



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

**RECICLAJE DE PLÁSTICOS:
UNA ESTRATEGIA CLAVE PARA LA
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.
UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA**

**PLASTIC RECYCLING: A KEY STRATEGY FOR
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY.
A LITERATURE REVIEW**

Ing. Iván Nicolás Pérez Fabián
Universidad Tecnológica de la Mixteca

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v8i6.15623

Reciclaje de Plásticos: Una Estrategia Clave para la Sostenibilidad Ambiental. Una Revisión de la Literatura

Ing. Iván Nicolás Pérez Fabián¹

utm.suneo@gmail.com

nicolasperez9855@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-2233-8007>

Ingeniero en diseño

Maestría en Tecnología Avanzada de Manufactura

Universidad Tecnológica de la Mixteca

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en realizar una recolección de información de distintas fuentes literarias con el objetivo de analizar el impacto ambiental provocado por el uso y desechos de los plásticos, asimismo se resalta la creciente preocupación por sus efectos negativos en los ecosistemas terrestres y marinos, así como en la salud humana. De igual forma, se presenta un análisis de las tecnologías actuales de reciclaje, clasificadas en primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, con énfasis en el reciclado mecánico, su método más común. Sin embargo, se señalan sus limitaciones, como la imposibilidad de reutilizar plásticos reciclados para aplicaciones de alta calidad debido a restricciones sanitarias y técnicas. En este contexto, se destaca la importancia del modelo de economía circular como alternativa sostenible, al priorizar estrategias que prolonguen el ciclo de vida de los materiales mediante el reciclaje, la reparación y la reutilización. La transición de este modelo está alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 12 y 13, que buscan reducir los desechos y fomentar la acción climática. Finalmente, se enfatiza la necesidad de políticas y tecnologías avanzadas que permitan superar las limitaciones actuales del reciclaje, promoviendo una gestión eficiente de los plásticos en todos los sectores industriales.

Palabras clave: reciclaje, plásticos, economía circular, contaminación, medio ambiente

¹ Autor principal

Correspondencia: nicolasperez9855@gmail.com

Plastic Recycling: A Key Strategy for Environmental Sustainability. A Literature Review

ABSTRACT

The present work focuses on gathering information from various literary sources to analyze the environmental impact caused by the use and disposal of plastics. It also highlights the growing concern about their negative effects on terrestrial and marine ecosystems, as well as on human health. Additionally, it presents an analysis of current recycling technologies, classified as primary, secondary, tertiary, and quaternary, with an emphasis on mechanical recycling, the most common method. However, it points out the limitations, such as the impossibility of reusing recycled plastics for high-quality applications due to sanitary and technical restrictions. In this context, the importance of the circular economy model as a sustainable alternative is emphasized, prioritizing strategies that extend the lifecycle of materials through recycling, repair, and reuse. The transition to this model is aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 12 and 13, which aim to reduce waste and promote climate action. Finally, the need for advanced policies and technologies that can overcome the current limitations of recycling is highlighted, promoting efficient plastic management across all industrial sectors.

Keywords: recycling, plastics, circular economy, pollution, environment

*Artículo recibido 15 octubre 2024
Aceptado para publicación: 18 diciembre 2024*



INTRODUCCIÓN

La contaminación por plásticos representa uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI debido a su amplio impacto en ecosistemas terrestres y marinos, la salud humana y el cambio climático. La producción masiva y la gestión inadecuada de los residuos plásticos han llevado a una acumulación significativa de estos materiales en el medio ambiente. Los plásticos no solo persisten durante siglos, sino que también liberan micro plásticos y aditivos tóxicos, afectando la biodiversidad, los ciclos biogeoquímicos y los recursos naturales (Rikhter et al. 2022).

El transporte de micro plásticos y contaminantes a través de cadenas tróficas, junto con los riesgos toxicológicos asociados a los aditivos químicos, plantea amenazas directas a la salud de las especies y a la seguridad alimentaria. Además, los plásticos contribuyen al cambio climático mediante la liberación de gases de efecto invernadero durante su fabricación y disposición (Gross y Enck, 2021).

Asimismo, la economía circular parece emerger como una solución clave para abordar la crisis de contaminación por plásticos. Este modelo económico busca romper con el paradigma lineal de “producir, usar y desechar”, promoviendo en su lugar el reciclaje, la reutilización y la reducción de residuos. La economía circular no solo permite reducir el impacto ambiental, sino también abre nuevas oportunidades económicas como la generación de empleos en la recuperación de materiales y la fabricación de productos reciclados. De igual forma, este sistema fomenta la innovación en el diseño de productos, priorizando materiales más sostenibles y procesos de fabricación más limpios.

Adoptar este tipo de prácticas permite mitigar la contaminación por plásticos, al igual que garantiza un uso más sostenible de los recursos. Sin embargo, esto requiere la colaboración entre gobiernos, empresas, ciudadanos para fomentar políticas públicas, infraestructura de reciclaje y cambios en los hábitos de consumo. Lamentablemente, la información disponible acerca de este tipo de prácticas difiere dentro de los países que más plásticos producen y consumen, siendo que para los demás países la información se encuentra desactualizada (Valarezo y Ruiz, 2022).

Para abordar esta problemática, es esencial reducir la producción de plásticos, fomentar modelos de economía circular y mejorar las tecnologías de reciclaje. La inversión en alternativas sostenibles y la educación ambiental son también pilares fundamentales para mitigar este impacto y preservar la integridad de los ecosistemas naturales para futuras generaciones.



Finalmente, el camino hacia un mundo libre de contaminación por plásticos depende de nuestra capacidad para transformar nuestra relación con este material y construir un futuro más sostenible.

MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología utilizada para la redacción del presente capítulo se basa en la revisión y análisis de literatura científica, capítulos de libros y libros de texto. Este enfoque permite construir un marco teórico sólido y actualizado, sustentado en fuentes académicas confiables publicados en o después del año 2010.

La metodología se compone de los siguientes 5 puntos.

Definición del alcance: Se delimitó el tema central del artículo, en este caso, el reciclaje de plásticos y su impacto en la sostenibilidad ambiental, abarcando aspectos como contaminación, efectos en la biodiversidad, salud humana y ventajas de la economía circular aplicada.

Búsqueda de literatura: Se realizó una búsqueda sistemática en bases de datos académicas (por ejemplo, Scopus, PubMed y Google Scholar) utilizando palabras clave como “contaminación por plásticos”, “reciclaje”, “impacto ambiental” y “sostenibilidad”. Además, se consultaron libros de texto y capítulos relevantes disponibles en bibliotecas físicas y digitales como referencia de temas específicos, así como páginas de internet de organizaciones especializadas.

Selección de fuentes: Se priorizaron artículos científicos recientes (después del año 2010) y con alto factor de impacto, además de libros reconocidos en el ámbito de ciencias ambientales, manufactura y economía circular. Se evaluó la relevancia y credibilidad de cada fuente, asegurando que contribuyan al objetivo del artículo.

Análisis y síntesis: Se organiza la información obtenida en categorías temáticas, como producción de plásticos, tecnologías de reciclado y efectos en la economía circular.

Redacción del artículo: Se estructuró el contenido en secciones claras (introducción, material y métodos, resultados y conclusiones), integrando citas y referencias de manera adecuada, siguiendo las normas APA 7ma edición.

RESULTADOS

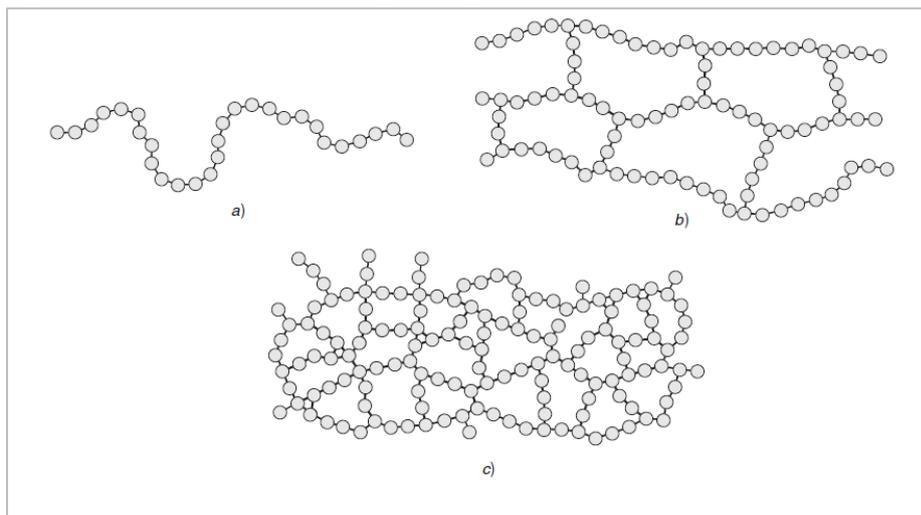
Composición de los polímeros o plásticos

Para comprender la naturaleza de los plásticos, es necesario especificar su composición física. Los plásticos son materiales compuestos por moléculas denominadas polímeros.



Aunque el término “plástico” se aplica a cualquier material que pueda ser moldeado o modelado, su uso se ha ampliado para referirse a un amplio grupo de materiales orgánicos sintéticos. Estos materiales adquieren propiedades plásticas al ser sometidos al calor y pueden formarse bajo la acción de la presión, lo que los hace versátiles en diversas aplicaciones (Barbosa et al., 2019). Los polímeros se dividen en tres grupos dependiendo de su estructura molecular, en la Figura 1 se muestra esquemáticamente estas diferencias.

Figura 1 Estructura de los tres tipos de polímeros.



Nota: a) estructura de los termoplásticos, b) estructura de los elastómeros y c) estructura de los termofijos.
Fuente: Groover (2007).

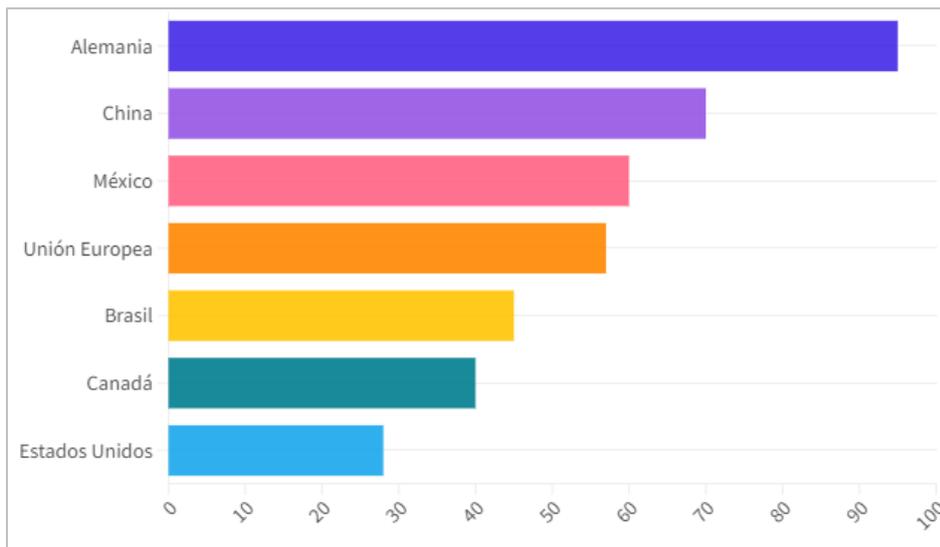
Dentro de estas tres categorías se encuentran prácticamente todos los plásticos utilizados de manera cotidiana, desde las botellas de plástico hasta los polímeros encontrados en dispositivos electrónicos como celulares o laptops.

Contaminación de plásticos en México

Según datos de la Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC), México produce más de siete millones de toneladas de plástico anualmente, de las cuales el 48% se destina a la fabricación de envases y empaques. La mayoría de estos corresponden a plásticos de un solo uso, que son desechados tras el consumo del producto que contienen. En la Ciudad de México, se generan aproximadamente trece mil toneladas de residuos al día, y se estima que entre el 12% y el 15% corresponde a plásticos (Rivera et al., 2020).

Los océanos son una de las áreas más afectadas por el desecho de plásticos. Según la Procuraduría Federal del Consumidor (2021), se calcula que alrededor de ocho millones de toneladas de plástico llegan a los mares anualmente. A pesar de todo México ha logrado importantes avances en el reciclaje de diversos tipos de plásticos, posicionándose como el 4° lugar a nivel mundial y el 1° en América en el reciclaje de PET (Martínez, 2022). En la Figura 2 se muestra una comparación de los países con mayor tasa de reciclaje de PET en el mundo.

Figura 2 Países con mayor tasa de reciclaje de PET del mundo en el año 2022.



Fuente: Plastics Technology México (2023).

Impacto ambiental de los plásticos en el mundo

El impacto de los plásticos resulta preocupante, afectando diversos ecosistemas terrestres, marinos, así como a la salud humana. La producción de plásticos ha crecido desde 1950 de 2 millones a 380 millones de toneladas anuales, y se estima que podría duplicarse para el año 2050. De los 8,300 millones de toneladas métricas producidas hasta la fecha, aproximadamente 6,300 millones han terminado como desechos, de los cuales solo el 9% ha sido reciclado (Rikhter et al. 2022).

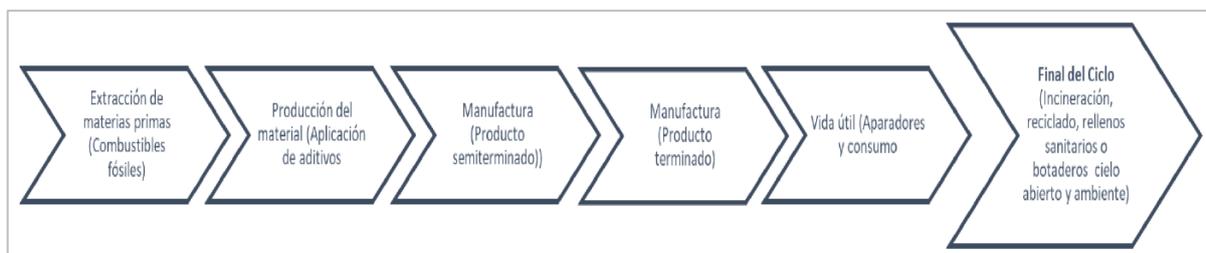
De todo el material plástico producido, se calcula que alrededor de 15 millones de toneladas métricas llegan a los océanos cada año. Estos residuos eventualmente afectan de manera directa a la vida marina, siendo que los micro plásticos, o plásticos fragmentados, son ingeridos por los peses transportando contaminantes químicos que se integran en la cadena alimentaria (Erikse et al. 2023).

Los océanos no son los únicos afectados por el impacto de los residuos plásticos, ya que estos también han sido detectados en ecosistemas terrestres, donde alteran la estructura y densidad del suelo. Estos residuos pueden influir negativamente en procesos clave como el ciclo del carbono, crecimiento de plantas y la descomposición de materia orgánica, afectando gravemente la estabilidad de los ecosistemas (Rikhter et al. 2022).

De todos los sectores donde se utiliza el plástico, la industria del embalaje y empaque representa el porcentaje más significativo a nivel mundial. Sin embargo, en china y la India, el sector de la construcción y la industria de muebles son las principales áreas de producción de plástico (Wang, et al. 2021).

En la Figura 3 se muestra el ciclo de vida de los plásticos propuesto por Wang et al. (2021).

Figura 3 Ciclo de vida de los plásticos.



Fuente: Wang et al. (2021).

Tecnologías de reciclado

La reutilización de los materiales plásticos está actualmente limitada debido a los crecientes requerimientos de calidad de los productos. El plástico reciclado de envases alimentarios y embalajes no puede utilizarse nuevamente en la fabricación de nuevos envases para alimentos por razones sanitarias. Tal motivo potencia la importancia de las tecnologías actuales de reciclado; estas se dividen en cuatro métodos conocidos como tratamiento primario, secundario, terciario y cuaternario (Arandes et al. 2004).

Tabla 1 Métodos de tratamiento para el reciclado de plásticos.

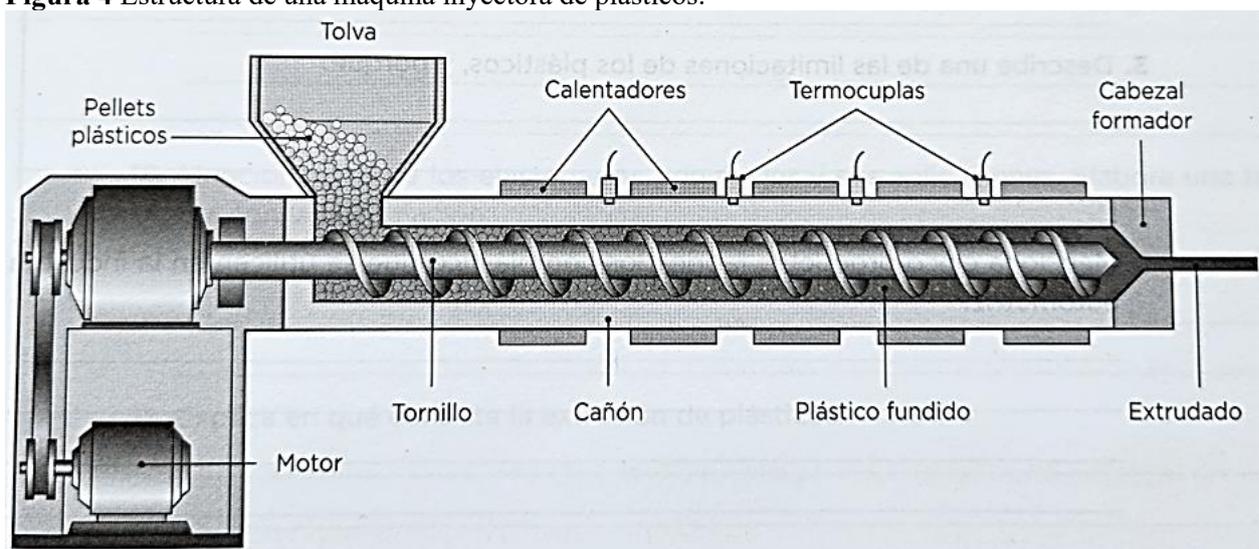
Tratamiento	Descripción
Primario	También conocido como reciclado mecánico, este es utilizado para la obtención de productos con características similares al producto original
Secundario	Mediante la fusión de los materiales, este tratamiento permite transformar la materia a productos de diferentes formas y aplicaciones, pudiéndose aplicar al 20% de los plásticos existentes.
Terciario	También conocido como reciclado químico, estos pueden ser regresados a su forma de materia prima o hidrocarburos utilizados para la obtención de nuevos plásticos o para la aplicación en la industria petroquímica.
Cuaternario	Utilizado únicamente para recuperar energía mediante la incineración de los residuos.

Nota: Datos tomados de Arandes et al. (2004).

El proceso más utilizado actualmente para el reciclado de plásticos es tratamiento primario o también conocido como reciclado mecánico. Este consiste principalmente en la recolección, clasificación, lavado y molienda del material. Los pasos pueden realizarse en distinto orden, repetirse o incluso omitirse, dependiendo del origen y la composición de los residuos (Ragaert et al. 2018).

Para comprender el funcionamiento de este tratamiento de reciclado en la Figura 4 se muestra la estructura general de una maquina inyectora de plástico siendo el último proceso (inyección) para el reciclado de cierto tipo de plásticos.

Figura 4 Estructura de una máquina inyectora de plásticos.



Fuente: Barbosa et al. (2019).

Importancia del reciclaje en la economía circular

Considerando los tipos de economía existentes, el modelo de economía lineal se caracteriza por poseer un enfoque jerárquico de gestión de residuos que sigue un ciclo de extracción de recursos, transformación en productor y, finalmente, eliminación como desechos. Por otro lado, un modelo de economía circular es restaurativo y regenerativo. Se enfoca principalmente en el análisis del ciclo de vida de los materiales para identificar acciones que reduzcan el impacto ambiental en cada etapa. Estas acciones incluyen incrementar la reutilización, reparación, reacondicionamiento, remanufactura, reciclaje y recuperación de materiales. Al mismo tiempo, busca disminuir costos externos, como los asociados a la contaminación a nivel local, regional o global, promoviendo un sistema más sostenible y eficiente (Montalvo y Olivares, 2020).

La Unión Europea, en el año 2018, adoptó nuevas estrategias para el aprovechamiento en una economía circular con respecto a los plásticos. Estas estrategias constituyen un enfoque integral hacia la transición a una economía circular, alineándose con los objetivos 12 y 13 del Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, el cual busca equilibrar el crecimiento económico, la inclusión social y la protección del medio ambiente (Ecodes, 2019b).

Las estrategias, siendo los objetivos 12 y 13 dictan lo siguiente: “Objetivo 12. Producción y consumo responsable. Meta 12.5. De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización. Objetivo 13. Acción por el clima. Meta 13.2. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana (Ecodes, 2019c).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El impacto ambiental de los plásticos es preocupante debido a sus efectos adversos en diversos ecosistemas y en la salud humana. La producción masiva y el manejo inadecuado de los residuos plásticos son factores que exacerban este problema. Aunque se han implementado diversas tecnologías de reciclaje, estas poseen limitaciones significativas que impiden una reutilización efectiva de los plásticos, especialmente en aplicaciones de alta calidad, como los envases alimentarios.



Sin embargo, el modelo de la economía circular ofrece un enfoque prometedor para reducir el desperdicio y fomentar la reutilización al tener un énfasis en la evaluación rigurosa de la viabilidad técnica y económica de tecnologías emergentes de reciclaje. Esto es especialmente relevante en países en vías de desarrollo, donde la implementación de tecnologías avanzadas de reciclaje puede enfrentarse a desafíos únicos, como la infraestructura limitada y la disponibilidad de recursos financieros.

Por tanto, es indispensable desarrollar e implementar nuevas técnicas y políticas que garanticen el cumplimiento de acciones de reciclaje en los diferentes sectores industriales, así como llevar a cabo inversiones para el desarrollo de nuevas tecnologías y optimizar las existentes para incrementar la eficiencia del reciclaje de plásticos y permitir su reutilización en aplicaciones de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arandes, J., Bilbao, J. y Valerio, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. Volumen 5.

Barbosa, A. y Mar, C. E. y Molar, J. F. (2019). *Manufactura. Conceptos y aplicaciones*. Patria educación.

Ecodes. (2019b). ¿Son Los Bioplásticos La Solución A La Contaminación? *Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI*. pp. 26-31.

Ecodes. (2019c). Una estrategia europea para el plástico en una economía circular. *Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI*. pp. 105-107.

Eriksen M, Cowger W, Erdle LM, Coffin S, Villarrubia-Gómez P, Moore CJ, et al. (2023) A growing plastic smog, now estimated to be over 170 trillion plastic particles afloat in the world's oceans—Urgent solutions required. *PLoS ONE* 18(3): e0281596.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281596>

Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. (3ra ed.). McGraw Hill.

Gross L, Enck J (2021) Confronting plastic pollution to protect environmental and public health. *PLoS Biol* 19(3):e3001131. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001131>

Martínez, O. (2022). *México en el reciclaje de plásticos*. Grupo Quimisor.

<https://quimisor.com.mx/mexico-en-el-reciclaje-de-plasticos/>



- Montalvo, A. y Olivares, F. (julio 2020). Mecanismos de política para disminuir los residuos plásticos de un solo uso: Revisión de las opciones disponibles y su aplicación en México. *WRI México*.
<https://www.wri.org/publication>; <https://wrimexico.org/publicacion>
- Plastics Technology México (2024). *Reciclaje*. Gardner Business Media Inc. <https://www.pt-mexico.com/zonas/reciclaje>
- Procuraduría Federal del Consumidor (2021). *Contaminación por plástico*. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/contaminacion-por-plastico?idiom=es>
- Ragaert, K., Delva, L. & Geem, K. (2018). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.07.044
- Rikhter, P., Dinc, I., Zhang, Y., Jiang, T., Miyashiro, B., Walsh, S., Wang, R., Dinh, Y. & Suh, S. (March 2022). Life cycle environmental impacts of plastics: a review. National Institute of Standards and Technology. 5-22. <https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.22-032>
- Rivera-Garibay Omar Oslet, Álvarez-Filip Lorenzo, Rivas Miguel, Garelli-Ríos Ornela, Pérez-Cervantes Esmeralda y Estrada-Saldívar Nuria (2020). *Impacto de la contaminación por plástico en áreas naturales protegidas mexicanas*. Greenpeace México.
<https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/08/0ead5354-impacto-de-la-contaminacion-por-plastico-resumen.pdf>
- Valarezo, J. M. y Ruiz, L. (diciembre, 2022). El reciclaje de plásticos, un reto para la economía circular. CEDAMAZ, Vol. 12, No. 2, pp. 203–209, Julio – Diciembre 2022.
DOI: 10.54753/cedamaz.v12i2.1265
- Wang, Ch., Lui, Y., Chen, Wei-Qiang., Zhu, B., Qu, S. (2021). Critical review of global plastics stock and flow data. *Journal Industrial Ecology*, 1-18. Waste Atlas (2022). Recycling rate per country.

