipientes desechables de poliestireno

Comparative analysis of microplastic release under real-use simulations in disposable polystyrene containers

David Portillo¹, Mishell. E Cabrera², Bryan G. Valencia³, Pedro Daniel Cadena Nogales⁴

1 Grupo de investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0009-0005-7089-4462>

2 Grupo de investigación de Ciencias de la Tierra y Clima, Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0009-0007-0756-1897>

3 Universidad Regional Amazónica Ikiam. <https://orcid.org/0000-0002-5970-4964>

4 Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena. <https://orcid.org/0000-0002-9726-8972>

Autor de correspondencia: mishell.cabrera@est.ikiam.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.63804/CIBEN.25.cter.e12>

Resumen

El poliestireno es un potencial carcinogénico cuando es ingerido; sin embargo, los recipientes en los que se transportan y consumen alimentos son de poliestireno. El objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la liberación de microplásticos (MPs) empleando dos tratamientos: durante el transporte de alimentos y cuando se consume alimentos del recipiente que implica daños mecánicos producidos por utensilios de plástico. Se analizaron veinte envases nuevos de poliestireno (n =10 por tratamiento). En el primer grupo se lavaron los recipientes y se filtró el agua, mientras que en el segundo se empleó gelatina simulando alimentos sólidos y se aplicaron cortes y pinzados por tres minutos. Los resultados mostraron liberaciones promedio de $25,4 \pm 9,3$ MPs en el transporte y $72,7 \pm 29,1$ MPs durante el consumo, con diferencias significativas ($H = 15,42$; $p = 0,0015$). El poliestireno libera MPs incluso sin manipulación y el daño mecánico triplica su emisión, cuestionando su seguridad para usos alimentario y su sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Envases desechables para alimentos; Liberación de partículas; Microplásticos; Poliestireno expandido.

Abstract

Polystyrene is considered a potential carcinogenic material when ingested; however, food containers used for transporting and consuming food are commonly made from polystyrene. The objective of this study was to evaluate and compare microplastic (MP) release under two scenarios: food transportation and food consumption involving mechanical damage caused by plastic utensils. Twenty new polystyrene containers were analyzed ($n = 10$ per treatment). In the first treatment, the containers were washed and the resulting water was filtered, whereas in the second treatment, gelatin was used to simulate solid food and cutting and pinching actions were applied for three minutes. The results showed mean releases of 25.4 ± 9.3 MPs during transportation and 72.7 ± 29.1 MPs during consumption, with significant differences between treatments ($H = 15.42$; $p = 0.0015$). Polystyrene releases MPs even without manipulation, and mechanical damage increases their emission by approximately threefold, raising concerns about its safety for food-related applications and its environmental sustainability.

Keywords: Disposable food containers; particle release; microplastics; expanded polystyrene.

Introducción

En las últimas dos décadas, la contaminación por microplásticos (MPs) ha pasado de ser un tema emergente a constituir una prioridad global en los ámbitos científico, regulatorio y de salud pública. Definidos como partículas plásticas menores de 5 mm, los MPs se generan tanto por la degradación de residuos como por procesos industriales y han sido detectados en agua potable, aire, tejidos animales, órganos humanos y ecosistemas de agua dulce, como ríos urbanos y lagos (Leslie et al., 2022; Thompson et al., 2024).

Un vector de exposición poco estudiado, pero altamente frecuente, es el uso de envases plásticos desechables, especialmente aquellos elaborados con poliestireno expandido (PS). Este material, ampliamente utilizado en la industria alimentaria por su bajo costo y capacidad aislante, puede liberar partículas plásticas al entrar en contacto con los alimentos, sobre todo bajo condiciones de estrés térmico o mecánico (cortes, raspados o perforaciones; Du et al., 2020). Estos procesos de liberación, a menudo subestimados por la falta de regulación específica, representan un riesgo directo para la salud humana (Thompson et al., 2024).

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo comparar la liberación de microplásticos a partir de envases de poliestireno bajo dos condiciones experimentales: (i) transporte de alimentos sin daño mecánico y (ii) consumo directo desde el envase, con

acciones que implican cortes y perforaciones mediante utensilios plásticos. Este trabajo busca determinar la magnitud de la liberación de microplásticos en envases alimentarios desechables de poliestireno. Los resultados pueden servir como referencia para fortalecer las regulaciones sobre inocuidad alimentaria vinculadas al uso de envases plásticos en la cadena de suministro de alimentos.

Metodología

Se seleccionaron veinte envases alimentarios desechables de poliestireno expandido, divididos en dos tratamientos ($n = 10$). Todos los envases presentaron tamaño, espesor y color uniformes. El área de cada envase fue de 234 cm^2 ($18 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}$), lo que aseguró una superficie de contacto plástico–alimento similar en todas las condiciones experimentales (Liu et al., 2021).

En el tratamiento (i) se simuló el uso de los recipientes únicamente para el transporte de alimentos, evitando cualquier tipo de estrés mecánico. En el tratamiento (ii) se simuló el consumo directo desde el recipiente, generando estrés mecánico mediante el uso de una mezcla de gelatina como sustituto alimenticio por su similitud con comidas sólidas y su facilidad de filtración. Diez recipientes con gelatina fueron asignados aleatoriamente a tres participantes, quienes realizaron acciones de pinchar, cortar y raspar durante tres minutos, emulando prácticas comunes de consumo. La duración se limitó a tres minutos, considerando que el consumo real suele oscilar entre cinco y diez minutos. Tras la manipulación, la gelatina se disolvió a baja temperatura en un agitador orbital durante aproximadamente ocho minutos. La solución recuperada se filtró posteriormente para cuantificar las partículas de microplásticos liberadas en ambos tratamientos.

Filtración y análisis microscópico

Las soluciones derivadas de ambos tratamientos se filtraron mediante filtros de membranas de nitrato de celulosa de $0,75 \mu\text{m}$. Los filtros se secaron a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ durante quince minutos bajo condiciones controladas. Posteriormente, las partículas de microplásticos fueron identificadas y cuantificadas manualmente mediante un microscopio estereoscópico, caracterizándolas morfológicamente según su forma, color y longitud, conforme a protocolos estandarizados. Las mediciones de longitud se obtuvieron mediante análisis de imágenes calibradas con el software ImageJ.

Control de contaminación

Para descartar contaminación externa por microplásticos y garantizar la validez de los

resultados, los experimentos se realizaron en un ambiente controlado, utilizando equipos de protección libres de fibras sintéticas. Se colocaron cajas Petri con filtros como controles de contaminación aérea en cada tratamiento. Las partículas detectadas en estos controles se descontaron del conteo final, con el fin de excluir cualquier contaminación generada durante la preparación y cuantificación de microplásticos.

Resultados y discusión

El análisis cuantitativo reveló un total de 981 partículas de microplásticos (MPs) liberadas por los recipientes de poliestireno. En el escenario de transporte sin interacción mecánica se identificaron 254 partículas (media = $25,4 \pm 9,3$), mientras que en el consumo directo con manipulación mecánica se registraron 727 partículas (media = $72,7 \pm 29,1$), lo que representa un incremento de casi tres veces respecto al primer tratamiento. La prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis confirmó diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos ($H = 15,42$; $p = 0,0015$). Los controles de contaminación mostraron valores mínimos (6 y 9 partículas), lo que sugiere que la mayoría de los MPs provinieron directamente de los recipientes.

Estos resultados evidencian que el estrés mecánico generado durante el consumo directo (corte, perforación y raspado con utensilios) es un factor determinante en la liberación de microplásticos. Este hallazgo concuerda con estudios previos que destacan la fragilidad estructural del poliestireno y su susceptibilidad a fragmentarse ante el daño físico (Du et al., 2020), así como con investigaciones que documentan un incremento de MPs bajo condiciones de agitación y calor (Zhou et al., 2023).

La longitud media de las partículas ($1532 \mu\text{m}$) resulta relevante desde una perspectiva toxicológica, ya que las partículas pequeñas pueden atravesar barreras biológicas y acumularse en órganos humanos. Este resultado coincide con reportes de MPs en sangre, pulmones y placenta (Leslie et al., 2022; Chi et al., 2025), así como con los efectos inmunológicos y metabólicos descritos en exposiciones crónicas (Luo et al., 2025).

En conjunto, los datos obtenidos confirman que el consumo directo en recipientes de poliestireno incrementa significativamente el riesgo de exposición a microplásticos. Este hallazgo resalta la necesidad de revisar las regulaciones sobre envases plásticos de un solo uso (Thompson et al., 2024) y de promover alternativas más seguras. Además, el estudio aporta evidencia empírica sobre un problema de salud pública frecuentemente subestimado, en concordancia con estimaciones que indican que una persona promedio puede ingerir decenas de miles de MPs al año a través de alimentos y bebidas (Jin et al., 2021).

Conclusiones

El estudio demostró que los recipientes de poliestireno liberan microplásticos durante el transporte de alimentos y que el consumo directo con utensilios casi triplica esta liberación. Dado que estas partículas pueden ser ingeridas y acumularse en órganos humanos, se resalta la urgencia de regular los envases plásticos de un solo uso, fomentar alternativas más seguras y concienciar a los consumidores sobre los riesgos asociados.

Referencias bibliográficas

Chi, J., Patterson, J., Jin, Y., Kim, K., Lalime, N., Hawley, D., Lewis, F., Li, L., Wang, X., Campen, M., Cui, J., & Gu, H. (2025), Metabolic Reprogramming in Gut Microbiota Exposed to Polystyrene Microplastics. *Biomedicines*. <https://doi.org/10.3390/biomedicines13020446>

Du, F., Cai, H., Zhang, Q., Chen, Q., & Shi, H. (2020). Microplastics in take-out food containers. *Journal of Hazardous Materials*, 339, 122969. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122969>

Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., et al. (2022). *Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood*. *Environment International*, 163, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>

Luo, Q., Tan, H., Ye, Mao., Hea, E., Wang, P., Zhao, X., Shi, H., Lu, H. & Li, G. (2025). Microplastics as an emerging threat to human health: An overview of potential health impacts. *Journal of Environment Management*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125915>

Jin, M., Wand, X., Ren, T., Wang, J. & Shan, J. (2021). Microplastics contamination in food and beverages: Direct exposure to humans. *Journal of food science*, 86(7), 2816-2837. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15802>

Thompson, R. C., Courtene-Jones, W., Boucher, J., Pahl, S., Raubenheimer, K., & Koelmans, A. A. (2024). *Twenty years of microplastic pollution research—what have we learned?* *Journal of Bio-X Research*, 386(6720). <https://doi.org/10.1126/science.adl2746>

Zhou, G., Wu, Q., Tang, P., Chen, C., Cheng, X., Wei, X-F., et al. (2023). How many microplastics do we ingest when using disposable drink cups? *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129982. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129982>