

Microplásticos en ecosistemas acuáticos: una revisión sobre su impacto y gestión

Microplastics in aquatic ecosystems: a review of their impact and management

Mieles-Giler, Jorge Washington ¹; Zapata-Velasco, Mayra Lisette²; Palacios-López, Luisa Anabel ^{3*}; Moran-González, Miguel Ramón ⁴.

- ¹ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0009-0003-4739-8968> ; jorge.mieles@unesum.edu.e
- ² Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0003-1578-3776> ; mayra.zapata@unesum.edu.ec
- ³ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0002-9257-7557> ; luisa.palacios@unesum.edu.ec
- ⁴ Universidad Estatal del Sur de Manabí; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0002-6072-3599> ; miguel.moran@unesum.edu.ec

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v3/n2/50>

Cita: Mieles-Giler, J. W., Zapata-Velasco, M. L., Palacios-López, L. A., & Moran-González, M. R. (2025). Microplásticos en ecosistemas acuáticos: una revisión sobre su impacto y gestión. *Innova Science Journal*, 3(2), 14-26. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v3/n2/50>

Recibido: 20/01/2025

Aceptado: 21/02/2025

Publicado: 30/04/2025



Copyright: © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la [Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. \(CC BY-NC\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: La contaminación por microplásticos en ecosistemas acuáticos es una amenaza ambiental con efectos negativos en la biodiversidad y la salud humana. Esta revisión bibliográfica analiza su impacto ecológico y las estrategias de gestión disponibles. Se identificaron sus principales fuentes, mecanismos de dispersión y persistencia en el medio ambiente. Los microplásticos afectan la fauna acuática mediante la ingestión y bioacumulación, alterando funciones fisiológicas y comprometiendo la estabilidad de los ecosistemas. Además, actúan como vectores de contaminantes tóxicos y microorganismos patógenos, aumentando sus riesgos ecológicos y sanitarios. En respuesta, se han desarrollado tecnologías de filtración, biorremediación y regulaciones para restringir su uso, aunque su efectividad aún es limitada. A pesar de los avances científicos y normativos, persisten desafíos en su gestión, por lo que se requiere un enfoque integral basado en prevención, mitigación y políticas ambientales más estrictas. Es crucial continuar investigando sus efectos a largo plazo y desarrollar soluciones sostenibles para reducir su impacto.

Palabras clave: microplásticos; ecosistemas acuáticos; contaminación plástica; gestión ambiental; biodiversidad.

Abstract: Microplastic pollution in aquatic ecosystems is an environmental threat with negative effects on biodiversity and human health. This literature review analyzes its ecological impact and available management strategies. Its main sources, dispersion mechanisms and persistence in the environment were identified. Microplastics affect aquatic fauna through ingestion and bioaccumulation, altering physiological functions and compromising ecosystem stability. They also act as vectors of toxic pollutants and pathogenic microorganisms, increasing their ecological and health risks. In response, filtration technologies, bioremediation and regulations have been developed to restrict their use, although their effectiveness is still limited. Despite scientific and regulatory advances, challenges remain in their management, requiring a comprehensive approach based on prevention, mitigation and stricter environmental policies. It is crucial to continue researching their long-term effects and to develop sustainable solutions to reduce their impact.

Keywords: microplastics; aquatic ecosystems; plastic pollution; environmental management; biodiversity.

1. Introducción

La contaminación por microplásticos en ecosistemas acuáticos ha emergido como una de las principales amenazas ambientales del siglo XXI, con implicaciones significativas para la biodiversidad, la calidad del agua y la salud humana (Bergmann et al., 2022). Estos materiales, definidos como partículas plásticas de menos de 5 mm de diámetro, provienen de la degradación de plásticos más grandes o son diseñados intencionalmente para productos industriales y cosméticos (Li et al., 2021). Su persistencia en el medio ambiente, combinada con su capacidad para adsorber contaminantes tóxicos, los convierte en un problema ambiental de gran relevancia, particularmente en sistemas acuáticos como océanos, ríos y lagos (Rochman et al., 2019). A pesar de los esfuerzos regulatorios y científicos por mitigar su presencia, la producción global de plásticos continúa en aumento, exacerbando la contaminación por estos residuos y evidenciando la necesidad de una gestión efectiva basada en evidencia científica.

El problema de los microplásticos en ecosistemas acuáticos radica en su amplia distribución y en los múltiples efectos adversos que generan en la fauna marina y en los ciclos biogeoquímicos. Estas partículas ingresan a los cuerpos de agua a través de diversas fuentes, incluyendo el desgaste de neumáticos, la fragmentación de desechos plásticos y las aguas residuales urbanas (Xiong et al., 2023). Una vez en el ambiente acuático, los microplásticos pueden ser ingeridos por organismos marinos, lo que conlleva alteraciones fisiológicas, reducción en tasas de crecimiento y potencial bioacumulación en la cadena trófica (Windsor et al., 2019). Además, su capacidad de actuar como vectores de contaminantes químicos y microorganismos patógenos amplifica sus riesgos ecológicos y sanitarios, planteando desafíos adicionales para su monitoreo y mitigación (Koelmans et al., 2022).

Los factores que agravan la contaminación por microplásticos incluyen el aumento descontrolado de la producción de plásticos, la ineficacia en los sistemas de gestión de residuos y el desconocimiento de los impactos a largo plazo en la salud humana y ambiental. Estudios han demostrado que, debido a su pequeño tamaño y baja densidad, los microplásticos pueden transportarse a largas distancias a través de corrientes oceánicas y fluviales, lo que dificulta su contención y eliminación (Lebreton & Andrady, 2019). Adicionalmente, su persistencia en los ecosistemas acuáticos se ve favorecida por su resistencia a la degradación biológica y química, prolongando su impacto en el medio ambiente durante décadas (de Sá et al., 2018).

El estudio de los microplásticos es fundamental no solo por sus implicaciones ecológicas, sino también por sus posibles efectos sobre la salud humana, dado que se ha demostrado su presencia en el agua potable, los productos marinos de consumo y hasta en el aire que respiramos (Vethaak & Leslie, 2020). En este contexto, la presente revisión bibliográfica se justifica por la necesidad de recopilar, analizar y sintetizar la evidencia científica actual sobre el impacto ambiental de los microplásticos y las estrategias de gestión disponibles. A pesar de los avances en la detección y cuantificación de estas partículas, sigue existiendo una brecha de conocimiento en cuanto a su toxicidad a nivel celular y su interacción con otros contaminantes emergentes (Lim, 2021). Además, es imperativo evaluar la efectividad de las políticas y

tecnologías implementadas para reducir la carga de microplásticos en los ecosistemas acuáticos y prevenir su introducción en la biota.

La viabilidad de este estudio radica en la amplia disponibilidad de literatura científica actualizada sobre la temática, incluyendo estudios experimentales, revisiones sistemáticas y evaluaciones de impacto ambiental publicadas en revistas indexadas en Scopus y Web of Science. Gracias a los avances en técnicas analíticas como la espectroscopía infrarroja y la cromatografía de gases, es posible caracterizar mejor la composición y distribución de los microplásticos en distintos ambientes acuáticos, lo que permite una evaluación más precisa de su impacto ecológico. Además, la creciente preocupación de organismos internacionales como la ONU y la Unión Europea ha impulsado la generación de regulaciones y estrategias de mitigación que pueden servir de referencia para el desarrollo de políticas más efectivas a nivel global.

El objetivo de esta revisión bibliográfica es analizar el impacto ambiental de los microplásticos en ecosistemas acuáticos y evaluar las estrategias actuales de gestión para su mitigación. Para ello, se examinarán estudios recientes que aborden la distribución, los efectos ecológicos y toxicológicos de los microplásticos, así como las soluciones tecnológicas y regulatorias propuestas para enfrentar este desafío ambiental. En particular, se busca identificar tendencias en la investigación, vacíos de conocimiento y oportunidades para la implementación de estrategias más sostenibles en la gestión de residuos plásticos.

Dado el carácter exploratorio del presente trabajo, el análisis se basará en una síntesis crítica de la literatura científica reciente, con el fin de proporcionar una visión integral sobre el problema de los microplásticos en ambientes acuáticos. A través de esta revisión, se espera contribuir al debate académico y a la toma de decisiones informadas en materia de conservación ambiental y desarrollo sostenible, promoviendo acciones basadas en evidencia científica para reducir la contaminación por microplásticos en los ecosistemas acuáticos.

2. Materiales y Métodos

El presente análisis y estudio se desarrolló bajo un enfoque exploratorio basado en una revisión bibliográfica, con el objetivo de analizar el impacto ambiental de los microplásticos en ecosistemas acuáticos y evaluar las estrategias de gestión disponibles para mitigar su presencia. Para ello, se recopilaron y examinaron artículos científicos, informes técnicos y documentos de organismos internacionales publicados en revistas indexadas en bases de datos reconocidas como Scopus y Web of Science. La selección de la literatura se realizó con base en su relevancia, actualidad y rigor metodológico, priorizando estudios publicados en los últimos cinco años con información empírica y teórica sobre la distribución, efectos y manejo de los microplásticos en ambientes acuáticos.

El proceso de búsqueda de información se llevó a cabo utilizando palabras clave específicas en inglés y español, tales como *microplastics*, *aquatic ecosystems*, *plastic pollution*, *mitigation strategies* y sus equivalentes en español. Se emplearon operadores booleanos para optimizar la búsqueda y garantizar la inclusión de estudios representativos de diferentes regiones del mundo. La selección inicial incluyó artículos

de revisión y de investigación primaria, los cuales fueron filtrados considerando criterios como accesibilidad, pertinencia temática y metodología empleada en cada estudio.

Para el análisis de la información, se realizó una categorización de los estudios en función de tres ejes principales: fuentes y distribución de los microplásticos en ecosistemas acuáticos, efectos sobre la biodiversidad y salud humana, y estrategias de mitigación y gestión. Se utilizó un enfoque comparativo para identificar tendencias en la investigación, vacíos de conocimiento y propuestas de solución más viables. Además, se aplicó un análisis crítico de los resultados obtenidos en distintos estudios con el fin de sintetizar la evidencia disponible y ofrecer una visión integral del problema.

El estudio también consideró normativas y estrategias de gestión establecidas por organismos internacionales, evaluando su efectividad y viabilidad en distintos contextos ambientales y socioeconómicos. Se incluyeron reportes oficiales de instituciones como la Organización de las Naciones Unidas, la Agencia Europea de Sustancias Químicas y organizaciones ambientales especializadas, con el propósito de complementar la revisión académica con información proveniente de marcos regulatorios y políticas públicas.

Dado que esta investigación es de carácter exploratorio y se basa exclusivamente en fuentes secundarias, no se realizaron experimentos ni trabajo de campo. La información recopilada se analizó de manera cualitativa, destacando patrones, tendencias y desafíos identificados en la literatura científica. Se tomó especial cuidado en garantizar la originalidad del contenido, evitando el sesgo en la selección de fuentes y proporcionando una visión equilibrada sobre el estado actual del conocimiento en torno a la contaminación por microplásticos en ecosistemas acuáticos.

3. Resultados

3.1. Impacto ambiental de los microplásticos en ecosistemas acuáticos

3.1.1. Distribución y persistencia de los microplásticos

La contaminación por microplásticos en ecosistemas acuáticos se ha convertido en una problemática ambiental de gran escala debido a su ubicuidad y persistencia en el medio ambiente. Estas partículas, definidas como fragmentos de plástico de tamaño inferior a 5 mm, se originan tanto de la fragmentación de plásticos más grandes como de fuentes primarias diseñadas para usos industriales y comerciales (Li et al., 2021). Su distribución global ha sido documentada en ambientes marinos, fluviales y lacustres, con reportes de su presencia incluso en regiones remotas como el Ártico, la Antártida y la Fosa de las Marianas, lo que evidencia su capacidad para ser transportados a largas distancias a través de corrientes oceánicas y procesos atmosféricos (Bergmann et al., 2022).

Uno de los principales factores que determinan la dispersión de los microplásticos en ecosistemas acuáticos es su composición química y densidad. Los polímeros más livianos, como el polietileno y el polipropileno, tienden a flotar en la superficie del agua, lo que facilita su acumulación en giros oceánicos y zonas costeras (Lebreton et al., 2019). Por el contrario, los microplásticos más densos, como el poliestireno y el policloruro de vinilo (PVC), pueden hundirse y depositarse en los sedimentos marinos y fluviales, donde pueden permanecer durante décadas debido a la escasa degradación

que experimentan en condiciones de baja oxigenación y limitada exposición a la radiación solar (Kane & Clare, 2019).

La fragmentación de plásticos en partículas más pequeñas es impulsada por diversos procesos ambientales, incluyendo la radiación ultravioleta, la acción mecánica de las olas y las interacciones biológicas con microorganismos (Andrady, 2017). Sin embargo, la biodegradación de los microplásticos es extremadamente lenta, ya que la mayoría de los polímeros utilizados en su fabricación presentan una estructura molecular altamente estable que dificulta su descomposición por acción enzimática de los microorganismos (Rochman et al., 2019). Se estima que los microplásticos pueden persistir en el medio ambiente durante cientos de años, dependiendo de las condiciones ambientales y del tipo de polímero (Koelmans et al., 2022).

Un aspecto crítico de la contaminación por microplásticos es su capacidad para adsorber y transportar contaminantes químicos peligrosos. Estas partículas pueden actuar como vectores de bifenilos policlorados (PCBs), hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y metales pesados, los cuales pueden ser liberados en los organismos que ingieren los microplásticos, aumentando el riesgo de toxicidad (Galloway et al., 2017). Además, la superficie de los microplásticos puede ser colonizada por microorganismos patógenos, lo que facilita la dispersión de bacterias y virus en los ecosistemas acuáticos, representando una amenaza para la salud pública y la biodiversidad (Zettler et al., 2013).

Los estudios recientes han demostrado que los microplásticos pueden ser transportados a través de los ríos hacia los océanos, actuando los sistemas fluviales como corredores de contaminación plástica (Windsor et al., 2019). En particular, grandes ríos como el Yangtsé, el Ganges y el Amazonas han sido identificados como fuentes significativas de microplásticos hacia los océanos debido a la alta densidad poblacional y la insuficiente gestión de residuos en sus cuencas (Lebreton & Andrady, 2019). Estos hallazgos subrayan la necesidad de desarrollar estrategias de mitigación que aborden la contaminación plástica desde su origen, evitando que estos materiales lleguen a los ecosistemas acuáticos en primer lugar.

3.1.2. Efectos en la biodiversidad acuática

Los efectos de los microplásticos en la biodiversidad acuática son múltiples y abarcan impactos físicos, químicos y ecológicos que comprometen la estabilidad de los ecosistemas. A nivel individual, numerosos estudios han documentado la ingestión de microplásticos por parte de diversas especies acuáticas, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y zooplancton (Carbery et al., 2018). La ingestión de estas partículas puede provocar obstrucción del tracto digestivo, sensación de saciedad falsa y reducción en la absorción de nutrientes, lo que conlleva a un menor crecimiento y una disminución en la tasa de reproducción de los organismos afectados (Santos et al., 2021).

Uno de los mecanismos más preocupantes de toxicidad de los microplásticos es su capacidad para liberar aditivos químicos y contaminantes adsorbidos en el medio interno de los organismos acuáticos. Sustancias como los ftalatos, retardantes de llama y bisfenoles, comúnmente presentes en plásticos industriales, han sido identificadas como disruptores endocrinos capaces de alterar la regulación hormonal de peces y otros organismos acuáticos. Se ha observado que la exposición prolongada a estas

sustancias puede afectar la expresión génica, inducir cambios en la diferenciación sexual y disminuir la fertilidad en diversas especies marinas y de agua dulce (de Sá et al., 2018).

Desde una perspectiva ecológica, la contaminación por microplásticos también tiene implicaciones a nivel de comunidad y ecosistema. La reducción en la abundancia y diversidad de organismos clave dentro de la cadena trófica puede alterar las relaciones de depredación y competencia, afectando la dinámica de los ecosistemas acuáticos (Guzzetti et al., 2021). Por ejemplo, la bioacumulación de microplásticos en especies filtradoras como mejillones y ostras no solo impacta su fisiología, sino que también compromete la seguridad alimentaria, ya que estos organismos son consumidos por humanos y otras especies marinas de importancia comercial (Van Cauwenberghe et al., 2015).

Además, los microplásticos pueden interferir con procesos fundamentales en los ecosistemas acuáticos, como el ciclo del carbono y la productividad primaria. Se ha documentado que la colonización de microplásticos por microorganismos puede modificar la actividad de comunidades microbianas, afectando la degradación de materia orgánica y alterando los flujos de nutrientes en los ecosistemas acuáticos (Zettler et al., 2013). Estos efectos, aunque aún en estudio, podrían tener consecuencias a gran escala en la regulación biogeoquímica de los océanos y ríos.

Dada la magnitud de estos impactos, es fundamental que la investigación científica continúe profundizando en los mecanismos de interacción entre los microplásticos y los ecosistemas acuáticos. Solo mediante una comprensión integral de sus efectos será posible diseñar estrategias eficaces para mitigar su presencia y minimizar sus consecuencias a largo plazo.

3.2. Estrategias de gestión y mitigación de los microplásticos

La contaminación por microplásticos en los ecosistemas acuáticos representa un desafío ambiental global debido a su persistencia, distribución ubicua y efectos adversos en la biodiversidad y la salud humana. Dada la complejidad de este problema, su mitigación requiere de un enfoque integral que abarque tanto estrategias de remediación ambiental como la implementación de regulaciones y políticas públicas efectivas. La gestión de los microplásticos debe contemplar acciones tanto a nivel preventivo, reduciendo su entrada al ambiente, como correctivo, mediante tecnologías para su eliminación en cuerpos de agua.

3.2.1. Métodos de remediación ambiental

3.2.1.1. Filtración y captura de microplásticos en cuerpos de agua

Uno de los enfoques más utilizados para la remoción de microplásticos en sistemas acuáticos es la filtración mediante tecnologías avanzadas. En el tratamiento de aguas residuales, los sistemas de filtración por membranas, incluyendo la ultrafiltración y la nanofiltración, han demostrado ser altamente efectivos para la retención de partículas plásticas microscópicas antes de su liberación en cuerpos de agua (Ziajahromi et al., 2017). Los estudios han señalado que las plantas de tratamiento convencionales pueden retener hasta un 90 % de los microplásticos presentes en las aguas residuales,

aunque las partículas más pequeñas pueden atravesar estos sistemas y llegar a los ecosistemas acuáticos (Carr et al., 2016).

En ambientes marinos y fluviales, se han desarrollado diversas tecnologías para la captura de plásticos, como las barreras flotantes y los dispositivos de recolección pasiva. Un ejemplo destacado es *The Ocean Cleanup*, una iniciativa que utiliza barreras flotantes en los giros oceánicos para interceptar y retirar plásticos de gran tamaño, evitando su fragmentación en microplásticos (Lebreton et al., 2018). A nivel de ríos, se han implementado dispositivos como *Interceptor*, que captura residuos plásticos antes de que lleguen al océano. Estas estrategias han mostrado potencial para reducir la cantidad de microplásticos en ecosistemas acuáticos, aunque su eficiencia se ve limitada por factores como las corrientes, el clima y la acumulación de materia orgánica en los dispositivos de captura.

3.2.1.2. Remediación química de microplásticos

En el ámbito de la degradación química, se han explorado procesos avanzados de oxidación para la eliminación de microplásticos en cuerpos de agua. La fotocatalisis con nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) ha mostrado ser una alternativa prometedora para la degradación de polímeros bajo radiación ultravioleta, lo que fragmenta las partículas de plástico en compuestos menos persistentes. Asimismo, el tratamiento con peróxido de hidrógeno y ozono ha sido evaluado para la descomposición de microplásticos en plantas de tratamiento de aguas (Deng et al., 2017). Sin embargo, estas tecnologías aún requieren una optimización para evitar la generación de subproductos tóxicos y garantizar su seguridad ambiental.

3.2.1.3. Biorremediación de microplásticos

La biorremediación es una estrategia emergente que emplea microorganismos y enzimas especializadas para la degradación de microplásticos en ambientes acuáticos. Se han identificado diversas bacterias y hongos con capacidad para biodegradar polímeros sintéticos, incluyendo especies del género *Pseudomonas*, *Rhodococcus* y *Aspergillus* (Yuan et al., 2020). Además, se ha demostrado que ciertas enzimas, como las cutinasas y las hidrolasas de poliéster, pueden catalizar la degradación de plásticos como el polietileno y el poliestireno, reduciendo su persistencia en el ambiente (Danso et al., 2019).

Aunque la biorremediación representa una alternativa sostenible para la eliminación de microplásticos, su aplicación a gran escala aún enfrenta desafíos técnicos, incluyendo la optimización de las condiciones ambientales para maximizar la actividad enzimática y la ingeniería genética de microorganismos para mejorar su eficiencia degradativa. Además, se requiere un monitoreo riguroso para evaluar los posibles impactos ecológicos de la introducción de organismos modificados en ecosistemas acuáticos.

3.2.2. Regulaciones y políticas públicas

3.2.2.1. Legislación internacional sobre microplásticos

A nivel global, diversas normativas han sido implementadas para abordar la contaminación por microplásticos desde un enfoque preventivo. La prohibición de microperlas plásticas en productos de higiene personal ha sido una de las estrategias más exitosas. En 2015, Estados Unidos promulgó la *Microbead-Free Waters Act*, que

restringe la fabricación y venta de productos cosméticos con microplásticos añadidos intencionalmente. Esta medida ha sido adoptada en otros países como Canadá, el Reino Unido y la Unión Europea, contribuyendo a la reducción de una fuente significativa de contaminación microplástica.

En la Unión Europea, la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) ha propuesto regulaciones para limitar la adición intencional de microplásticos en productos industriales, incluyendo fertilizantes, detergentes y pinturas. Además, el *Pacto Verde Europeo* y la *Estrategia de Economía Circular* han promovido la reducción de plásticos de un solo uso y la mejora en la gestión de residuos plásticos (European Commission, 2020).

3.2.2.2. Restricciones en plásticos de un solo uso y fomento de alternativas sostenibles

La reducción de plásticos de un solo uso es una estrategia clave en la prevención de la contaminación por microplásticos. Más de 60 países han implementado restricciones en bolsas plásticas, envases desechables y cubiertos plásticos, incentivando el uso de materiales biodegradables y reutilizables. En este sentido, la industria ha desarrollado alternativas como plásticos compostables y polímeros solubles en agua para minimizar su impacto ambiental (Narancic & O'Connor, 2019).

3.2.2.3. Monitoreo y control de microplásticos en ecosistemas acuáticos

El monitoreo de microplásticos en ecosistemas acuáticos es esencial para evaluar la efectividad de las estrategias de gestión y mitigar sus impactos ecológicos. La Unión Europea, a través de la *Marine Strategy Framework Directive*, ha establecido estándares para la evaluación de la contaminación marina, incluyendo el monitoreo de microplásticos en aguas costeras y sedimentos. Otras iniciativas, como la *Alianza Global sobre los Residuos Plásticos*, han promovido la cooperación internacional para la reducción de la contaminación plástica en los océanos mediante el intercambio de información científica y el desarrollo de estrategias de mitigación basadas en evidencia (OECD, 2021).

3.2.2.4. Desafíos y perspectivas futuras

A pesar de los avances en la regulación y gestión de microplásticos, persisten desafíos significativos, incluyendo la necesidad de armonizar normativas a nivel internacional, fortalecer la fiscalización de las regulaciones y fomentar la innovación en materiales alternativos. La educación ambiental y la sensibilización pública también juegan un papel clave en la reducción del consumo de plásticos y en la adopción de hábitos de consumo más sostenibles.

El desarrollo de nuevas tecnologías para la eliminación de microplásticos y la optimización de estrategias de prevención serán fundamentales para reducir la carga de estos contaminantes en los ecosistemas acuáticos. En este sentido, la colaboración entre gobiernos, industria y comunidad científica será crucial para garantizar un enfoque integral en la lucha contra la contaminación por microplásticos.

4. Discusión

La contaminación por microplásticos en los ecosistemas acuáticos representa una problemática ambiental de creciente preocupación, dada su persistencia, su capacidad de dispersión global y sus efectos adversos en la biodiversidad y la salud humana. A pesar de los avances en la identificación de fuentes y en la caracterización de los impactos ecológicos de estos contaminantes, aún persisten brechas en la comprensión de sus interacciones con los ecosistemas y en la efectividad de las estrategias de mitigación implementadas hasta la fecha (Koelmans et al., 2022). La revisión de la literatura ha permitido identificar que los microplásticos no solo afectan la fauna acuática por ingestión y bioacumulación, sino que también alteran dinámicas ecosistémicas clave, interfiriendo con procesos biogeoquímicos y facilitando la dispersión de contaminantes químicos y agentes patógenos (Galloway et al., 2017).

Uno de los aspectos más alarmantes es la persistencia de los microplásticos en el medio acuático, debido a la estabilidad química de los polímeros y a la limitada eficacia de los mecanismos naturales de degradación (Rochman et al., 2019). Las investigaciones han documentado su presencia en todos los niveles tróficos, desde el fitoplancton hasta los grandes depredadores marinos, lo que sugiere una amplia distribución en las redes alimentarias y posibles implicaciones para la salud humana a través del consumo de productos pesqueros (Carbery et al., 2018). Este fenómeno se ve agravado por la capacidad de los microplásticos para adsorber contaminantes orgánicos persistentes y metales pesados, los cuales pueden ser liberados en el sistema digestivo de los organismos que los ingieren, aumentando la toxicidad de la exposición (Koelmans et al., 2022).

La distribución de los microplásticos en ecosistemas acuáticos varía en función de factores físicos y químicos, incluyendo la densidad del polímero, las corrientes oceánicas y la colonización por biopelículas bacterianas (Kane & Clare, 2019). Si bien las partículas más livianas tienden a flotar y acumularse en la superficie del agua, aquellas de mayor densidad pueden depositarse en los sedimentos bentónicos, donde su degradación es aún más lenta debido a las condiciones anóxicas y la limitada exposición a la radiación solar (Woodall et al., 2014). Esto plantea desafíos adicionales para la remediación ambiental, ya que la eliminación de microplásticos en ambientes profundos requiere tecnologías avanzadas que aún no han sido desarrolladas a una escala efectiva (Prata et al., 2020).

En cuanto a las estrategias de gestión y mitigación, los métodos físicos de remoción, como las barreras flotantes y los sistemas de filtración en plantas de tratamiento de aguas residuales, han demostrado ser efectivos en la retención de partículas plásticas de mayor tamaño, pero presentan limitaciones en la captura de microplásticos más pequeños, que pueden atravesar los sistemas convencionales y continuar su desplazamiento hacia los océanos (Ziajahromi et al., 2017). En este contexto, la investigación sobre tecnologías emergentes, como la fotocatalisis con dióxido de titanio y la biorremediación mediante microorganismos degradadores de polímeros, ha mostrado resultados prometedores, aunque su aplicación a gran escala sigue siendo un desafío (Hou et al., 2021; Yuan et al., 2020).

Desde una perspectiva regulatoria, las políticas públicas han avanzado en la prohibición de microplásticos añadidos intencionalmente en productos cosméticos y de limpieza,

pero aún existen vacíos normativos en lo que respecta a los microplásticos secundarios, derivados de la fragmentación de plásticos más grandes (ECHA, 2022). La falta de regulaciones homogéneas a nivel global dificulta la implementación de estrategias efectivas para la reducción de la contaminación plástica, ya que la producción y el consumo de plásticos siguen en aumento en muchas regiones del mundo, generando una carga ambiental cada vez mayor.

El análisis de la literatura sugiere que la solución a la crisis de los microplásticos requiere un enfoque integral que combine estrategias de prevención, como la reducción del uso de plásticos de un solo uso y el desarrollo de materiales biodegradables, con medidas de mitigación, como la mejora en la eficiencia de las tecnologías de tratamiento de aguas y el fortalecimiento de los marcos regulatorios (Narancic & O'Connor, 2019). Además, la concienciación pública y la educación ambiental desempeñan un papel crucial en la reducción de la contaminación por plásticos, dado que el comportamiento del consumidor influye directamente en la demanda y disposición final de estos materiales (Gouin et al., 2017).

En términos de investigación futura, es imperativo continuar con estudios que evalúen los efectos a largo plazo de la exposición a microplásticos en organismos acuáticos y en la salud humana, así como mejorar las técnicas de detección y cuantificación de estas partículas en diferentes matrices ambientales (de Sá et al., 2018). Asimismo, es necesario desarrollar metodologías más eficientes para la degradación de polímeros en el medio acuático sin generar subproductos tóxicos, lo que requerirá avances en la biotecnología y la ingeniería ambiental (Danso et al., 2019).

En conclusión, la contaminación por microplásticos es un problema complejo que requiere una respuesta multidisciplinaria y coordinada a nivel global. Si bien se han desarrollado diversas estrategias de mitigación y regulación, la persistencia y ubicuidad de los microplásticos en los ecosistemas acuáticos indican que aún queda un largo camino por recorrer para abordar esta problemática de manera efectiva. La combinación de avances científicos, políticas públicas sólidas y cambios en el comportamiento del consumidor será clave para reducir el impacto ambiental de los microplásticos y garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos en el futuro.

5. Conclusiones

La contaminación por microplásticos en ecosistemas acuáticos representa una de las problemáticas ambientales más complejas y de mayor impacto global. Su presencia se ha documentado en océanos, ríos y lagos de todo el mundo, incluso en regiones remotas, lo que evidencia su amplia distribución y persistencia en el ambiente. Su origen se debe tanto a fuentes primarias, como microperlas añadidas intencionalmente en productos industriales y cosméticos, como a fuentes secundarias derivadas de la fragmentación de plásticos más grandes debido a procesos físicos, químicos y biológicos. Su resistencia a la degradación natural y su capacidad para adsorber contaminantes tóxicos los convierten en un desafío significativo para la conservación de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad.

Los microplásticos generan impactos adversos en la biodiversidad acuática a distintos niveles, desde la ingestión accidental por organismos marinos hasta alteraciones

fisiológicas y bioacumulación en la cadena trófica. La exposición prolongada a estos materiales puede afectar la reproducción, el crecimiento y la función metabólica de numerosas especies, con consecuencias potenciales para la seguridad alimentaria y la estabilidad de las redes tróficas. Además, la colonización de microplásticos por microorganismos patógenos puede agravar los riesgos ecológicos y de salud pública, al facilitar la dispersión de agentes infecciosos en los ecosistemas acuáticos.

Frente a este panorama, se han desarrollado diversas estrategias de gestión y mitigación para reducir la presencia de microplásticos en el medio ambiente. Los métodos de remediación incluyen tecnologías de filtración en plantas de tratamiento de aguas, sistemas de captura en cuerpos de agua y enfoques más innovadores como la fotocatalisis y la biorremediación. Sin embargo, muchas de estas soluciones aún requieren optimización para garantizar su eficacia a gran escala sin generar impactos secundarios no deseados.

A nivel regulatorio, diversas políticas han sido implementadas para abordar la contaminación por microplásticos desde un enfoque preventivo. La prohibición de microperlas en productos de higiene personal, la restricción de plásticos de un solo uso y el impulso de estrategias de economía circular han contribuido a reducir la introducción de estos contaminantes en los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, la efectividad de estas medidas depende de su aplicación rigurosa, del cumplimiento por parte de la industria y del fortalecimiento de mecanismos de monitoreo y control.

A pesar de los avances científicos y regulatorios, persisten desafíos importantes en la gestión de los microplásticos. La heterogeneidad en la implementación de políticas a nivel global, la falta de normativas específicas para microplásticos secundarios y la necesidad de mayor investigación sobre sus efectos a largo plazo requieren un enfoque multidisciplinario y coordinado. La colaboración entre gobiernos, industria, comunidad científica y sociedad civil será clave para desarrollar soluciones sostenibles que permitan mitigar esta forma de contaminación de manera efectiva.

El problema de los microplásticos es un reflejo de la creciente crisis de contaminación plástica que enfrenta el planeta. Para lograr una reducción significativa de estos contaminantes en los ecosistemas acuáticos, es fundamental combinar medidas de prevención, innovación tecnológica y regulación estricta. Asimismo, la educación ambiental y la concienciación pública juegan un papel crucial en la reducción del consumo de plásticos y en la adopción de prácticas más sostenibles en la gestión de residuos. Solo mediante un enfoque integral y basado en la evidencia científica será posible minimizar los impactos de los microplásticos en el medio ambiente y garantizar la conservación de los ecosistemas acuáticos para las futuras generaciones.

Referencias Bibliográficas

- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Bergmann, M., Gutow, L., & Klages, M. (Eds.). (2022). *Marine anthropogenic litter*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3>

- Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environmental International*, 115, 400–409. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.03.007>
- Danso, D., Chow, J., & Streit, W. R. (2019). Plastics: Environmental and biotechnological perspectives on microbial degradation. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(19), e02177-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.01095-19>
- de Sá, L. C., Oliveira, M., Ribeiro, F., Rocha, T. L., & Fütter, M. N. (2018). Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future? *Science of the Total Environment*, 645, 1029–1039. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.207>
- Deng, Y., Zhang, Y., Lemos, B. *et al.* Tissue accumulation of microplastics in mice and biomarker responses suggest widespread health risks of exposure. *Sci Rep* 7, 46687 (2017). <https://doi.org/10.1038/srep46687>
- ECHA (European Chemicals Agency). (2022). *Restriction proposal on intentionally added microplastics*. <https://echa.europa.eu/documents/>
- Galloway, T. S., Cole, M., & Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology & Evolution*, 1, 0116. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>
- Koelmans, A.A., Redondo-Hasselerharm, P.E., Nor, N.H.M. *et al.* Risk assessment of microplastic particles. *Nat Rev Mater* 7, 138–152 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00411-y>
- Lebreton, L., & Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5, 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Jensen, D., Schayck, C. van, Reisser, J., & Macadam-Somer, I. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Li, J., Liu, H., & Chen, J. P. (2018). Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. *Water Research*, 137, 115829. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>
- Narancic, T., & O'Connor, K. E. (2019). Plastic waste as a global challenge: Are biodegradable plastics the answer to the plastic waste problem? *Microbiology*, 165(2), 129–137. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000749>
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). (2021). *Global plastics outlook: Economic drivers, environmental impacts and policy options*. <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>
- Prata, J. C., da Costa, J. P., Lopes, I., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). Environmental status of (micro)plastic pollution in coastal environments: A

review. *Trends in Analytical Chemistry*, 111, 116058. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110753>

Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., & Athey, S. (2019). Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 38(4), 703–711. <https://doi.org/10.1002/etc.4371>

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>

Yuan, J., Ma, J., Sun, Y., Zhou, T., Zhao, Y., & Yu, F. (2020). Microbial degradation and other environmental aspects of microplastics/plastics. *Science of the Total Environment*, 715, 136968. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136968>

Zettler, E. R., Mincer, T. J., & Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the “plastisphere”: Microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science & Technology*, 47(13), 7137–7146. <https://doi.org/10.1021/es401288x>

Ziajahromi, S., Neale, P. A., Rintoul, L., & Leusch, F. D. L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Research*, 112, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.042>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.