

Microplásticos, un problema de salud pública emergente

Microplastics, an emerging public health problem

Microplásticos, um problema emergente de saúde pública

Stalin Santiago Celi-Simbaña^{I*}, Diego Sebastián Andrade-Mora^{II}, Sebastián Javier Loza-Pavón^{III}
Teddy Israel Bermeo-Sierra^{IV}

^I Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Ecuador.

^{II} Universidad Central del Ecuador. Ecuador.

^{III} Hospital General Docente de Calderón. Ecuador.

^{IV} Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Ecuador.

*Autor para la correspondencia: ssantiago.celi19@gmail.com

Recibido: 13-05-2023 Aprobado: 14-06-2023 Publicado: 04-07-2023

RESUMEN

Introducción: los productos plásticos han transformado la era moderna de tal manera que la vida sin plásticos sería irreconocible, a la par de este desarrollo la contaminación plástica es omnipresente convirtiéndose en uno de los problemas ambientales modernos más importantes. **Objetivo:** compilar la información publicada en los últimos cinco años sobre la contaminación ambiental por microplásticos en Ecuador para reforzar el interés local sobre estos contaminantes. **Desarrollo:** se realizó una revisión no estructurada de la literatura. Se utilizaron como bases de datos PubMed y Google Scholar. Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en los últimos 5 años, en idiomas inglés y español, se excluyeron otros idiomas; la selección de estudios fue de tipo a conveniencia. Se organizó y analizó cronológicamente la evidencia

publicada en PubMed y Google Scholar en los últimos 5 años sobre microplásticos en Ecuador. **Consideraciones finales:** la información recopilada muestra cronológicamente el avance de la contaminación por microplásticos tanto a nivel mundial como en Ecuador, además, se evidencia la presencia de microplásticos en océanos, agua dulce, ecosistemas terrestres, aire, alimentos y dentro del cuerpo humano. Por lo cual la contaminación por microplásticos es un tema de gran relevancia actual, que requiere acciones de control inmediatas.

Palabras clave: tóxicos; contaminación; medio ambiente; salud pública; residuos; microplásticos

ABSTRACT

Introduction: commercial plastic products has transformed the modern era in such a way that current life without plastic would not be possible, so at the same time with this development, plastics contamination is present, becoming one of the most urgent environmental problems nowadays. **Objective:** to gather available information published on the last five years concerning the microplastics as a source of environmental contamination in Ecuador and in order to reinforce the local interest on plastic pollution. **Development:** an unstructured review of the literature was performed. Databases used, PubMed and Google Scholar. The inclusion criteria used were as follow: articles in English and Spanish published on the last 5 years, no other language; study selections have been done by convenience. It was chronologically organized and analyzed the evidence published in PubMed and Google Scholar on the last five years concerning the microplastics behavior in Ecuador. **Final considerations:** the information collected chronologically shows the advancing pollution caused by microplastics both globally and in Ecuador, in addition, the presence of microplastics in oceans, fresh water, terrestrial ecosystems, air, foods and even in the human body is evident. Therefore, contamination caused by microplastics is a topic of a great importance today, which requires a speedy control action.

Keywords: toxic; pollution; environment; public health; waste; microplastics

RESUMO

Introdução: os produtos plásticos transformaram a era moderna de tal forma que a vida sem plásticos seria irreconhecível, junto com esse desenvolvimento, a poluição plástica é onipresente, tornando-se um dos mais importantes problemas ambientais modernos. **Objetivo:** compilar as informações publicadas nos últimos 5 anos sobre a contaminação ambiental por microplásticos no Equador para reforçar o interesse local por esses contaminantes. **Desenvolvimento:** foi realizada uma revisão não estruturada da literatura. Foram utilizadas as bases de dados PubMed e Google Scholar. Os critérios de inclusão foram: artigos publicados nos últimos 5 anos, nos idiomas inglês e espanhol, foram excluídos outros idiomas; a seleção dos estudos foi do tipo conveniência. As evidências publicadas no PubMed e Google Scholar nos últimos 5 anos sobre microplásticos no Equador foram organizadas e analisadas cronologicamente. **Considerações finais:** as informações coletadas cronologicamente mostram o progresso da contaminação por microplásticos tanto no mundo quanto no Equador, além disso, é evidente a presença de microplásticos nos oceanos, água doce, ecossistemas terrestres, ar, alimentos e dentro do corpo humano. Portanto, a contaminação por microplásticos é um tema de grande relevância atual, que requer ações imediatas de controle.

Palavras-chave: tóxico; poluição; meio ambiente; saúde pública; desperdício; microplásticos

Cómo citar este artículo:

Celi-Simbaña SS, Andrade-Mora DS, Loza-Pavón SJ, Bermeo-Sierra TI. Microplásticos, un problema de salud pública emergente. Rev Inf Cient. 2023; 102:e4261. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8105111>



INTRODUCCIÓN

Los plásticos son polímeros sintéticos de gran versatilidad, durabilidad y bajo costo de producción que han sustituido a materiales tradicionales en un sinnúmero de usos. Sus ventajas en la industria son, a la vez, su principal inconveniente, ya que presentan una degradación lenta, al permanecer cientos de años en el ambiente una vez desechados y generar residuos plásticos de menor tamaño que actualmente son conocidos como microplásticos (MP).

La contaminación por MP, que son partículas de plástico menores a 5 mm⁽¹⁾ es secundaria al uso indiscriminado de productos de este material a nivel mundial y sus residuos de degradación⁽²⁾, consideradas sustancias tóxicas. Actualmente representa una amenaza emergente para la salud pública a nivel mundial.

Las primeras publicaciones sobre microplásticos en el medio ambiente marino aparecieron en la década de 1970 y analizaban la contaminación de fuentes plásticas primarias, como los gránulos de resina en el agua y en las playas.⁽³⁾

Hasta el momento se han analizado MP en sedimentos y aguas de una amplia variedad de zonas costeras en todo el mundo, desde zonas muy remotas hasta áreas densamente pobladas.⁽³⁾

La degradación lenta de MP y su consecuente acumulación en los ecosistemas es una amenaza importante para el ambiente⁽⁴⁾, ya que uno de los principales problemas de los productos plásticos es que tienen una vida útil muy corta y son desechables, sin embargo, persisten en el medio ambiente durante cientos de años sin apenas degradarse, lo que impacta en los ecosistemas y al ser humano, donde sus efectos aún son desconocidos.

El rápido aumento en la producción de productos plásticos desechables y su acumulación en el ambiente ha superado la capacidad de gestionarlos adecuadamente, y esto es más visible en los países en desarrollo de América Latina, Asia y África, donde los sistemas de recolección de basura y reciclaje son ineficientes o inexistentes.⁽⁵⁾

El problema se extiende también a países desarrollados con altas tasas de producción de residuos plásticos. Por lo tanto, entender la ubicuidad del problema, así como la necesidad de difusión de información de calidad al respecto permitirá generar conciencia y visualizarlo como una prioridad de atención en salud pública, estas características hacen que este tema sea pertinente y relevante en la actualidad.

Por lo que se decidió compilar la información publicada en los últimos cinco años sobre la contaminación ambiental por microplásticos en Ecuador para reforzar el interés local sobre estos contaminantes.



DESARROLLO

La presente obra se trata de una revisión no estructurada de la literatura sobre microplásticos. Se utilizó como bases de datos PubMed y Google Scholar. Los criterios de inclusión fueron: artículos publicados en los últimos cinco años, en idiomas inglés y español, se excluyeron otros idiomas; la selección de estudios fue de tipo a conveniencia.

Microplásticos, relevancia mundial

Desde los años 60 la producción mundial de plásticos ha crecido un 9 % cada año. De dicha producción se estima que se vierten al medio marino alrededor de 8 millones de toneladas por año⁽⁶⁾ y la demanda de productos plásticos a nivel mundial continúa en aumento. En Europa se ha reportado que los plásticos de importancia industrial son principalmente derivados de polietileno de baja y alta densidad (17,5 % y 12,3 %, respectivamente).⁽⁷⁾ Desde 2004, varias investigaciones generaron alarmas a nivel mundial sobre la acumulación de desechos plásticos en los mares y, consecuentemente, la posibilidad del ingreso de estos desechos tóxicos a la cadena alimenticia humana.⁽⁸⁾

Los reportes específicos sobre MP en agua, sedimentos marinos y playas de la cuenca del mar Mediterráneo se publicaron en 1979. Estos artículos pioneros han servido de punto de partida para estudios en otras áreas del planeta, generando referencias para estimar la magnitud de daño ecológico a nivel mundial.⁽¹⁾

Estudios han estimado que existen entre 70 mil y 270 mil toneladas de residuos plásticos flotantes en el mar.⁽⁹⁾ Al tener en cuenta que las partículas de plástico poseen dimensiones y pesos variados, se estima que aproximadamente solo el 1 % del plástico introducido en los mares se puede observar como escombros flotantes⁽⁹⁾, por lo que existe una acumulación importante de este tipo de desechos en el fondo marino.

La atención sobre la contaminación ambiental por MP continúa; actualmente se han reportado MP en todos los océanos del mundo⁽¹⁰⁾, en fuentes de agua dulce y en ecosistemas terrestres.⁽¹¹⁾ Al ser un concepto relativamente nuevo, no existen definiciones consensuadas sobre el tamaño de estos contaminantes. En el First International Research Workshop on the Occurrence, Effects and Fate of Microplastic Marine de 2008 se acordó la existencia de la nomenclatura: microplásticos (partículas plásticas >100 nm hasta 5 mm) y nanoplásticos (partículas plásticas <100 nm).⁽¹²⁾

Se puede decir con seguridad que el único origen de la contaminación ambiental por plásticos es la actividad humana.⁽¹³⁾ El interés creciente en este tema se ha reforzado debido a la evidencia de sus efectos tóxicos en los ecosistemas afectados. Existen reportes de daño directo a seres vivos por ingestión, estrangulamiento, atrapamiento, además de ser vehículos de especies invasoras u otros contaminantes como hidrocarburos, bifenilos policlorados o diclorodifeniltricloroetano, tanto en mares como en ecosistemas terrestres.⁽¹⁴⁾



En 2019 se estudió en China la capacidad de los MP para adsorber contaminantes químicos como los metales o productos farmacéuticos en agua de mar, agua residual urbana y agua de riego. Los resultados revelaron una significativa adsorción de tóxicos como plomo, cromo y zinc en MP, especialmente, en aquellos formados por polietileno y cloruro de polivinilo.⁽¹⁵⁾

Estos hallazgos se han complementado con estudios posteriores, que evaluaron la adsorción de moléculas de plástico a antibióticos como levofloxacino y se reportaron datos interesantes, por ejemplo: que la presencia de ciertos metales como el cobre, zinc y cromo promueven la adsorción de antibióticos a la superficie de microplásticos⁽¹⁶⁾, esto ha generado gran preocupación en la comunidad científica mundial ya que los MP se presentan como coadyuvantes en la generación de resistencias bacterianas.

Varios estudios *in vitro* en células humanas y en roedores vivos han demostrado el potencial de MP inhalados o ingeridos para causar una variedad de efectos biológicos que incluyen: neurotoxicidad, alteraciones metabólicas, toxicidad física, estrés oxidativo, secreción de citocinas, daño celular, inflamación, daño de ADN y reacciones inmunitarias⁽¹¹⁾, además estados proinflamatorios y oxidativos intestinales, resultados que han aumentado progresivamente la evidencia científica que relaciona el potencial tóxico de MP con la generación de trastornos inmunológicos crónicos.⁽¹⁷⁾

Previamente, se consideraba a los océanos como los reservorios mayoritariamente afectados por bioacumulación de microplásticos. Actualmente se ha reconocido que los MP se pueden encontrar en todos los compartimentos ambientales.⁽¹⁸⁾ Por ejemplo, existen trabajos que han estudiado los efectos de microplásticos derivados de mascarillas (objetos constituidos por polímeros plásticos) sobre lombrices de tierra, que mostraron altas concentraciones (1 000 mg/kg suelo seco), los MP han generado inhibición de la reproducción y el crecimiento en lombrices de tierra, disminución intracelular de la actividad de la enzima esterasa e inhibición de la espermatogénesis en las lombrices macho⁽¹⁹⁾, lo que afecta a ecosistemas y especies terrestres.

Por otro lado, también se ha estudiado la presencia de MP en el aire, la concentración de personas en ciudades ha reducido los espacios habitables en ellas, convirtiéndolas en lugares sobrepoblados con espacios habitacionales cada vez más pequeños. Esto, sumado a cambios importantes en los estilos de vida como sedentarismo, actividades laborales limitadas a espacios interiores casi sin exposición al aire fresco y jornadas laborales extensas, entre otros, producen exposiciones prolongadas a ambientes cerrados.⁽¹¹⁾

Las características mencionadas han despertado el interés en los contaminantes ambientales en espacios cerrados, donde previamente se consideraba como principal problema a las partículas de polvo, sin embargo, recientemente se ha demostrado que existe contaminación aérea de ambientes interiores con MP.⁽¹⁸⁾



Varias pueden ser las fuentes de MP en los ambientes interiores, por ejemplo, la abrasión de materiales plásticos, pinturas de objetos y muebles, desechos derivados de actividades laborales modernas como las impresiones 3D, que utilizan como materia prima polímeros plásticos y se realizan dentro de ambientes cerrados. Además, es importante saber que la abrasión de neumáticos es la principal fuente de MP en ciudades.⁽²⁰⁾ Por lo datos expuestos, se puede decir que los MP actualmente son omnipresentes⁽²¹⁾, incluso encontrándose dentro del ser humano.

Una investigación reciente ha reportado la identificación, por primera vez, de MP en muestras de placenta humana, tanto del lado materno como fetal, así como en las membranas corioamnióticas⁽¹⁾ Estos hallazgos denotan una acumulación tisular de MP secundaria a exposición sistémica. Dichos factores deberían provocar reflexiones profundas y alarmas sanitarias sobre la toxicidad física, química y microbiológica secundaria a MP, así como de sus efectos a largo plazo.

De igual manera, recientes estudios han identificado MP en heces fecales, lo que refuerza el conocimiento de que la ingesta de estos materiales tóxicos está vigente y precisa más investigaciones.⁽²²⁾

La preocupación inicial de que los MP ingresen a la dieta humana ha sido confirmada, se estima que tras la ingesta las partículas de MP pueden llegar al cerebro. Aunque existe poca información sobre su potencial real de neurotoxicidad, la presencia de estos tóxicos induce estrés oxidativo, inhibición de la actividad de la enzima acetilcolinesterasa y alteración de los niveles de neurotransmisores, factores que resultan en daño celular y aumento de la vulnerabilidad a desarrollar desórdenes neuronales, lo que conlleva a cambios en el comportamiento.⁽²³⁾

Podemos decir también que la pandemia por la COVID-19 agravó la situación, dado que el uso masivo de mascarillas construidas de polímeros plásticos (polipropileno) ha significado la generación mundial de todavía más residuos plásticos, que por las deficientes estrategias de control en cuanto a su disposición final terminarán acumulados en el ambiente.

Desde finales de 2019, millones de mascarillas desechables se consumen a diario en todo el mundo.⁽²⁴⁾ Si bien son de los equipos de protección más eficientes para mitigar el contagio de la COVID-19, junto con el distanciamiento social y las prevenciones de transmisión por contacto como el lavado de manos, las mascarillas están constituidas por polímeros plásticos y son en su mayoría productos desechables y de un solo uso, lo que las convierte en una nueva fuente de desechos masiva y recurrente.

Se ha identificado que cada mascarilla puede liberar más de 1 000 millones de partículas de nanoplasticos y MP. Los MP fueron detectados en el moco nasal de los portadores de mascarillas, los cuales pueden ser inhalados e ingeridos mientras se usen estos equipos de protección. Esta información es útil, ya que permite considerar los posibles riesgos derivados del uso de mascarillas a largo plazo.⁽⁴⁾



Estos datos se hicieron relevantes ya a inicios de la pandemia por la COVID-19 en 2020, cuando OceansAsia, una organización de investigación sobre la contaminación marina informó la presencia de mascarillas de diferentes tipos y colores en océanos de Hong Kong.⁽⁴⁾

Por lo expuesto el efecto dañino potencial de la contaminación por MP para el medio ambiente es evidente, si bien las mascarillas desechables han sido medios de protección útiles, baratos y ampliamente utilizados como una nueva norma social en el contexto de la pandemia, deben ir acompañadas de información para un adecuado desecho, que genere responsabilidad medioambiental.⁽²⁵⁾

Todos los datos analizados demuestran que los MP representan un efecto tóxico importante para el ambiente y desafío para la salud pública, tanto en la actualidad como en el futuro.⁽²⁶⁾

Microplásticos en Ecuador

En 2011 se publicó la evaluación de la concentración de organofosforados y microplásticos en agua y sedimentos de las madrigueras y tejidos de los cangrejos violinistas *Leptuca festae* y *Minuca ecuadoriensis* de la Isla Santay del Río Guayas, Ecuador. Los resultados mostraron concentraciones de hasta 26 veces por encima de los umbrales para la exposición crónica a los organofosforados en agua y sedimentos de madrigueras de cangrejos violinistas, demostrando riesgo ambiental.⁽²⁷⁾

Por otro lado, MP fueron encontrados en tejidos de ambas especies de cangrejos, sobre todo, en las branquias, tracto digestivo y hepatopáncreas. Los cangrejos violinistas son especies que están crónicamente expuestos a la contaminación ambiental, por lo cual son considerados bioindicadores adecuados para supervisar la Isla Santay y comprender los impactos humanos en los ambientes costeros del Ecuador.⁽²⁸⁾

En 2019, se evaluó la presencia de MP en agua potable en Riobamba, Ecuador. Los resultados del estudio indicaron que el 80 % de las muestras analizadas tenía presencia de MP, además de indicar que al no contar con parámetros estándares sobre niveles de toxicidad se puede concluir que la cantidad y tipo de MP encontrados en las muestras analizadas representan un riesgo para la salud de animales y humanos expuestos.⁽⁶⁾

Ya en 2020 se estudió la presencia de MP en ecosistemas de alta montaña, al considerar que el viento puede transportar y depositar MP en esos ecosistemas. A sabiendas de que los glaciares de montaña son la principal fuente de agua potable para las grandes áreas urbanas en la Cordillera de los Andes, la evaluación de MP cobra gran importancia. Tres muestras de la superficie de la nieve y el hielo tomadas del glaciar Antisana fueron analizadas y se encontraron 270 mps/ML de muestra analizada. El tamaño de los MP osciló entre los 60 y los 2500 μm . La abundancia de MP encontrados en las muestras fue sustancial, lo que confirma la hipótesis de que los MP están siendo transportados a partir de múltiples fuentes y se han depositado en el glaciar a lo largo del tiempo⁽²⁹⁾, por lo que se establece de esta manera una fuente de contaminación al agua potable de consumo en áreas urbanas de Quito, Ecuador.



También se ha analizado la presencia de MP en alimentos procesados en Ecuador en este mismo 2020; luego de analizar miel, cerveza, leche y refrescos se reportó un promedio de 40 MP/L. Los resultados mostraron una mayor presencia de los MP en comparación con el registro de Europa, probablemente debido a los métodos de procesamiento.⁽³⁰⁾

La primera evaluación de la contaminación por MP en la zona costera de la Provincia de Esmeraldas, Ecuador fue publicada en 2022. Los resultados demostraron contaminación por MP en el 84 % del total analizado, reportándose que la contaminación por MP es generalizada y sus fuentes son múltiples.⁽³¹⁾

En el mismo 2022, otro estudio de MP en Ecuador, reportó la distribución y la composición de MP en dos playas de las islas de las Galápagos, destino turístico mundialmente conocido y valorado. Los datos mostraron una concentración alta de MP de 0-2 524 partículas/m² en las playas analizadas. Uno de los hallazgos más preocupantes de este estudio fue el reporte de concentraciones cuatro veces mayores de MP en el hábitat de anidación de tortugas marinas en las playas analizadas.⁽³²⁾

Los reportes citados muestran que al igual que otros lugares del mundo, los MP están presentes en Ecuador en todos los ecosistemas; desde los glaciares de la Cordillera de los Andes, áreas urbanas, hasta las playas y los mares. También se ha demostrado la presencia de MP en agua potable, e incluso en alimentos procesados, convirtiéndose en una amenaza prioritaria para la salud pública del país y del mundo, problema que aumenta por la ausencia de normativas para manejo adecuado de estos desechos tóxicos en el país.

La tendencia mundial es clara, existe evidencia científica que demuestra la presencia de MP en grandes cantidades y en todos los ecosistemas del mundo. La variedad de diseños metodológicos de los estudios publicados complica la comparación de sus resultados. Como señalaron Cincinelli, *et al.*⁽³³⁾, existe una falta de métodos de muestreos estandarizados para la recolección de MP en aguas superficiales. El método más común de identificación de MP es la inspección visual del material recolectado con microscopio, aunque es cada vez más común que los MP se confirmen usando técnicas analíticas como la espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (*Fourier-transform infrared spectroscopy/FTIR*).

A estas dificultades se suman el informe de hallazgos en diferentes unidades de medida (MP/km², g/km², mg/m³ y/o MP/m³), falta de información sobre el rango de tamaño de los MP recolectados, los tipos de polímeros o si son plásticos primarios, gránulos/microesferas de resina plástica virgen o partículas secundarias resultantes de la erosión de los desechos. Esta falta de estandarización con respecto al informe de datos dificulta la estimación del impacto potencial de los MP en las aguas superficiales, como lo señalaron Everaert, *et al.*⁽³⁴⁾ en el 2020.

Las limitaciones de esta revisión residen en la necesidad de más estudios en Ecuador, la heterogeneidad metodológica general de los distintos estudios y la ausencia de normativas locales de control para un adecuado manejo y disposición final de estos desechos tóxicos, lo que favorece la continuidad de esta problemática. Por lo tanto, resulta necesario un mayor consenso en el diseño, análisis y determinación de los métodos de estudio, unidades métricas, toma de muestras, análisis toxicológicos, así como una mayor estandarización en la evaluación de riesgo ecológico y sanitario en Ecuador y el mundo.



CONSIDERACIONES FINALES

La evidencia recopilada muestra cronológicamente el avance de la contaminación por microplásticos, tanto a nivel mundial como en Ecuador, además de la presencia de microplásticos en océanos, agua dulce, ecosistemas terrestres, aire, alimentos y dentro del cuerpo humano.

La contaminación por MP es un tema de gran relevancia actual, que amerita acciones de control inmediatas. La información disponible permite dimensionar la gravedad de la contaminación por MP y la necesidad de desarrollo de políticas de control en cuanto a su uso y desecho, así como la necesidad de desarrollo de investigaciones más profundas en torno a los posibles efectos en la salud humana.

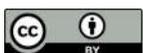
Se espera que este trabajo genere la repercusión necesaria para toma de conciencia alrededor de MP y sus implicaciones ambientales ante este emergente problema de salud pública.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hartmann NB, Hüffer T, Thompson RC, Hassellöv M, Verschoor A, Daugaard AE, *et al.* Are we speaking the same language? Recommendations for a definition and categorization framework for plastic debris. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2019 [citado 11 Mayo 2023]; 53(3):1039-47. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.8b05297>
2. Prata JC, Silva ALP, da Costa JP, Mouneyrac C, Walker TR, Duarte AC, *et al.* Solutions and integrated strategies for the control and mitigation of plastic and microplastic pollution. *Int J Environ Res Pub Health* [Internet]. 2019 [citado 11 Mayo 2023]; 16(13):2411. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16132411>
3. Hantoro I, Löhr AJ, Van Belleghem FGJ, Widianarko B, Ragas AMJ. Microplastics in coastal areas and seafood: implications for food safety. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess* [Internet]. 2019 [citado 11 Mayo 2023]; 36(5):674-711. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/19440049.2019.1585581>
4. Chen HL, Selvam SB, Ting KN, Gibbins CN. Microplastic pollution in freshwater systems in Southeast Asia: contamination levels, sources, and ecological impacts. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 28(39):54222-37. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-15826-x>
5. Sridharan S, Kumar M, Singh L, Bolan NS, Saha M. Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review. *J Hazard Mater* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 418(126245):126245. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126245>
6. Paredes M, Castillo T, Viteri R, Fuentes G, Boderó E. Microplastics in the drinking water of the Riobamba city, Ecuador. *Prz Nauk Inż Kształt Śr* [Internet]. 2019 [citado 11 Mayo 2023]; 28(4):653-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.22630/pniks.2019.28.4.59>
7. Plastics Europe. Enabling a sustainable future [Internet]. www.plasticseurope.org. 2021 [citado 11 Mayo 2023]. Disponible en:



- <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/619-plastics-facts-2018>
8. Thompson RC, Olsen Y, Mitchell RP, Davis A, Rowland SJ, John AWG, *et al.* Lost at sea: where is all the plastic? *Science* [Internet]. 2004 [citado 11 Mayo 2023]; 304(5672):838. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094559>
 9. Oberbeckmann S, Labrenz M. Marine microbial assemblages on microplastics: Diversity, adaptation, and role in degradation. *Ann Rev Mar Sci* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 12(1):209-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-marine-010419-010633>
 10. Bergmann M, Wirzberger V, Krumpfen T, Lorenz C, Primpke S, Tekman MB. Microplastics in Arctic deep-sea sediments from the HAUSGARTEN observatory. *PANGAEA* [Internet]. 2017 [citado 11 Mayo 2023]. DOI: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.879739>
 11. Vethaak AD, Legler J. Microplastics and human health. *Science* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 371(6530):672-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.abe5041>
 12. Vighi M, Bayo J, Fernández-Piñas F, Gago J, Gómez M, Hernández-Borges J, *et al.* Micro and nano-plastics in the environment: Research priorities for the near future. *Rev Environ Contam Toxicol* [Internet]. 2021 [citado 12 Mayo 2023]; 257:163-218. DOI: https://doi.org/10.1007/398_2021_69
 13. Browne MA, Crump P, Niven SJ, Teuten E, Tonkin A, Galloway T, *et al.* Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2011 [citado 11 Mayo 2023]; 45(21):9175-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/es201811s>
 14. Engler RE. The complex interaction between marine debris and toxic chemicals in the ocean. *Environ Sci Technol* [Internet]. 2012 [citado 11 Mayo 2023]; 46(22):12302-15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/es3027105>
 15. Du F, Cai H, Zhang Q, Chen Q, Shi H. Microplastics in take-out food containers. *J Hazard Mater* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 399(122969):122969. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.12.2969>
 16. Yu F, Li Y, Huang G, Yang C, Chen C, Zhou T, *et al.* Adsorption behavior of the antibiotic levofloxacin on microplastics in the presence of different heavy metals in an aqueous solution. *Chemosphere* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 260(127650):127650. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127650>
 17. Hirt N, Body-Malapel M. Immunotoxicity and intestinal effects of nano- and microplastics: a review of the literature. Part I. *Fibre Toxicol* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 17(1):57. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/s12989-020-00387-7>
 18. Sridharan S, Kumar M, Singh L, Bolan NS, Saha M. Microplastics as an emerging source of particulate air pollution: A critical review. *J Hazard Mater* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 418(126245):126245. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.12.6245>
 19. Kwak JI, An Y-J. Post COVID-19 pandemic: Biofragmentation and soil ecotoxicological effects of microplastics derived from face masks. *J Hazard Mater* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 416(126169):126169. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.12.6169>
 20. Salthammer T. Microplastics and their Additives in the Indoor Environment. *Angew Chem Int Ed Engl* [Internet]. 2022 [citado 11 Mayo 2023]; 61(32):e202205713. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/anie.202205713>



21. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull* [Internet]. 2011 [citado 11 Mayo 2023]; 62(8):1596-605. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
22. Akanyange SN, Lyu X, Zhao X, Li X, Zhang Y, Crittenden JC, *et al.* Does microplastic really represent a threat? A review of the atmospheric contamination sources and potential impacts. *Sci Total Environ* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 777(146020):146020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146020>
23. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, Bucsics T, Trauner M, Reiberger T, *et al.* Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Ann Intern Med* [Internet]. 2019 [citado 11 Mayo 2023]; 171(7):453-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.7326/M19-0618>
24. Fadare OO, Okoffo ED. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 737(140279):140279. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>
25. Castañeta G, Gutiérrez AF, Nacaratte F, Manzano CA. Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Rev Bol Quím* [Internet]. 2020 [citado 29 Jun 2023]; 37(3):160-175. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/>
26. Ma J, Chen F, Xu H, Jiang H, Liu J, Li P, *et al.* Face masks as a source of nanoplastics and microplastics in the environment: Quantification, characterization, and potential for bioaccumulation. *Environ Pollut* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 288(117748):117748. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117748>
27. Villegas L, Cabrera M, Capparelli MV. Assessment of Microplastic and Organophosphate Pesticides Contamination in Fiddler Crabs from a Ramsar Site in the Estuary of Guayas River, Ecuador. *Bull Environ Contam Toxicol* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 107:20-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03238-z>
28. Shen M, Zeng Z, Song B, Yi H, Hu T, Zhang Y, *et al.* Neglected microplastics pollution in global COVID-19: Disposable surgical masks. *Sci Total Environ* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 790(148130):148130. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148130>
29. Cabrera M, Valencia BG, Lucas-Solis O, Calero JL, Maisincho L, Conicelli B, *et al.* A new method for microplastic sampling and isolation in mountain glaciers: A case study of one antisana glacier, Ecuadorian Andes. *Case Stud Chem Environ Engin* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 2(100051):100051. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csee.2020.100051>
30. Diaz-Basantes MF, Conesa JA, Fullana A. Microplastics in honey, beer, milk and refreshments in Ecuador as emerging contaminants. *Sustainability* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 12(14):5514. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su12145514>
31. Capparelli MV, Molinero J, Moulatlet GM, Barrado M, Prado-Alcívar S, Cabrera M, *et al.* Microplastics in rivers and coastal waters of the province of Esmeraldas, Ecuador. *Mar Pollut Bull* [Internet]. 2021 [citado 11 Mayo 2023]; 173(Pt B):113067. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113067>



32. Jones JS, Guézou A, Medor S, Nickson C, Savage G, Alarcón-Ruales D, *et al.* Microplastic distribution and composition on two Galápagos island beaches, Ecuador: Verifying the use of citizen science derived data in long-term monitoring. *Environ Pollut* [Internet]. 2022 [citado 11 Mayo 2023]; 311(120011):120011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120011>
33. Cincinelli A, Martellini T, Guerranti C, Scopetani C, Chelazzi D, Giarrizzo T. A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean Sea. *Trends Analyt Chem* [Internet]. 2019 [citado 12 Mayo 2023]; 110:321-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.026>
34. Everaert G, De Rijcke M, Lonneville B, Janssen CR, Backhaus T, Mees J, *et al.* Risks of floating microplastic in the global ocean. *Environ Pollut* [Internet]. 2020 [citado 11 Mayo 2023]; 267(115499):115499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115499>

Declaración de conflicto de intereses:

Los autores declaran no presentar ningún tipo de conflicto de interés para el desarrollo de la presente obra.

Contribución de los autores:

Conceptualización: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Curación de datos: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Análisis formal: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Investigación: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Metodología: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Administración del proyecto: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Supervisión: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Visualización: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Redacción-borrador original: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Redacción-revisión y edición: Stalin Santiago Celi-Simbaña, Diego Sebastián Andrade-Mora, Sebastián Javier Loza-Pavón, Teddy Israel Bermeo-Sierra.

Financiación:

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

