

Bioplásticos: Aplicaciones, Avances y Retos para una Economía Sostenible

Jesús Ismael Camacho Salas ¹, Deyanira Del Angel López ^{1,*}, Edna Carina de la Cruz Terrazas ², Juan Jesús Reyes Valdez ³

¹ Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, Km. 14.5 Carretera Tampico-Puerto Industrial, 89600, Altamira, Tamaulipas, México.

² SECIHTI - Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, Km. 14.5 Carretera Tampico-Puerto Industrial, 89600, Altamira, Tamaulipas, México.

³ EPM del SECIHTI - Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira, Km. 14.5 Carretera Tampico-Puerto Industrial, 89600, Altamira, Tamaulipas, México.

* Autor de correspondencia: ddelangel@ipn.mx

Artículo de divulgación científica

Recibido: 14 de abril de 2026

Aceptado: 6 de julio de 2026

Publicado: 22 de julio de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v5i2.709>

Resumen: Los plásticos han transformado la vida moderna por su versatilidad, ya que pueden fabricarse a la medida de cada necesidad. Debido a sus propiedades, estos materiales han desplazado al vidrio, la madera y los metales en aplicaciones cotidianas como el embalaje y la fabricación de piezas. Sin embargo, su producción masiva y la gestión inadecuada de sus residuos han generado problemas ambientales significativos en el aire, la tierra y el agua, lo que ha impulsado la búsqueda de materiales más sostenibles. Entre las alternativas destacan los bioplásticos. Estos materiales se dividen en tres grupos principales: los plásticos biobasados (de origen biológico) que no se descomponen en el ambiente; los de origen petroquímico que sí son biodegradables; y aquellos que cumplen con ambas condiciones. Por lo tanto, el término bioplástico no es equivalente a biodegradable, ya que el origen del material no determina su destino final. En este artículo se presenta la clasificación general de los bioplásticos, sus principales materias primas, aplicaciones actuales y perspectivas a futuro. Asimismo, se analizan sus ventajas y limitaciones. Finalmente, se destaca que, aunque los bioplásticos representan una alternativa prometedora para disminuir el impacto ambiental asociado a los plásticos convencionales, su contribución depende de su origen, su proceso de fabricación, su uso, reutilización, reciclaje o biodegradación.

Palabras clave: bioplásticos, biopolímeros, biodegradables

Introducción

En los últimos cincuenta años, los plásticos han experimentado un crecimiento industrial sin precedentes. Su alta resistencia, ligereza y bajo costo los convirtieron en el material ideal para todo, desde el embalaje de alimentos hasta piezas industriales. Sin embargo, este éxito ha generado importantes consecuencias ambientales.

De acuerdo con datos publicados en el 2022 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2022), la producción mundial de plásticos ronda los 460 millones de toneladas métricas anuales, de las cuales se generan más de 350 millones de toneladas de basura. El verdadero problema radica en que apenas el 9% de estos residuos logra reciclarse. El resto termina incinerado, liberando gases de efecto invernadero o acumulado en vertederos y océanos, donde se fragmenta en peligrosos microplásticos que amenazan la salud del planeta. Esta alarmante crisis se debe, en gran parte, a los plásticos de un solo uso (como el PET, polietileno o poliestireno) y a la complejidad de reciclar materiales que contienen aditivos químicos o capas múltiples imposibles de separar a escala industrial.

Ante este panorama, los bioplásticos emergen como una alternativa prometedora, aunque a menudo causan confusión conceptual. Para entenderlos, el lector debe familiarizarse con términos clave como biopolímero (grandes moléculas producidas de forma natural por los seres vivos), materiales biobasados (aquellos que se fabrican a partir de biomasa o recursos biológicos renovables), plásticos biodegradables (capaces de ser asimilados y descompuestos de forma natural por la acción de microorganismos) y productos compostables (aquellos que requieren condiciones controladas de temperatura y humedad para transformarse en abono útil). En el mercado actual, ya existen opciones comunes que van desde los derivados del almidón o la celulosa, hasta polímeros más avanzados como el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxialcanoatos (PHA), el tereftalato adipato de polibutileno (PBAT) o la policaprolactona (PCL).

Sin embargo, estos materiales no son una solución mágica ni sus beneficios ecológicos son automáticos. Aunque se estima que bajo ciertas condiciones de fabricación podrían ayudar a disminuir las emisiones de CO₂, su impacto real en el planeta y su velocidad de degradación dependen por completo de factores críticos como el tipo de materia prima, la energía utilizada en su producción y, especialmente, la existencia de una infraestructura adecuada de compostaje industrial en donde se controlan la temperatura, la humedad y el tipo de microorganismos utilizados para su descomposición. Para comprender si realmente representan el futuro de la sustentabilidad, este artículo profundiza en la clasificación detallada de esta familia de materiales, analiza sus principales fuentes de origen, sus ventajas y limitaciones técnicas, y evalúa el papel que juegan dentro de un modelo de economía circular.

Desarrollo

Definición y clasificación de los bioplásticos

El uso de materias primas derivadas de fuentes naturales renovables representa un área de gran interés para la industria y la investigación de polímeros. De acuerdo con la Asociación Europea de Bioplásticos (European Bioplastics [EUBP], 2025), un material se define como bioplástico si cumple con al menos una de estas dos condiciones: ser biobasado, ser biodegradable, o presentar ambas características. Es fundamental aclarar que estos términos no son sinónimos y responden a dos ejes completamente distintos, el origen del material y su destino final.

El origen: ¿De qué está hecho? El término biobasado se refiere a plásticos fabricados a partir de biomasa, es decir, materia orgánica renovable como el maíz, la caña de azúcar, la celulosa de los árboles o incluso subproductos marinos como los caparzones de los crustáceos.

El destino final: ¿Cómo se descompone? El término biodegradable indica que el material puede ser asimilado y descompuesto por la acción de microorganismos en compuestos naturales (agua, dióxido de carbono y biomasa nueva) sin dejar residuos tóxicos.

Entre las principales ventajas de los bioplásticos se encuentran la reducción del impacto ambiental durante su producción y disposición final, así como su menor dependencia de recursos fósiles. No obstante, es importante tener en cuenta que no todos los bioplásticos son completamente biodegradables en condiciones naturales, ya que su degradación depende del entorno, y en muchos casos requiere condiciones específicas de compostaje industrial (Bellon *et al.*, 2025; Gadaleta *et al.*, 2025). La biodegradación de estos materiales puede variar significativamente dependiendo de factores como la temperatura, la humedad y la presencia de microorganismos, lo que limita su degradación en ambientes naturales no controlados.

Como se muestra en la Figura 1, los bioplásticos pueden clasificarse en dos grandes grupos: biopolímeros de origen natural y plásticos biodegradables de origen petroquímico. Los biopolímeros incluyen materiales obtenidos directamente de la biomasa, como los polisacáridos (almidón y celulosa) o aquellos producidos por microorganismos como los polihidroxialcanoatos (PHA). Dentro de este grupo también se encuentran los polímeros sintetizados a partir de monómeros biobasados; un ejemplo común es el ácido poliláctico (PLA), el cual proviene de la fermentación del almidón de maíz, caña de azúcar u otras fuentes naturales, y es biodegradable bajo condiciones de compostaje. De igual forma, se incluyen el polietileno y el PET biobasados, los cuales sustituyen el petróleo por la caña de azúcar en su fabricación, pero no son biodegradables.

Por su parte, en el grupo de origen petroquímico encontramos, sorprendentemente, plásticos derivados del petróleo cuya estructura química permite que los microorganismos puedan descomponerlos de forma natural. En este grupo destacan materiales como la policaprolactona (PCL), las poliésteramidas (PEA) y copoliésteres como el tereftalato de adipato de polibutileno (PBAT) (Rodríguez Alba *et al.*, 2021). Esta clasificación permite comprender las diferencias en origen, estructura y comportamiento de los bioplásticos, lo cual resulta fundamental para su selección en aplicaciones específicas y para el diseño de materiales con propiedades ajustadas a necesidades industriales y ambientales.

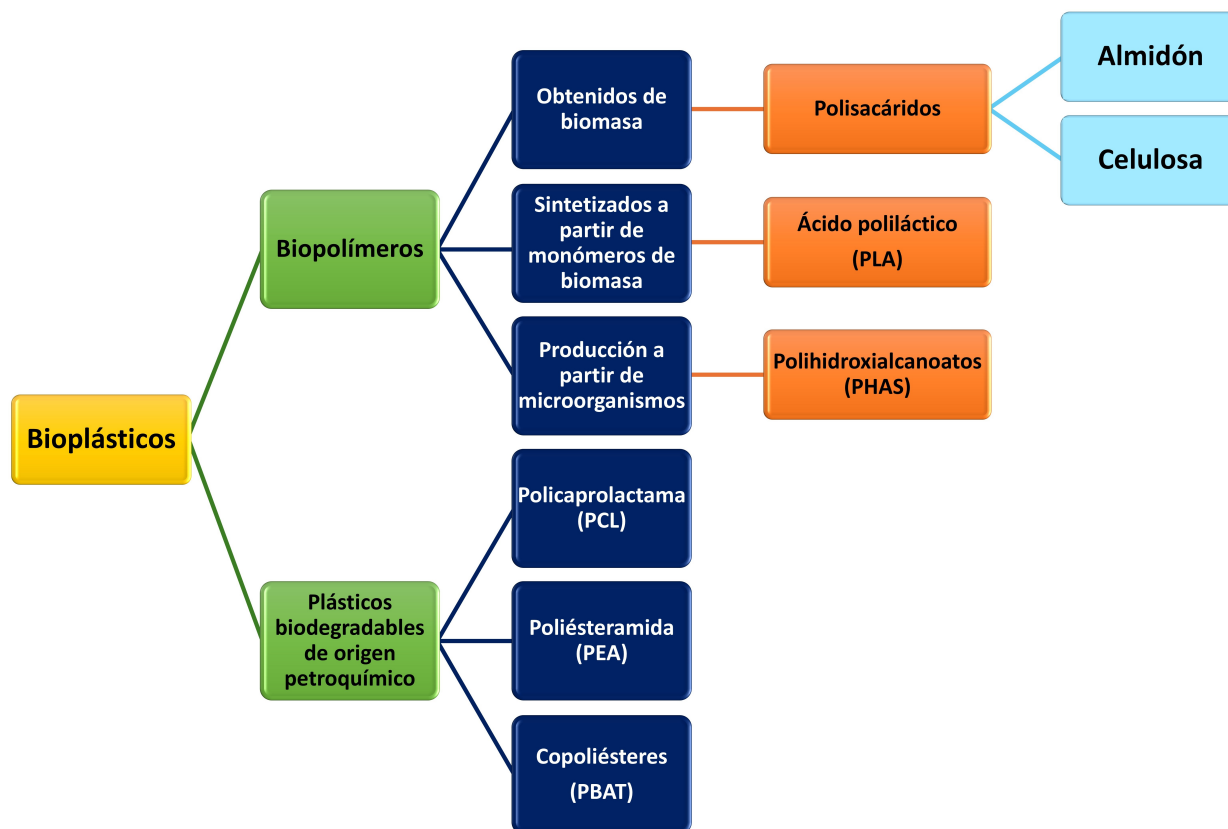


Figura 1. Clasificación de los bioplásticos. Adaptado de Rodríguez Alba *et al.* (2021).

Producción y aplicación de los bioplásticos

El mercado de los bioplásticos experimenta un crecimiento constante. Según proyecciones, la capacidad de producción global escalará de 2.31 millones de toneladas registradas en 2025 hasta alcanzar aproximadamente 4.69 millones de toneladas para el año 2030 (EUBP, 2025), como se muestra en la Figura 2 en donde se separa la información de los bioplásticos de origen natural (biobasados) que son biodegradables y los que son de origen natural (biobasados) que no son biodegradables. Sin embargo, aún representa menos del 1 % de la producción total de plásticos convencionales, lo que evidencia la necesidad de escalar los procesos a nivel industrial.

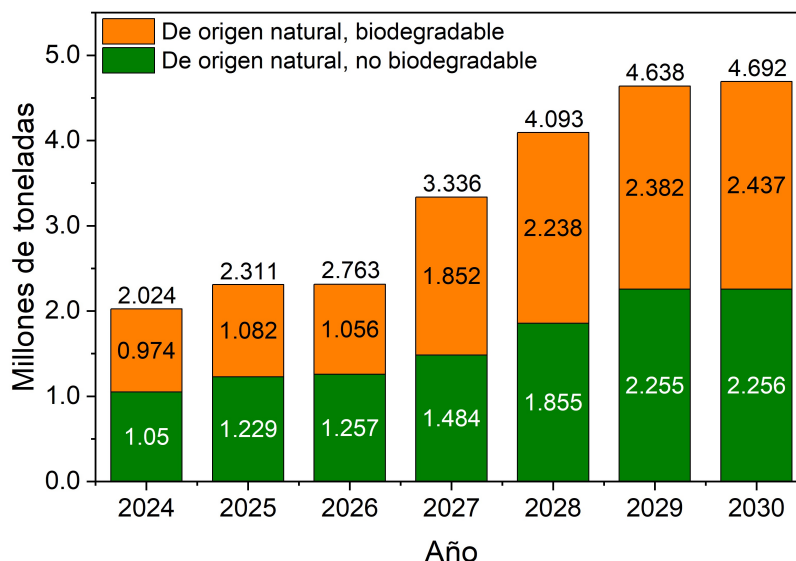


Figura 2. Proyección del crecimiento a nivel global en la producción de bioplásticos. Adaptado de EUBP (2025).

Las aplicaciones actuales de los bioplásticos (Nanda *et al.*, 2022; Narancic *et al.*, 2020) se pueden organizar en los siguientes sectores estratégicos:

- **Medicina y salud:** Debido a la excelente biocompatibilidad de diversos polímeros como la PCL y el quitosano, se emplean exitosamente en hilos de sutura bioabsorbibles, prótesis temporales y sistemas avanzados para la liberación controlada de fármacos.
- **Envases y alimentos:** Este sector representa el de mayor demanda comercial a nivel mundial. Debido a sus propiedades ópticas y de barrera, se emplean materiales como el PLA y mezclas de almidón con otros biopolímeros para fabricar películas de embalaje, botellas, utensilios desechables, bolsas para frutas y verduras. El uso de estos bioplásticos busca reducir la acumulación de basura de un solo uso, permitiendo que, bajo condiciones adecuadas de compostaje, los materiales sean biodegradados de forma segura.
- **Textiles y moda:** En este sector se están utilizando los bioplásticos para disminuir la dependencia de las fibras tradicionales que vienen del petróleo, como el poliéster convencional, por polímeros como el PLA, que se procesan a través del hilado para producir filamentos para la confección de prendas de vestir y calzado, también se han utilizado materiales compuestos avanzados como el cuero de origen vegetal fabricado a partir de la biomasa del nopal en combinación con bioplásticos para la producción de bolsas, calzado y accesorios de alta resistencia.
- **Agricultura y jardinería:** Este sector aprovecha principalmente la capacidad de degradación en el suelo de ciertos polímeros para optimizar los ciclos de cultivo. Se emplean materiales flexibles como el PBAT para la fabricación de películas acolchadas (diseñadas para proteger el suelo y retener la humedad), así como bioplásticos derivados del almidón para producir macetas biodegradables y sistemas de liberación controlada de fertilizantes. El uso de estos materiales elimina la necesidad de retirar y gestionar plásticos residuales al final de la cosecha, ya que se incorporan naturalmente al terreno.
- **Industria automotriz:** Se enfoca en la reducción del peso de los vehículos y la sustitución de polímeros fósiles por alternativas con menor huella de carbono. Mediante el desarrollo de mezclas poliméricas reforzadas con nanopartículas o fibras naturales, se fabrican bioplásticos de alta resistencia mecánica y estabilidad térmica. Estos materiales se aplican en componentes internos y externos como tableros, alfombras, manijas, estuches de herramientas, cinturones de seguridad y componentes de limpiaparabrisas.
- **Impresión 3D y manufactura aditiva:** Los bioplásticos se han convertido en los materiales de referencia para este sector debido a su excelente procesabilidad térmica y estabilidad dimensional. El PLA destaca como el polímero más utilizado a nivel global debido a su baja temperatura de fusión y mínima deformación durante el enfriamiento, lo que permite fabricar desde prototipos industriales y modelos arquitectónicos hasta piezas personalizadas de alta precisión, ofreciendo una alternativa sostenible frente a los plásticos convencionales de ingeniería.

Para que los bioplásticos puedan competir eficazmente con los polímeros convencionales, sus propiedades mecánicas, térmicas y funcionales suelen modificarse mediante la incorporación de aditivos. Entre ellos, los plastificantes, como la glicerina o ciertos aceites naturales, que son fundamentales para incrementar la flexibilidad y elasticidad del material. Estas sustancias se pueden agregar al producto en un porcentaje entre el 10% y el 65% con respecto al peso total de la mezcla, dependiendo de la flexibilidad deseada (Solano-Doblado *et al.*, 2018).

Por otro lado, para obtener mayores propiedades mecánicas y térmicas se añaden materiales de refuerzo como nanopartículas o fibras naturales, los cuales funcionan como un soporte estructural que eleva considerablemente la resistencia mecánica (Faruk *et al.*, 2012; Rhim *et al.*, 2013). La versatilidad de estos materiales permite la integración de otros compuestos como sustancias antioxidantes, antimicrobianas, e incluso otros elementos funcionales como nutracéuticos o probióticos. Estas modificaciones no solo mejoran el desempeño físico del material, sino que amplían su rango de aplicaciones, abriendo la puerta al desarrollo de empaques avanzados que pueden proteger activamente los productos.

Perspectivas futuras de los bioplásticos

El desarrollo de los bioplásticos avanza rápidamente gracias a la colaboración entre distintos campos disciplinares como la ciencia de materiales, la biotecnología y la ingeniería de procesos. Actualmente, las investigaciones ya no se centran

únicamente en imitar a los polímeros convencionales, sino en desarrollar materiales con nuevas funciones, por ejemplo, mayor resistencia mecánica, mayor barrera a la humedad y al oxígeno, actividad antimicrobiana, actividad antioxidante o respuesta a estímulos externos. Una de las principales tendencias consiste en combinar diferentes biopolímeros con plastificantes, fibras naturales como la nanocelulosa, nanopartículas metálicas, cerámicas, o de origen natural y compuestos bioactivos para obtener formulaciones más resistentes, ligeras y funcionales. Estos desarrollos prometen ampliar significativamente el uso de los bioplásticos en sectores de alta exigencia como la medicina regenerativa, la agricultura, la construcción y la manufactura avanzada (Chico & Sampedro, 2022).

Además de mejorar sus propiedades y ampliar sus posibilidades de uso, las investigaciones actuales buscan que los bioplásticos desempeñen un papel cada vez más importante en la construcción de un futuro sostenible. Para ello, se exploran materias primas renovables y residuos agroindustriales, como el almidón, la celulosa, el bagazo de caña, las cáscaras de frutas y otros materiales lignocelulósicos, que pueden transformarse en nuevos materiales con valor agregado. Esta estrategia no solo permite aprovechar recursos que anteriormente se consideraban desechos, sino que también reduce la dependencia de materias primas derivadas del petróleo y puede contribuir a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la fabricación de plásticos convencionales, siempre que se evalúe su impacto a lo largo de todo su ciclo de vida. En este contexto, los bioplásticos representan una alternativa prometedora para impulsar la economía circular, al favorecer un uso más eficiente de los recursos y promover prácticas como la reutilización, el reciclaje y el compostaje, cuando las características del material lo permiten.

Dentro de estas líneas de investigación, una que ha atraído mayor interés es el envasado inteligente de alimentos, transformando los empaques pasivos tradicionales en sensores interactivos de seguridad. Un ejemplo de alto impacto es la incorporación de extractos vegetales sensibles como las antocianinas de origen natural extraídas de frutos rojos o col morada dentro de matrices de ácido poliláctico (PLA) o almidón termoplástico. Estos compuestos orgánicos tienen la capacidad única de reaccionar ante los sutiles cambios químicos y de pH que ocurren de forma gaseosa cuando un alimento (como la carne o los lácteos) comienza a perder su frescura. Al interactuar los gases de la descomposición con el empaque, la estructura molecular del bioplástico activa una respuesta colorimétrica, provocando un cambio visible en el color del envase (como se detalla en la Figura 3) (Mohd Yusof *et al.*, 2026).

Esta innovación no solo ayuda a prevenir problemas de salud pública y reducir el desperdicio de alimentos, sino que demuestra el potencial real de los bioplásticos para ofrecer soluciones tecnológicas avanzadas y sustentables que superan por mucho las capacidades de los plásticos convencionales derivados del petróleo.

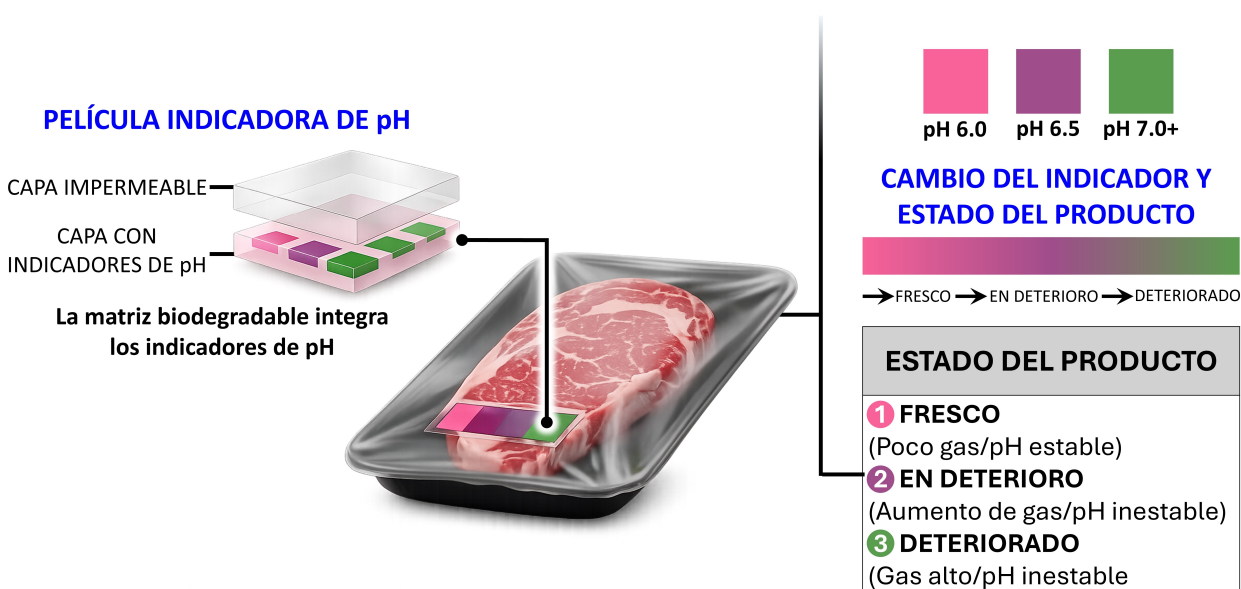


Figura 3. Películas indicadoras de pH. Adaptada de Mohd Yusof *et al.* (2026) modificada con IA.

A pesar de estos avances, el desarrollo y la adaptación de los bioplásticos aún enfrentan importantes desafíos, como la optimización de sus propiedades, la reducción de costos de producción y la implementación de infraestructuras

adecuadas para su degradación y reciclaje. Por lo tanto, el avance en el diseño y procesamiento de nuevos materiales es fundamental para consolidar su papel en la transición hacia una economía más sostenible.

Conclusiones

Los bioplásticos representan una alternativa prometedora frente a los polímeros convencionales al ofrecer materiales con menor impacto ambiental y un claro potencial de biodegradabilidad. Muchos de ellos se originan de fuentes renovables y tienen una amplia diversidad en su estructura química que facilita su aplicación en múltiples sectores, destacando especialmente el área de envases y embalajes.

Si bien estos materiales presentan ventajas importantes, como la reducción del uso de recursos fósiles y la disminución de residuos asociados a productos de un solo uso, aún enfrentan desafíos que limitan su adopción a gran escala. El desarrollo de nuevas formulaciones y la incorporación de aditivos funcionales han permitido mejorar significativamente sus propiedades y ampliar sus aplicaciones en diversos sectores industriales. No obstante, para consolidarse como una alternativa viable dentro de una estrategia de economía circular, el avance científico debe acompañarse de un marco regulatorio adecuado, una mayor conciencia social y el desarrollo de infraestructuras eficientes para su compostaje, reciclaje y correcta gestión al final de su vida útil.

En este sentido, los biopolímeros se perfilan como un componente clave en la transición hacia un modelo económico más sostenible, siempre que su implementación se evalúe de manera integral, considerando con rigor cada etapa de su ciclo de vida, desde el origen de su materia prima hasta su disposición final.

Bibliografía

- Bellon, J., Bacoup, F., Shehzad, A., & Gattin, R. (2025). Challenges and opportunities in home-composting of biodegradable plastics: A comprehensive review. *Results in Engineering*, 28, 107535. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107535>
- Chico, M., & Sampedro, T. (2022). Producción de bioplásticos y sus aplicaciones como empaque de alimentos: PLA y PHB. *Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 29(2), 31–56. <https://doi.org/10.31243/aci.v29i2.1858>
- European Bioplastics. (2025). *Bioplastics market development update 2025*. <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, 37(11), 1552–1596. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Gadaleta, G., Andrade-Chapal, J. C., López-Ibáñez, S., Mozo-Toledo, M., & Navarro-Calderón, Á. (2025). Biodegradability of bioplastics in managed and unmanaged environments: A comprehensive review. *Materials*, 18(10), 2382. <https://doi.org/10.3390/ma18102382>
- Mohd Yusof, N. N., Asmadi, F. A., Zabidi, N. A., Naim, M. N., Othman, S. H., Mohamed Yusoff, M. Z., & Tawakkal, I. S. M. A. (2026). Micro- and nanoencapsulation of natural anthocyanins and their application in biodegradable intelligent packaging films: A review. *Materials Research Express*, 13(3), 032001. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ae3feb>
- Nanda, S., Patra, B. R., Patel, R., Bakos, J., & Dalai, A. K. (2022). Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 20(1), 379–395. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4>
- Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O'Connor, K. E. (2020). Recent advances in bioplastics: Application and biodegradation. *Polymers*, 12(4), 920. <https://doi.org/10.3390/polym12040920>
- OECD. (2022). *Global plastics outlook*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/de747aef-en>
- Rhim, J.-W., Park, H.-M., & Ha, C.-S. (2013). Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38(10–11), 1629–1652. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.05.008>
- Rodríguez Alba, E., Bernal Dubón, A. E., Gaitán López, H. E., Kim Godoy, C. A., Salguero Mérida, J. B., Toledo Hernández, E. M., Vázquez Maldonado, C. L., & Martínez Richa, A. (2021). La ciencia de los polímeros biodegradables. *Jóvenes en la Ciencia*, 10. <https://www.jovenesenla ciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenla ciencia/article/view/3337>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21, 30–42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>