



NOTA

IMPACTO DE LOS MICROPLÁSTICOS EN MACROINVERTEBRADOS DE ECOSISTEMAS DULCEACUÍCOLAS EN COLOMBIA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA DE LA ÚLTIMA DÉCADA

María Alejandra Cuellar Berrío , Angie Dayana Villalobos Mora ,
Gladys Reinoso Flórez , Giovany Guevara* 

Grupo de Investigación en Zoología (GIZ), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad del Tolima, Altos de Santa Elena, Ibagué, Colombia

*Autor para correspondencia: gguevara@ut.edu.co

Fecha de recepción: 22 de junio de 2024

Fecha de aceptación: 09 de noviembre de 2024

RESUMEN

Este estudio recopila la literatura científica de los últimos 10 años sobre microplásticos y su impacto en macroinvertebrados en ecosistemas dulceacuícolas de Colombia. A pesar de su relevancia ambiental y de salud pública, es escasa la investigación sobre estos contaminantes emergentes en comparación con estudios en sistemas marinos del país.

Palabras Clave: Ecosistemas dulceacuícolas, limnología, macroinvertebrados, microplásticos.

ABSTRACT

Impact of microplastics on macroinvertebrates of freshwater ecosystems in Colombia: a review of literature of the last decade. This study compiles the scientific literature of the last 10 years on microplastics and their impact on macroinvertebrates in freshwater ecosystems in Colombia. Despite their environmental and public health relevance, research on these emerging contaminants is scarce compared to studies in marine systems in the country.

Keywords: Freshwater ecosystems, limnology, macroinvertebrates, microplastics.

El plástico es un recurso duradero, versátil, y altamente popular en diversas industrias, y en nuestra vida diaria. Sin embargo, su durabilidad también significa que tarda cientos de años en descomponerse, lo que provoca su acumulación generalizada en el ambiente (Escobar Condor et al.,

2019). A partir de 1907 con la invención del primer plástico sintético, la industrialización con este material ha crecido vertiginosamente hasta alcanzar una producción global de más de 400 Mt en 2022 (Annemeysmans, 2022). La contaminación por plásticos tiene consecuencias graves para los ecosistemas, la fauna y la salud humana (Calderón Quimbaya et al., 2020), debido a que las partículas y sustancias químicas derivadas, entran en los ciclos biogeoquímicos (Geyer et al., 2017; EC, 2024; Ventura et al., 2024). Diversos estudios han demostrado que los microplásticos (en adelante MPs; partículas plásticas menores de 5 mm) y otros contaminantes emergentes, están ampliamente presentes en ecosistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Annemeysmans, 2022). En los sistemas acuáticos continentales esta es una problemática creciente que requiere análisis detallados a nivel de redes tróficas y sus consecuencias de bioacumulación y biomagnificación (Bhatt & Chauhan, 2023; Zhao et al., 2024).

Las investigaciones sobre el transporte, destino y efectos de los MPs han sido foco de estudio a nivel mundial (e.g., Cui et al., 2024; Zhao et al., 2024); sin embargo, las consecuencias de su presencia en el funcionamiento de los ecosistemas continentales no han recibido la misma atención (Eerkes-Medrano et al., 2015; Blettler et al., 2018; Eerkes-Medrano & Thompson, 2018; Azevedo-Santos et al., 2021; Talbot & Chang, 2022). La presencia de MPs en estuarios, ríos, bahías y océanos (Rojo-Nieto & Montoto Martínez, 2017), ha generado una creciente preocupación; debido a su tamaño y ubicuidad son consumidos por invertebrados, peces pequeños, y



aves, que a menudo los confunden con partículas alimentarias (Greenpeace, 2018; Akindele et al., 2020).

La red fluvial del planeta juega un papel fundamental en el transporte de los residuos sólidos. A través de esta vía, circula cerca del 80% del plástico procedente de fuentes terrestres que contamina los océanos (Morritt et al., 2014; Hoellein & Rochman, 2021). Entre los 20 ríos con los niveles más altos de contaminación plástica a nivel mundial ($\approx 67\%$ de la producción total) se encuentra el Amazonas y Magdalena (Greenpeace, 2018; Lebreton et al., 2017). No obstante, recientemente, se ha descubierto que el alto porcentaje de los residuos plásticos movilizados se distribuyen entre más de 1000 ríos, principalmente pequeños, que cruzan zonas urbanas densamente pobladas, y no por los más grandes (Meijer et al., 2021).

Los MPs son considerados contaminantes de diversas formas, composiciones poliméricas y aditivos químicos, que hacen que su toxicidad varíe de un tipo a otro (Cui et al., 2024). Por lo tanto, es prioritario conocer los mecanismos de interacción de estos contaminantes en los organismos bentónicos y planctónicos, que constituyen parte de las cadenas tróficas en sistemas acuáticos continentales (Rodríguez-Calvache et al., 2025). Los MPs son absorbidos o ingeridos accidentalmente (Battulga et al., 2022), lo que puede inhibir la asimilación de nutrientes. Esto provoca una reducción en el consumo de recursos, así como problemas en el crecimiento, la reproducción y la supervivencia de los organismos (Au et al., 2015; Ehlers et al., 2019; Windsor et al., 2019; Akindele et al., 2020; Badea et al., 2023; Rodríguez-Calvache et al., 2025).

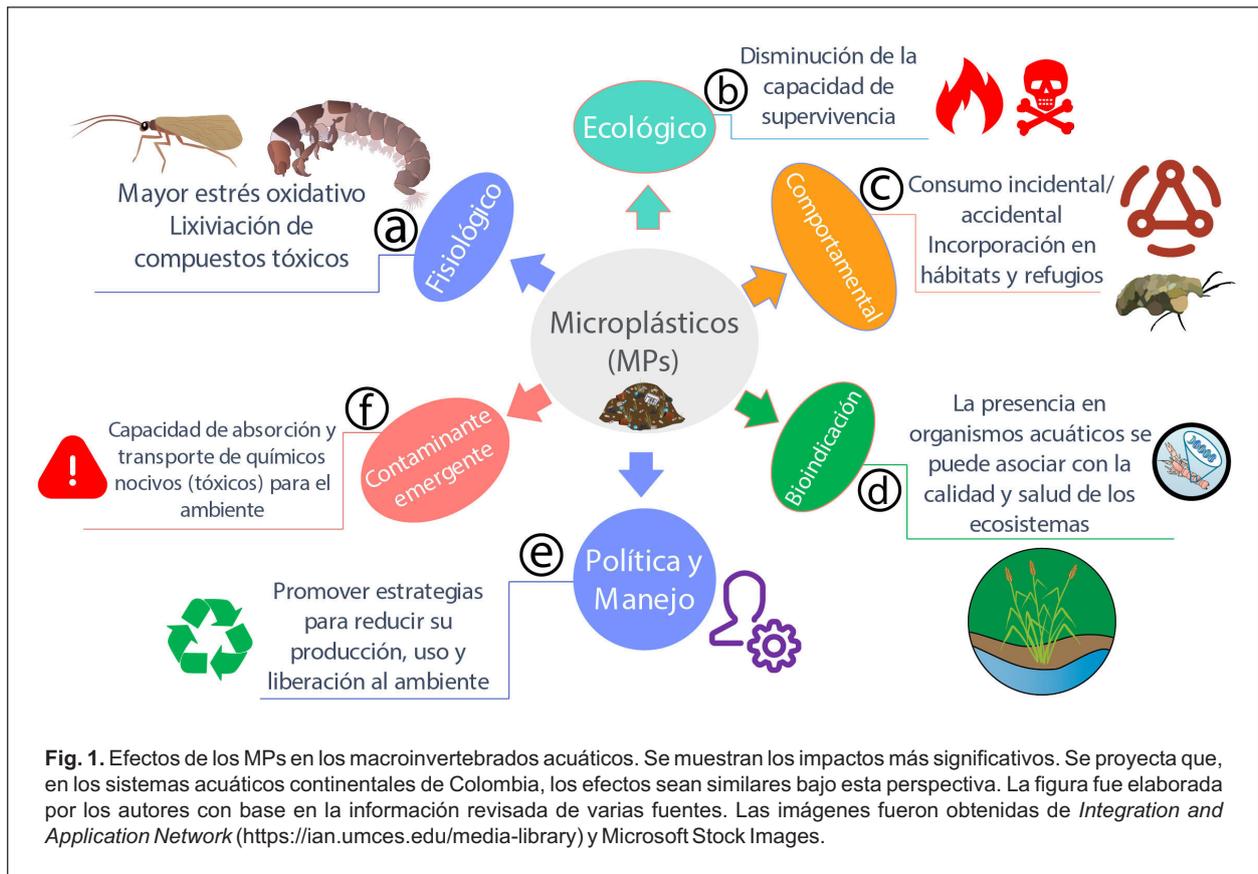
Debido a sus efectos fisiológicos y ecotoxicológicos (Fig. 1a, 1f), una vez ingeridos por macroinvertebrados bentónicos, los MPs pueden suponer una amenaza para las redes tróficas (Zain et al., 2022; Fig. 1b). Por ejemplo, en los tricópteros, que representan un orden diverso y se destacan por su papel bioindicador dentro de los insectos acuáticos; las larvas construyen refugios de diferentes formas y materiales, que incluyen partículas de MPs (Ehlers et al., 2019; Akindele et al., 2020; Valentine et al., 2022; Álvarez-Troncoso et al., 2024; Fig. 1c). Al estar en presencia de MPs se evidencian cambios a nivel celular (efectos citotóxicos), e individual (reducción del consumo, crecimiento y reproducción) (Foley et al., 2018; Windsor et al., 2019). Además, la incorporación de estas partículas en los estuches genera reducción de la resistencia estructural; por ende, se ve afectada la supervivencia de las larvas (Arias-Paco & Springer, 2023; Cuellar-Berrío et al., 2023a, 2023b, 2024; Rambacher et al., 2023). En ese sentido, la presencia de este tipo de contaminantes puede afectar su papel bioindicador (Fig. 1d).

La ingestión de MPs puede ocasionar daños en los organismos (e.g., impactos fisiológicos adversos,

estrés oxidativo; Fig. 1a), y tener consecuencias negativas para la salud humana (Hurley et al., 2017; Ríos et al., 2020; Badea et al., 2023; Eberhard et al., 2024). Ante la creciente evidencia de la acumulación de MPs en las interfaces sedimento-agua-atmósfera, es necesario fortalecer las políticas sobre el uso, manejo y gestión de los residuos sólidos de origen plástico (Fig. 1e), así como evaluar sus impactos en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, junto con los efectos directos e indirectos en la salud y dinámica de nutrientes de los ecosistemas (Hurley et al., 2017; Windsor et al., 2019; Wazne et al., 2023). Por lo anterior, consideramos pertinente mostrar la literatura publicada en la última década sobre la interacción entre macroinvertebrados y MPs, bajo un contexto limnoecológico en Colombia. Esta información representa una base fundamental para futuros estudios sobre esta temática en el país, ya que contrasta con las investigaciones realizadas en ecosistemas marinos o costeros (Quirós-Rodríguez et al., 2021; Rojas-Luna et al., 2023).

Se realizó una revisión de literatura de los últimos 10 años (2014 – 2024) enfocada en artículos científicos, capítulos de libro o libros publicados sobre MPs en ecosistemas lóticos y lénticos en Colombia, principalmente asociados con macroinvertebrados acuáticos, en las bases de datos Google Scholar, Scopus, Sciencedirect, y Springer. Se utilizaron las siguientes palabras claves y combinaciones, tanto en inglés como en español: “microplastic” OR “MP” OR “MPs” AND “water” AND “macroinvertebrates” AND “Colombia” OR “freshwater” OR “Colombian” OR “macroinvertebrate” OR “benthos”. Se evidenciaron 2110 documentos que cumplieron con el resultado de la búsqueda. Del total de registros, se seleccionaron aquellos que reflejaran la asociación “microplásticos + Colombia + agua dulce + macroinvertebrados”. Se excluyeron artículos científicos duplicados, que trataran sobre otros componentes distintos a macroinvertebrados (plancton, perifiton, peces) o que mencionaran aspectos generales sobre plásticos. Durante esta etapa, se consideraron las metodologías de detección, resultados obtenidos y la discusión sobre la presencia y efectos de los MPs en los macroinvertebrados acuáticos para Colombia. Finalmente, 280 artículos mostraron relación entre macroinvertebrados y microplásticos, dentro de los cuales sólo siete cumplieron los criterios complementarios de inclusión de nuestro análisis; es decir, reflejaron la relación entre MPs y macroinvertebrados dulceacuícolas en el país (Tabla 1).

La revisión mostró limitada información sobre los MPs en los sistemas dulceacuícolas de Colombia y sobre los efectos en macroinvertebrados, como se ha destacado previamente (Cuellar-Berrío et al., 2023a, 2023b, 2024; Rodríguez-Calvache et al., 2023). Los resultados de los siete estudios seleccionados (Tabla 1), se asociaron con las concentraciones de MPs en



agua y sedimentos en ecosistemas lóticos y lénticos, además de caracterizar el origen de estas partículas. El estudio más reciente (Aranguren-Díaz et al., 2024), reconoce la importancia de los acuíferos y las aguas subterráneas, al tiempo que, muestra la circulación de contaminantes emergentes, entre ellos, los MPs

Frente a la pregunta, *¿qué conocemos sobre la interacción entre microplásticos y macroinvertebrados en el contexto colombiano?*, se evidenció –que a nuestro conocimiento– existe muy poca información publicada en revistas indexadas, y no encontramos algún registro sobre capítulo de libro o libro. Lo cual es contrastante con la información en ambientes marinos (e.g., Quirós-Rodríguez et al., 2021; Castrillón Gutiérrez et al., 2024). No obstante, se observaron varias alertas y llamados de atención en informes técnicos, trabajos de grado, prensa digital o redes sociales (Greenpeace, 2018), que estuvieron por fuera del criterio de inclusión de la presente nota.

La revisión de los artículos mostró que las investigaciones sobre MPs y macroinvertebrados en Colombia se han realizado en los últimos cinco años, en ecosistemas asociados con la cuenca de los ríos Magdalena y Cauca, correspondientes a la región Andina. Asimismo, se encontró que, en la caracterización de estos materiales poliméricos, predominan el polietileno, poliestireno, polipropileno y

policloruro de vinilo (véase Tabla 1). Adicionalmente, se evidenció una falta de métodos estandarizados o protocolo sugerido para la colecta, separación e identificación de MPs, al igual que una ausencia de correlación específica con atributos ecológicos o funcionales de macroinvertebrados, como los que han sido descritos en otras partes del mundo (e.g., Windsor et al., 2019; León-Muez et al., 2020).

La falta de estudios en esta temática contrasta con el hecho que el consumo per cápita de materiales plásticos en el país, es de aproximadamente 24 kg/año, que se reflejan en la generación anual de 1250000 toneladas, de las cuales el 56% corresponde a plásticos de un solo uso (Posada & Montes-Florez, 2021). Sin embargo, como parte de las medidas gubernamentales para frenar el impacto de los residuos plásticos, el 7 de julio de 2022, el congreso nacional de la república de Colombia promulgó la Ley 2232 de 2022, por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones. Asimismo, mediante la firma presidencial del Decreto 2192 de 2023, se inicia la prohibición de ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sistema Regional de Áreas Protegidas y en los

Tabla 1. Artículos científicos destacados sobre MPs en sistemas dulceacuícolas de Colombia con base en la revisión de literatura (últimos 10 años, hasta mayo 2024). Ver referencias en la bibliografía.

Título	Autor	Año	Objetivo	Departamento	MPs reportados
Impacto de las fibras microplásticas por la degradación de textiles sintético no tejidos en la columna de agua y sedimentos del río Magdalena en la ciudad de Neiva, Huila (Colombia).	Martínez Silva, P., & Nanny, M.A.	2020	Muestrear el tramo del río Magdalena que fluye a través de Neiva, Colombia para medir las concentraciones de microplásticos en el agua y los sedimentos del río y caracterizar el origen de estas partículas.	Huila	Polipropileno (PP), poliamida (PA), Polietileno (PE), Tereftalato de polietileno (PET), Poliestireno (PS)
Identificación, abundancia y distribución de microplásticos en aguas superficiales recolectadas del lago Luruaco, cuenca baja del río Magdalena, Colombia.	Rojas-Luna, R.A., Oquendo-Ruiz, L., García-Álzate, C.A., Arana, V.A., García-Álzate, R., & Trilleras, J.	2023	Evaluar, por primera vez, la abundancia y distribución de microplásticos en el complejo de humedales de Caribe colombiano.	Atlántico	Polipropileno (PP), poliamida (PA), Tereftalato de polietileno (PET), Poliestireno (PS), Policloruro de vinilo (PVC)
Heterogeneidad geográfica y tipos de polímeros dominantes en la contaminación microplástica de ecosistemas lénticos: implicaciones para la estandarización metodológica y la investigación futura.	Miranda-Peña, L., Buitrago-Duque, L., Rangel-Buitrago, N., Gracia, A., Arana, V.A., & Trilleras, J.	2023	Identificar patrones de prevalencia de los tipos de microplásticos más comunes y su distribución en ecosistemas lénticos (lagos y lagunas) a nivel global.	No aplica	Polipropileno (PP), Polietileno (PE), Poliestireno (PS)
Composición y distribución de la fauna hiporreica y macrobentónica de un río neotropical de montaña, Colombia	Ballesteros Navia, Y.V., Cantera Kintz, J.R., Peña Salamanca, E.J., & Pinilla Agudelo, G.	2023	Realizar un análisis en aguas hiporreicas y la posible presencia de microplástico junto con la fauna.	Valle del Cauca	No aplica
Estudio de microplásticos en muestra de agua y sedimentos de un río urbano del suroccidente de Colombia	Chávez Velasco, J.J., Arias Hoyos, A., Muñoz Solarte, D.M., & Romero Puentes, R.B	2023	Caracterizar microplásticos en sedimentos y muestras de agua del río Molino en la zona urbana del municipio de Popayán, Cauca.	Cauca	No aplica
Caracterización de Microplásticos y Mesoplásticos y Presencia de Biopelículas, Colectados en el Humedal Gualí Cundinamarca,	Porras-Rojas, M.A., Charry-Vargas, C., Colombia Muñoz-Yustres, J.L., Martínez-Silva, P., & Gómez-Méndez, L.D.	2023	Caracterizar mesoplásticos (plásticos con tamaños entre 5 mm y 25 mm) y microplásticos (1 mm y 4 mm) y verificar la presencia de biopelículas	Cundinamarca	Polipropileno silicato (PPS), polietileno silicato inorgánico (PE, IS), polietileno silicato BIO (PE, SBIO), polietileno clorado (PE, CI), polietileno (PE), polietileno de alta densidad (HDPE), expandido poliestireno (EPS), policloruro de vinilo clorado (CPVC).
Acuíferos y aguas subterráneas: desafíos y oportunidades en la gestión de recursos hídricos en Colombia	Aranguren-Díaz, Y., Galán-Freyle, N.J., Guerra, A., Mares-Romero, A., Pacheco-Londoño, L.C., Romero-Coronado, A., Vidal-Figueroa, N., & Machado-Sierra, E.	2024	Presentar una visión general de los acuíferos y aguas subterráneas en Colombia. Además, se reflexiona sobre la importancia de estos recursos, considera las características de las aguas minerales, sus usos y riesgos asociados, así como sus políticas de exploración y control, frente a contaminantes emergentes como metales pesados y microplásticos.	No aplica	Mencionan generalidades sobre MPs y su potencial efecto en la salud pública.



humedales de importancia internacional (RAMSAR), ecosistemas de páramos, marinos sensibles y reservas de la biósfera (MinAmbiente, 2023).

Los residuos plásticos son una preocupación creciente debido a su abundancia y persistencia en el ambiente. Se ha encontrado que desde los organismos más pequeños pueden ingerir MPs (Windsor et al., 2019; Drago et al., 2020), y que esta interacción trae consecuencias fisiológicas, ecológicas y comportamentales en los diferentes órdenes de macroinvertebrados acuáticos (véase Fig. 1). En un estudio realizado en zonas contrastantes de la cuenca del río Combeima (Ibagué, Colombia), se encontró mayor presencia de residuos plásticos en el área de menor impacto antropogénico visible, debido a la presión turística durante los fines de semana y días festivos (Cuellar-Berrío et al., 2024).

Los pocos estudios sobre MPs registrados en la última década en los ecosistemas dulceacuícolas de Colombia, muestran que se requiere ampliar el panorama investigativo de estos contaminantes emergentes, que conlleve a soluciones basadas en evidencia, inmersas en un plan de manejo y disminución de los residuos presentes en las diferentes matrices (suelo-agua-atmósfera). En ese sentido, como se ha destacado en otros países (e.g., Blettler & Wantzen, 2019; Meijer et al., 2021; Ventura et al., 2024), se requiere de un enfoque multidisciplinario para reducir la contaminación por MPs, que integre investigación científica, innovación tecnológica y la participación pública/privada para salvaguardar la salud y la integridad de los ecosistemas naturales.

Finalmente, en el contexto colombiano, se requiere comprender mejor la dinámica de los MPs (origen, transporte y destino final) en sistemas dulceacuícolas. Es necesario enfocar esfuerzos de investigación en la región andina, dado que allí se concentra la mayor parte de la población del país y donde ocurre el mayor aporte potencial de residuos plásticos hacia los ambientes costeros del Atlántico y el Pacífico (Calderón Quimbaya et al., 2020; Quirós-Rodríguez et al., 2021). Esto es posible a través de una valoración integral de los sistemas dulceacuícolas, bajo una mirada transdisciplinar a escala de cuenca (cauce principal, zona ribereña, usos del suelo), que incluya investigaciones a corto, mediano y largo plazo. Bajo el enfoque central de esta nota, se recomienda incluir estudios de contenidos estomacales para evaluar la incidencia real de los MPs dentro de la comunidad de macroinvertebrados y su participación en las redes tróficas (e.g., Castro-Castellon et al., 2022). Para ello, se deben diseñar estudios que integren enfoques bioquímicos y de microbioma, con el fin de evaluar los efectos durante el ciclo de vida de estos organismos bentónicos a nivel fisiológico, en la ecología trófica y en la reproducción. Además, es fundamental superar el enfoque taxonómico (i.e., identificación a nivel de familia o género) y ecológico que caracterizan tradicionalmente las investigaciones sobre

macroinvertebrados acuáticos desarrolladas en el país.

Agradecemos al Grupo de Investigación en Zoología (GIZ) y a la Vicerrectoría de Investigación-Creación, Innovación, Extensión y Proyección Social de la Universidad del Tolima, por su respaldo en el presente estudio, como parte del Proyecto “*Caracterización preliminar de los plásticos y su influencia potencial sobre macroinvertebrados y peces en la parte alta y media del Río Combeima (Tolima, Colombia)*”, código interno: 610121. Al comité organizador de Macrolatinos@ por la oportunidad de publicar nuestra nota, y al comité editorial por los aportes significativos para mejorar la presentación.

REFERENCIAS

- Annemeysmans. (2022). *Plastics production continued to rise in Q3 2021 despite a decline in EU27 manufacturing production*. Plastics Europe. <https://plasticseurope.org/media/plastics-production-continued-to-rise-in-q3-2021-despite-a-decline-in-eu27-manufacturing-production/>
- Akindele, E.O., Ehlers, S.M., & Koop, J.H.E. (2020). Freshwater insects of different feeding guilds ingest microplastics in two Gulf of Guinea tributaries in Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 33373–33379. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08763-8>
- Álvarez-Troncoso, R., Gutiérrez, D., Villar, I., Ehlers, S.M., Soto, B., Mato, S., & Garrido, J. (2024). Microplastics in water, sediments and macroinvertebrates in a small river of NW Spain. *Limnetica*, 43(2), 199–212. <https://doi.org/10.23818/limn.43.13>
- Aranguren-Díaz, Y., Galán-Freyte, N.J., Guerra, A., Manares-Romero, A., Pacheco-Londoño, L.C., Romero-Coronado, A., Vidal-Figueroa, N., & Machado-Sierra, E. (2024). Aquifers and Groundwater: Challenges and Opportunities in Water Resource Management in Colombia. *Water*, 16(5), 685. <https://doi.org/10.3390/w16050685>
- Arias-Paco, A., & Springer, M. (2023). Patrones de incorporación de microplásticos en estuches larvales y pupales de *Limnephilus* (Trichoptera: Limnephilidae). In: VI Congreso Latinoamericano de Macroinvertebrados y Ecosistemas Acuáticos, IV Simposio Internacional de Aguas Continentales de Las Américas, Antigua, Guatemala.
- Au, S. Y., Bruce, T. F., Bridges, W. C., & Klaine, S. J. (2015). Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(11), 2564–2572. <https://doi.org/10.1002/etc.3093>

- Badea, M.A., Balas, M., & Dinischiotu, A. (2023). Microplastics in Freshwaters: Implications for Aquatic Autotrophic Organisms and Fauna Health. *Microplastics*, 2(1), 39–59. <https://doi.org/10.3390/microplastics2010003>
- Ballesteros Navia, Y.V., Cantera Kintz, J.R., Peña Salamanca, E.J., & Pinilla Agudelo, G. (2023). Composition and distribution of hyporheic and macrobenthic fauna in a Neotropical mountain river, Colombia. *Limnetica*, 42(2), 155–174. <https://doi.org/10.23818/limn.42.12>
- Battulga, B., Kawahigashi, M., & Oyuntsetseg, B. (2022). Characterization of biofilms formed on polystyrene microplastics (PS-MPs) on the shore of the Tuul River, Mongolia. *Environmental Research*, 212, 113329. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113329>
- Bhatt, V., & Chauhan, J.S. (2023). Microplastic in freshwater ecosystem: bioaccumulation, trophic transfer, and biomagnification. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(4), 9389–9400. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24529-w>
- Blettler, M.C.M., & Wantzen, K.M. (2019). Threats Underestimated in Freshwater Plastic Pollution: Mini-Review. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230(7), 174. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4220-z>
- Calderón Quimbaya, H., Martínez Silva, P., & Muñoz Yustres, J.L. (2020). Caracterización y cuantificación de microplásticos en los sedimentos y la columna de agua del río Magdalena en la ciudad de Neiva, Colombia. In E. Serna M. (Ed.), *Desarrollo e Innovación en Ingeniería* (Quinta ed., pp. 2–7). Instituto Antioqueño de Investigación IAI. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4031207>
- Castrillón Gutiérrez, M.C., Gómez Méndez, L.D., & Mejía Chica, S.M. (2024). Microplásticos, amenaza invisible en el océano: una revisión desde la química y la biología. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 18(2), 41–61. <https://doi.org/10.18359/rfcb.7046>
- Castro-Castellon, A.T., Horton, A.A., Hughes, J.M.R., Rampley, C., Jeffers, E.S., Bussi, G., & Whitehead, P. (2022). Ecotoxicity of microplastics to freshwater biota: Considering exposure and hazard across trophic levels. *Science of The Total Environment*, 816, 151638. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151638>
- Chávez Velasco, J.J., Arias Hoyos, A., Muñoz Solarte, D.M., & Romero Puentes, R.B. (2023). Estudio de microplásticos en muestras de agua y sedimentos de un río urbano del suroccidente de Colombia. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 11(2), 120–130. <https://doi.org/10.17081/invinno.11.2.6637>
- Cuellar-Berrío, M.A., Reinoso-Flórez, G., & Guevara, G. (2023a). Plástico en sistemas dulceacuícolas: un análisis de las interacciones entre microplásticos y larvas de tricópteros. En: VI Congreso Latinoamericano de Macroinvertebrados y Ecosistemas Acuáticos, IV Simposio Internacional de Aguas Continentales de Las Américas, Antigua, Guatemala.
- Cuellar-Berrío, M.A., Reinoso-Flórez, G., & Guevara, G. (2023b). Tricópteros (Insecta: Trichoptera): arquitectos y centinelas dulciacuícolas que interactúan con microplásticos. En: LVIII Congreso Nacional y IX Internacional de Ciencias Biológicas, Santa Rosa de Cabal, Risaralda. <https://www.asociacioncolombianaecienciasbiologicas.org/wp-content/uploads/2024/03/MEMORIAS-CONGRESO-2023-final2.pdf>
- Cuellar-Berrío, M.A., Reinoso-Flórez, G., & Guevara, G. (2024). Tricópteros de la cuenca del Río Combeima (Tolima, Colombia) y su relación con impactos antropogénicos. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 36, 126–136.
- Cui, X., Yang, T., Li, Z., & Nowack, B. (2024). Meta-analysis of the hazards of microplastics in freshwaters using species sensitivity distributions. *Journal of Hazardous Materials*, 463, 132919. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.132919>
- Drago, C., Pawlak, J., & Weithoff, G. (2020). Biogenic Aggregation of Small Microplastics Alters Their Ingestion by a Common Freshwater Micro-Invertebrate. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 574274. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.574274>
- Eberhard, T., Casillas, G., Zarus, G.M., & Barr, D.B. (2024). Systematic review of microplastics and nanoplastics in indoor and outdoor air: identifying a framework and data needs for quantifying human inhalation exposures. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 34(2), 185–196. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00634-x>
- EC (Ed.). (2024). *European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office of the European Union. CORDIS results pack on ocean plastic pollution. Tackling marine litter from source to sea.* Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2830/996417>.
- Eerkes-Medrano, D., & Thompson, R. (2018). Chapter 4 - Occurrence, Fate, and Effect of Microplastics in Freshwater Systems. In E. Y. Zeng (Ed.), *Microplastic Contamination in Aquatic Environments* (pp. 95–132). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00004-7>
- Eerkes-Medrano, D., Thompson, R.C., & Aldridge, D.C. (2015). Microplastics in freshwater

- systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, 75, 63–82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>
- Ehlers, S.M., Manz, W., & Koop, J.H.E. (2019). Microplastics of different characteristics are incorporated into the larval cases of the freshwater caddisfly *Lepidostoma basale*. *Aquatic Biology*, 28, 67–77. <https://doi.org/10.3354/ab00711>
- Escobar Condor, E.W., Izquierdo Villasante, Y., Macedo Riva, A., Remuzgo Panduro, G., & Huiman Cruz, A. (2020). Impacto de la ingesta de residuos plásticos en peces. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 4, 79–92. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201902.004>
- Foley, C.J., Feiner, Z.S., Malinich, T.D., & Höök, T.O. (2018). A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. *Science of The Total Environment*, 631–632, 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.046>
- Geyer, R., Jambeck, J.R., & Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Greenpeace. (2018). *Colombia, mejor sin plásticos. La contaminación plástica en Colombia y el mundo*. http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf
- Hoellein, T.J., & Rochman, C.M. (2021). The “plastic cycle”: a watershed-scale model of plastic pools and fluxes. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 19(3), 176–183. <https://doi.org/10.1002/fee.2294>
- Hurley, R.R., Woodward, J.C., & Rothwell, J.J. (2017). Ingestion of Microplastics by Freshwater *Tubifex* Worms. *Environmental Science & Technology*, 51(21), 12844–12851. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03567>
- Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*, 8(1), 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- León-Muez, D., Peñalver-Duque, P., Ciudad, C., Muñoz, M., Infante, O., Güemes Santos, S., Parrilla Giráldez, R., & Serrano, L. (2020). Primer muestreo de microplásticos en arroyos y ríos de la España peninsular. *Ecosistemas*, 29(3), 2087. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2087>
- Martínez Silva, P., & Nanny, M.A. (2020). Impact of Microplastic Fibers from the Degradation of Nonwoven Synthetic Textiles to the Magdalena River Water Column and River Sediments by the City of Neiva, Huila (Colombia). *Water*, 12(4), 1210. <https://doi.org/10.3390/w12041210>
- Meijer, L.J.J., van Emmerik, T., van der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances*, 7(18), eaaz5803. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>
- MinAmbiente. (2023). *Gobierno Nacional prohíbe plásticos de un solo uso en áreas naturales protegidas y Parques Nacionales Naturales*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved from: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2023/12/DECRETO-2192-DEL-18-DE-DICIEMBRE-DE-2023.pdf>
- Miranda-Peña, L., Urquijo, M., Arana, V.A., García-Alzate, R., García-Alzate, C.A., & Trilleras, J. (2023). Microplastics Occurrence in Fish from Tocagua Lake, Low Basin Magdalena River, Colombia. *Diversity*, 15(7), 821. <https://doi.org/10.3390/d15070821>
- Morritt, D., Stefanoudis, P.V., Pearce, D., Crimmen, O.A., & Clark, P.F. (2014). Plastic in the Thames: a river runs through it. *Marine pollution bulletin*, 78(1-2), 196-200. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.035>
- Porrás-Rojas, M.A., Charry-Vargas, C., Muñoz-Yustres, J.L., Martínez-Silva, P., & Gómez-Méndez, L.D. (2023). Characterization of Microplastics and Mesoplastics and Presence of Biofilms, Collected in the Gualí Wetland Cundinamarca, Colombia. *Microplastics*, 2(3), 255–267. <https://doi.org/10.3390/microplastics2030021>
- Posada, J.C., & Montes-Florez, E. (2021). Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. *Informador Técnico*, 86(1), 94–110. <https://doi.org/10.23850/22565035.3417>
- Quirós-Rodríguez, J.A., Nisperuza-Pérez, C., & Yepes-Escobar, J. (2021). Los microplásticos, una amenaza desconocida para los ecosistemas marinos de Colombia: perspectivas y desafíos a enfrentar. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 91615. <https://doi.org/10.15446/ga.v24n1.91615>
- Rambacher, J., Pantos, O., Hardwick, S., Cameron, E.Z., & Gaw, S. (2023). Transforming encounters: A review of the drivers and mechanisms of macrofaunal plastic fragmentation in the environment. *Cambridge Prisms: Plastics*, 1, e6, Article e6. <https://doi.org/10.1017/plc.2023.6>
- Ríos, M.F., Márquez, F., Gatti, M., Galván, D.E., Bravo, G., Bigatti, G., & Brogger, M.I. (2020). Microplásticos: macroproblemas. In N. Sbarbati Nudelman (Ed.), *Residuos plásticos en Argentina: su impacto ambiental y en el desafío*

- de la economía circular (Vol. 16, pp. 8–22). Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. https://www.ancefn.org.ar/user/FILES/Residuos_plasticos-2.pdf
- Rodríguez-Calvache, K.V., Gil-Padilla, L.N., & Segura, N.A. (2023). Microplásticos asociados a comunidades de macroinvertebrados de ecosistemas lóticos. In VI Congreso Latinoamericano de Macroinvertebrados y Ecosistemas Acuáticos, IV Simposio Internacional de Aguas Continentales de Las Américas, Antigua, Guatemala.
- Rodríguez-Calvache, K.V., Gil-Padilla, L.N., & Segura Guerrero, N.A. (2025). Current state of knowledge on the effect of microplastics on macroinvertebrate communities in lotic ecosystems. *Actualidades Biológicas*, 47(122), e4702. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi/v47n122a02>
- Rojas-Luna, R.A., Oquendo-Ruiz, L., García-Alzate, C.A., Arana, V.A., García-Alzate, R., & Trilleras, J. (2023). Identification, Abundance, and Distribution of Microplastics in Surface Water Collected from Luruaco Lake, Low Basin Magdalena River, Colombia. *Water*, 15(2), 344. <https://doi.org/10.3390/w15020344>
- Rojo-Nieto, E., & Montoto Martínez, T. (Eds.). (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Ecologistas en Acción. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/56275/2/informe-basuras-marinas.pdf>.
- Talbot, R., & Chang, H. (2022). Microplastics in freshwater: A global review of factors affecting spatial and temporal variations. *Environmental Pollution*, 292, 118393. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118393>
- Valentine, K., Cross, R., Cox, R., Woodmancy, G., & Boxall, A.B.A. (2022). Caddisfly Larvae are a Driver of Plastic Litter Breakdown and Microplastic Formation in Freshwater Environments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 41(12), 3058–3069. <https://doi.org/10.1002/etc.5496>
- Ventura, E., Marín, A., Gámez-Pérez, J., & Cabedo, L. (2024). Recent advances in the relationships between biofilms and microplastics in natural environments. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 40(7), 220. <https://doi.org/10.1007/s11274-024-04021-y>
- Wazne, M., Mermillod-Blondin, F., Vallier, M., Hervant, F., Dumet, A., Nel, H.A., Kukkola, A., Krause, S., & Simon, L. (2023). Microplastics in Freshwater Sediments Impact the Role of a Main Bioturbator in Ecosystem Functioning. *Environmental Science & Technology*, 57(8), 3042–3052. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05662>
- Windsor, F.M., Tilley, R.M., Tyler, C.R., & Ormerod, S.J. (2019). Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates. *Science of The Total Environment*, 646, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.271>
- Zain, N.M., Fauzi, N., Subki, N.S., & Ghazali, Z.Z. (2022). Occurrence Of Microplastics in Immature Aquatic Insects of Gua Musang Tributaries in Kelantan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1102(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1102/1/012047>
- Zhao, B., Richardson, R.E., & You, F. (2024). Microplastics monitoring in freshwater systems: A review of global efforts, knowledge gaps, and research priorities. *Journal of Hazardous Materials*, 477, 135329. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135329>

Editores de Sección:

Natalia Vargas López, Pablo Fierro,
Jeymy Milena Walteros-Rodríguez.