

# 40

Fecha de presentación: agosto, 2023  
Fecha de aceptación: octubre, 2023  
Fecha de publicación: noviembre, 2023

## MICROPLÁSTICOS

EN DEPOSICIONES ATMOSFÉRICAS EN CIENFUEGOS, CUBA

### MICROPLASTICS IN ATMOSPHERIC DEPOSITION IN CIENFUEGOS, CUBA

Bárbaro Miguel Pescoso-Torres<sup>1</sup>

E-mail: [bmpescoso@gmail.com](mailto:bmpescoso@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1149-4352>

Marcos García-Varens<sup>1</sup>

E-mail: [mgvarens@ceac.cu](mailto:mgvarens@ceac.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0059-2520>

Yusmila Helguera-Pedraza<sup>1</sup>

E-mail: [yusmilahelguera@ceac.cu](mailto:yusmilahelguera@ceac.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3298-4257>

Yasser Morera-Gómez<sup>1,2\*</sup>

E-mail: [ymore24@gmail.com](mailto:ymore24@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6174-3869>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), 59350, Cienfuegos, Cuba

<sup>2</sup>Universidad de Navarra, Instituto de Biodiversidad y Medioambiente Pamplona, España

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pescoso-Torres, B. M., García-Varens, M., Helguera-Pedraza, Y., Morera-Gómez, Y. (2023). Microplásticos en deposiciones atmosféricas en Cienfuegos, Cuba. *Universidad y Sociedad* 15(6),407-414.

#### RESUMEN

La contaminación por microplásticos es una preocupación emergente en todo el mundo. La mayoría de los estudios hasta la actualidad están enfocados en la presencia, niveles y efectos en el medio marino, con una atención aún muy incipiente en la atmósfera. En el presente trabajo se estudiaron muestras de deposiciones atmosféricas totales en dos estaciones de monitoreo (una rural y una urbana) en Cienfuegos (Cuba) durante el 2021 con el objetivo de identificar la presencia y determinar los flujos de partículas de microplásticos. Las muestras de deposiciones atmosféricas fueron tomadas mensualmente, y las partículas de microplásticos fueron aisladas mediante separación por densidad y cuantificadas de forma visual empleando un estereoscopio. Los flujos promedio de microplásticos estuvieron en el rango 17.4-77.7 partículas/m<sup>2</sup>día (promedio de 39.9 partículas/m<sup>2</sup>día) y 32.1-172.8 partículas/m<sup>2</sup>día (promedio de 79.7 partículas/m<sup>2</sup>día) en la estación rural y urbana, respectivamente. Los flujos mostraron un comportamiento temporal similar en ambas estaciones, y una fuerte correlación con las lluvias. Los mayores flujos se observaron durante el período lluvioso y los menores en el período poco lluvioso. Los valores obtenidos se encontraron dentro del rango de variación encontrado en estudios en otras regiones del mundo, aunque en promedio resultaron inferiores. Los resultados de este estudio reportan por primera vez la presencia de partículas de microplásticos en deposiciones atmosférica en el Caribe, contribuyendo de esta forma a ampliar los conocimientos sobre la abundancia de microplásticos en la atmósfera a nivel global.

**Palabras clave:** plásticos; sitios rurales y urbanos; flujo atmosférico; contaminación; Caribe

#### ABSTRACT

Microplastic pollution is an emerging concern worldwide. Most studies to date have focused on the presence, levels and effects in the marine environment, but attention to the atmosphere is still limited. In this study, total atmospheric deposition samples were collected at two monitoring sites (rural and urban) in Cienfuegos (Cuba) during 2021, with the objective of identifying the presence and determining fluxes of microplastic particles. Atmospheric deposition samples were collected monthly, and microplastic particles were isolated by density separation and quantified visually using a stereoscope. The average fluxes of microplastic particles were in the range of 17.4-77.7 particles/m<sup>2</sup>day (average 39.9

particles/m<sup>2</sup>day) and 32.1-172.8 particles/m<sup>2</sup>day (average 79.7 particles/m<sup>2</sup>day) at the rural and urban sites, respectively. The fluxes showed similar temporal pattern at both stations, and a strong correlation with rainfall. The highest fluxes were observed during the rainy period and the lowest during the low rainfall. The values obtained were within the range found in studies in other regions of the world, although on average they were lower. The results of this study report by first time the presence of microplastic particles in atmospheric depositions in the Caribbean, thus contributing to expand the knowledge on the abundance of microplastics in the atmosphere at a global level.

**Keywords:** plastics; rural and urban sites; atmospheric flux; contamination; Caribbean

## INTRODUCCIÓN

Los plásticos son uno de los materiales más versátiles y valiosos tanto para la industria como para nuestra vida diaria. Los primeros plásticos fueron fabricados a partir de polímeros sintéticos durante la primera parte del siglo XIX, y desde entonces, la producción de materiales plásticos a nivel mundial ha aumentado enormemente de 1.5 millones de toneladas en 1950 a 368 millones de toneladas en 2019 (Akanyange et al., 2021). Una gran proporción de esta producción se acumula como residuo en el medio ambiente, y la fragmentación progresiva conduce a la presencia de plásticos secundarios en ambientes terrestres, de agua dulce, atmosféricos y marinos. La resistencia y longevidad extremadamente altas dan a los plásticos su utilidad, pero estas mismas características conducen a la acumulación desenfrenada de materiales sintéticos en casi todos los ecosistemas del planeta (Brahney et al., 2020).

Los microplásticos (MP) son piezas muy pequeñas de material plástico que contaminan el medio ambiente. Aunque no hay consenso sobre el tamaño para considerarse MP, varios autores utilizan el parámetro de menos de 5 mm y mayores que 1 μm de diámetro para clasificarlos (Allen et al., 2019; Zhang et al., 2020). La contaminación por MP es una preocupación emergente en todo el mundo, siendo estos uno de los mayores contaminantes ambientales. La mayoría de los estudios hasta la actualidad, están focalizados en su aparición, destino y efecto en el medio marino (Orona-Návar et al., 2022), y menos estudiado, en el suelo (Yang et al., 2021). Los microplásticos presentes en el medio ambiente pueden ser ingeridos por diferentes tipos de organismos, incluidas especies ampliamente empleadas dentro de la dieta de los seres humanos (Li et al., 2018).

La toxicidad de los MP está relacionada con sus propiedades físicas y químicas, como la persistencia a largo plazo en la atmósfera, la hidrofobicidad y el potencial para reaccionar con la hemoglobina e interferir con el transporte de oxígeno en organismos biológicos (Wright & Kelly, 2017). La inhalación y la ingestión de MP ha sido confirmada por la presencia de MP en heces humanas. Investigaciones realizadas con muestras de heces tomadas de seres humanos, arrojaron que estas contenían MP, encontrándose principalmente partículas de polietileno y polipropileno (Luqman et al., 2021). La magnitud del daño que estas partículas de plástico pueden causar a la salud humana no está bien establecida aún. Sin embargo, los estudios realizados por investigadores a nivel mundial han mostrado que los MP tienen algunas implicaciones potenciales en la salud de los seres humanos después de haber sido inhaladas o ingeridas (Deng et al., 2017).

La atmósfera es una vía importante por la cual muchos materiales en suspensión se transportan a nivel regional o mundial. La exposición humana a los MP, especialmente a través de la inhalación, se puede estimar potencialmente en función de la concentración atmosférica de MP (Zhang et al., 2020). Investigaciones recientes han detectado, cuantificado y caracterizados MP en deposiciones atmosféricas colectadas desde zonas remotas hasta urbanas o industriales (Allen et al., 2019; Brahney et al., 2020; Dris et al., 2016; Klein & Fischer, 2019; Li et al., 2020), siendo la abundancia media de estas partículas muy variada de un sitio de estudio a otro. A pesar de estas importantes contribuciones, el estudio de los microplásticos en la atmósfera es muy incipiente.

En este contexto, el objetivo de este trabajo fue identificar la presencia y determinar la abundancia de MP en deposiciones atmosféricas totales en dos estaciones de monitoreo (una rural y una urbana) en Cienfuegos, Cuba, y contribuir de esta forma a ampliar los conocimientos sobre la presencia y abundancia de microplásticos en la atmósfera a nivel global.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El monitoreo de microplásticos en deposiciones atmosféricas totales (húmedas + secas) se llevó a cabo en dos estaciones (una rural y una urbana) ubicadas en el municipio costero de Cienfuegos, localizado en el centro-sur de Cuba (Figura 1). La estación rural se encuentra dentro de las instalaciones principales del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), localizado entre el mar Caribe y la bahía de Cienfuegos (22.06516°N;

80.482112°W). La estación urbana se encuentra en una zona residencial de la ciudad de Cienfuegos (22.14969°N; 80.434774°W), 10 km al norte-noreste de la estación rural. La ciudad de Cienfuegos es actualmente un importante centro turístico e industrial de Cuba, con una población de alrededor de 147 000 habitantes. Las principales fuentes de contaminación en la región se encuentran en la zona urbana y alrededor de la bahía de Cienfuegos (Figura 1).

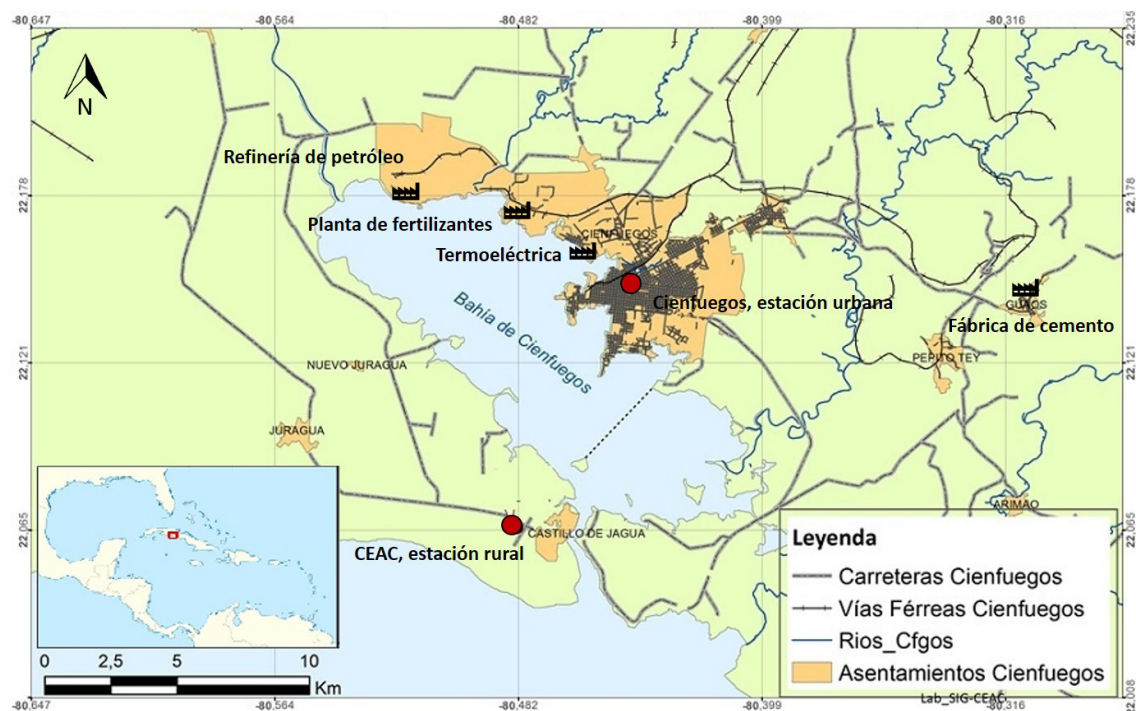


Figura 1. Estaciones de monitoreo de las deposiciones atmosféricas (puntos rojos) y principales fuentes de contaminación en Cienfuegos.

Fuente: Elaboración propia

El clima de la región es tropical con dos períodos claramente definidos: lluvioso (aproximadamente de mayo a octubre) y poco lluvioso (aproximadamente de noviembre a abril). El promedio anual de precipitaciones es ~1360 mm, las cuales mayormente se producen durante el período lluvioso (~80%), mientras que la dirección predominante de los vientos es del ENE durante todo el año.

### Toma de las muestras

Para la colección de las muestras fue instalado un colector a 1.5 m sobre el nivel del suelo en la estación rural y un colector a 8.0 m sobre el nivel del suelo en la estación urbana. Los colectores se conformaron con un embudo de cristal (25 cm de diámetro en el caso de la estación rural y 15 cm de diámetro para la estación urbana) colocado dentro de una botella de cristal con un volumen de 2.5 L. La unión entre el embudo y la botella se selló con papel aluminio, para evitar la presencia de cualquier material plástico o de goma en el sistema de colección, y todo el sistema se aseguró con un soporte metálico. Para la determinación del volumen de precipitaciones fue instalado, en paralelo al colector de microplásticos, un colector de precipitación especializado (RS-1) en ambas estaciones, el cual evita las pérdidas por evaporación.

La colecta de muestra se realizó entre enero y noviembre de 2021, con una frecuencia mensual. Debido a las restricciones de movimiento establecidas durante el 2021 en Cuba por la Covid-19, no fue posible tomar muestras todos los meses en ambas estaciones de monitoreo. En total, se tomaron 14 muestras, 8 en la estación rural y 6 en la estación urbana.

Luego de finalizado cada periodo de muestreo las botellas de vidrio que almacenaban las precipitaciones fueron retiradas del colector y selladas herméticamente. Los embudos se lavaron con abundante agua MilliQ para remover las

partículas de MP adheridas en el mismo, almacenando estas aguas de lavado en nuevas botellas de vidrio. Tanto las precipitaciones totales, como el agua de lavado, fueron transportadas hasta el laboratorio para ser analizadas.

### Análisis de laboratorio

Una vez en el laboratorio las muestras (precipitaciones + agua de lavado) fueron filtradas al vacío, empleando un sistema de filtración de cristal y un filtro metálico de 25 µm de poro y 20 mm de diámetro, previamente calcinado a 450 °C durante 1 h.

Las muestras colectadas pueden contener cantidades variables de partículas orgánicas e inorgánicas, las cuales pueden interferir en la identificación visual, por lo que es necesario eliminar estas partículas sin perder o dañar potenciales partículas de microplásticos. Para eliminar el material orgánico presente los filtros fueron colocados en una placa Petri y tratados con 10 mL de peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30 %, a una temperatura de 45 °C durante 8 días (Allen et al., 2019; Nuelle et al., 2014; Zhao et al., 2017).

Posteriormente, se procedió a separar por densidad las partículas inorgánicas presentes en las muestras. Para ello, los filtros fueron enjuagados dentro de un vaso de precipitado con abundante solución saturada de cloruro de sodio (1.3 g/mL), dejándose reposar por un periodo de 5 minutos. Transcurrido este tiempo, fue filtrado el sobrenadante (empleando las mismas condiciones de filtrado descritas anteriormente) donde quedan retenidas las partículas de MP al ser menos densas. Los filtros fueron secados a 45 °C durante 24 h (Lin et al., 2021; Nuelle et al., 2014). Paralelamente fueron desarrollados blancos de procedimiento con agua MilliQ, sometidos al mismo procedimiento desde la toma de la muestra en el campo, para evaluar la contaminación durante el análisis. Estos resultados mostraron una media de 4 conteos y una desviación estándar de 1 conteo para un total de 3 blancos. El agua y todas las soluciones utilizadas fueron previamente filtradas (empleando el mismo tipo de filtros usado con las muestras) para evitar la contaminación por partículas de MP presentes en ellas. Todo el trabajo con las muestras hasta este punto, se realizó en una cabina de flujo laminar.

La identificación y cuantificación de las partículas de MP presentes en cada muestra se realizó de forma visual empleando un estereomicroscopio Carl Zeiss (magnificación 40X). Para cada muestra se realizaron 5 conteos.

### Determinación del flujo de microplástico

Para la determinación del flujo de partículas de microplástico ( $F$ , partículas/m<sup>2</sup>día) se empleó la siguiente expresión:(ecuación 1)

$$F \text{ (partículas } m^{-2} \text{ día}^{-1}) = \frac{N - N_0}{A \times t} \quad (1)$$

Donde  $N$  es el número de partículas tomada como el promedio de los conteos de partículas de MP,  $N_0$  el número promedio de partículas de MP en las muestras blanco,  $A$  el área del embudo (en m<sup>2</sup>) y  $t$  el número de días del período de colección de las muestras.

Para la determinación de la incertidumbre se tuvo en cuenta la desviación estándar de los conteos en las muestras reales y en las muestras blanco, un 2% en la determinación del área y se despreció el aporte del período de colección ( $t$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partículas de microplásticos fueron identificadas en todas las muestras. Los flujos de MP en la estación rural variaron entre 17.4 y 77.7 partículas/m<sup>2</sup>día para un promedio de 39.9 partículas/m<sup>2</sup>día, mientras que en la estación urbana los flujos variaron entre 32.1 y 172.8 partículas/m<sup>2</sup>día para un promedio de 79.7 partículas/m<sup>2</sup>día (**Tabla 1**). Estos resultados indican valores de flujos significativamente mayores en la zona urbana de Cienfuegos (test no paramétrico Mann-Whitney,  $Z=-1.872$  y  $p=0.031$ ), lo cual debe estar relacionado con los aportes antropogénicos producto de la urbanización, el tráfico y las industrias.

Tabla 1. Flujos de partículas de microplásticos (expresados como el flujo ± incertidumbre) y lluvias acumuladas en una estación urbana y una rural en Cienfuegos durante el 2021.

Mes	Estación Rural		Estación Urbana	
	Lluvia (mm)	Flujo (partículas/m2día)	Lluvia (mm)	Flujo (partículas/m2día)
Enero	6.1	36.4±4.3		
Febrero	27.3	24.9±2.4		
Marzo	0.0	30.2±3.5	0.0	32.1±5.5
Abril	9.8	17.4±1.5	1.4	54.2±5.1
Junio	151.3	47.5±2.7	154.0	172.8±7.4
Julio			55.5	73.3±7.1
Agosto	143.3	77.4±6.4		
Octubre	111.1	52.1±4.4	54.9	95.9±8.4
Noviembre	51.0	33.4±2.0	39.1	49.8±6.3
Promedio		39.9		79.7
Mínimo		17.4		32.1
Máximo		77.4		172.8
SD		18.9		50.5

SD: desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Aunque el número de datos es limitado, los flujos mostraron un comportamiento similar en ambas estaciones, observándose los mayores flujos durante el período lluvioso y los menores en el período poco lluvioso (Figura 2a), un resultado que indica que las precipitaciones fueron el principal mecanismo de barrido atmosférico de estas partículas. De hecho, en ambas estaciones se obtiene una fuerte correlación lineal ( $R^2 > 0.7$ ) entre los flujos de MP y las lluvias acumuladas (Figura 2b). Resultados similares han sido encontrados en otros estudios (Allen et al., 2019).

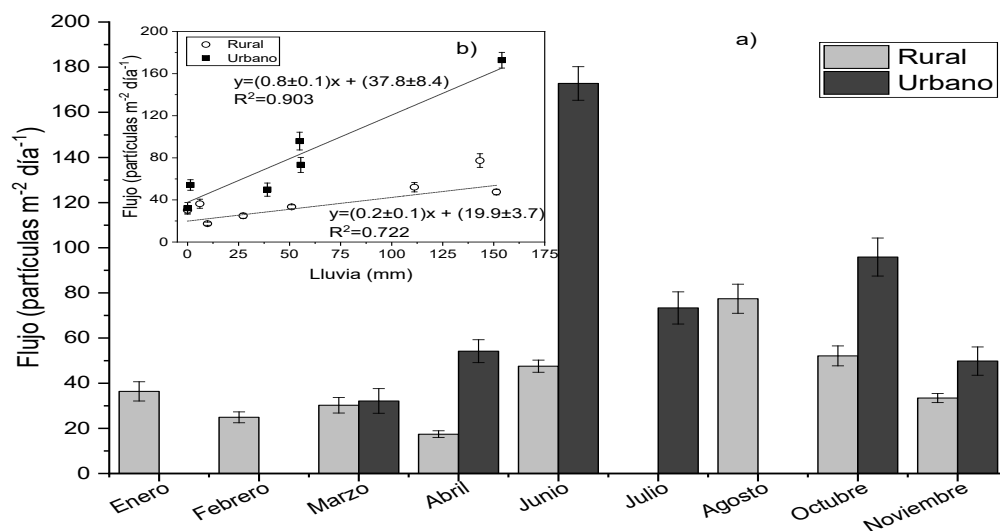


Figura 2. Distribución temporal de los flujos de microplásticos en Cienfuegos durante el 2021 (a) y correlación lineal con las lluvias acumuladas (b). Las barras de error corresponden a la incertidumbre calculada para los flujos de microplásticos.

Fuente: Elaboración propia

Estudios realizados para la determinación de la abundancia de microplásticos en deposiciones atmosféricas totales a nivel global muestran enormes variaciones entre las distintas áreas (Figura 3). En las ciudades europeas de París (Francia) y Hamburgo (Alemania) la abundancia media de microplásticos en deposiciones atmosféricas totales encontrada fue de 118 y 275 partículas/m<sup>2</sup>día, respectivamente, con un rango de 29-280 partículas/m<sup>2</sup>día en París y de 136-512 partículas/m<sup>2</sup>día en Hamburgo (Dris et al., 2016; Klein & Fischer, 2019). En la ciudad China de Dongguan se encontró una abundancia media de 228 partículas/m<sup>2</sup>día con un rango de 175-313 partículas/m<sup>2</sup>día (Cai et al., 2017). En un área remota de las montañas Pirineas el resultado mostró un valor medio de 365 partículas/m<sup>2</sup>día (300-465 partículas/m<sup>2</sup>día) (Allen et al., 2019). Recientemente un estudio realizado en varios sitios de áreas protegidas de los Estados Unidos mostró una abundancia promedio de 132 partículas/m<sup>2</sup>día (48-435 partículas/m<sup>2</sup>día) (Brahney et al., 2020); mientras que en la megaciudad de Londres se halló una tasa de deposición de microplásticos de 771 partículas/m<sup>2</sup>día para un rango de 575-1008 partículas/m<sup>2</sup>día (Wright et al., 2020). La abundancia obtenida en las estaciones de estudio en Cienfuegos se encuentra dentro del rango de variación que se reporta en estos estudios, aunque en promedio resulta inferior (Figura 3).

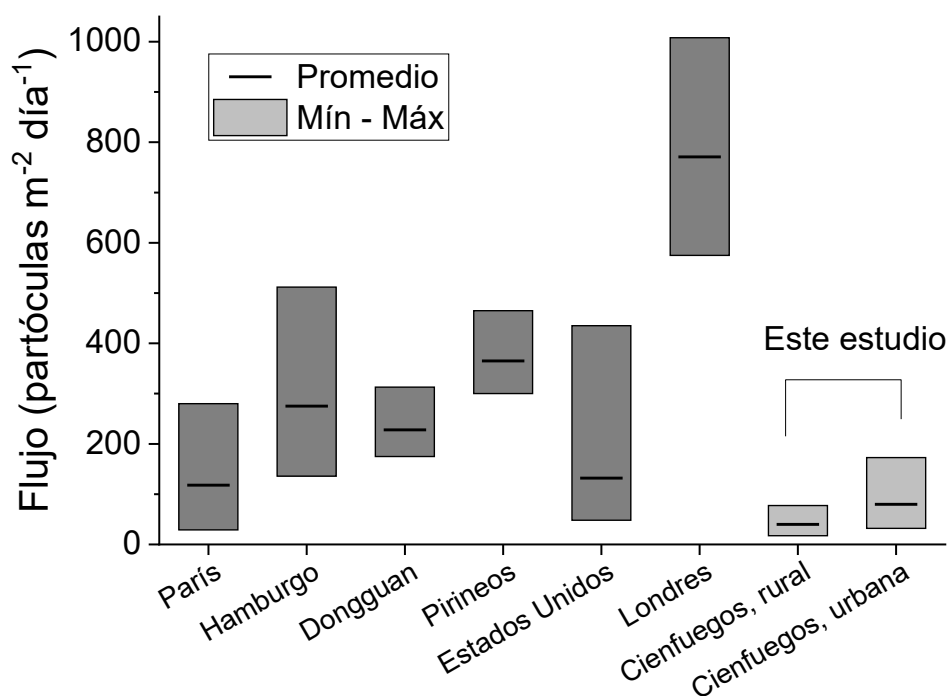


Figura 3. Flujo atmosférico de microplásticos en distintas regiones del mundo: París, Francia (Dris et al., 2016); Hamburgo, Alemania (Klein & Fischer, 2019); Dongguan, China (Cai et al., 2017); Pirineos, Francia (Allen et al., 2019); Estados Unidos (Brahney et al., 2020); Londres, Inglaterra (Wright et al., 2020) y Cienfuegos (este estudio).

Fuente: Elaboración propia

En Cuba no existen precedentes de estudio de los microplásticos en la atmósfera. Los resultados de este trabajo constituyen el primer reporte de estas partículas en deposiciones atmosférica tanto en ambientes rurales como urbano a lo largo de toda la isla. Según la revisión bibliográfica realizada por los autores de este trabajo, nuestros resultados también constituyen el primer reporte para el Caribe. No obstante, esta investigación complementa los estudios pioneros en Cuba, que se realizaron en la bahía de Cienfuegos en muestras de agua, sedimentos y organismos marinos, donde se estudió la presencia y abundancia de microplásticos (García et al., 2020). Finalmente, estos resultados enriquecen, además, los estudios sobre contaminación atmosférica que se han desarrollado en la zona costera de Cienfuegos en los últimos 10 años, que incluyen contaminantes tradicionales como elementos trazas y mayoritarios en aerosoles y deposiciones atmosféricas (Morera-Gómez et al., 2020), y ahora contaminantes emergentes como los microplásticos.

Los resultados que aquí se presentan constituyen un corte preliminar del trabajo que se viene realizando en Cienfuegos en el marco del Servicio Estatal “Estudios de la contaminación atmosférica en Cienfuegos” y de los proyectos nacionales “Desarrollo de técnicas analíticas para la evaluación y caracterización de nanoplasticos/microplásticos en muestras ambientales” y “Consolidación y mejora de las capacidades nacionales para las evaluaciones y acciones de adaptación y mitigación del cambio climático en Cuba, a través del uso de técnicas isotópicas y nucleares” desde 2019. Como parte de estos proyectos, actualmente se continúa el estudio, con la meta de fortalecer la mejor identificación de las partículas de MP e incorporar la determinación de la composición química de las mismas, empleando técnicas avanzadas en el estado del arte.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se aislaron e identificaron abundantes partículas de microplásticos en deposiciones atmosféricas totales en dos estaciones de monitoreo (una rural y una urbana) en Cienfuegos, Cuba, durante el 2021. Se determinaron los flujos de microplásticos, resultando en promedio 39.9 partículas/m<sup>2</sup>día en la estación rural y 79.7 partículas/m<sup>2</sup>día en la estación urbana. Los flujos mostraron un comportamiento temporal similar en ambas estaciones, y una fuerte correlación con las lluvias acumuladas. Los mayores flujos se observaron durante el período lluvioso y los menores en el período poco lluvioso. Los resultados obtenidos en Cienfuegos se encontraron dentro del rango de variación que se reporta en estudios a nivel global, aunque en promedio resultaron inferiores. Estos resultados constituyen el primer reporte de la presencia de partículas de microplásticos en deposiciones atmosféricas en el Caribe y complementa los estudios sobre contaminación atmosférica que se han desarrollado en la zona costera de Cienfuegos en los últimos 10 años.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akanyange, S. N., Lyu, X., Zhao, X., Li, X., Zhang, Y., Crittenden, J. C., Anning, C., Chen, T., Jiang, T., & Zhao, H. (2021). Does microplastic really represent a threat? A review of the atmospheric contamination sources and potential impacts. *Science of The Total Environment*, *777*, 146020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146020>

- Allen, S., Allen, D., Phoenix, V. R., Roux, G. L., Jiménez, P. D., Simonneau, A., Binet, S., & Galop, D. (2019). Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment. *Nature Geoscience*, *12*(5), Art. 5. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5>
- Brahney, J., Hallerud, M., Heim, E., Hahnenberger, M., & Sukumaran, S. (2020). Plastic rain in protected areas of the United States. *Science*, *368*(6496), 1257-1260. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5819>
- Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X., & Chen, Q. (2017). Characteristic of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: Preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(32), 24928-24935. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0116-x>
- Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B., & Ren, H. (2017). Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Scientific Reports*, *7*(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/srep46687>
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C., & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment? *Marine Pollution Bulletin*, *104*(1), 290-293. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.01.006>
- García Chamero, A., Alonso Hernández, C. M., & Chamero Lago, D. (2020). Primera evidencia de microplásticos en la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Ecosistemas*, *29*(3), 2085. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2085>
- Klein, M., & Fischer, E. K. (2019). Microplastic abundance in atmospheric deposition within the Metropolitan area of Hamburg, Germany. *Science of The Total Environment*, *685*, 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.405>
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, *137*, 362-374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
- Li, Y., Shao, L., Wang, W., Zhang, M., Feng, X., Li, W., & Zhang, D. (2020). Airborne fiber particles: Types, size and concentration observed in Beijing. *Science of The Total Environment*, *705*, 135967. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135967>
- Lin, L., Pan, X., Zhang, S., Li, D., Zhai, W., Wang, Z., Tao, J., Mi, C., Li, Q., & Crittenden, J. C. (2021). Distribution and source of microplastics in China's second largest reservoir—Danjiangkou Reservoir. *Journal of Environmental Sciences*, *102*, 74-84. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.018>

- Luqman, A., Nugrahapraja, H., Wahyuono, R. A., Islami, I., Haekal, M. H., Fardiansyah, Y., Putri, B. Q., Amalludin, F. I., Rofiq, E. A., Götz, F., & Wibowo, A. T. (2021). Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population. *Environments*, *8*(12), Art. 12. <https://doi.org/10.3390/environments8120138>
- Morera-Gómez, Y., Alonso-Hernández, C. M., Cartas-Águila, H. A., Santamaría, J. M., Elustondo, D., Lasheras, E., Bagur, M., & Widory, D. (2020). Elucidating the sources and dynamics of PM10 aerosols in Cienfuegos (Cuba) using their multi-stable and radioactive isotope and ion compositions. *Atmospheric Research*, *243*, 105038. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105038>
- Nuelle, M.-T., Dekiff, J. H., Remy, D., & Fries, E. (2014). A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*, *184*, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.07.027>
- Orona-Návar, C., García-Morales, R., Loge, F. J., Mahlknecht, J., Aguilar-Hernández, I., & Ornelas-Soto, N. (2022). Microplastics in Latin America and the Caribbean: A review on current status and perspectives. *Journal of Environmental Management*, *309*, 114698. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114698>
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science & Technology*, *51*(12), 6634-6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Wright, S. L., Ulke, J., Font, A., Chan, K. L. A., & Kelly, F. J. (2020). Atmospheric microplastic deposition in an urban environment and an evaluation of transport. *Environment International*, *136*, 105411. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105411>
- Yang, L., Zhang, Y., Kang, S., Wang, Z., & Wu, C. (2021). Microplastics in soil: A review on methods, occurrence, sources, and potential risk. *Science of The Total Environment*, *780*, 146546. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146546>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, *203*, 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Zhao, S., Danley, M., Ward, J. E., Li, D., & Mincer, T. J. (2017). An approach for extraction, characterization and quantitation of microplastic in natural marine snow using Raman microscopy. *Analytical Methods*, *9*(9), 1470-1478. <https://doi.org/10.1039/C6AY02302A>