

UNA REVISIÓN DEL USO DE FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS EN LA FABRICACIÓN DE EMPAQUES ALIMENTICIOS

A REVIEW OF THE USE OF LIGNOCELLULOSIC FIBERS IN
THE MANUFACTURE OF FOOD PACKAGING

RESUMEN

En México, el sector de empaques para alimentos consume cerca del 47 % de los plásticos de origen petroquímico no biodegradables, lo que genera un alto volumen de residuos y un impacto ambiental. En este contexto, los biopolímeros reforzados con fibras lignocelulósicas emergen como una alternativa viable, debido a su potencial para reducir dicho impacto sin comprometer la funcionalidad de los empaques. El presente artículo ofrece una revisión general de la manufactura de empaques para alimentos basados en biocompuestos, abordando los principales biopolímeros y fibras lignocelulósicas empleados para este fin. Asimismo, se analizan la clasificación, composición y propiedades mecánicas de estas fibras, su papel como refuerzo y los tratamientos (físicos y químicos) empleados para mejorar su compatibilidad con biopolímeros.

Palabras clave: fibras lignocelulósicas; biocompuestos; materiales biodegradables; manufactura de empaque alimenticio.

ABSTRACT

In Mexico, the food packaging sector accounts for approximately 47 % of the consumption of non-biodegradable, petrochemical-based plastics, generating a high volume of waste and a significant environmental impact. In this context, biopolymers reinforced with lignocellulosic fibers have emerged as a promising alternative, as they can reduce this impact without compromising packaging functionality. This article provides an overview of the manufacturing of biocomposite-based food packaging, addressing the main biopolymers and lignocellulosic fibers used for this purpose. It also examines the classification,

VALENCIA BERMÚDEZ, Susana¹

JARDÓN MAXIMINO, Nohemí²

GUTIÉRREZ NAVA, Manuel²

1. Centro Universitario Tlanguistenco, Universidad Autónoma del Estado de México. Tlanguistenco, Estado de México, México.

2. CIATEQ, A.C. Centro de Tecnología Avanzada, Unidad Estado de México. Lerma de Villada, Estado de México, México.

Correspondencia
svalenciab@uaemex.mx
<https://orcid.org/0009-0009-2233-6545>

Fecha de recepción
19 de noviembre de 2025.

Fecha de aceptación
26 de septiembre de 2026.



CienciAcierta

composition, and mechanical properties of these fibers, their role as reinforcement, and the physical and chemical treatments used to enhance their compatibility with biopolymers.

Keywords: *lignocellulosic fibers; biocomposites; biodegradable materials; manufacture of food packaging.*

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el impacto ambiental que generan los residuos plásticos, aunada con la disponibilidad limitada de los recursos fósiles, ha impulsado la búsqueda de materiales sostenibles que provengan de fuentes renovables y presenten capacidad de biodegradarse (Orue et al, 2018).

En 2025, la industria del envasado y embalaje de alimentos representa una parte importante del mercado mundial de plásticos, con un volumen de aproximadamente el 52 %. Los envases flexibles como películas y envolturas representan alrededor del 35 % del uso de plásticos, mientras que los envases rígidos hacen uso del 17 % (Tamaño Del Mercado de Polímeros, Participación, Crecimiento y Análisis de La Industria, Información Regional y Pronóstico para 2034, 2025). Este elevado consumo de plásticos resulta preocupante, ya que una gran parte de estos materiales termina en vertederos y solo el 9 % se recupera y se recicla.

Recientemente se ha comenzado a incorporar bioplásticos a la fabricación de empaques para alimentos. Estos materiales se elaboran a partir de recursos naturales y pueden obtenerse mediante procesos biológicos o químicos. En particular, los bioplásticos, como el PLA, pueden biodegradarse, lo que los convierte en una excelente alternativa para la fabricación de empaques y envases más respetuosos con el medio ambiente.

En este sentido, el desarrollo de bioplásticos y de materiales compuestos reforzados con fibras lignocelulósicas se perfila como una alternativa tecnológica prometedora para reducir el impacto ambiental de los empaques. La incorporación de este tipo de fibras permite incrementar la rigidez del material compuesto, reducir los costos de producción y, además, mejorar propiedades específicas, como el comportamiento térmico y la actividad antimicrobiana (Mohammed et al., 2015).

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar el potencial de las fibras lignocelulósicas para el desarrollo de empaques alimenticios. Para ello, se presenta una revisión de las características básicas asociadas a la manufactura de empaques sostenibles, así como de la clasificación, composición, propiedades y tratamientos destinados a promover la compatibilidad entre las fibras lignocelulósicas y los biopolímeros. Asimismo, se revisan los procesos empleados en la fabricación de empaques alimenticios.

MATERIALES COMPUESTOS BASADOS EN BIOPOLÍMEROS Y FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS PARA APLICACIONES DE EMPAQUE

Los materiales compuestos son sistemas que están formados por la integración física de dos o más materiales, los cuales difieren en su composición, propiedades y, en algunos casos, en su morfología, dando lugar a una estructura cohesionada cuyas propiedades son superiores a las que cada material podría ofrecer de manera individual (Chandramohan et al., 2011).

En el desarrollo de empaques alimenticios, se ha impulsado el diseño de soluciones más sostenibles mediante la incorporación de fibras lignocelulósicas en matrices poliméricas biodegradables (Mallick, 2007). La figura 1 muestra un ejemplo de un envase alimenticio elaborado a partir de un biopolímero de ácido poliláctico (PLA) reforzado con fibras lignocelulósicas cortas, en el que las fibras actúan como material de refuerzo dentro del biopolímero.

Estudios recientes han evidenciado que los biopolímeros reforzados con fibras lignocelulósicas pueden prolongar la frescura de los alimentos al mejorar la resistencia mecánica y las propiedades de barrera del envase, además de ofrecer alternativas reutilizables frente a envases tradicionales y favorecer la degradación en ambientes controlados, reforzando su potencial como soluciones sostenibles para el sector alimenticio (Berthet et al., 2015; Ochoa-Yepes et al., 2018).



Figura 8. Ejemplo de envase alimenticio a partir de biocompuesto (creado con IA)

Los *materiales compuestos de base biológica (biocompuestos)* pueden clasificarse en tres categorías según el origen de la matriz y del refuerzo: (1) polímeros derivados del petróleo no biodegradables reforzados con fibras naturales, que reducen el uso de recursos fósiles; (2) polímeros de origen biológico reforzados con fibras sintéticas, que combinan matrices renovables con refuerzos convencionales para mejorar el desempeño mecánico; y (3) polímeros de origen biológico reforzados con fibras naturales, formados por componentes renovables (Mitra, 2014). Esta última categoría, conocida como *biocompuestos verdes*, es la opción más prometedora, debido a su renovabilidad, menor huella ambiental y, en muchos casos, capacidad de biodegradación o compostaje (Mansor et al., 2015).

FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS: COMPOSICIÓN, CLASIFICACIÓN Y PROPIEDADES

Las fibras lignocelulósicas son materiales naturales que conforman la estructura básica de las plantas y se obtienen de tejidos como tallos, cáscaras, bagazos o residuos agrícolas (Chandramohan et al., 2011). Estas fibras se

consideran refuerzos naturales ampliamente utilizados en la fabricación de biocompuestos.

La figura 2 muestra una clasificación general de las fibras lignocelulósicas, así como ejemplos representativos de cada tipo.

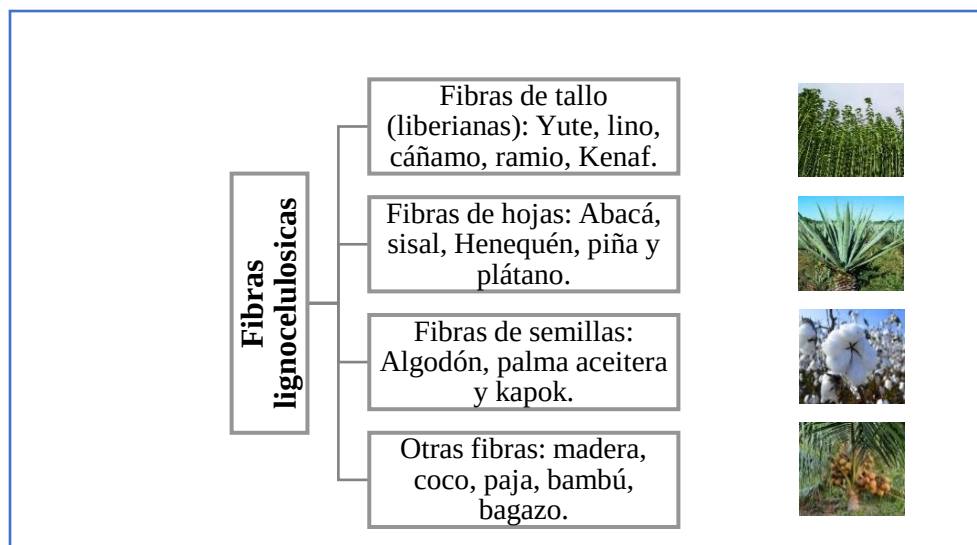


Figura 9. Clasificación de fibras lignocelulosicas (modificado, Ali et al., 2021)

Las fibras lignocelulósicas están constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, además de pequeñas cantidades de pectinas, ceras y otros extractivos, que les confieren propiedades específicas.

La celulosa es un polímero natural compuesto por unidades de D-glucosa unidas mediante enlaces β -1,4, formando cadenas largas y altamente cristalinas que confieren a las fibras una elevada resistencia mecánica, especialmente a la tracción (Biagiotti et al., 2004). La hemicelulosa presenta una estructura más flexible y desordenada, lo que la hace sensible a la humedad y propensa a cambios dimensionales, mientras que la lignina actúa como un componente protector al aportar resistencia al ataque microbiano y estabilidad al material.

Tanto la lignina como la hemicelulosa actúan como un pegamento natural que une y estabiliza las capas y microfibrillas de celulosa, aportando cohesión y cierta flexibilidad estructural a la pared celular vegetal.

Un esquema representativo de la composición de la fibra se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y en la tabla 1 se presentan



la composición y las propiedades mecánicas de algunas fibras lignocelulósicas.

Las ventajas de usar fibras lignocelulósicas son que son biodegradables, renovables, abundantes y de bajo costo. Al final de su vida útil, los compuestos reforzados con fibras pueden incinerarse o disponerse sin generar un incremento neto de CO_2 , ya que el carbono liberado corresponde al absorbido durante el crecimiento de la planta.

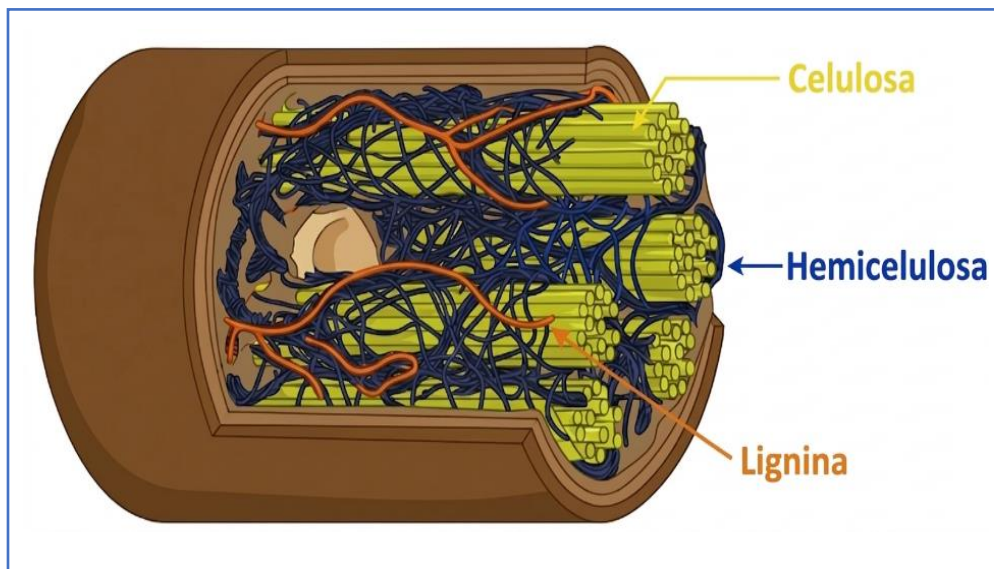


Figura 10. Composición de las fibras lignocelulósicas (creada con IA)

BIOPOLÍMEROS SINTÉTICOS Y DE ORIGEN NATURAL

Entre los biopolímeros utilizados como matrices poliméricas para el desarrollo de biocompuestos destinados a empaques alimenticios se encuentran tanto los sintéticos como los naturales.

Tabla 4. Composición y propiedades mecánicas de algunas fibras vegetales (Biagiotti et al., 2004).



Fibra	Composición				Propiedades
	Celulosa (%)	Hemi-celulosa (%)	Lignina (%)	Pectina (%)	Resistencia a la tensión (MPa)
Lino	60–81	14–18.6	2–3	1.8–2.3	343–1035
Yute	51–72	12–20.4	5–13	0.2	187–773
Abacá	60.8–64	21	12	0.8	980
Sisal	43–88	10–13	4–12	0.8–2	507–855
Kenaf	36	21	18	2	295–930
Ramio	68.6–76	13.1–15.0	0.6–1	1.9–2	400–938
Cáñamo	70–78	17.9–22	3.7–5	0.9	580–1110
Algodón	82.7–92	2–5.7	0.5–1	5.7	287–597
Fibra de coco	43	0.3	45	4.0	106–270
Plátano	60–65	6–19	5–10	3–5	529–914
Henequén	60–78	4–28	8–13	3–4	430–580
Bagazo	40	30	20	10	20–290
Piña	80–81	16–19	12	2–2.5	170–1627

En la **iError! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta una clasificación de los biopolímeros según su origen, su tipo de síntesis y sus características de degradación. Estos biopolímeros pueden provenir de recursos fósiles o renovables; sin embargo, su impacto ambiental no depende solo de su origen, sino también de sus procesos de producción y degradación. Algunos polímeros de origen fósil son biodegradables, tales como PCL (poli(ϵ -caprolactona)), PBAT (poli(butileno adipato-tereftalato)) o PBSA (poli(butileno succinato-adipato)) (PHAs), mientras que ciertos polímeros renovables como el Bio-PE (biopolietileno) y Bio-PP (biopolipropileno) no lo son. Los biopolímeros de origen renovable pueden sintetizarse químicamente, como el ácido poliláctico (PLA), o producirse de forma natural, como polisacáridos (quitina, quitosano, almidón, celulosa), proteínas (colágeno, gluten, gelatina) y polihidroxialcanoatos, lo que evidencia que la sostenibilidad resulta de la combinación entre el origen, la fabricación y el destino final del material.

Lo anterior ha impulsado el desarrollo de mezclas de biopolímeros orientadas a mejorar sus propiedades y a optimizar su degradabilidad en condiciones controladas (Samanez et al., 2026; Zhao et al., 2026).



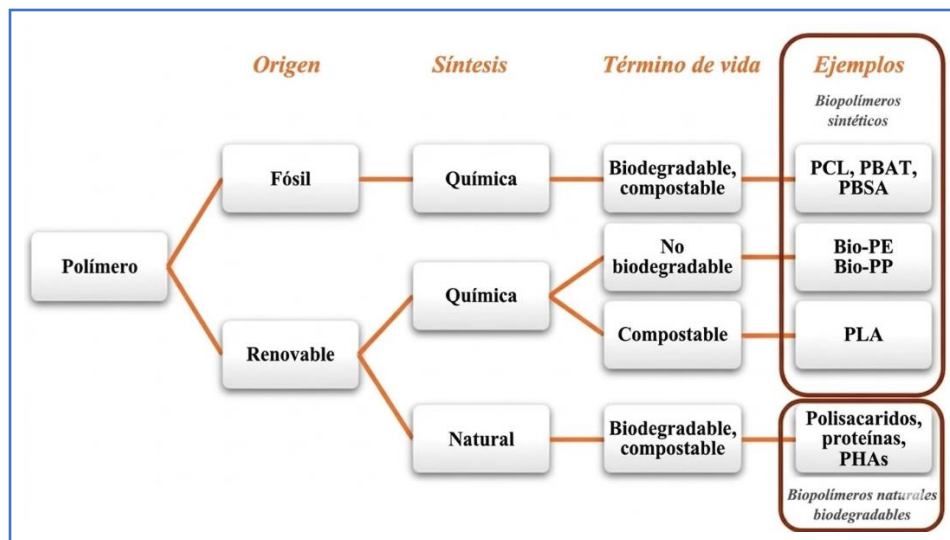


Figura 11. Biopolímeros sintéticos y totalmente naturales (Berthet et al., 2015)

MANUFACTURA DE EMPAQUES ALIMENTICIOS BASADOS EN BIOPOLÍMEROS Y FIBRAS LIGNOCELULÓSICAS

La manufactura de empaques alimenticios a partir de biocompuestos basados en biopolímeros y fibras lignocelulósicas depende de diversas decisiones técnicas que determinan su desempeño final.

La selección del biopolímero, la fibra natural y sus tratamientos aplicados, así como el método de procesamiento influyen directamente en propiedades como la resistencia mecánica, la estabilidad frente a la humedad y la vida útil del alimento; estos aspectos se resumen en la figura 5.

La elección del biopolímero define tanto el método de procesamiento como parte de las propiedades del empaque alimenticio. La temperatura de procesamiento del biopolímero no debe superar la de degradación de las fibras lignocelulósicas. Además, dado que el biopolímero actúa como matriz continua, es necesario evaluar su compatibilidad con las fibras. Debido a la naturaleza hidrofílica de las fibras lignocelulósicas, se favorece una buena adhesión interfacial al emplear biopolímeros hidrofílicos. En contraste, si el biopolímero es hidrofóbico, es necesario establecer estrategias que



promuevan la compatibilidad entre ambos componentes (Salwa et al., 2019; Summerscales et al., 2010).

Por su parte, la selección de las fibras lignocelulósicas depende de sus propiedades, que están directamente influidas por su composición química. Un alto contenido de celulosa proporciona mayor rigidez y resistencia mecánica, mientras que un mayor contenido de lignina favorece la estabilidad frente a la humedad. Estas propiedades influyen en el comportamiento del empaque, tales como la resistencia mecánica, la estabilidad dimensional, la permeabilidad al vapor de agua y gases, así como la adhesión interfacial con la matriz polimérica (Pickering et al., 2016).

Las fibras lignocelulósicas requieren un acondicionamiento previo para un procesamiento adecuado del biocompuesto. Para ello, se emplean tratamientos físicos y/o químicos. Entre los tratamientos químicos, el tratamiento alcalino es uno de los más utilizados, ya que mejora la estabilidad térmica de las fibras mediante la eliminación de componentes de baja estabilidad y la limpieza de las ceras e impurezas presentes en su superficie.

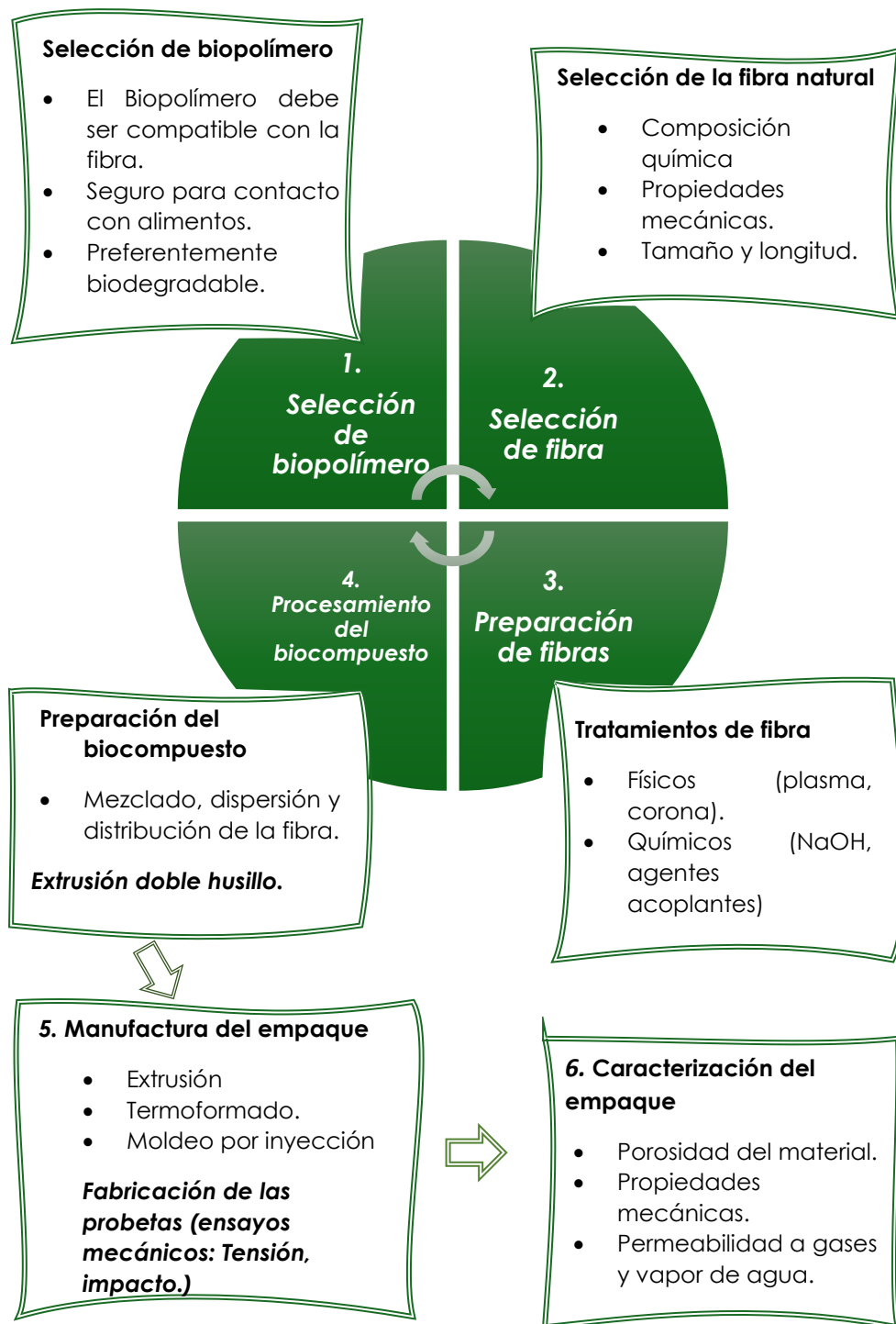


Figura 12. Consideraciones para la manufactura de un empaque alimenticio (Fuente propia).

Asimismo, para mejorar la compatibilidad con matrices hidrofóbicas, se suele modificar su superficie mediante tratamientos con silanos, anhídrido maleico, entre otros (Kabir et al., 2012). En cuanto a los tratamientos físicos, destacan el tratamiento corona y el plasma, los cuales modifican la energía superficial y la estructura de las fibras, favoreciendo su interacción con matrices hidrofóbicas (Faruk et al., 2012). O bien, durante el procesamiento, se puede incorporar un agente compatibilizante. Por ejemplo, la lignina, es un biopolímero que puede modificarse químicamente para emplearse como compatibilizante en biocompuestos (Chelliah et al., 2023).

El procesamiento del biocompuesto se realiza comúnmente mediante extrusoras de doble husillo, que permiten un mezclado intensivo de los componentes. No obstante, este proceso debe optimizarse para lograr un equilibrio entre una adecuada dispersión de las fibras en la matriz polimérica y la preservación de su integridad estructural (Pickering et al., 2016). En esta etapa se obtienen probetas del biocompuesto para su caracterización mecánica, así como para evaluar la porosidad y la permeabilidad a gases y al vapor de agua.

Finalmente, la manufactura del empaque alimenticio depende de factores como el tipo de biopolímero, el diseño del empaque (por ejemplo, películas, piezas moldeadas o blísteres) y el volumen de producción. En función de estos aspectos, se pueden emplear tecnologías como el moldeo por inyección, la extrusión-soplo y el termoformado (Faruk et al., 2012; Sain et al., 2008).

CONCLUSIONES

Los biocompuestos basados en biopolímeros y fibras lignocelulósicas constituyen una alternativa viable para el desarrollo de empaques alimenticios más amigables con el medio ambiente, sin comprometer su funcionalidad. La adecuada selección de los componentes, los tratamientos aplicados a las fibras y el método de procesamiento son factores que, en conjunto, determinan su desempeño. No obstante, aún persisten retos asociados a la optimización de procesos a escala industrial. En este sentido, las perspectivas futuras se orientan al desarrollo de biopolímeros o mezclas de biopolímeros con mejores prestaciones, a tratamientos más eficientes en las fibras, así como a estrategias de procesamiento que mejoren el desempeño de los empaques. Se prevé que la valorización de residuos lignocelulósicos y el diseño de

empaques con funcionalidades avanzadas sean líneas de investigación y desarrollo tecnológico con un enfoque de economía circular.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CIATEQ A.C., Centro de Tecnología Avanzada, por las facilidades y el apoyo brindados durante la estancia de investigación con folio EESP2025-0095 del programa Investigadoras e Investigadores COMECYT. Se agradece al COMECYT el apoyo otorgado mediante la asignación de una beca del programa Investigadoras e Investigadores.

REFERENCIAS

- Ali, H., Alghtani, A., Felemban, B., Abdel-Aziz, K., Saber, D., Ahmed, E., Megahed, M., & Fotouhi, M. (2021). Multivariable analysis for selection of natural fibers as fillers for a sustainable food packaging industry. *Materials Research Express*, 8: 095504 <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ac17a9>
- Berthet, M.-A., Angellier-Coussy, H., Guillard, V., & Gontard, N. (2015). Vegetal fiber-based biocomposites: Which stakes for food packaging applications? *Journal of Applied Polymer Science*, 133: 42528 <https://doi.org/10.1002/app.42528>
- Berthet, M.-A., Angellier-Coussy, H., Machado, D., Hilliou, L., Stäbler, A., Vicente, A., & Gontard, N. (2015). Exploring the potentialities of using lignocellulosic fibres derived from three food by-products as constituents of biocomposites for food packaging. *Industrial Crops and Products*, 69: 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.01.028>
- Biagiotti, J., Puglia, D., & Kenny, J. M. (2004). A review on natural fiber-based composites-part I: structure, processing and properties of vegetable fibers. *Journal of Natural Fibers*, 1(2): 37–68. https://doi.org/10.1300/J395v01n02_04
- Chandramohan, D., & Marimuthu, K. (2011). A review on natural fibers. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 8(2): 194–206.
- Chelliah, R., Wei, S., Vijayalakshmi, S., Kannan, B., Sultan, G., Liu, S., & Oh, D.-H. (2023). A comprehensive Mini-Review on Lignin-Based Nanomaterials for Food Applications: Systemic Advancement and Future Trends. *Molecules*, 28: 6470. <https://doi.org/10.3390/molecules28186470>



- Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.-P., & Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010. *Progress in Polymer Science*, 37: 1552–1596. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T., & Cardona, F. (2012). Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Composites Part B: Engineering*, 43(7): 2883–2892. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.04.053>
- Mallick, P. K. (2007). *Fiber-Reinforced Composites: Materials, Manufacturing, And Design* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005981>
- Mansor, M. R., Salit, M. S., Zainudin, E. S., Aziz, N. A., & Ariff, H. (2015). Life cycle assessment of natural fiber polymer composites. In S. Hakeem, M. Jawaid, & U. Rashid (Eds.), *Agricultural biomass based potential materials* (pp. 121–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-13847-3_6
- Mitra, B. C. (2014). Environment friendly composite materials: Biocomposites and green composites. *Defence Science Journal*, 64(3): 244–261.
- Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaid, M., & Islam, M. S. (2015). A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications. *International Journal of Polymer Science*: 243947. <https://doi.org/10.1155/2015/243947>
- Orue, A., Eceiza, A., & Arbelaiz, A. (2018). Preparation and characterization of poly(lactic acid) plasticized with vegetable oils and reinforced with sisal fibers. *Industrial Crops and Products*, 112: 170–180. <https://doi.org/10.1016/J.indcrop.2017.11.011>
- Pickering, K. L., Efendy, M. G. A., & Le, T. M. (2016). A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 83: 98–112. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.08.038>
- Sain, M., & Pervaiz, M. (2008). Mechanical properties of wood-polymer composites. In K. Oksman Niska & M. Sain (Eds.), *Wood-polymer composites* (pp. 101–127). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845694579.101>
- Salwa, H. N., Sapuan, S. M., Mastura, M. T., & Zuhri, M. Y. M. (2019). Green biocomposites for food packaging. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2): 450–459.
- Samanez, C., Huamán Carrión, M., Palomino-Rincón, H., Taipe-Pardo, F., Moscoso-Moscoso, E., Cabel-Moscoso, D., García-Espinoza, A., Huamaní, D., Plasencia, J., Martínez-Hernández, J., Luciano Alipio, R., & Apaza-Cruz, J. (2026). Sustainable biopolymers for environmental applications: Advances and future perspectives toward a circular economy. *Polymers*, 18: 618. <https://doi.org/10.3390/polym18050618>

Summerscales, J., Dissanayake, N. P. J., Virk, A. S., & Hall, W. (2010). A review of bast fibres and their composites. Part 1–Fibres as reinforcements. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(10): 1329–1335. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.06.001>

Tamaño del mercado de polímeros, participación, crecimiento y análisis de la industria, por tipo (termoplásticos, termoestables, elastómeros), por aplicación (embalaje, electrónica, alimentos, petroquímicos, atención médica, edificación y construcción, electrónica y comunicaciones, transporte), información regional y pronóstico para 2034. (2025, November 24). <https://www.industryresearch.biz/Es/Market-Reports/Polymers-Market-107897>.

Zhao, W., Qiu, R., Fang, M., Lei, W., & Chen, Y. (2026). Investigations on the performances of Corn Starch/PBAT Blends. *Polymers*, 18(6): 767. <https://doi.org/10.3390/polym18060767>