



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,
Volumen 9, Número 1.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1

BIOPLÁSTICOS Y SU IMPACTO AMBIENTAL: PRODUCCIÓN A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES Y COMPARACIÓN CON PLÁSTICOS CONVENCIONALES

**BIOPLASTICS AND THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT:
PRODUCTION FROM RENEWABLE SOURCES AND
COMPARISON WITH CONVENTIONAL PLASTICS**

Paulina Gabriela Mena Pástor
Investigador independiente - Ecuador

Kelly Estefanía Vaca Ulloa
Investigador independiente - Ecuador

Johny Adrián Mena Pástor
Investigador independiente - Ecuador

Bioplásticos y su impacto ambiental: producción a partir de fuentes renovables y comparación con plásticos convencionales

Paulina Gabriela Mena Pástor¹

paulimenap94@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-2239-5828>

Investigador independiente
Ecuador

Kelly Estefanía Vaca Ulloa

estefaniavacaulloa@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-1525-9253>

Investigador independiente
Ecuador

Johny Adrián Mena Pástor

jhony08men@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-5426-7234>

Investigador independiente
Ecuador

RESUMEN

La contaminación plástica se ha convertido en un serio problema medioambiental a causa del incremento en la generación y acumulación de plásticos provenientes del petróleo. En este contexto, los bioplásticos se han presentado como una opción sustentable, dado que se fabrican a partir de recursos renovables como el almidón, la celulosa y el ácido poliláctico (PLA). Este estudio analiza investigaciones recientes con el propósito de evaluar la viabilidad de los bioplásticos como sustitutos de los polímeros tradicionales, considerando su impacto ambiental, propiedades y aplicaciones industriales. Para ello, se recopilaron datos a través de bases científicas reconocidas como Scopus, ScienceDirect y SpringerLink, priorizando publicaciones entre 2020 y 2025. Se escogieron investigaciones con validación experimental entorno a biodegradabilidad, ciclo de vida y procedimientos de fabricación de bioplásticos. La información fue organizada en tablas comparativas para resaltar las diferencias clave entre bioplásticos y plásticos convencionales. Los resultados indican que los bioplásticos poseen beneficios en cuanto a biodegradabilidad y disminución de emisiones de carbono, a pesar de que enfrenta ciertos obstáculos como altos costos de fabricación y algunas restricciones mecánicas. Sin embargo, su desarrollo continúa, recalcando la relevancia de optimizar su producción y expandir su aplicación disminuyendo el impacto ecológico de los plásticos convencionales.

Palabras clave: contaminación, almidón, celulosa, sustitutos, industria

¹ Autor principal

Correspondencia: paulimenap94@gmail.com

Bioplastics and their environmental impact: production from renewable sources and comparison with conventional plastics

ABSTRACT

Plastic pollution has become a serious environmental problem due to the increase in the generation and accumulation of petroleum-based plastics. In this context, bioplastics have emerged as a sustainable option, since they are made from renewable resources such as starch, cellulose and polylactic acid (PLA). This study analyzes recent research with the purpose of evaluating the viability of bioplastics as substitutes for traditional polymers, considering their environmental impact, properties and industrial applications. For this purpose, data were collected through recognized scientific databases such as Scopus, ScienceDirect and SpringerLink, prioritizing publications between 2020 and 2025. Research with experimental validation on biodegradability, life cycle and manufacturing processes of bioplastics was selected. The information was organized into comparative tables to highlight key differences between bioplastics and conventional plastics. The results indicate that bioplastics have benefits in terms of biodegradability and reduced carbon emissions, although they face certain obstacles such as high manufacturing costs and some mechanical constraints. However, their development continues, emphasizing the relevance of optimizing their production and expanding their application while decreasing the ecological impact of conventional plastics.

Keywords: contamination, starch, cellulose, substitutes, industry

Artículo recibido 18 noviembre 2024

Aceptado para publicación: 30 diciembre 2024



INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, la modernización de los procesos industriales ha tenido como objetivo la creación de productos que satisfagan las necesidades humanas (Malik et al., 2023), un ejemplo de ello es la producción de plásticos que ha ido en aumento con el paso del tiempo, en los últimos 65 años ha superado a cualquier otro material producido por el hombre (Riofrio et al., 2022). Según da Silva Fernandes et al. (2023) a nivel mundial se desechan 52 kg de plásticos por persona; a nivel nacional en Ecuador se estima que los plásticos generan más de 500 toneladas de residuos cada año (Riofrio et al., 2022). Estas cifras son preocupantes, y si no se modifican los hábitos de consumo ni se mejora la gestión de residuos, para el año 2050 se habrán generado aproximadamente 12.000 millones de toneladas de desechos plásticos (Zambrano-Monserrate & Alejandra Ruano, 2020).

La producción de plástico representa el 4% de las emisiones mundiales totales de dióxido de carbono (CO₂), estos plásticos no biodegradables ponen en riesgo la seguridad humana y la de los ecosistemas (Schmaltz et al., 2020). A medida que el plástico se degrada se producen micro y nanoplasticos que pueden actuar como vectores de contaminación orgánica y transferir su toxicidad a los organismos vivos (Rai et al., 2021). El aumento de los residuos plásticos se ha intensificado debido al consumo excesivo en países industrializados y a la pandemia de COVID-19 (Yuan et al., 2021). Debido a las propiedades del plástico como resistencia, durabilidad y versatilidad son esenciales en el sector de la salud, donde se emplean en la fabricación de herramientas y equipos médicos desechables (Chen et al., 2020). Además, su uso en empaques es fundamental, siendo la aplicación más extendida a nivel mundial, el embalaje de alimentos (Parashar & Hait, 2021).

Una alternativa sostenible a la contaminación generada por los plásticos convencionales son los biopolímeros que pueden obtenerse a partir de fuentes renovables como plantas, animales y microorganismos (Swetha et al., 2024), lo cual permite lograr su producción sin causar daños o impactos negativos al medio ambiente. Los biopolímeros representan una opción ecológica y sustentable para reemplazar a los plásticos convencionales derivados del petróleo, los cuales se acumulan en suelos, ríos y océanos y tardan siglos en degradarse (David et al., 2021). La producción mundial de bioplásticos en el 2020 llegó a 2,22 Mt y se espera que en los próximos años pueda alcanzar una producción de 6,30 Mt por año (Bracciale et al., 2024).



Los bioplásticos pueden ser la clave para una transición hacia una economía más sostenible y circular, donde se aprovechen los recursos de mejor manera y se reduzca la generación de residuos. Además, se resalta el impacto positivo en la creación de nuevas industrias y en la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles (Jasso Ibarra et al., 2024). Navasingh et al. (2023) menciona que los bioplásticos permiten reducir las emanaciones de gases con efecto invernadero, debido a que estos son bastante fáciles de descomponer en el ambiente natural, dependiendo del tipo de suelo y del medio ambiente en donde se descompongan.

Actualmente se están investigando diferentes compuestos biodegradables a base de almidón de plantas como maíz, papa y arroz para la producción de bioplásticos (Phadke & Rawtani, 2023), los mismos que pueden ser utilizados como envases para alimentos, sin causar ningún impacto perjudicial para la salud del consumidor (Silva et al., 2020). De igual manera se siguen realizando investigaciones para utilizar ciertos desechos orgánicos como la cascara de maracuyá, el almidón de aguacate, de yuca (Henao-Díaz et al., 2021) y los residuos de soja a escala industrial (Bagnani et al., 2024) en la producción de bioplásticos que puedan degradarse en un menor tiempo.

La materia prima para la producción de bioplásticos se puede dividir en tres generaciones. La primera generación incluye plantas con alto contenido de carbohidratos, especialmente aquellas ricas en almidón, como el maíz (Vink et al., 2003). La segunda generación abarca cultivos no destinados al consumo humano, como la celulosa derivada de cáscaras o la melaza de caña de azúcar (Brizga et al., 2020). En la tercera generación, la materia prima se basa en la combinación de biomasa de algas y residuos industriales, los cuales se procesan mediante métodos fisicoquímicos (Jōgi & Bhat, 2020). La conversión de desechos alimenticios en bioplásticos representa una vía prometedora para enfrentar los retos ambientales y la gestión de residuos. No obstante, se destaca la ausencia de metodologías estandarizadas para evaluar la biodegradabilidad de los biopolímeros, lo que subraya la necesidad de intensificar la investigación en este campo. Esto permitirá optimizar el uso de desechos orgánicos y asegurar una mayor sostenibilidad ambiental (Ramadhan & Handayani, 2020). El objetivo de esta revisión es explorar el estado actual de la investigación sobre bioplásticos elaborados a partir de biopolímeros naturales, evaluando su impacto ambiental y su viabilidad como alternativa a los plásticos convencionales. Se examinan las propiedades de estos materiales, su potencial para reducir la

contaminación plástica, las opciones más sostenibles disponibles y su aplicabilidad en la industria

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta revisión, se realizó un análisis detallado de la literatura científica disponible, enfocándose en la producción de bioplásticos a partir de fuentes renovables y su impacto ambiental en relación con los plásticos convencionales. El objetivo fue recopilar y evaluar información relevante para comprender el estado actual de estos materiales y su potencial como alternativa sostenible. El proceso metodológico se estructuró en tres etapas: selección de fuentes, definición de criterios de selección, y análisis de la información recolectada.

Fuentes de información

Para garantizar la calidad y fiabilidad de los estudios revisados, la búsqueda de información se llevó a cabo en bases de datos científicas ampliamente reconocidas, como Scopus, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. Se dio prioridad a artículos publicados en revistas indexadas y trabajos con revisión por pares que abordaran temas clave como la producción, caracterización y biodegradabilidad de los bioplásticos.

Criterios de selección

- Se seleccionaron artículos publicados entre los años 2020 al 2025, con el propósito de incluir investigaciones actualizadas sobre bioplásticos y sus aplicaciones.
- Estudios en inglés y español fueron seleccionados para una mayor amplitud de información.
- La selección incluyó estudios enfocados en la producción de bioplásticos a partir de fuentes renovables, su impacto ambiental, propiedades fisicoquímicas y comparación con plásticos convencionales.
- Se dio prioridad a investigaciones que presentaran experimentos de laboratorio, análisis de ciclo de vida (LCA), estudios de biodegradabilidad y caracterización de materiales.
- Para los resultados fueron usados estudios de revisión y se reafirmó la información con investigaciones de validación experimental.

Proceso de análisis

La información recopilada fue organizada y analizada a través de un enfoque comparativo que integró tanto una revisión narrativa como un análisis sistemático. Para facilitar la comprensión y evaluación de



los bioplásticos, estos fueron clasificados en tres categorías según la materia prima utilizada:

Almidón: Se analizaron sus propiedades estructurales, su facilidad de procesamiento y sus limitaciones mecánicas. Se incluyeron estudios sobre su uso en empaques biodegradables y su tasa de degradación en diferentes ambientes.

Celulosa: Se evaluaron sus aplicaciones en la industria de los bioplásticos, los avances recientes en su procesabilidad y las mejoras en su resistencia estructural.

Ácido poliláctico (PLA): Se revisó su aplicación en la fabricación de empaques sostenibles, tomando en cuenta su contribución a la reducción de residuos plásticos y su factibilidad económica en relación con los polímeros sintéticos.

Plástico convencional: Se examinaron estudios sobre plásticos derivados del petróleo, los datos recopilados fueron clasificados según parámetros clave como su composición, procesamiento, aplicaciones y limitaciones.

La información obtenida fue organizada en tablas comparativas para facilitar la identificación de tendencias y diferencias entre los distintos tipos de bioplásticos y plásticos convencionales. Este análisis permitió comprender el estado actual de estos materiales, su potencial como alternativa a los plásticos derivados del petróleo y los retos que aún deben superarse para avanzar hacia una transición efectiva hacia soluciones más sostenibles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los plásticos biodegradables que se producen a partir de almidón proveniente de fuentes renovables como maíz, papa, trigo o yuca, pueden ser una alternativa prometedora para reemplazar o reducir el uso excesivo de los plásticos convencionales (George et al., 2020). El almidón es el biopolímero más utilizado para la fabricación de bioplásticos especialmente el de maíz, aproximadamente el 85% de almidón que se produce a nivel mundial proviene de esta planta. Otras fuentes de almidón como la papa, el trigo y el arroz también son empleados en la industria, pero en menor porcentaje (Erenstein et al., 2022). Los almidones son una materia prima atractiva debido a sus características, como su bajo consumo energético durante la producción, su potencial para agregar valor a subproductos, su biodegradabilidad, y su capacidad de renovación anual, entre otros beneficios (Adamcová et al., 2019). A pesar de que los bioplásticos a base de almidón han demostrado ser exitosos en su implementación,

principalmente debido a sus ventajas ambientales, todavía enfrentan desafíos significativos para reemplazar a los plásticos convencionales. Entre estos desafíos destacan su sensibilidad a la humedad y sus limitadas propiedades mecánicas. Sin embargo, estos inconvenientes pueden mitigarse mediante tratamientos como la irradiación UV o el uso de rayos ionizantes (rayos gamma) (Shahabi-Ghahfarokhi et al., 2019). Otra forma de mejorar las características de los biopolímeros provenientes de almidón es utilizando plastificantes, estos ayudan a debilitar la atracción de los enlaces de hidrogeno del almidón, amilosa y amilopectina; además permiten mejorar la flexibilidad y rigidez del bioplástico. Algunos de los plastificantes más utilizados en la fabricación de biopolímeros incluyen a la fructosa, glucosa, sacarosa, urea, glicerol, trietanolamina, glicol, sorbitol y xilitol (Abotbina et al., 2021).

A diferencia de los almidones, la celulosa es un biomaterial con alta resistencia y propiedades mecánicas superiores (Ray et al., 2021); en un estudio realizado por Rendón-Villalobos et al. (2022), se utilizó el desecho de mango para obtener almidón y microcelulosa para la producción de bioplásticos; además, se realizó un análisis de biodegradación aerobia dando como resultados que la adición de celulosa ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del biopolímero. Otro estudio realizado por Tan et al. (2022), señala que el bioplástico de almidón reforzado con quitosano presenta una mayor estabilidad térmica y resistencia al agua en comparación con el bioplástico de almidón puro. Asimismo, este material muestra una degradación del 50% de su peso inicial tras 28 días, lo que evidencia su superior sostenibilidad frente a los plásticos derivados del petróleo.

Los estudios sobre la biodegradabilidad de los biopolímeros son fundamentales para su desarrollo. Según Rendón-Villalobos et al. (2022), para que un bioplástico sea considerado biodegradable, debe experimentar un cambio en su estructura química en un período menor a seis meses. Actualmente, más del 99% de los plásticos utilizados en envases y bolsas son fabricados a partir de polímeros derivados del petróleo (Owi et al., 2019). En este contexto, la biodegradabilidad, renovabilidad y abundancia del almidón lo convierten en un candidato ideal para su uso, especialmente en bioplásticos destinados al embalaje (Yang et al., 2022).

Según Colzi et al. (2022), los bioplásticos merecen especial atención no solo en la fabricación de envases para el sector alimentario, sino también en la agricultura. Una de sus aplicaciones más relevantes en suelos cultivables son las películas de mantillo, elaboradas principalmente a partir de

bioplásticos a base de almidón. Su uso constituye una valiosa contribución para reducir la contaminación plástica residual en los suelos agrícolas. Una investigación desarrollada por Kundu & Payal (2022) demostró que los bioplásticos a base de almidón de papa pueden degradarse de forma exitosa en presencia de bacterias cultivadas y con α -amilasa fúngica de forma completa en un periodo de tiempo de 96 h y 48 h respectivamente.

El ácido poliláctico (PLA) se obtiene mediante la fermentación de azúcares provenientes de cultivos como el maíz, la caña de azúcar y la remolacha; estos azúcares se transforman en ácido láctico, que luego se polimeriza para generar PLA (Camposano & Riera, 2022).

La capacidad de producción mundial de PLA ha demostrado un aumento considerable en años recientes, en 2019, la producción de PLA alcanzó cerca de 290.000 toneladas (Consultancy, 2023). Adicionalmente, en 2022, las formas primarias del PLA llegaron a un volumen de comercio mundial de \$664 millones, lo que señala un aumento en su disponibilidad en el mercado (Observatory of Economic Complexity, 2024). Pese a que los progresos tecnológicos han ayudado a disminuir los gastos de fabricación del PLA, este biopolímero continúa siendo más caro que los plásticos provenientes del petróleo. Elementos como el costo de los insumos y los procedimientos de producción afectan su costo final (Naser et al., 2021).

Investigaciones actuales han evidenciado que el PLA no se degrada totalmente en ambientes naturales, en particular en entornos acuáticos, lo que podría conducir a la creación de microplásticos que suponen peligros para la biota expuesta. No obstante, bajo condiciones de compostaje industrial, con altas temperaturas y un control de la humedad, el PLA puede desintegrarse de forma más eficaz; estas circunstancias intensifican la hidrólisis del PLA, promoviendo su biodegradación total (Ali et al., 2023)

El Ácido Poliláctico (PLA) es un polímero termoplástico que se puede modificar a través de extrusión, inyección de molde e impresión en 3D, durante el proceso de procesamiento, experimenta degradación térmica, lo que puede impactar sus características mecánicas y térmicas; factores como la temperatura, la duración del alojamiento y la humedad deben ser regulados para reducir estos impactos adversos (Velghe et al., 2023). Por otro lado, este polímero puede tener estructuras amorfas o semicristalinas, y sus características pueden ser modificadas alterando la proporción sus isómeros, así como del peso molecular y la copolimerización esto posibilita obtener una extensa variedad de propiedades mecánicas

y térmicas, ajustándose a diversas demandas industriales (Zuluaga, 2023).

Una investigación reciente resalta su aplicación en la industria de empaques para producir botellas, películas y contenedores compostables, en el ámbito biomédico se utiliza en suturas reabsorbibles, sistemas de liberación controlada de medicamentos y andamios para la ingeniería de tejidos gracias a su biocompatibilidad (Chen et al., 2020).

El uso de plásticos convencionales, obtenidos principalmente de fuentes fósiles como el petróleo y el gas natural, han mostrado un notable aumento en las últimas décadas. En América Latina, el consumo per cápita ha pasado de 7 kg por persona al año en 1980 a más de 30 kg en la actualidad en los siete países más poblados de la región (Bianco et al., 2021). Este crecimiento evidencia la elevada disponibilidad de estos materiales y su fuerte presencia en distintos sectores industriales y comerciales. La producción de plásticos tiene un costo relativamente bajo, sin embargo, no considera los efectos ambientales y sociales que resultan de su fabricación, uso y disposición final. Un informe de (WWF, 2021) estimó que en 2019 los costos sociales, ambientales y económicos del ciclo de vida del plástico alcanzaron los 3,7 billones de dólares, superando el PIB de India; si no se implementan acciones correctivas, estos gastos podrían incrementarse para 2040, lo que resalta la importancia de evaluar tanto los costos directos como los impactos adversos a largo plazo en el medio ambiente y la sociedad. Los plásticos tradicionales, tales como el polietileno y el polipropileno, muestran una notable resistencia a la biodegradación gracias a su composición química, resistente a la descomposición microbiana lo que les facilita sobrevivir en el entorno durante siglos (Arbeláez et al., 2024). En cuanto a su procesamiento, se lleva a cabo mediante técnicas como la extrusión, el moldeo por inyección y el moldeo por soplado, las cuales permiten la producción de una amplia gama de productos con distintas formas y propiedades; para optimizar su rendimiento y adaptabilidad, es común la incorporación de aditivos químicos que mejoran aspectos como la flexibilidad, durabilidad y resistencia a factores externos (Centro de Actividad Regional Para el Consumo y la Producción Sostenible, 2020).

El polietileno y el polipropileno se caracterizan por su elevada ligereza y resistencia mecánica a la compresión, un elevado nivel de transparencia y brillo, además de una notable resistencia frente a varios disolventes químicos, así como frente a álcalis y ácido (Casas et al., 2022). El polietileno se emplea en la fabricación de productos como envases, bolsas, tuberías y componentes para la construcción; el

polipropileno se utiliza en aplicaciones técnicas, incluyendo piezas para la industria automotriz, textiles y envases para alimentos (Posada & Montes, 2022). Estos plásticos tienen restricciones importantes en cuanto a sostenibilidad, su capacidad para biodegradarse, su fabricación se basa en gran parte en recursos fósiles no renovables, lo que supone retos para la sostenibilidad en el largo plazo. Estas restricciones resaltan la importancia de crear opciones más sustentables y de aplicar tácticas eficaces para atenuar los efectos adversos vinculados al empleo de plásticos tradicionales.

Tabla 1. Comparación de Materiales para la Producción de Plásticos: Almidón, Celulosa, PLA y Plásticos Convencionales

Categoría	Almidón	Celulosa	PLA	Plástico Convencional
Fuente principal	Maíz, papa, yuca, etc.	Plantas lignocelulósicas (residuos agrícolas)	Maíz, caña de azúcar y remolacha, que se polimerizan	Se derivan de fuentes fósiles como el petróleo y el gas natural.
Disponibilidad	Amplia, se renueva de forma anual	Abundante, se encuentra presente en gran variedad de recursos vegetales	En 2019 se produjeron 290.000 toneladas, y en 2022 alcanzó \$664 millones en comercio mundial.	El consumo per cápita aumentó de 7 kg en 1980 a más de 30 kg en la actualidad, mostrando su elevada disponibilidad
Costo	Relativamente bajo	Moderado, depende del tipo de extracción	Costoso en comparación con plásticos derivados del petróleo	La producción tiene un costo bajo, pero no considera los efectos sociales y ambientales.
Biodegradabilidad	Alta biodegradabilidad, depende de las condiciones naturales y tipo de suelo	Alta biodegradabilidad, puede depender de las modificaciones realizadas	No se degrada completamente en ambientes naturales	Baja biodegradación, debido a su composición química.
Procesamiento	Fácil de procesar a bajas temperaturas	Requiere de un mayor procesamiento químico y/o físico	Procesado por extrusión, moldeo por inyección e impresión 3D	Se procesan mediante la extrusión, el moldeo por inyección y el moldeo por soplado.
Propiedades	Sensible a la humedad y con propiedades mecánicas limitadas	Mejor resistencia mecánica y resistencia al agua	Sus propiedades mecánicas y térmicas pueden ajustarse mediante isómeros y copolimerización	Son ligeros, resistentes mecánicamente, tienen alta transparencia, brillo y resistencia a disolventes químicos, álcalis y ácidos
Aplicaciones	Envases, películas de mantillo,	Películas, fibras, recubrimientos, entre otros	Botellas, suturas reabsorbibles, liberación de	Envases, bolsas, tuberías y construcción,

Categoría	Almidón	Celulosa	PLA	Plástico Convencional
	utensilios desechables		medicamentos, ingeniería de tejidos	textiles y envases alimenticios
Impacto ambiental	Contribuye al aprovechamiento de recursos renovables y ayuda a reducir el impacto ambiental	Promueve el uso de recursos comestibles como los residuos agrícolas	En entornos naturales puede generar microplásticos, afectando la biota	Significativo debido a su baja biodegradabilidad, contribuyendo a la acumulación de residuos y la contaminación por microplásticos
Limitaciones	Alta sensibilidad a la humedad y estabilidad térmica	Requiere de un mayor número de procesos para mejorar sus propiedades hidrofóbicas y mecánicas	Baja resistencia al impacto, lenta cristalización y limitada estabilidad térmica restringen sus aplicaciones	Persistencia en el medio ambiente, su resistencia a la descomposición microbiana y su dependencia de recursos fósiles no renovables.

CONCLUSIONES

El estudio comparativo entre bioplásticos y plásticos convencionales muestra que los biopolímeros tienen el potencial de ser una alternativa viable para disminuir la contaminación generada por el uso excesivo de plásticos sintéticos.

Materiales como el ácido poliláctico (PLA), el almidón y la celulosa presentan beneficios ambientales importantes, ya que son biodegradables y no dependen en gran medida de fuentes fósiles. Sin embargo, su producción enfrenta limitaciones, como costos elevados, menor resistencia mecánica y exigencias específicas en su procesamiento.

Por otro lado, los plásticos convencionales siguen siendo los más utilizados debido a su bajo costo, amplia disponibilidad y versatilidad en distintas aplicaciones industriales. A pesar de estas ventajas, su lento proceso de degradación y acumulación en el ambiente agravan la crisis de contaminación plástica, generando serios problemas ecológicos y sociales.

Aunque los bioplásticos representan una opción más sostenible, aún requieren mejoras en su resistencia y costos de producción. Además, es fundamental impulsar políticas públicas y regulaciones que fomenten su uso y promuevan una transición efectiva hacia materiales biodegradables, con el fin de mitigar el impacto ambiental generado por los plásticos tradicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abotbina, W., Sapuan, S. M., Sultan, M. T. H., Alkbir, M. F. M., & Ilyas, R. A. (2021). Development and Characterization of Cornstarch-Based Bioplastics Packaging Film Using a Combination of Different Plasticizers. *Polymers*, 13(20), 3487. <https://doi.org/10.3390/polym13203487>
- Adamcová, D., Zloch, J., Brtnický, M., & Vaverková, M. D. (2019). Biodegradation/Disintegration of Selected Range of Polymers: Impact on the Compost Quality. *Journal of Polymers and the Environment*, 27(4), 892–899. <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01393-3>
- Ali, W., Ali, H., Gillani, S., Zinck, P., & Souissi, S. (2023). Polylactic acid synthesis, biodegradability, conversion to microplastics and toxicity: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(3), 1761–1786. <https://doi.org/10.1007/s10311-023-01564->
- Arbeláez, F., Betancur, D., Correa, P., & Espeleta, C. (2024). Estudio comparativo de las propiedades mecánicas de concretos modificados con residuos plásticos granulados y no granulados. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40(1), 543–552.
<https://doi.org/https://doi.org/10.20937/RICA.54682>
- Bagnani, M., Peydayesh, M., Knapp, T., Appenzeller, E., Sutter, D., Kränzlin, S., Gong, Y., Wehrle, A., Greuter, S., Bucher, M., Schmid, M., & Mezzenga, R. (2024). From Soy Waste to Bioplastics: Industrial Proof of Concept. *Biomacromolecules*, 25(3), 2033–2040.
<https://doi.org/10.1021/acs.biomac.3c01416>
- Bianco, C., Isso, F., & Moskat, M. (2021). Plásticos en América Latina. In *Taller ecologista*.
- Bracciale, M. P., De Gioannis, G., Falzarano, M., Muntoni, A., Poletini, A., Pomi, R., Rossi, A., Sarasini, F., Tirillò, J., & Zonfa, T. (2024). Disposable Mater-Bi® bioplastic tableware: Characterization and assessment of anaerobic biodegradability. *Fuel*, 355, 129361.
<https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2023.129361>
- Brizga, J., Hubacek, K., & Feng, K. (2020). The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints. *One Earth*, 3(1), 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.06.016>
- Campozano, I. R., & Riera, M. A. (2022). Ácido Poliláctico, Una Revisión De Los Métodos De Producción Y Sus Aplicaciones. *Publicaciones de Ciencias y Tecnologías*, 16(1), 42–53.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6908007>



- Casas, Y., Fuquen, L., Ramírez, D., & Gómez, A. (2022). Avances en biotecnología ambiental: Biorremediación de plásticos. *Investigación, Innovación, Ingeniería*, 4(2), 89–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.24267/23462329.939>
- Centro de Actividad Regional Para el Consumo y la Producción Sostenible. (2020). *Los aditivos tóxicos del plástico y la economía circular*.
- Chen, C., Ng, D. Y. W., & Weil, T. (2020). Polymer bioconjugates: Modern design concepts toward precision hybrid materials. *Progress in Polymer Science*, 105, 101241. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2020.101241>
- Chen, W.-Q., Ciacci, L., Sun, N.-N., & Yoshioka, T. (2020). Sustainable cycles and management of plastics: A brief review of RCR publications in 2019 and early 2020. *Resources, Conservation and Recycling*, 159, 104822. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.10482>
- Consultancy, E. (2023). *Polylactic Acid Market by End-Use Industry and Region – Global Trends and Forecast 2022 to 2029*. <https://exactitudeconsultancy.com/es/reports/10378/polylactic-acid-market>
- Colzi, I., Renna, L., Bianchi, E., Castellani, M. B., Coppi, A., Pignattelli, S., Loppi, S., & Gonnelli, C. (2022). Impact of microplastics on growth, photosynthesis and essential elements in Cucurbita pepo L. *Journal of Hazardous Materials*, 423, 127238. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127238>
- da Silva Fernandes, F. A., Serra, J. C. V., de Oliveira Costa, D. do S., & Martin, C. A. G. (2023). Production of Biodegradable Polymeric Composites with the Addition of Waste. *Materials*, 16(18), 6305. <https://doi.org/10.3390/ma16186305>
- David, A., Otero, P., Mary, R., & Guevara, B. (2021). Alternativa Verde: Bioplásticos Elaborados Con Biopolímeros De Origen Renovable – Revisión. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 2(1). <https://doi.org/10.22490/ECBTI.4793>
- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B. M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Security*, 14(5), 1295–1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>

- George, A., Sanjay, M. R., Srisuk, R., Parameswaranpillai, J., & Siengchin, S. (2020). A comprehensive review on chemical properties and applications of biopolymers and their composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, *154*, 329–338. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.120>
- Henao-Díaz, L. S., Cadena-Casanova, C. L., Bolio López, G. I., Veleza, L., Azamar-Barrios, J. A., Hernández-Villegas, M. M., & Córdova-Sánchez, S. (2021). Obtaining and characterization films of a bioplastic obtained from passion fruit waste (*Passiflora edulis*). *Agro Productividad*, *II*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i7.2010>
- Jasso Ibarra, S. L., Aguilera Martínez, Á. G., & Amaya Zapata, N. I. (2024). Bioplásticos: Una Mirada Integral a su Viabilidad y Aceptación en el Mercado de Consumo. *Emergentes - Revista Científica*, *4*(2), 230–246. <https://doi.org/10.60112/erc.v4i2.142>
- Jōgi, K., & Bhat, R. (2020). Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, *18*, 100326. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100326>
- Kundu, R., & Payal, P. (2022). Biodegradation Study of Potato Starch-Based Bioplastic. *Current Chinese Chemistry*, *2*(2). <https://doi.org/10.2174/2666001601666210419110711>
- Malik, S., Muhammad, K., & Waheed, Y. (2023). Nanotechnology: A Revolution in Modern Industry. *Molecules*, *28*(2), 661. <https://doi.org/10.3390/molecules28020661>
- Navasingh, R. J. H., Gurunathan, M. K., Nikolova, M. P., & Królczyk, J. B. (2023). Sustainable Bioplastics for Food Packaging Produced from Renewable Natural Sources. *Polymers*, *15*(18), 3760. <https://doi.org/10.3390/polym15183760>
- Naser, A. Z., Deiab, I., & Darras, B. M. (2021). Poly(lactic acid) (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: a review. *RSC Advances*, *11*(28), 17151–17196. <https://doi.org/10.1039/d1ra02390j>
- Observatory of Economic Complexity. (2024). *Polylactic Acid: Global Trade Data and Market Insights*. <https://oec.world/es/profile/hs/polylactic-acid>

- Parashar, N., & Hait, S. (2021). Plastics in the time of COVID-19 pandemic: Protector or polluter? *Science of The Total Environment*, 759, 144274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144274>
- Phadke, G., & Rawtani, D. (2023). Bioplastics as polymeric building blocks: Paving the way for greener and cleaner environment. *European Polymer Journal*, 199, 112453. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112453>
- Posada, J., & Montes, E. (2022). Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. *Informador Técnico*, 86(1), 94–110. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/22565035.3417>
- Rai, P. K., Lee, J., Brown, R. J. C., & Kim, K.-H. (2021). Micro- and nano-plastic pollution: Behavior, microbial ecology, and remediation technologies. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125240>
- Ramadhan, M. O., & Handayani, M. N. (2020). The potential of food waste as bioplastic material to promote environmental sustainability: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/980/1/012082>
- Ray, U., Zhu, S., Pang, Z., & Li, T. (2021). Mechanics Design in Cellulose-Enabled High-Performance Functional Materials. *Advanced Materials*, 33(28). <https://doi.org/10.1002/adma.202002504>
- Rendón-Villalobos, R., Lorenzo-Santiago, M. A., Olvera-Guerra, R., & Trujillo-Hernández, C. A. (2022). Bioplastic composed of starch and micro-cellulose from waste mango: mechanical properties and biodegradation. *Polímeros*, 32(3). <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20210031>
- Riofrio, A., Cornejo, M., & Baykara, H. (2022). Life cycle and environmental impact evaluation of polylactic acid (PLA) production in Ecuador. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 27(6), 834–848. <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02067-4>
- Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Viridin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*, 144, 106067. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>



- Shahabi-Ghahfarrokhi, I., Goudarzi, V., & Babaei-Ghazvini, A. (2019). Production of starch based biopolymer by green photochemical reaction at different UV region as a food packaging material: Physicochemical characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.154>
- Silva, M. L. T., Brinques, G. B., & Gurak, P. D. (2020). Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>
- Swetha, T. A., Bora, A., Ananth, V., Ponnuchamy, K., Muthusamy, G., & Arun, A. (2024). A review of bioplastics as an alternative to petrochemical plastics: Its types, structure, characteristics, degradation, standards, and feedstocks. *Polymers for Advanced Technologies*, 35(6). <https://doi.org/10.1002/pat.6482>
- Tan, S. X., Ong, H. C., Andriyana, A., Lim, S., Pang, Y. L., Kusumo, F., & Ngoh, G. C. (2022). Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film. *Polymers*, 14(2), 278. <https://doi.org/10.3390/polym14020278>
- Velghe, I., Buffel, B., Vandeginste, V., Thielemans, W., & Desplentere, F. (2023). Review on the Degradation of Poly(lactic acid) during Melt Processing. *Polymers*, 15(9), 2047. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15092047>
- Vink, E. T. H., Rábago, K. R., Glassner, D. A., & Gruber, P. R. (2003). Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide (PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*, 80(3), 403–419. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(02\)00372-5](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(02)00372-5).
- WWF. (2021). *El costo social del plástico producido solo en 2019 se estimó en US \$ 3.7 billones: más que el PIB de India*. https://www.wwf.org.mx/?369470%2FEI-costo-social-del-plastico-producido-solo-en-2019-se-estimo-en-US--37-billones-mas-que-el-PIB-de-India=&utm_source
- Yuan, X., Wang, X., Sarkar, B., & Ok, Y. S. (2021). The COVID-19 pandemic necessitates a shift to a plastic circular economy. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(10), 659–660. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00223-2>



- Zambrano-Monserrate, M. A., & Alejandra Ruano, M. (2020). Do you need a bag? Analyzing the consumption behavior of plastic bags of households in Ecuador. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, 104489. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104489>
- Zuluaga, F. (2023). Algunas Aplicaciones Del Ácido Poli-L-Láctico. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(142), 1–129.

