.8 No.4 (2024): Journal Scientific MQRInvestigar ISSN: 2588–0659
https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2450-2463

Application of green chemistry through the use of polymeric materials as a renewable source

Aplicación de la química verde a través del uso de materiales poliméricos como fuente renovable

Autores:

MSc. Santana-Faubla, María Dolores
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
Magister en Ciencias: Manejo Sustentable de Biorecursos y Medio Ambiente
Manta – Ecuador
mariad.santana@uleam.edu.ec
https://orcid.org/0009-0002-1373-5789

MSc. Yépez-Navarrete, Kenia Valeria
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
Magister en Gestion Ambiental
Quevedo – Ecuador
kenia.yepez2015@uteq.edu.ec
https://orcid.org/0000-0001-7838-1622

MSc. Molina-Bravo, Maria Vicenta
INVESTIGADOR INDEPENDIENTE
Magister en Procesamiento de Alimentos
Ecuador
ing.maria_molina@hotmail.com
https://orcid.org/0009-0006-5618-9385

MSc. Tumbaco-Mera, Oscar Ruben
INVESTIGADOR INDEPENDIENTE
Master Universitario en Gestion Ambiental y Energetica de las Organizaciones
Ecuador
oscar.tumbaco9330@outlook.com
https://orcid.org/0009-0009-0185-5805

Fechas de recepción: 25-AGOS-2024 aceptación: 28-OCT-2024 publicación: 15-DIC-2024
https://orcid.org/0000-0002-8695-5005
http://mqrinvestigar.com/

Resumen

Los problemas ambientales en el mundo han llegado al punto de que se ha puesto en peligro la existencia misma de las especies que habitan el planeta, la explotación de los recursos tanto renovables como no renovables cada vez es mucho más alta, y los combustibles fósiles aun dominan el mercado de los combustibles del mundo. El uso de plásticos es uno de los grandes desafíos, ya que al ser provenientes de los procesos petroleros es uno de los contaminantes más feroces y con más presencia en los espacios naturales. Ante toda esta problemática, la propuesta de mejorar y cambiar los procesos industriales por procesos sustentables, así como el fomento de una transformación de materia a través de la llamada "química verde", se pueden lograr cambios significativos que frenen los altos índices de contaminación mundial por plásticos, al utilizar los materiales poliméricos como fuente de recursos renovables. El objetivo de la presente investigación fue conocer más a fondo la aplicación de la química verde a través del uso de materiales poliméricos como fuente renovable. Mediante una metodología de tipo bibliográfica documental, en donde por medio de la utilización de diversos motores de búsqueda, entre ellos el Google Académico, se procedió a realizar una revisión minuciosa del material disponible en diversas revistas de índole científico académicas. Como puntos a resaltar, se puede mencionar que entre los hallazgos más significativos se encuentra que la utilización de la química verde, se han logrado avances de nuevos materiales amigables con el medio ambiente, así como la reutilización de materiales poliméricos lo que se traduce en un ahorro significativos de recursos.

Palabras Clave: Química verde; renovable; contaminación

Abstract

Environmental problems in the world have reached the point where the very existence of the species that inhabit the planet is endangered, the exploitation of both renewable and non-renewable resources is increasingly higher, and fossil fuels still dominate the world's fuel market. The use of plastics is one of the great challenges, since, coming from petroleum processes, they are one of the most ferocious and most present pollutants in natural spaces. Faced with all these problems, the proposal to improve and change industrial processes for sustainable processes, as well as the promotion of a transformation of matter through so-called "green chemistry", can achieve significant changes that curb the high rates of global plastic pollution, by using polymeric materials as a source of renewable resources. The objective of this research was to learn more about the application of green chemistry through the use of polymeric materials as a renewable source. Using a bibliographical and documentary methodology, using various search engines, including Google Scholar, a thorough review of the material available in various academic scientific journals was carried out. Among the most significant findings, it can be noted that the use of green chemistry has led to advances in new environmentally friendly materials, as well as the reuse of polymeric materials, which translates into significant savings in resources.

Keywords: Green chemistry; renewable; pollution

.

Introducción

La creciente preocupación global por la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente ha impulsado la búsqueda de alternativas más ecológicas en diversos sectores industriales. La química verde, un enfoque que busca diseñar productos y procesos químicos más seguros y sostenibles, ha emergido como una respuesta a esta demanda. Uno de los campos donde la química verde ha tenido un impacto significativo es el de los polímeros, materiales que se encuentran omnipresentes en nuestra vida cotidiana.

Tradicionalmente, los polímeros se han obtenido a partir de recursos fósiles, como el petróleo. Sin embargo, la finitud de estos recursos y los impactos ambientales asociados a su extracción y procesamiento han llevado a una intensa investigación en el desarrollo de polímeros de origen renovable. Estos biopolímeros ofrecen una alternativa prometedora, ya que se derivan de fuentes biológicas renovables, como plantas, microorganismos o residuos agrícolas.

La aplicación de los principios de la química verde en la síntesis y procesamiento de polímeros de fuentes renovables presenta múltiples beneficios. En primer lugar, contribuye a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y a mitigar el cambio climático. Al utilizar materias primas renovables, se disminuye la emisión de gases de efecto invernadero asociados a la producción de polímeros convencionales. Además, la química verde promueve el uso de catalizadores más eficientes y selectivos, lo que permite reducir el consumo de energía y la generación de subproductos tóxicos.

Otra ventaja importante de los polímeros de fuentes renovables es su menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Muchos biopolímeros son biodegradables o compostables, lo que significa que pueden descomponerse en compuestos naturales por acción de microorganismos. Esto reduce significativamente la acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente y contribuye a la conservación de los ecosistemas.

La versatilidad de los polímeros de fuentes renovables es otro aspecto destacable. Estos materiales pueden diseñarse para poseer propiedades mecánicas, térmicas y químicas similares o incluso superiores a las de los polímeros convencionales. Esto los hace adecuados para una amplia gama

de aplicaciones, desde envases y embalajes hasta componentes electrónicos y dispositivos médicos.

Sin embargo, a pesar de los avances logrados, aún existen desafíos que deben abordarse para una adopción más amplia de los polímeros de fuentes renovables. Uno de los principales retos es reducir los costos de producción y mejorar las propiedades de algunos biopolímeros para que puedan competir de manera efectiva con los polímeros convencionales en términos de rendimiento y precio. Además, es necesario desarrollar tecnologías más eficientes para la separación y purificación de las materias primas renovables, así como para el reciclaje y la valorización de los biopolímeros al final de su vida útil.

En este artículo, se revisarán los principales avances en el campo de los polímeros de fuentes renovables, con un enfoque en las estrategias de síntesis basadas en los principios de la química verde. Se discutirán las diferentes características de la química verde, y algunos polímeros obtenidos y sus propiedades. Asimismo, se analizarán las aplicaciones potenciales de estos materiales en diversos sectores industriales.

Metodología

Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica para este estudio. Se consultaron diversas plataformas de acceso abierto como ResearchGate y Academia.edu, así como el buscador académico de Google, utilizando bases de datos especializadas en ciencia e ingeniería. Las palabras clave empleadas en las búsquedas fueron "química verde", "uso de polímeros", "aplicación de química verde y polímeros" y "contaminación por polímeros".

Para seleccionar las fuentes más pertinentes y confiables, se priorizaron artículos publicados en revistas científicas de alto impacto, repositorios académicos de reconocida trayectoria y sitios web de organizaciones de prestigio. Además, se consideró la actualidad de la información, dando preferencia a investigaciones recientes que reflejen los últimos avances en el campo de la química verde y su aplicación en la transformación de los procesos de producción de polímeros.

Resultado y discusión

El empleo de materiales poliméricos ha experimentado un auge global sin precedentes. Su bajo costo, versatilidad y amplia gama de propiedades los han posicionado como una elección primordial en diversas aplicaciones industriales y comerciales. Esta creciente demanda se traduce en una producción que superó los 320 millones de toneladas en 2017 y alcanzó los 359 millones en 2018, siendo China el principal productor mundial con un 30% del total. Sin embargo, esta alta producción y consumo generan una problemática ambiental cada vez más grave: los desechos plásticos de un solo uso. Estos productos, conocidos como "comodities", se fabrican en cantidades alarmantes, representando un tercio del consumo total de plástico en Estados Unidos y Europa, y más del 60% de los residuos plásticos posconsumo a nivel mundial (Posada y Montes, 2022).

Por otro lado, es importante mencionar que la industria de los polímeros está en plena expansión, pero se enfrenta a diversos desafíos como la creciente demanda del mercado, la necesidad de cumplir con altos estándares de calidad, el aumento de los costos de las materias primas y las normativas ambientales cada vez más restrictivas. Ante esta situación, se observa un interés cada vez mayor en explorar el potencial de las sustancias naturales como una opción para sustituir total o parcialmente los productos sintéticos (Bussatto y Estenoz, 2021).

Para Zambrano y Latorre (2022, p. 600) los polímeros son macromoléculas compuestas por la repetición de unidades estructurales más simples, denominadas monómeros, unidas mediante enlaces covalentes. De igual manera, Luna (2021, p. 4) menciona que los polímeros constituyen un grupo amplio de materiales con propiedades muy variadas, lo que ha permitido su aplicación en diversos sectores, como la industria textil, la fabricación de recubrimientos (como el teflón), la electrónica (semiconductores) y la creación de fuentes de luz.
Es importante conocer que los polímeros se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación de los polímeros

Fuente: (Zambrano y Latorre, 2022).

Clasificación	Tipos de material Poliméricos	Descripción
Según estructura	Amorfos	No poseen orden en su estructura
	Semicristalino	Poseen regiones con un ordenamiento periódico
Según la estructura química	Homopolímeros	Formados por una sola clase de monómero
	Copolímeros	En la estructura están presentes distintos tipos de monómeros
Según el comportamiento frente al calor	Termoplásticos	Es el grupo de polímeros que tras aplicárseles calor y fundirse o ablandarse, son capaces de volver a recuperar sus propiedades originales como son el polietileno, polipropileno, PVC o las poliamidas
	Termoestables	Estructura entrecruzada, formando una red a base de uniones covalentes.

Es importante entonces, conocer las diferentes caracteristicas que envuelven a los polimeros que cumplen con la particularidad de ser biodegradables, esto lo describe Rodríguez et al. (2021, p. 10):

- Los polímeros tradicionales son inertes ante la acción de la humedad, el oxígeno atmosférico y los microorganismos, debido a su estructura molecular. Esta resistencia a la degradación natural los convierte en materiales no biodegradables.
- Dependiendo de si su origen es natural o sintético, los polímeros biodegradables pueden ser producidos a partir de recursos renovables, como plantas, o de recursos no renovables, a través de procesos químicos.
- Su degradación ocurre mediante procesos biológicos, ya sea en presencia de oxígeno (aeróbica) o en su ausencia (anaeróbica), gracias a la acción de enzimas producidas por microorganismos.
- Los polímeros biodegradables de origen natural son el resultado de los procesos metabólicos de organismos vivos. Gracias a la acción de enzimas, estos polímeros se ensamblan a partir de monómeros y se integran en la cadena alimenticia, lo que facilita su degradación natural.
- Los polímeros biodegradables, al igual que los convencionales, pueden ser diseñados para resistir diversas condiciones. Sin embargo, a diferencia de estos últimos, los biodegradables están diseñados para descomponerse en un tiempo determinado, dejando como resultado sustancias que no perjudican el ecosistema.

Sin embargo, la creciente conciencia global sobre el impacto ambiental de los materiales tradicionales derivados del petróleo ha generado una demanda acelerada de alternativas más sostenibles. Los polímeros de base biológica, obtenidos a partir de recursos renovables, se perfilan como una solución prometedora. La principal ventaja de estos polímeros reside en la capacidad de regeneración de las materias primas utilizadas en su producción. Entre los polímeros de base biológica, los poliésteres alifáticos han sido ampliamente investigados debido a sus propiedades

biodegradables y biocompatibles, lo que los convierte en materiales idóneos para aplicaciones en el ámbito de la salud, gracias a sus excelentes características físicas (Estrada et al., 2023, p. 193).

En este sentido, y con el objetivo de reducir el impacto ambiental de la industria química, surgió la química verde, un nuevo enfoque que busca sustituir los procesos y productos contaminantes por opciones más amigables con el medio ambiente. Los profesores Paul Anastas y John Warner fueron los precursores en este campo, estableciendo un conjunto de 12 principios que guían la práctica de la química verde (Bello y Bahena, 2024).

Según Canastero et al. (2021)la producción masiva de plásticos a partir de polímeros derivados del petróleo ha desencadenado una crisis ambiental sin precedentes. Ante este panorama, resulta imperativo impulsar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para la fabricación plástico que minimicen su impacto ambiental. En este contexto, la química verde emerge como una alternativa prometedora, al proponer procesos de producción más limpios y eficientes, que aprovechen recursos renovables y reduzcan la generación de residuos. La sustitución de los polímeros derivados del petróleo por biopolímeros obtenidos de fuentes naturales representa un paso fundamental hacia una economía circular y un futuro más sostenible.

Pino (2020) define la química verde como “Diseñar productos y procesos limpios para evitar problemas ambientales y de salud.” Por otro lado, Franco y Ordoñez (2020) expresan que la química verde, en su relación con la sostenibilidad, es un área de estudio que ha cobrado gran relevancia en las últimas décadas, atrayendo el interés de una amplia comunidad científica. Este enfoque surgió como respuesta a las crecientes preocupaciones ambientales y sociales que se manifestaron a nivel global desde finales de los años sesenta, a raíz de diversas conferencias y encuentros internacionales.

Al respecto, Zapien et al. (2023) mencionan estos doce principios:

1. Prevención de residuos: El primer principio de química verde busca evitar la generación de residuos en la medida de lo posible.
2. Economia de átomos: Este principio promueve la eficiencia atómica, asegurando que el mayor número posible de átomos de los reactivos se transforme en el producto objetivo.

3. Síntesis mas segura: Este principio promueve el empleo de reactivos y productos químicos menos dañinos para la salud y el medio ambiente durante los procesos de síntesis.
4. Diseño para la eficiencia en el uso de la energía: La química verde busca optimizar el consumo energético en sus procesos, favoreciendo fuentes de energía limpias y reduciendo así la huella de carbono.
5. Uso de materias primas renovables: Se promueve el uso de materias primas renovables para reducir nuestra huella ecológica.
6. Reducción de derivados químicos: Se pretende limitar el uso de sustancias químicas artificiales que representen un riesgo para el medio ambiente.
7. Diseño de productos que sean seguros para el medio ambiente: Se promueve la creación de productos químicos sostenibles que no dañen los ecosistemas.
8. Uso de catálisis: La catálisis permite optimizar los procesos químicos, reduciendo el tiempo de reacción, la cantidad de sustancias iniciales y el consumo energético.
9. Diseño de productos que se descompongan en productos inocuos: Es necesario desarrollar productos químicos que, al llegar al final de su ciclo de vida, se degraden de forma natural en elementos inofensivos.
10. Análisis en tiempo real para prevenir la contaminación: Mediante análisis continuos, se busca identificar y corregir desviaciones en los procesos químicos que podrían generar contaminantes.
11. Desarrollo de técnicas más seguras para la prevención de accidentes: La química verde se enfoca en procesos seguros que eviten accidentes y daños al medio ambiente.
12. Promoción de la conciencia pública: Este principio se centra en educar a la sociedad sobre los problemas ambientales y en resaltar la importancia de la química verde como una herramienta clave para abordar estos desafíos y construir un futuro más sostenible.

En torno a la aplicación de la quimica verde para la formacion de polímeros de una fuene renovable, Cortizo et al. (2023) mencionan que la versatilidad de los compuestos naturales como los terpenos los convierte en una materia prima atractiva para la industria de los polímeros, permitiendo la creación de materiales con propiedades a medida. Existen dos vías principales para sintetizar polímeros a partir de triglicéridos: una que aprovecha la reactividad intrínseca de los

grupos funcionales presentes en estas moléculas y otra que implica una modificación química previa para obtener monómeros más adecuados para la polimerización.

De igual manera, la síntesis enzimática presenta numerosas ventajas en comparación con los métodos químicos tradicionales, como una mayor selectividad en la formación de enlaces, la posibilidad de realizar reacciones en condiciones más suaves y la utilización de sustratos renovables (Villavicencio et al., 2020).

Una de las aplicaciones de la química verde es en la utilización de los recursos dispuestos en materiales biodegradables, Lopretti et al. (2019) mencionan que la extracción de polímeros y compuestos químicos a partir de materiales lignocelulósicos se ha convertido en un campo de gran interés. Estos materiales, compuestos principalmente de celulosa, lignina y hemicelulosas, ofrecen una fuente renovable para producir una amplia gama de productos de alto valor, como textiles, alimentos, medicamentos, papel, paneles y adhesivos. Sus aplicaciones se extienden a diversos sectores, incluyendo la construcción, donde se utilizan como sustitutos, refuerzos o agentes de protección en materiales compuestos y polímeros.

Al implementar esta química, las empresas pueden reducir significativamente sus costos en áreas como gestión de residuos, consumo de energía y cumplimiento normativo. Además, se obtienen beneficios como un aumento de la productividad y una mayor seguridad en el lugar de trabajo (Murcia y Esquiaqui, 2021).

Conclusiones

La química verde ha emergido como un paradigma fundamental en la búsqueda de soluciones sostenibles a los desafíos ambientales actuales. Su aplicación en el campo de los polímeros ha dado lugar a una nueva generación de materiales con propiedades y características únicas, que ofrecen alternativas prometedoras a los polímeros convencionales derivados del petróleo.

La transición hacia polímeros de fuentes renovables representa un paso significativo hacia una economía circular, donde los recursos se utilizan de manera eficiente y los residuos se minimizan. Al aprovechar materias primas renovables, se reduce la dependencia de los combustibles fósiles y se mitigan los impactos ambientales asociados a su extracción y procesamiento. Además, los biopolímeros ofrecen una amplia gama de propiedades, lo que los hace adecuados para una multitud de aplicaciones, desde envases y embalajes hasta componentes electrónicos y dispositivos médicos.

Sin embargo, es importante reconocer que aún existen desafíos que deben abordarse para una adopción más amplia de los polímeros de fuentes renovables. Los costos de producción, la disponibilidad de materias primas y la necesidad de desarrollar tecnologías más eficientes para el procesamiento y reciclaje de estos materiales son algunos de los obstáculos que deben superarse.

A pesar de estos desafíos, las perspectivas futuras son prometedoras. La investigación continua en el campo de la química verde y la ingeniería de materiales está dando lugar a nuevos avances en el desarrollo de polímeros de fuentes renovables con propiedades mejoradas. Además, el creciente interés de los consumidores y las empresas por productos sostenibles está impulsando la demanda de estos materiales.

En conclusión, la química verde y los polímeros de fuentes renovables representan una oportunidad única para construir un futuro más sostenible. Al integrar los principios de la química verde en el diseño y producción de materiales poliméricos, podemos reducir nuestro impacto ambiental, preservar los recursos naturales y promover una economía circular. Es fundamental continuar invirtiendo en investigación y desarrollo en este campo para acelerar la transición hacia una sociedad más sostenible.

Referencias bibliográficas

Bello, M., & Bahena, E. (2024). Ecologización de la industria farmacéutica: la química verde en el desarrollo de medicamentos. Revista Digital Universitaria UNAM, 25(1). doi:http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2024.25.1.9

Bussatto, C., & Estenoz, D. (2021). Desarrollo sostenible en el centro norte de la provincia de Santa Fe. Santa Fe: Ediciones UNL.

Canastero, A., Falla, G., Esquivel, J., López, H., & Guevara, E. (2021). Produccion de papel y plastico a microescala: Alternativas de educacion en Quimica Verde. Revista Electrónica EDUCyT, 1(2), 931–939. Recuperado el 18 de Octubre de 2024, de https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/98/96

Cortizo, S., Oberti, T., & Peruzzo, P. (2023). Introducción a la síntesis de polímeros. Editorial de la UNLP. Recuperado el 17 de Octubre de 2024, de

https://www.researchgate.net/publication/376212000_Introduccion_a_la_sintesis_de_polimeros

Estrada, A., Díaz, R., Acuña, P., Sáenz, A., & Castañeda, A. (12 de Abril de 2023). Revisión: Bionanocompuestos a partir de fuentes renovables reforzado con nanocristales de celulosa y nanopartículas. Afinidad. doi: HTTPS://DOI.ORG/10.55815/417970

Franco, R., & Ordoñez, L. (22 de Diciembre de 2020). El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002-2018. Educacion Quimica, 31(1). doi:https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414

Lopretti, M., Lluberas, G., Montanez, A., Silva, C., Vega–Baudrit, J., & Pereira, R. (2019). Poliuretanos como producto de la biorrefineria de la industrializacion del arroz. Revista Iberoamericana de Polímeros y Materiales, 20(1), 44-53. Recuperado el 18 de Octubre de 2024, de https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/6857722b-e50a-4c6d-a30e-65f8b982796c/content

Luna, L. (2021). Elaboración de un material polimérico a base de proteínas y minerales. Santiago de Querétaro: Tesis presentada previo a la obtención del titulo de Ingeniero en Nanotecnología. Recuperado el 16 de Octubre de 2024, de https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/2683/1/RI005742.pdf

Murcia, J., & Esquiaqui, L. (12 de Octubre de 2021). Química verde aplicada en los residuos de universidades. Educación Química, 32(2). doi:https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.2.76534

Pino, A. L. (2020). Quimica Verde. Enfoque Sistémico. Santa Fe: Ediciones UNL. Recuperado el 17 de Octubre de 2024, de https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5630/PINO-qu%C3%ADmica%20verde_DIGITAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Posada, J. C., & Montes, E. (2022). Materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. Informador Técnico, 81(1), 94 - 110. doi:http://doi.org/10.23850/22565035.3417

Rodríguez, E., Bernal, A., Gaitán, H., Kim, C., Salguero, J., Toledo, E., . . . Martínez, A. (2021). La Ciencia de los Polímeros Biodegradables. Jovenes en la Ciencia, 10. Recuperado el 17 de Octubre de 2024, de http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/6021/1/La%20Ciencia%20de%20los%20Pol%c3%admeros%20Biodegradables.pdf

Villavicencio, J., Enriquez, L., Benitez, R., Martin, J., & Rojas, G. (2020). Lipasas en síntesis de polímeros: avances y contribución a la química verde de polímeros. Revista Colombiana de Biotecnología, 21(2). doi:https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n2.72362

Zambrano, C., & Latorre, G. (Junio de 2022). Materiales Poliméricos y el impacto ambiental: Una revisión. Polo del Conocimiento, 7(6), 596-614. doi:10.23857/pc.v7i6.4092

Zapien, J., Vásquez, E., Pozuelo, M., Zorrilla, A., Flores, E., Guzmán, O., . . . Vázquez, E. (2023). Principios de química verde aplicados a la síntesis de materiales carbonosos para su uso en remediación ambiental. Jovenes en la Ciencia, 21. Recuperado el 17 de Octubre de 2024, de https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/download/4125/3608/13482

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.