

Microplásticos en ecosistemas marinos

Jhon Jairo Cadena Toledo
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-3116-7033>

Carlos Andrés Ulloa Vaca
Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0757-7896>

Introducción

Con el pasar de los años, la producción de plásticos aumenta en forma constante, lo que ha provocado un incremento en la aparición de microplásticos. En 1950 se generaron 1,5 millones de toneladas, sin embargo, en 2020 se alcanzó a 370 millones de toneladas. El crecimiento exagerado junto con la mala gestión de residuos ha llevado a una proliferación de plásticos en el entorno natural y, por lo tanto, de microplásticos (Silva et al., 2022).

Los microplásticos son el resultado de la degradación de los plásticos debido a factores ambientales como la luz solar y la temperatura, de acuerdo con las propiedades de los polímeros (Auta et al., 2017). La principal causa para que exista desgaste del plástico es la presencia de radiación ultravioleta, lo que produce degradación oxidativa. En el proceso de degradación los plásticos se debilitan y se decoloran, lo que lleva que cualquier tipo de fuerza, ya sea antropogénica o natural, forme pequeños

fragmentos de los mismos. Lo que provocará que se extienda por mayor área de superficie y que aumente el número de partículas en la atmósfera (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

Los microplásticos son pequeñas partículas que alcanzan hasta los 5 mm de tamaño, tienen distintas formas, densidades y estructuras químicas (Auta et al., 2018); pueden clasificarse en primarios y secundarios. Los primarios son elaborados de diferentes productos domésticos e industriales, y los secundarios se originan de la desintegración de productos plásticos de mayor tamaño (Arthur et al., 2009).

En los ecosistemas acuáticos, los polímeros sintéticos más comunes de los microplásticos son el polipropileno (PP), el polietileno (PE), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y el tereftalato de polietileno (PET); estos están alcanzando altas concentraciones que pueden afectar negativamente a la vida acuática (Rocha-Santos y Duarte, 2015). Los microplásticos se introducen al ecosistema

acuático a través de actividades humanas como la pesca, la producción acuícola, turismo, sistema de aguas residuales, entre otros (Duis & Coors, 2016).

Los microplásticos son distribuidos y acumulados en áreas marinas diversas debido a las diferentes propiedades físico-químicas y los factores hidrodinámicos que contribuyen en la transportación (Rocha-Santos y Duarte, 2015), desde zonas intermareales hasta las profundidades del océano y las regiones polares. Al ser resistentes a la biodegradación, pueden permanecer en el medioambiente por mucho tiempo (Guzzetti et al., 2018).

Los organismos marinos de distintos niveles de la cadena trófica ingieren MP con varias formas de alimentación. En los mamíferos, la ingesta de MP puede darse de forma directa con el medio marino o indirectamente mediante la alimentación de otros organismos que anteriormente consumieron estas pequeñas partículas de plástico (Guzzetti et al., 2018).

Los microplásticos ingeridos pueden acumularse dentro de la especie y desplazarse en los tejidos internos (Avio et al., 2015). Sin embargo, una forma de eliminación de estos MP es a través de la excreción (Guzzetti et al., 2018). La acumulación de microplásticos puede provocar consecuencias negativas en los organismos como, por ejemplo: daños internos o externos, afectacio-

nes en el tracto intestinal, problemas de crecimiento, fertilidad y fecundidad; además, puede ser transmisor de compuestos tóxicos dentro de las especies marinas (Nelms et al., 2016).

Los microplásticos han comenzado a ser parte del entorno, formando nuevos hábitats para diferentes especies marinas, entre ellas están el zancudo acuático que ha utilizado los MP para la deposición de huevos, también ha sido transporte para organismos marinos. Sin embargo, la acumulación de estos microplásticos en los ecosistemas marinos podría alternar los procesos biogeoquímicos (Guzzetti et al., 2018).

En la actualidad los microplásticos son estudiados como contaminantes emergentes y se los considera como una amenaza global para la biota marina y sus ecosistemas (Guzzetti et al., 2018).

Este artículo tiene por objetivo analizar la problemática de los microplásticos en los ecosistemas marinos, mediante la investigación bibliográfica, con ello obtener información acerca de la cantidad de residuos plásticos generados por cada país, identificar los océanos con mayor concentración de plásticos y evaluar su toxicidad; con ello encontrar soluciones que ayuden a prevenir y a reducir este problema. La lucha contra los microplásticos en los ecosistemas marinos requiere un enfoque global y colaborativo.

Metodología

La investigación bibliográfica tuvo el siguiente enfoque:

1. Se hizo una revisión de los diferentes artículos y se obtuvo información relacionada con los microplásticos en

los ecosistemas acuáticos. Se descartaron artículos realizados antes del 2017, para conocer una problemática más actualizada sobre los MP.

2. Se utilizó una base de datos llamada OUT WORLD IN DATA para conocer los datos globales sobre la generación, la contaminación y el comercio de desechos plásticos. Se obtuvo información acerca de los países que emiten más plástico en Sudamérica y de las toneladas de desechos plásticos que flotan en los distintos océanos del mundo.

3. Se recopiló y analizó información de estudios de los posibles riesgos de los polímeros comunes en los microplásticos

cuando ingresan a los organismos marinos y pasan a través de la cadena trófica llegando al consumo humano, es decir, los efectos toxicológicos de los MP, siguiendo el mismo parámetro de descarte.

4. Se realizó una recopilación de información importante de los artículos seleccionados y de la base de datos encontrada, con ello se elaboraron resultados a base de tablas y figuras estadísticas para ofrecer un estudio general acerca de los efectos tóxicos y la contaminación de los microplásticos en los ecosistemas marinos. Además, se analizó junto con otros artículos relevantes, con el fin de poner en discusión el tema a tratar.

Resultados

Los sitios principales de descargas de aguas residuales son los ríos que cruzan las poblaciones. Los ríos llegan a ser un medio de transporte de microplásticos con destino hacia hábitats marinos, perjudicando la salud y reproducción de especies. Los políme-

ros que van hacia los ecosistemas contienen posibles riesgos toxicológicos, generando enfermedades y también que lleguen al ser humano a través de la ingesta por animales que han estado expuestos a microplásticos (Castañeta et al., 2020).

Tabla 1
Riesgos toxicológicos a la salud

Polímero	Monómero	Uso común	Posible riesgo	Autores
PS	Estireno	Envases desechables	Cancerígeno	Segovia Ruiz et al. (2019).
PET	Ácido tereftálico-etilenglicol	Botellas plásticas	Acidosis urinaria	Suasnavas (2017).
PVC	Cloruro de vinilo	Plástico de vinilo, tuberías	Obstrucción respiratoria	Schettler, (2020).
PLA	Ácido láctico	Implantes médicos	Cancerígeno, enfermedades genéticas	Camposano y Riera, (2022).
UF	Urea-formaldehído	Artefactos eléctricos, cables, interruptores	Dermatitis, asma	Hernández-Castorena et al. (2018).
PP	Propileno	Juguetes, empaques de alimentos	Citotoxicidad	Ponce-Mero et al. (2022).

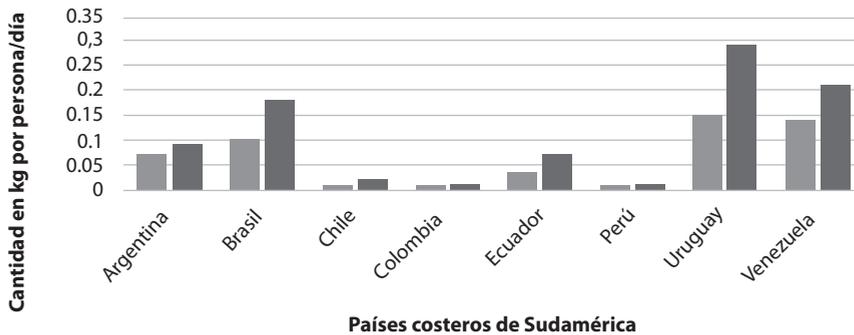
Fuente: Potenciales riesgos para la salud asociados con la exposición a los polímeros más usados.

Se estima que el 1,5 % de 67,5 millones de toneladas de microplástico que se genera en la zona terrestre del planeta llega hacia el océano en un tiempo estimado de un año. No obstante, la cantidad que desechan difiere entre

países (figura 1). Los datos indican que los países que tienen una menor superficie en relación con la longitud de su costa y con elevadas presencias de lluvias poseen las mayores posibilidades de enviar plásticos hacia los océanos.

Figura 1

Emisiones anuales de plástico estimadas en 2010 y 2019 en los países costeros de Sudamérica

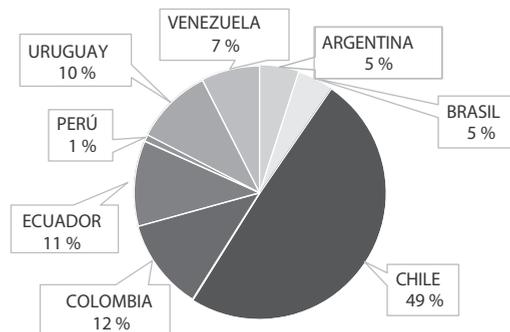


En los países ricos casi la totalidad de los residuos se incinera, recicla o se manda a rellenos sanitarios. Por otra parte, los países de ingresos medianos hasta bajos tienen una tendencia de una gestión de residuos muy pobre. Chile encabeza el listado (figura 2) debido a

su posición geográfica y a lo largo de su costa que lo hacen vulnerable a la contaminación marina, ya que se desarrollan diferentes actividades que generan residuos plásticos como la pesca, la industria, el turismo y la urbanización (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

Figura 2

Probabilidad de que se viertan al océano residuos plásticos mal gestionados en Sudamérica

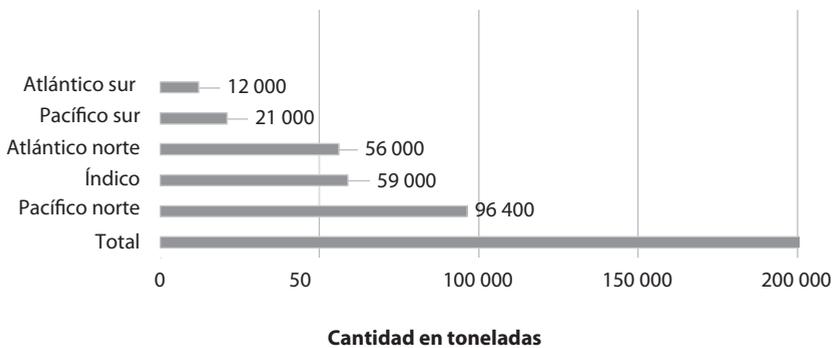


La distribución y acumulación a causa de desechos plásticos se encuentra influenciada por las corrientes superficiales y también por patrones del viento. Por lo general, los plásticos tienden a flotar por su bajo peso, lo que significa que se quedan en la parte superior del océano, lo que hace que se muevan en dirección de rutas del viento y de corrientes superficiales. Cabe recalcar

que no influye en donde se generaron los desechos, pues siguen una ruta distinta y los desechos que se generan en otros continentes terminan en lugares totalmente alejados. En el hemisferio sur del Pacífico y Atlántico, donde se hallan los países estudiados (Figura 3), se encuentra en menor proporción a diferencia de sectores del norte (Eriksen et al., 2014).

Figura 3

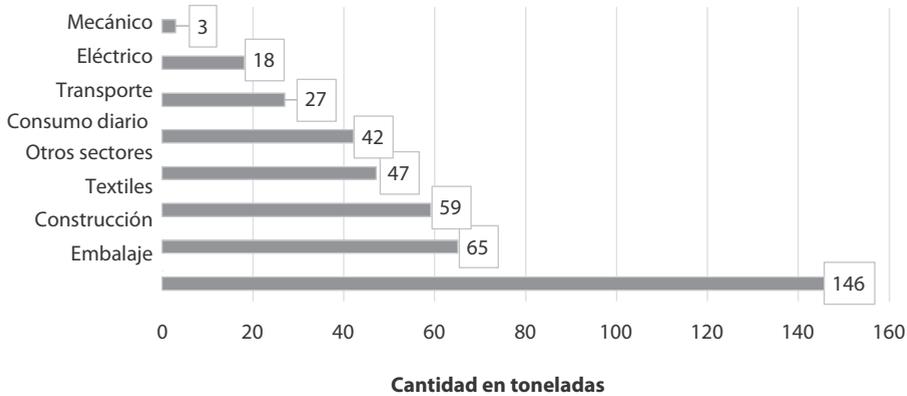
Toneladas de plásticos que flotan en los océanos del mundo



El océano Pacífico, con orientación norte, tiene más acumulación de desechos plásticos debido a la llamada GRAN MANCHA DE BASURA DEL PACÍFICO, área característica, donde se concentra los residuos plásticos por acción de una corriente oceánica. Otro motivo por el cual existe más desechos plásticos flotantes en este océano es porque está rodeado de países de alta densidad poblacional, los cuales no cuentan con un buen sistema de gestión de residuos y no existe conciencia acerca del problema que genera el

plástico en los ecosistemas acuáticos y, por ende, en la salud humana. Nuestros océanos no merecen convertirse en vertederos de plástico. Es hora de enfrentar el desafío de los microplásticos y restaurar la salud de nuestros ecosistemas marinos.

En la producción de plástico por el sector industrial en 2015 se destaca el embalaje, puesto que la mayoría de productos de consumo humano tiene este tipo de material (Figura 4) (Geyer et al., 2017).

Figura 4*Producción primaria de plásticos en los sectores industriales en 2015*

Los datos publicados en el artículo *Plásticos y Tecnopor: la especie animal entre la vida y la muerte*, indican que los residuos de plásticos afectan prioritariamente a los océanos y esto se da por una pésima gestión de los desechos que entran hacia el océano. Un estimado de 4,8 y 12,7 millones de toneladas ingresan al mar, además, el problema es la industria petrolera, que es la encargada de procesar su crudo para la fabricación de plástico. Se estima que de 380 millones de toneladas de plásticos producidas, unos 300 millones de toneladas se destinan a la basura como desecho y que a su vez producen 5 millones de toneladas de microplástico que contaminan

el planeta en el que vivimos (Centeno Herrera y Vilca Mamani, 2022).

Existen soluciones para poder enfrentar esta problemática ambiental significativa: reciclaje, cambios de actitud, alternativas más sustentables, normativas más estrictas, etc.

Como consecuencia, todas las propuestas para el reemplazo de plásticos por productos plásticos biodegradables no son lo suficientemente satisfactorias, existe una pobre educación ambiental que requiere mejora y, por último, la legislación debe ser más dura para que las personas y las industrias empiecen a reducir el consumo y producción de plástico.

Discusión

Aunque la región sudamericana es la que produce una menor cantidad de plástico, se ha demostrado que se encuentra ubicada en la tercera posición después de Asia y África con cargas de plástico residual a través del sistema

fluvial. En cuanto a los países sudamericanos estudiados (Castañeta et al., 2020), se afirma que Venezuela y Uruguay generan el mayor aporte de plástico per cápita al día con 0,252 kg, Argentina con 0,183 kg, Brasil con 0,165

kg, Ecuador con 0,147 kg, Colombia y Perú con 0,144 kg, Chile con 0,119 kg, hasta hoy en día no se registran datos de países como Bolivia y Paraguay. Para el presente artículo no se consideraron las Guayanas.

En la Revista Ciencia de la Academia Mexicana de Ciencias (2022), en su trabajo de contaminación por microplásticos, se explica que la mayor parte de microplásticos que se han encontrado en el Caribe, llegan a través de la producción de microesferas que son agregadas a cosméticos como cremas, pastas, pinturas, abrasivos, detergentes, etc.

Destaca que la gran mayoría de las fibras de microplásticos se genera a través de la ropa que utilizamos y que es fabricada con textiles sintéticos, debido a que al momento de lavar se separan un promedio de 20 000 fibras que se trasladarán a los ríos de la mano de las aguas residuales y posteriormente al océano.

El océano Pacífico tropical oriental es la casa de hermosas y exóticas reservas marinas que se encuentran dentro del Patrimonio Natural de la Humanidad, tres ejemplos claros son las islas Galápagos ubicadas en Ecuador, la isla del Coco en Costa Rica y el Parque Coiba en Panamá. Peter Swarzenski afirma que diversos estudios señalan que la contaminación por microplásticos en esta zona continuará incrementándose en los próximos años.

Se estima que para el año 2030 el número de microplásticos en el mar aumentará hasta unas 3,9 veces superior a la de 2008. Para el año del 2050 se du-

plicará este valor y será 6,4 más que en 2008, y en 2100 será 10 veces más a los datos obtenidos a inicios de siglo. Para evitar todas estas estimaciones se deben adoptar medidas para cambiar esta situación; países como Chile, Brasil y Argentina han optado por medidas para evitar el uso de fundas de un solo uso.

El Organismo Internacional de la Energía Atómica afirma que los microplásticos han elevado su cantidad en la misma proporción en los sitios que se han obtenido las muestras. Este hallazgo indica que mucho del microplástico no se genera en las localidades cercanas y que llegan de distintos puntos del mismo continente o, también, de varios lugares del mundo (Orayeva, 2020).

Se han realizado estudios que demuestran que el plástico es muy fuerte y se expande con facilidad, por esta razón se han encontrado cinco zonas de acumulación excesiva que son denominadas *islas* de plásticos. En el caso de Sudamérica se encuentra una cerca y está dentro del Pacífico sur, también se ha clasificado cuáles son los objetos más comunes recolectados en playas y zonas costeras como colillas, fragmentos de plástico inferiores a 2,5 cm, botellas, envoltorios, tapas de botellas, bolsas, botellas de vidrio, etc. (Greenpeace, 2019).

Un caso muy particular es el de las islas Galápagos en Ecuador. En las islas no hay una fábrica de materiales plásticos, por lo tanto, la cantidad que se encuentra en las orillas proviene del continente y de diferentes lugares del mundo; se han optado por medidas como utilizar bolsas de tela y no bolsas biodegradables, que

no son una solución al problema (Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2014). Los océanos, junto con las especies marinas que habitan en ellos, se ven drásticamente afectados por los residuos plásticos que se generan a diario por las actividades humanas. Cada fragmento de microplástico que flota en el océano cuenta una historia triste de contaminación y desequilibrio en los ecosistemas marinos.

Existen soluciones para prevenir y reducir el impacto ambiental que genera los residuos sólidos. A diario se desecha plástico de un solo uso (bolsas, botellas y otros artículos). Resultaría más práctico contar con alternativas que ayudarían a evitar el plástico, como la utilización de bolsas de tela o botellas reutilizables, así como también contenedores de vi-

drio para almacenamiento de alimentos, entre otros hábitos para mantener los océanos limpios (Academia Mexicana de Ciencias, 2022).

El manejo de las 7R del consumidor ecológico (rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, recuperar y reciclar) es una forma de eliminar la cantidad de plástico que llega al océano, promoviendo la economía circular, que tiene por objetivo gestionar los recursos, reciclar y reutilizar para alargar la vida útil de todos los productos que utilizamos en el día a día, desbancando así la economía lineal, donde hay un derroche continuo de recursos, que llegan al océano provocando que la contaminación en los ecosistemas marinos llegue a ser una problemática preocupante en el planeta Tierra (Araujo-Morera et al., 2021).

Conclusión

En los microplásticos están presentes diferentes tipos de polímeros como el polietileno (PE), el cloruro de polivinilo (PVC), el tereftalato de polietileno (PET), ácido poliláctico (PLA), urea-formaldehído (UF) y el polipropileno (PP); la presencia de los mismos es perjudicial para los hábitats marinos, afectando la salud y la reproducción de especies, debido a que tiene riesgos toxicológicos.

Uruguay es el país que más plástico emite anualmente, tomando en cuenta los años 2010 y 2019, esto puede deberse a que tiene una superficie menor en relación con la longitud de su costa y cuenta con elevadas presencias de

lluvias, lo que posibilita que haya más descargas de plástico hacia el océano.

La mala gestión de residuos plásticos ocasiona que estos se dirijan a los océanos, afectando a sus ecosistemas y a las especies que habitan en ellos. Los países latinoamericanos no cuentan con los recursos necesarios para realizar una adecuada gestión de residuos. Chile encabeza la lista de países sudamericanos, con un porcentaje del 49 % de probabilidad de que los desechos plásticos mal gestionados lleguen al océano.

El Pacífico norte alberga unas 96 400 ton de basura; esto afecta tanto visualmente como interiormente, pues la ma-

yoría de especies marinas tienen plástico y por las corrientes existentes llegan los rincones más profundos de los océanos.

Una de las formas para prevenir la presencia de basura plástica en los océanos es que el ser humano tome concien-

cia, somos los que generamos la mayor contaminación en los ecosistemas. Entre las acciones a realizarse están reciclar, cambiar de actitud, buscar y poner en marcha alternativas sustentables y normativas más estrictas.

Referencias bibliográficas

- Academia Mexicana de Ciencias. (2022). Contaminación por microplásticos. En *Academia Mexicana de Ciencias*, 73(2). <https://n9.cl/krql6/>
- Araujo-Morera, J., Verdejo, R., López-Manchado, M. A., & Hernández Santana, M. (2021). Sustainable mobility: The route of tires through the circular economy model. *Waste Management*, 126, 309-322. <https://n9.cl/zdk6p/>
- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris*. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Auta, H. S., Emenike, C. U., & Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment; A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, 102, 165-176. <https://n9.cl/j9pcj/>
- Auta, H. S., Emenike, C. U., Jayanthi, B., & Fauziah, S. H. (2018). Growth kinetics and biodegradation of polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. isolated from mangrove sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 15-21. <https://n9.cl/yh8q2/>
- Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., D'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., & Regoli, F. (2015). Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*, 198, 211-222. <https://n9.cl/l4nyx/>
- Campozano, I. R., & Riera, M. A. (2022). Ácido poliláctico: Una revisión de los métodos de producción y sus aplicaciones. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 16(1), 42-53. <https://n9.cl/0ui8c/>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplastics: A Contaminant That Grows in All Environmental Areas, Its Characteristics and Possible Risks to Public Health from Exposure. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. <https://n9.cl/spssq/>
- Centeno Herrera, B., & Vilca Mamani, R. M. (2022). Plásticos y Tecnopor: la especie animal entre la vida y la muerte. *Revista de Investigaciones Interculturales*, 2, e231. <https://n9.cl/ml7s9g/>
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. (2014). Erradicar el uso de plásticos es la prioridad. "Galápagos, 5".
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1-25. <https://n9.cl/pgoro/>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE*, 9(12), 1-15. <https://n9.cl/1zmf/>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), 25-29. <https://n9.cl/1kzdr/>
- Greenpeace. (2019). *Plásticos en los océanos*. Dossier de prensa. <https://n9.cl/1hdop/>

- Guzzetti, E., Sureda, A., Tejada, S., & Faggio, C. (2018). Microplastic in marine organism: Environmental and toxicological effects. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, *64*, 164-171. <https://n9.cl/nhokg/>
- Hernández-Castorena, F., Silva-Guzmán, J. A., Manríquez-González, R., López-Dellamary Toral, F. A., Rodríguez-Anda, R., Sanjuán-Dueñas, R., & Fuentes-Talavera, F. J. (2018). Efecto de la adición de furfural sobre la capacidad adhesiva de la proteína de soya. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *6*(28), 8-25. <https://n9.cl/9xkd6/>
- Hidalgo-Ruz, V., Macaya, V., Eastman, L., & Thiel, M. (2012). *Muestreo nacional de microplásticos en las playas de Chile*. <https://n9.cl/4drad/>
- Nelms, S. E., Duncan, E. M., Broderick, A. C., Galloway, T. S., Godfrey, M. H., Hamann, M., Lindeque, P. K., & Godley, B. J. (2016). Plastic and marine turtles: A review and call for research. *ICES Journal of Marine Science*, *73*(2), 165-181. <https://n9.cl/u59b7/>
- Orayeva, J. (2020). *Ecuador: Un estudio de más de 10 años realizado en cooperación con el OIEA analiza la polución por microplásticos en el océano Pacífico tropical oriental*. Organismo Internacional de Energía Atómica.
- Ponce-Mero, A., Chérrez-Palma, B., & Mero-del Valle, D. (2022). Efecto de la ingesta incidental de polietileno y polipropileno sobre el crecimiento de *Oreochromis* sp. manejada en condiciones de laboratorio. *Ecosistemas*, *31*(2), 1-7. <https://n9.cl/7arex/>
- Rocha-Santos, T., & Duarte, A. C. (2015). A critical overview of the analytical approaches to the occurrence, the fate and the behavior of microplastics in the environment. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *65*, 47-53. <https://n9.cl/s9clmf/>
- Schettler, T. (2020). Policloruro de vinilo en la atención de la salud: fundamentos para la elección de alternativas. *Salud Sin Daño*, *10*.
- Segovia Ruiz, J. L., Céspedes, R. I. N., Ávalos, F., & Sáenz-Galindo, A. (2019). Poliestireno, innovaciones emergentes y daños a la salud: dos caras de la misma moneda. *Rev. Iberoam. Polímeros y Materiales*, *20*(1), 13-21. <https://n9.cl/zyg3i/>
- Silva, D. M., Almeida, C. M. R., Guardiola, F., Rodrigues, S. M., & Ramos, S. (2022). Optimization of an Analytical Protocol for the Extraction of Microplastics from Seafood Samples with Different Levels of Fat. *Molecules*, *27*(16). <https://n9.cl/5dnja/>
- Suasnavas, D. F. (2017). *Degradación de materiales plásticos "PET" (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión*. [Monografía Licenciatura en Ciencias Químicas]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <https://n9.cl/q88ve/>