

Empaques vs Bioempaques para alimentos: una comparación a nivel técnica, comercial y normativa

Packaging vs Biopackaging for food: a comparison at a technical, commercial, and regulatory level

Julieth K. Acosta-Medina¹, Orlando E. Contreras-Pacheco¹, Aura C. Pedraza-Avella¹

¹Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Escuela Estudios Industriales y Empresariales

Resumen

En la era contemporánea la industria alimenticia está llamada a garantizar que sus productos mantengan buena calidad, siendo su empaque uno de los retos más evidentes. Tradicionalmente los materiales de envasado alimenticio correspondían a derivados del petróleo, pero en los últimos años han surgido biomateriales que pueden cumplir estas funciones, y es importante conocer las superioridades e inferioridades de estos sobre los empaques convencionales. Por ello, en este estudio, se llevó a cabo un análisis comparativo exhaustivo entre los empaques tradicionales y los bioempaques para alimentos, en términos de mercado, aspectos técnicos y normatividad. Se recopiló información de bases de datos especializadas y se analizaron 59 fichas técnicas de empaques convencionales y 28 fichas técnicas de bioempaques. Los resultados revelaron que ciertos bioempaques, como la celulosa, el ácido poliglicólico y el polihidroxibutirato, son alternativas excelentes para el envasado de alimentos, siendo eficaces en situaciones en las que se requiere resistencia a la humedad y la oxidación, o la capacidad de soportar altas temperaturas durante la producción y el almacenamiento de los productos. También se encontró que el mercado de bioempaques es el que experimenta un mayor crecimiento debido a la creciente demanda de envases sostenibles, las regulaciones gubernamentales en contra de los plásticos de un solo uso y las tendencias de consumo de los consumidores. En base a estos hallazgos, se recomienda a la industria alimenticia considerar el uso de bioempaques como una solución viable y prometedora para mejorar la calidad y la conservación de sus productos, al tiempo que se cumplen con los requisitos ambientales y las preferencias de los consumidores.

Abstract

In contemporary times, the food industry is tasked with ensuring that its products maintain good quality, with packaging being one of the most evident challenges. Traditionally, food packaging materials were derived from petroleum, but in recent years, biomaterials have emerged as viable alternatives to fulfill these functions. It is important to understand the strengths and weaknesses of these biomaterials compared to conventional packaging. Therefore, this study conducted a comprehensive comparative analysis between traditional packaging and bio-based packaging for food in terms of market, technical aspects, and regulations. Information was gathered from specialized databases, and 59 technical datasheets of conventional packaging and 28 technical datasheets of bio-based packaging were analyzed. The results revealed that certain bio-based packaging materials, such as cellulose, polyglycolic acid, and polyhydroxybutyrate, are excellent alternatives for food packaging, particularly in situations requiring moisture and oxidation resistance, as well as the ability to withstand high temperatures during production and storage. Furthermore, it was found that the bio-based packaging market experiences significant growth due to the increasing demand for sustainable packaging, government regulations against single-use plastics, and consumer trends. Based on these findings, it is recommended that the food industry considers the use of bio-based packaging as a viable and promising solution to enhance the quality and preservation of their products while meeting environmental requirements and consumer preferences.

Keywords:

Food packaging, Bio-based packaging, Packaging, Biodegradability.

Palabras clave:

Envasado de alimentos, Bioempaques, Empaques, Biodegradabilidad

Cómo citar:

Acosta-Medina, J.K., Contreras-Pacheco, O.E., Pedraza-Avella, A.C., Empaques vs bioempaques para alimentos: una comparación a nivel técnica, comercial y normativa. *Ingeniería y Competitividad*, 2023, 25(3); e-21213066. doi: 10.25100/iyc.v25i3.13066

Recibido: 12-07-23

Aceptado 15-09-23

Correspondencia:

katheacosta19@gmail.com, ocontrer@uis.edu.co y aceci-pe@uis.edu.co

Este trabajo está licenciado bajo una licencia internacional Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-CompartirIgual4.0.

Conflicto de intereses:

Ninguno declarado



¿Por qué se realizó?

Este estudio se llevó a cabo con el propósito de abordar y responder a las crecientes necesidades y desafíos que enfrenta la industria del envasado alimenticio en la era contemporánea.

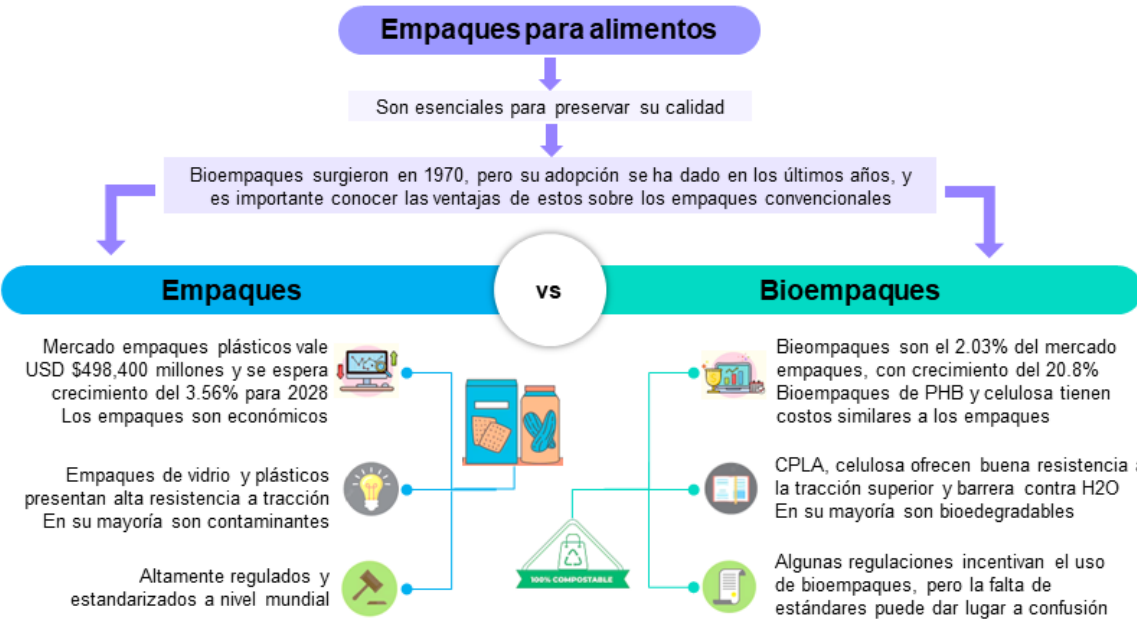
¿Cuáles fueron los resultados más relevantes?

Los hallazgos destacan la idoneidad de determinados bioempaques como la celulosa, el ácido poliglicólico y el polihidroxibutirato para el envasado de alimentos en contextos que demandan resistencia tanto a la humedad como a la oxidación, así como la capacidad de soportar condiciones de elevada temperatura durante las fases de producción y almacenamiento. Adicionalmente, se ha constatado que el segmento de mercado de bioempaques experimenta un pronunciado crecimiento, principalmente impulsado por la creciente demanda de soluciones sostenibles y al aumento de las regulaciones gubernamentales orientadas a reducir el empleo de plásticos de un solo uso.

¿Qué aportan estos resultados?

Los resultados contribuyen a una mayor innovación y avance en la industria alimenticia al promover prácticas de envasado más sostenibles y efectivas, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad de los productos, la satisfacción del consumidor y la imagen corporativa de las empresas dentro de este sector.

Graphical Abstract



Introducción

El empaque de los alimentos está diseñado para proteger, proporcionar información sobre el alimento y facilitar su manipulación para su almacenamiento y distribución. En este sentido, los empaques tienen un papel crucial en el proceso de calidad, seguridad y extensión de la vida útil de los alimentos [\(1\)](#). Los plásticos derivados de combustibles fósiles son los que más se utilizan para este envasado, pero con el aumento exponencial del flujo global de estos materiales hacia los océanos y las preocupaciones por el medio ambiente, en los últimos años han surgido materiales ecológicos que se han empezado a utilizar en la industria de empaques [\(2\)](#). Sin embargo, no se tienen totalmente claras las ventajas de estos bioempaques respecto a los empaques tradicionales, especialmente en aspectos como el mercado, propiedades mecánicas, de barrera, biodegradabilidad y normatividad.

Aunque existen múltiples comparativas entre empaques y bioempaques para alimentos, la mayoría se enfoca en aspectos específicos y no incluyen un análisis completo y sistemático [\(3\)](#). Por lo tanto, surge la necesidad de realizar una comparación detallada y rigurosa que permita identificar las ventajas e inconvenientes de cada tipo de empaque en diferentes situaciones. Además, en la industria del empaque, es esencial contar con información actualizada sobre las tendencias del mercado [\(4\)](#). Por ello, teniendo en cuenta la información proveniente de fichas técnicas encontradas en el mercado global, en el presente artículo se analizan estas características de empaques y bioempaques. Además, se analiza información de bases especializadas examinando aspectos del mercado y de carácter legal.

En consecuencia, con este trabajo se busca proporcionar una visión de los pros y los contras de los bioempaques respecto a los empaques convencionales en la industria alimentaria, lo que puede ser valioso para las empresas que buscan tomar decisiones informadas sobre qué tipo de empaques utilizar para responder a las demandas modernas de los consumidores; buscando a la vez contribuir al conocimiento existente en diferentes áreas, tales como la fabricación de productos, la regulación, y las estrategias comerciales enriqueciendo el debate en torno a la sostenibilidad y la seguridad alimentaria.

Metodología

En aras de desarrollar el paralelo entre los empaques y los bioempaques para alimentos, se aplicó una metodología cualitativa basada en análisis comparativo constante CCA, ya que este método permite analizar datos de manera sistemática, a partir de la comparación constante de categorías y temas [\(5\)](#), siendo un enfoque flexible y adaptable, que permite obtener resultados detallados y confiables en temáticas aplicables a una industria [\(6\)](#).

Recolección de datos

En primer lugar, se recolectó información de bases de datos especializadas en estudios de mercados tales como *Data Bridge Market Research*, *Euromonitor*, *Research and Markets* y *Technavio*. Igualmente, se revisó documentación científica de bases de datos como Scopus y Web of Science, informes de entidades gubernamentales y reglamentaciones de orden nacional e internacional. Adicionalmente, se recolectó información técnica y

financiera de 25 tipos de empaques para alimentos, usando la información recolectada de 59 fichas técnicas de empaques encontradas en el mercado (Ver tabla 1).

Tabla 1. Tipos de empaques analizados

Abreviatura	Nombre técnico	Descripción y usos
PEBD - LDPE	Polietileno de baja densidad	Termoplástico que se emplea para la fabricación de films retráctiles, industriales, de laminación, bolsas o sacos.
PEMD	Polietileno de media densidad	Componente ideal de envases como tubos stand-up pouch, envoltorios, bolsas de leche y películas
PEAD - HDPE	Polietileno de alta densidad	Termoplástico para envases de alimentos y productos químicos en forma de envases, garrafas y botellas.
CPP	Polipropileno fundido	Usado para la producción de frascos, botellas, etc.
OPP	Polipropileno bidireccional	Se caracteriza por su alta transparencia y fragilidad. Se emplea en la industria de alimentos, papel, entre otras.
BOOP	Polipropileno biorientado	Material utilizado en envasado de productos frescos y de confitería
Foil de aluminio	Foil de aluminio	Usado principalmente como envoltura de dulces y chocolates
Envase de vidrio	Vidrio	Puede almacenar cualquier producto, no permite el traspaso de oxígeno y no altera el color ni el sabor
PvC	Policloruro de vinilo	Termoplástico con excelentes propiedades organolépticas que no interaccionan con los alimentos
PVDC	Policloruro de vinilideno	Considerado como una alternativa al celofán. Flexible y ligero
LLDPE	Polietileno de baja densidad lineal	Utilizado para la elaboración de películas, láminas, bolsas
PET	Tereftalato de polietileno	Termoplásticos que se utiliza para fabricar botellas
PEN	Polietileno de naftalato	Se mezcla con PET para hacer botellas más resistentes al calor
PC	Policarbonato	Termoplástico que se utiliza en bolsas autoclave debido a su estabilidad a altas temperaturas
OPS	Poliestireno Orientado	Usado en etiquetas, sobres, cajas plegables, películas, laminación y embalaje
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto	Excelente material para termoformado y tubos para envasado de material alimentario
EVA	Etilvinilacetato	Utilizado para producir películas de empaques por extrusión
EVOH	Etileno-Vinil-Alcohol	Debido a sus propiedades de baja barrera, su aplicación es limitada, pero en el envasado de alimentos aumenta la retención del sabor
PET / AL / CPP	Tereftalato de polietileno/ Aluminio/ Polipropileno fundido	Utilizado para embalaje flexible de alimentos
OPP / VMPET / PE	Polipropileno bidireccional / Tereftalato de polietileno metalizado / Polietileno	Material de laminado flexible usado para fabricación de bolsas con cierre de cremallera para empacar snacks, galletas y artículos de confitería

PVDC /PET/ CPP	Cloruro de polivinilideno / polietilentereftalato / Polipropileno	Usado principalmente para la fabricación de bolsas de envasado de alimentos
Kraft paper / MET / LLDPE	Papel kraft / Poliéster / Polietileno baja densidad lineal	Material usado para la elaboración de bolsas laminadas o metalizadas de embalaje
MTCPP	MTCPP es un film de Polipropileno Cast metalizado	Conocido por su versatilidad. Usado ampliamente en aplicaciones para envases de la industria alimenticia
TF CPP	Polipropileno Cast Transparente	Material de alto brillo usado en empaques flexibles
PET/Foil/PEBD	Tereftalato de polietileno/ Aluminio/ Polietileno	Usado para fabricación de bolsas flowpack y flex up

Nota: Información tomada de (7–9)

Igualmente, se analizaron 12 tipos de bioempaques tomando los datos de 28 fichas técnicas (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de bioempaques analizados

Abreviatura	Nombre técnico completo	Descripción y usos
Almidón	Almidón	En el envasado se mezcla con otros polímeros como el PVC. Se extrae del trigo, arroz, papas y maíz.
Celulosa	Celulosa	Se usa en empaques debido a su alta resistencia y buenas propiedades de barrera.
Quitina/quitosano	Quitina/quitosano	Es uno más abundantes en la naturaleza. Se usa en películas debido a sus propiedades antimicrobianas
Gluten de trigo	Gluten de trigo	Se le agregan aditivos para que pueda usarse en empaques, es de bajo costo
Colágeno/Gelatina	Colágeno/Gelatina	Sus propiedades mecánicas y de barrera no son estables, por lo que se le agregan varios aditivos para fabricar películas para el envasado de alimentos
PLA	Ácido poliláctico	Se puede utilizar para fabricar recipientes siendo un material similar al plástico, que se obtiene de fermentación de maíz, etc.
PCL	Policaprolactona	Se mezcla con almidón o quitosano para mejorar propiedades, por lo que los alimentos almacenados en dichas películas tienen una vida útil más larga
PGA	Polímeros de ácido poliglicólico	Es soluble por lo que puede usarse para formar películas poliméricas que pueden ser reabsorbidas por el organismo humano en 6 meses
PBS	Polímeros de ácido poliglicólico	Tiene gran compatibilidad con fibras por lo que se usa para películas para alimentos
PHB	Polihidroxibutirato	Poliéster natural producido por fermentación bacteriana conocido por su propiedad de resistividad y son ampliamente utilizados en aplicaciones de envasado
CPLA	Ácido poliláctico	Está formado por una mezcla de láctido (renovable) y ácido dicarboxílico (poliéster alifático), puede soportar altas temperaturas sin deformarse
BOOP Oxobiodegradable	BOOP Oxobiodegradable	Empaques comúnmente utilizados para confitería y chocolates

Nota: Información tomada de (10–12)

Cabe resaltar, que en el caso de tener más de dos fichas técnicas de cada tipo de empaque o bioempaque se promediaron los valores de las propiedades analizadas, para tener un solo valor por tipo de envase.

Parámetros comparativos

En este estudio se consideraron tres parámetros de comparación: mercado, características técnicas, y regulaciones. Respecto al mercado se analizaron el tamaño, tasa de crecimiento, segmentación por región geográfica, material, y estimación de precios. En cuanto a los aspectos técnicos, se revisaron propiedades mecánicas (resistencia a la tracción), de transmisión (transmisión de vapor de agua WVTR y de oxígeno OTR) y térmicas (punto de fusión), junto con las características de biodegradabilidad. Con relación a las normativas, se revisaron tanto las internacionales generales, como las regulaciones de ciertos países.

Análisis de datos

Se siguió un enfoque descriptivo, ya que se busca caracterizar temáticas mediante ciertos criterios (13). En este caso, se utilizó estadística descriptiva y análisis temático para analizar la información recolectada organizándola, presentándola de forma sencilla, describiendo el conjunto de datos en detalle, e interpretando aspectos relevantes (14,15).

Resultados y discusión

Mercado de empaques y bioempaques

En los últimos años el mercado de los empaques ha experimentado un crecimiento constante debido al aumento de la demanda de alimentos. Para 2022 los empaques de plástico alcanzaron los USD \$498,400 millones y se estima una tasa de crecimiento CAGR de 3.56% para el período 2021-2028 (9), mientras que el mercado de bioempaques llegó a USD \$10,101.7 millones con una CAGR del 20.8% para el mismo periodo (16). Aunque el mercado de bioempaques representa una fracción modesta del mercado de empaques (2.03%), se pronostica un crecimiento acelerado debido a la creciente preocupación por la contaminación (17). Por lo tanto, se invita a las empresas del sector de envases a estar alerta ante estas tendencias y considerar la posibilidad de integrar materiales más sostenibles en su gama de productos.

En el ámbito de los materiales de los empaques, los plásticos ocupan una cuota de participación del 59%, estos desempeñan un papel fundamental al proporcionar conservación y conveniencia, y se espera que su demanda se mantenga en los próximos años, aunque con una composición más renovable (17). En cuanto a los bioempaques, alrededor del 60% del mercado se centra en los bioplásticos, mientras que el 40% restante corresponde a biobasados no biodegradables (18). Sin embargo, los consumidores están cada vez más preocupados por el impacto ambiental de los productos adquiridos (17). Por lo tanto, resulta imperativo que las empresas del sector de empaques se adapten a estas tendencias y ofrezcan productos más sostenibles para mantener su competitividad en el mercado.

En términos geográficos, se observa que el mercado de empaques más grande se encuentra en Asia, donde se consumen aproximadamente 1,576 mil millones de unidades. Esta región es también la principal productora de bioempaques, generando cerca de 1.21 millones de toneladas (17,18). Estos hallazgos indican que empresas del sector de empaques que busquen expandirse en dicha región deben considerar la incorporación de productos sostenibles como estrategia clave para atraer a consumidores y cumplir con las cada vez más estrictas regulaciones ambientales. Respecto a los precios estos pueden variar significativamente según el tipo de empaque, calidad, tamaño, cantidad adquirida, proveedor o diseño. Por ejemplo, una bolsa de polícloruro de vinil con capacidad para 50 chocolates puede costar entre USD \$0.001 y \$0.50 por unidad, mientras que un empaque multicapa de PVDC/PET/PP con la misma capacidad puede costar entre USD \$0.80 y \$2.00 por unidad. En comparación, los bioempaques suelen ser más costosos debido a que los materiales utilizados son menos comunes o provienen de fuentes naturales (19). Algunos bioempaques para alimentos presentan un costo ligeramente superior a los empaques convencionales, mientras que otros cuestan más del doble. Sin embargo, los costos de ciertos bioempaques, como la celulosa, no presentan variaciones significativas en comparación con los envases convencionales. Por ejemplo, una bolsa biodegradable de celulosa para 50 chocolates puede tener un costo unitario entre \$0.05 y \$0.50, dependiendo del tamaño, diseño y cantidad adquirida. En la Tabla 3 se muestran algunos costos según los hallazgos de este estudio.

Tabla 3. Costos promedios de ciertos empaques y bioempaques para alimentos

Tipo de empaque	Costo promedio (USD) por unidad	Características
Empaque de plástico	\$0.05 - \$0.30	Económico y el más usado en la industria. No es biodegradable.
Empaque de papel	\$0.10 - \$0.50	Reciclable y liviano, pero menos resistente a la humedad.
Empaque de vidrio	\$0.30 - \$0.50	Resistente y reciclable, pero más costoso y pesado
Empaque de aluminio	\$0.10 - \$0.20	Buen aislamiento térmico y resistencia a humedad
Empaque de cartón	\$0.15 - \$0.25	Resistente, reciclable y fácilmente personalizable
BIOenvase de cartón	\$0.60 - \$2.00	Biodegradable, fácilmente personalizable y es resistente a la humedad
Bolsa BIOdegradable	\$0.10 - \$0.40	Ecológica pero no resistente a la humedad y con vida útil limitada.
BIOCaja de PLA (ácido poliláctico)	\$1.50 - \$4.00	Biodegradable y resistente que se produce a partir de fuentes renovables, como el maíz
BIOempaque de PHB	\$0.10 - \$0.70	Biodegradable y pueden soportar peso y presión sin deformarse fácilmente
BIOempaque de celulosa	\$0.05 - \$0.50	Biodegradable, transparente y flexible

Es relevante considerar que los precios mencionados anteriormente son estimaciones basadas en las fichas técnicas analizadas en este estudio y están sujetos a variaciones según proveedor, calidad y cantidad requerida. Además, cada tipo de empaque

y bioempaque presenta características y beneficios específicos, por lo tanto, es fundamental evaluar detenidamente cuál es el más apropiado para cada alimento y obtener cotizaciones de múltiples proveedores antes de tomar una decisión final. Asimismo, la elección entre un empaque convencional y un bioempaque dependerá de los objetivos de sostenibilidad y el presupuesto de la empresa, así como de las necesidades particulares del producto y los requisitos de los clientes.

Propiedades técnicas empaques y bioempaques

Iniciando con las propiedades mecánicas, se analiza la resistencia a la tracción, la cual depende del tipo de material, procesamiento, aditivos y almacenamiento (20). Según los resultados obtenidos, se encontró que biomateriales como el CPLA, celulosa y quitina/quitosano presentan una resistencia a la tracción superior a la de varios tipos de empaques tradicionales, lo que los convierte en una buena alternativa para empaquetar alimentos envasados al vacío, como carnes y quesos. Resultados similares a los encontrados por (21).

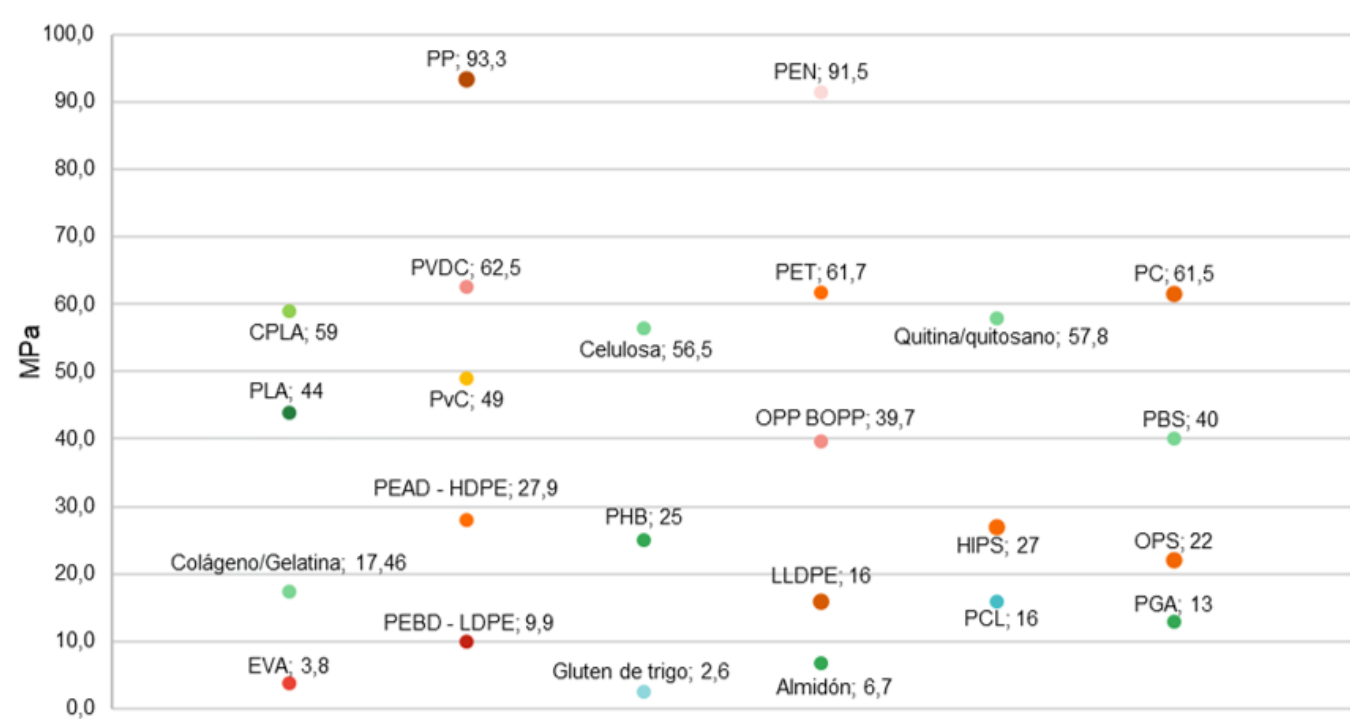


Figura 1. Resistencia a la tracción empaques y bioempaques analizados

En relación con las propiedades de permeabilidad, se evaluó la tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR), factor crucial en la selección de empaque para la mayoría de los alimentos, ya que la humedad afecta significativamente su vida útil. Según los resultados que se observan en la Figura 2, se encontró que el colágeno/gelatina al tener una alta permeabilidad al vapor de agua, resulta problemático para envasar alimentos secos y horneados (22). En contraste, los demás bioempaques como el almidón, celulosa, PLA, PCL, PGA, PBS y PHB demostraron ser una excelente alternativa para envasar cualquier alimento sensible a la humedad como algunos tipos de aceites y frutas frescas.

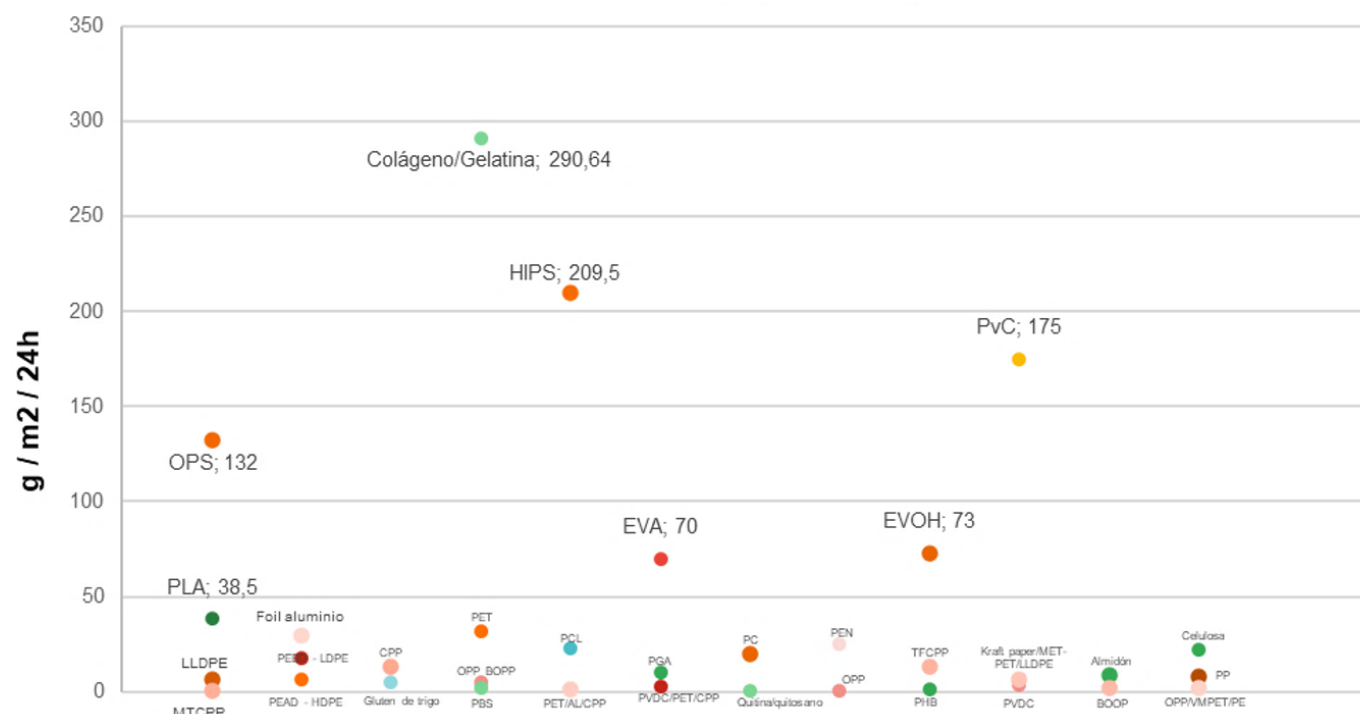


Figura 2. Transmisión de vapor de agua WVTR empaques y bioempaques analizados

Se procedió al análisis de los coeficientes de permeabilidad al oxígeno (OTR) (Figura 3), revelando valores bajos de OTR en los bioempaques, lo que los convierte en una opción adecuada para alimentos que son propensos a la degradación rápida debido al oxígeno, como frutas y verduras frescas, alimentos horneados o productos cárnicos (23). Por otro lado, se observó que los empaques derivados del petróleo exhiben OTR elevados, lo que implica que estos termoplásticos permiten la penetración de altas concentraciones de oxígeno y por ende, se deben emplear en combinación con materiales, como tereftalato de polietileno PET o polipropileno fundido CPP o Etileno-Vinil-Alcohol EVOH, para reducir la permeabilidad al oxígeno y mejorar su capacidad de envasado (10).

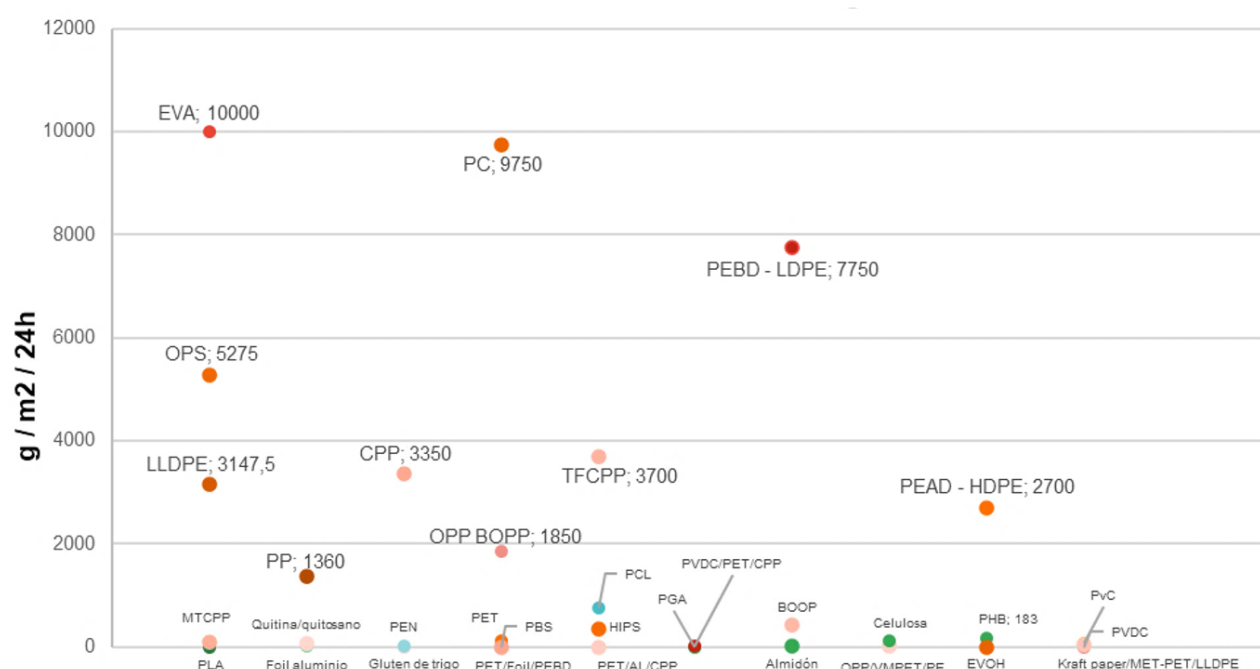


Figura 3. Permeabilidad al oxígeno (OTR) empaques y bioempaques analizados

Con relación a las propiedades térmicas, biomateriales como el PGA, la celulosa y los empaques de PET, PC y PEN, presentan altas temperaturas de fusión y se recomiendan para la fabricación de botellas. La quitina/quitosano, aunque exhibe buenas características térmicas, debe combinarse con otros materiales para lograr su moldeoado [\(24\)](#). Estos hallazgos son relevantes para las empresas de envases como botellas, envases para alimentos enlatados y envases asépticos que deben resistir altas temperaturas de fusión.

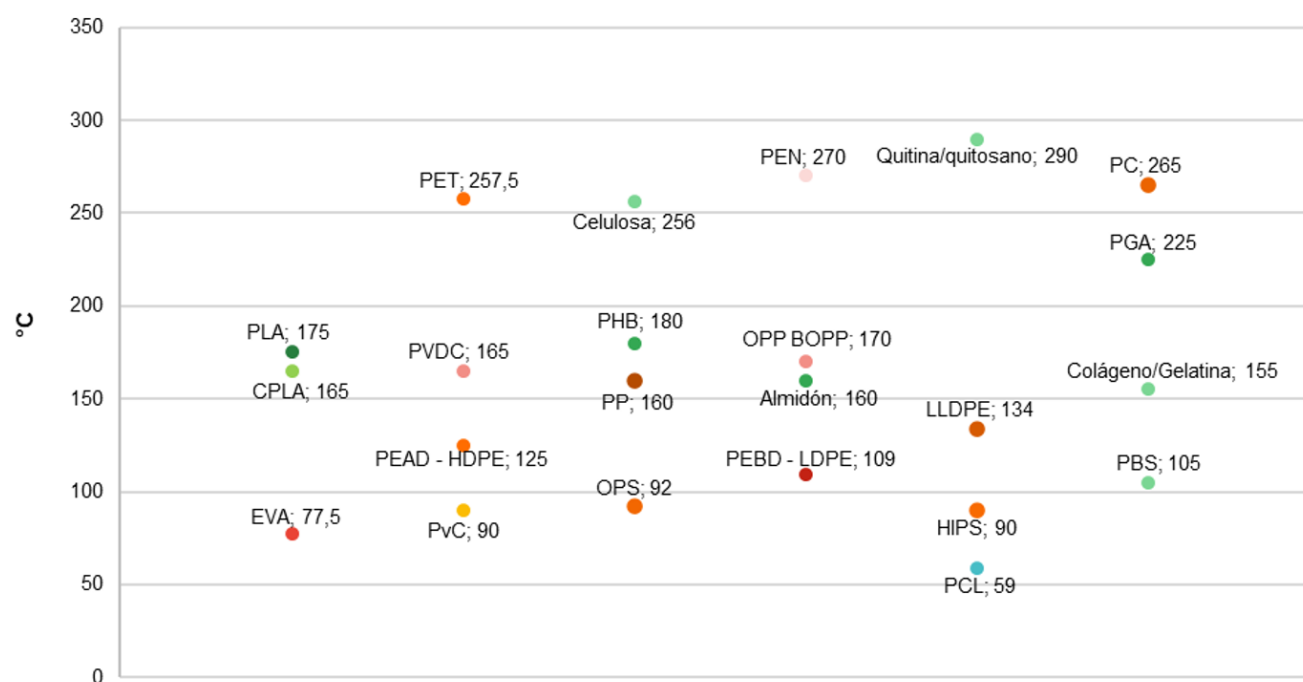


Figura 4. Punto de fusión empaques y bioempaques analizados

En términos de biodegradabilidad, los empaques varían en su tiempo de degradación. Materiales como el aluminio, papel y cartón se degradan en pocos meses [\(25\)](#), mientras que el polipropileno, los empaques multicapa y el tereftalato de polietileno tardan años o siglos en degradarse completamente [\(26\)](#). Por otro lado, bioempaques como PHA, almidón y celulosa, se descomponen en 120-180 días en el ambiente natural, pero el PLA y los biobasados solo se descomponen en instalaciones de compostaje industrial a altas temperaturas [\(27,28\)](#) (Ver Figura 5). Además, la producción y reciclaje de bioempaques pueden tener otros impactos ambientales, como el uso de gran cantidad de agua y pesticidas, y la eutrofización [\(29\)](#). Por lo tanto, es relevante al elegir empaques en la industria alimentaria considerar el impacto ambiental completo evaluando también las limitaciones y los desafíos asociados con su producción y reciclaje.

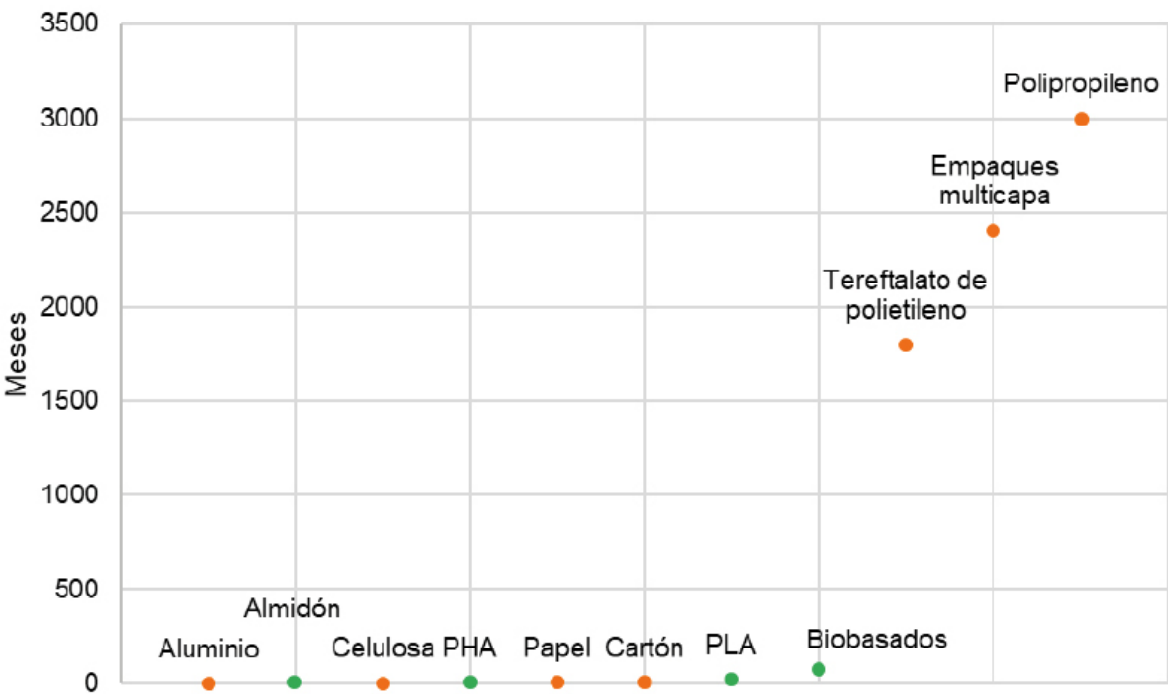


Figura 5. Biodegradabilidad empaques y bioempaques (en meses)

Aspectos regulatorios de los empaques y bioempaques

La normativa sobre empaques para alimentos sigue evolucionando constantemente, su origen se remonta a principios del siglo XX cuando se comenzaron a establecer regulaciones para proteger a los consumidores de posibles peligros sanitarios y para garantizar la calidad. Estas reglamentaciones varían según la región geográfica y el país. Sin embargo, hay algunas regulaciones generales que se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Normativa internacional principal de los empaques para alimentos

Entidad	Ley	Resumen
Comisión Europea	Reglamento (CE) N.º 1935/2004	Establece los requisitos de seguridad de los materiales y objetos que entran en contacto con los alimentos
	Reglamento (UE) N.º 10/2011	Establece obligaciones para los materiales y objetos de plástico que entran en contacto con los alimentos
	Regulación (UE) N.º 1169/2011	Establece los requisitos de etiquetado de los alimentos, incluyendo la información nutricional y la lista de ingredientes

Ley Federal Alimentos, Medicamentos y Cosméticos (FDCA)	Establece requerimientos de etiquetado y seguridad para los alimentos y los envases de alimentos en los EE. UU. (30)
Regulación de Buenas Prácticas de Fabricación (cGMPs)	Establece requisitos de seguridad y calidad para la fabricación de alimentos y sus envases en los Estados Unidos (31)
Regulación de Etiquetado de Alimentos (21 CFR Parte 101)	Establece requisitos de etiquetado de los alimentos, incluyendo información nutricional y lista de ingredientes (32)
Código CAC/RCP 1-1969, rev. 1997, ad. 1999	Establece prácticas para la producción, procesamiento, almacenamiento y transporte de alimentos (33)
Guía FAO/OMS análisis de riesgos inocuidad de alimentos	Establece principios para evaluar la seguridad de materiales y objetos que entran en contacto con los alimentos

Por su parte, la normativa de bioempaques está en constante evolución debido al aumento de la conciencia ambiental y la preocupación por reducir los residuos generados por los envases. Aunque no existen leyes específicas para los bioempaques en todos los países, hay algunas regulaciones que se pueden aplicar en función de la biodegradación y desintegración, los materiales utilizados y de las características del producto envasado [\(34\)](#). Además, en algunas regiones, se han implementado leyes destinadas a reducir la cantidad de residuos plásticos generados y proteger el medio ambiente (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Normativa bioempaques para alimentos

Entidad / País	Norma	Resumen
ISO / ASTM	ISO 18606:2013	Determina requisitos y métodos de prueba para envases compostables (35)
	ISO 17088:2012 ASTM D6400:04	Requisitos para la evaluación de la biodegradación y desintegración de los materiales plásticos bajo condiciones de compostaje (36)
Comisión Europea	Regulación (UE) 2019/904	Establece requisitos para la reducción de productos de plástico de un solo uso, desde julio de 2021 (37)
Francia	Ley AGECE 2020	Busca la desaparición total de los envases de plástico de un solo uso en 2040. A principios de 2022 prohibió embalaje plástico de frutas (38)
India	Swachh Bharat Abhiyan 2016	En 2018 se prohíbe importación de plásticos no reciclables y en 2022 prohíbe plásticos de un solo uso, incluyendo bolsas y botellas (39)
Kenia	Ley de Gestión de Residuos Sólidos 2017	Prohíbe producción, importación, venta y uso de bolsas de plástico en todo el país. En caso de incumplir, impone multas de hasta \$ 38,000 dólares o una sentencia de prisión de hasta cuatro años (40)
Chile	Ley N° 21.100 de 2018	Entró en vigor en febrero de 2021. Prohíbe bolsas plásticas en todo tipo de comercio, como supermercados, tiendas y ferias (41)

En general, las leyes para empaques para alimentos se enfocan principalmente en la seguridad alimentaria, la regulación de materiales y el etiquetado. En cambio, las leyes para bioempaques se centran en las condiciones de biodegradabilidad o prohibición de plásticos. Además, los bioempaques se rigen por las mismas normas que los empaques convencionales, con la diferencia que deben cumplir requisitos adicionales de sostenibilidad. Lo anterior implica para las empresas tanto del sector de empaques como del sector de alimentos, la necesidad de adaptarse a las nuevas regulaciones, buscando alternativas respetuosas con el medio ambiente, con el fin de cumplir con las regulaciones específicas de cada país.

Análisis comparativo empaques vs bioempaques de alimentos

Realizando una consolidación de los resultados anteriores, se realiza el análisis comparativo que se encuentra en la Tabla 6, en el que se exponen los pros (+) y contras (-).

Tabla 6. Análisis comparativo empaques vs bioempaques para alimentos

Característica	Empaques	Bioempaques
Mercado	(+) El mercado global de empaques para alimentos ofrece una amplia variedad de opciones y proveedores, lo que beneficia a las empresas del sector. Además, Asia representa una gran oportunidad de mercado para estas empresas	(-) Los bioempaques tienen un mercado pequeño con costos más altos y menos disponibilidad y variedad en comparación con los empaques tradicionales (+) El mercado de bioempaques también está en crecimiento en Asia, debido a las políticas de reducción del uso de plásticos
Crecimiento del mercado	(-) El crecimiento del mercado de empaques es más lento que el de los bioempaques, lo que plantea desafíos para los fabricantes de empaques tradicionales en términos de competencia y precios competitivos	(+) El rápido crecimiento del mercado de bioempaques beneficia a las empresas al satisfacer la demanda de soluciones sostenibles y fomentar la innovación en la industria de envases para desarrollar materiales más avanzados
Demanda actual	(+) Empaques convencionales tienen una mayor demanda en el mercado, lo que puede facilitar su adquisición y distribución	(-) Bioempaques pueden tener una disponibilidad limitada, lo que puede dificultar su adquisición y distribución en algunos lugares
Costo	(+) Los empaques tradicionales son más económicos que los bioempaques, lo que beneficia a empresas y consumidores en busca de opciones asequibles	(-) Los bioempaques suelen ser costosos, lo que puede dificultar su adopción en economías débiles (+) Algunos bioempaques tienen costos similares a los empaques tradicionales, como PHB y celulosas.

Resistencia a la tracción	(+) El vidrio y el aluminio presentan alta resistencia a la tracción, siendo adecuados para empaques de productos pesados o sujetos a manipulación adversa (-) Materiales como el papel pueden tener menor resistencia al rasgado en comparación con algunos bioempaques, limitando su uso en ciertos empaques específicos	(+) Biomateriales como el CPLA, la celulosa y la quitina/quitosano ofrecen una resistencia a la tracción superior, siendo una alternativa adecuada para empaques al vacío y comidas preparadas (-) Biomateriales derivados de polisacáridos, como la celulosa y el almidón son más propensos a la rotura debido a su naturaleza frágil en comparación con los materiales tradicionales como el plástico y el vidrio
Permeabilidad al vapor de agua	(+) Empaques plásticos y de aluminio tiene una alta barrera contra la humedad, lo que lo hace ideal para alimentos que requieren protección. Además, son fáciles de sellar y personalizar (-) Empaques de papel tiene una barrera baja contra la humedad, lo que limita su uso en alimentos que necesitan protección contra esta	(+) Bioempaques como el almidón, celulosa, PLA, PCL, PGA, PBS y PHB ofrecen barrera contra la humedad y el aire, asegurando la protección y prolongando la vida útil de los alimentos. (-) El colágeno/gelatina puede tener permeabilidad al vapor de agua demasiado alta, lo que limita su uso en alimentos secos o productos sensibles a la humedad
Permeabilidad al oxígeno OTR	(-) Empaques elaborados con derivados del petróleo tienen elevados OTR, lo que favorece la oxidación y descomposición de alimentos.	(+) Los bioempaques poseen bajos coeficientes de permeabilidad al oxígeno, lo que ayuda a preservar la calidad y frescura de los alimentos.
Punto de fusión	(+) Empaques plásticos tienen puntos de fusión elevados, lo que les confiere resistencia a altas temperaturas (-) Esto dificulta su reciclaje y reutilización, además de la posibilidad de liberación de sustancias tóxicas a altas temperaturas, lo cual representa un riesgo para la salud	(+) Biomateriales como PGA son adecuados para formar botellas debido a su capacidad para resistir altas temperaturas (-) Bioempaques son más sensibles a las altas temperaturas, lo que limita su uso en aplicaciones con alimentos calientes y almacenamiento a largo plazo en climas cálidos y húmedos
Durabilidad	(+) Empaques de plástico y el metal son resistentes y duraderos, lo que garantiza que los alimentos estén protegidos.	(-) Los bioempaques tienen una vida útil más corta que los empaques convencionales y pueden no ser tan resistentes al manipuleo o al transporte.

Impacto ambiental	(+) Empaques de aluminio, papel y cartón tardan 3 meses en degradarse (-) Empaques de polipropileno tardan 10 años en degradarse y de tereftalato tardan hasta 300 años, lo que afecta la responsabilidad social de las empresas que los usan	(+) En su mayoría son biodegradables y compostables (-) Existen bioempaques que erróneamente se etiquetan como biodegradables, pero solo se descomponen en una instalación de compostaje industrial a altas temperaturas tal y como los bioempaques de PLA y los de materiales biobasados
Imagen de la marca	(-) El uso de empaques convencionales difíciles de reciclar, puede ser percibido por los consumidores como una práctica insostenible, lo que puede generar una percepción negativa de las empresas que los usan	(+) El uso de bioempaques puede mejorar la imagen de una marca y demostrar su compromiso con la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente que tiene las empresas que los emplean para empacar sus productos alimenticios
Regulaciones	(+) Los materiales de empaques tienen una larga trayectoria de uso y están regulados por agencias de seguridad alimentaria en todo el mundo. Por lo tanto, son ampliamente estandarizados en la industria de alimentos	(+) Algunas regulaciones ambientales incentivan el uso de bioempaques (-) La falta de estándares claros de los bioempaques puede dar lugar a confusión y escepticismo por parte de los consumidores y la industria
Investigación	(+) Los empaques tradicionales han sido ampliamente utilizados y estudiados, lo que ha llevado a un mayor conocimiento sobre sus propiedades mecánicas.	(+) La investigación se centra en encontrar nuevos materiales y mejorar su producción; por ello, los bioempaques está en una etapa temprana de desarrollo y su uso es limitado.

Conclusiones

En primer lugar, se halla que mercado de empaques y bioempaques para alimentos está experimentando un cambio hacia materiales más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Aunque los bioempaques representan una fracción pequeña del mercado global, se espera un crecimiento rápido debido a la demanda de envases sostenibles, regulaciones contra el plástico y cambios en el comportamiento del consumidor. Por ello, las empresas del sector de empaques para alimentos están llamadas a estar atentas a las tendencias y a considerar la posibilidad de buscar soluciones innovadoras más respetuosas con el medio ambiente a precios competitivos. A nivel geográfico, los mercados están concentrados en economías desarrolladas, mientras que en economías emergentes hay una oportunidad de aumentar el consumo y la fabricación de todos los tipos de empaques.

De igual manera, se encontraron diferencias en los precios de los empaques y bioempaques, lo que puede influir en la elección de los consumidores y la rentabilidad de las empresas. Aunque los bioempaques suelen ser más costosos, la celulosa ofrece una alternativa viable con un costo similar. Además, a largo plazo, los bioempaques pueden ser más económicos al reducir los costos de eliminación de residuos y el cumplimiento de normativas ambientales, y según [\(42\)](#) los consumidores están

dispuestos a pagar más por productos con empaques biodegradables, lo que motiva a las empresas a invertir en estas tecnologías.

Igualmente, los resultados de este estudio indican que ciertos biomateriales, como el CPLA, la celulosa y la quitina/quitosano, presentan propiedades prometedoras para el envasado al vacío y empaques que requieren soportar altas cargas. Además, bioempaques de almidón, celulosa, PLA, PCL, PGA, PBS y PHB son recomendados para cualquier alimento sensible a la humedad; siendo el PGA, celulosa, PET, PC y PEN son ideales para la formación de botellas. Estos hallazgos son relevantes para las empresas de envases, ya que buscan materiales que soporten altas temperaturas y reduzcan la permeabilidad al oxígeno para mantener la calidad de los alimentos durante períodos prolongados. Además, la tendencia actual hacia la sostenibilidad y la preocupación por el impacto ambiental pueden generar una mayor demanda de bioempaques en el futuro. Por ello, a pesar de los costos adicionales, las empresas pueden considerar la incorporación de bioempaques para mantenerse competitivas, mejorar su reputación, imagen de marca y cumplir con las expectativas de los consumidores.

Por otro lado, los diferentes empaques tienen diferentes tiempos de degradación, pero los empaques plásticos y multicapa que son los más utilizados en la industria también son los más contaminantes, lo que representa un desafío para los sistemas de reciclaje. En esta situación, los envases biológicos constituyen una opción más sostenible, pero también tienen efectos perjudiciales como el uso de grandes volúmenes de agua y la proliferación de nutrientes en el ecosistema. Por lo tanto, es esencial tener un enfoque integral y evaluar cuidadosamente los materiales utilizados en la producción de los empaques, y considerar tanto sus beneficios como sus limitaciones y desafíos asociados con su producción y reciclaje.

De otra manera, la normativa sobre empaques sigue evolucionando constantemente. A nivel internacional, existen algunas regulaciones generales respecto a las directrices para el uso de materiales y la necesidad de seguridad alimentaria. Por su parte, la normativa de bioempaques está en aumento debido a la preocupación por reducir los residuos generados por los envases tradicionales y proteger el medio ambiente. Aunque no existen leyes específicas para los bioempaques en todos los países, hay regulaciones que abordan la biodegradación y desintegración. Se recomienda a las empresas del sector de empaques alimenticios estar pendientes de las actualizaciones periódicas de estas normativas para asegurarse de cumplir con los requisitos más recientes y buscar alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para los empaques y envases que utilizan en sus productos.

En consecuencia a lo anterior, las empresas del sector de empaques para alimentos deben considerar varios factores, incluyendo el mercado objetivo a nivel geográfico, el costo del material, el costo de producción, la calidad, la capacidad de conservación de los alimentos, la percepción del consumidor, el impacto ambiental y las reglamentaciones correspondientes al decidir entre un empaque y un bioempaque. Para futuras investigaciones se recomienda revisar las últimas innovaciones y desarrollos tecnológicos en empaques y bioempaques para alimentos, incluyendo nuevos materiales, técnicas de producción y soluciones de diseño que mejoran la funcionalidad y la eficiencia. Igualmente, sería interesante realizar un análisis detallado de los costos asociados con los diferentes tipos de empaques y bioempaques para alimentos, incluyendo los costos de producción, costos de transporte y almacenamiento, y costos asociados con el cumplimiento normativo. Esto con el fin de facilitar a las empresas la

toma de decisiones sobre qué tipo de empaque utilizar en sus productos, a nivel de costos y rentabilidad.

Agradecimientos

Agradecimiento por el apoyo financiero recibido para este proyecto a la Universidad Industrial de Santander y al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia – MINCIENCIAS.

Referencias

1. Vasile C, Baican M. Progresses in Food Packaging, Food Quality, and Safety—Controlled-Release Antioxidant and/or Antimicrobial Packaging. *Molecules*. 2021 Feb 26;26(5):1263.
2. Nilsen Nygaard J, Fernández EN, Radusin T, Rotabakk BT, Sarfraz J, Sharmin N, et al. Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2021 Mar 6;20(2):1333–80.
3. Venkatesh G. Circular Bio-economy—Paradigm for the Future: Systematic Review of Scientific Journal Publications from 2015 to 2021. *Circular Economy and Sustainability*. 2022 Mar 7;2(1):231–79.
4. Popovic I, Bossink BAG, van der Sijde PC. Factors Influencing Consumers' Decision to Purchase Food in Environmentally Friendly Packaging: What Do We Know and Where Do We Go from Here? *Sustainability*. 2019 Dec 16;11(24):7197.
5. Fram S. The Constant Comparative Analysis Method Outside of Grounded Theory. *The Qualitative Report*. 2015 Jan 14;
6. Cotte Poveda A, Pardo Martínez CI. Qualitative comparative analysis (QCA): an application for the industry. *Qual Quant*. 2013 Apr 7;47(3):1315–21.
7. Singha K, Regubalan B, Pandit P, Maity S, Ahmed S. Introduction to Nanotechnology—Enhanced Food Packaging Industry. In: *Nanotechnology—Enhanced Food Packaging*. Wiley; 2022. p. 1–17.
8. Technavio. Packaging Market by End-user, Type, and Geography - Forecast and Analysis 2021-2025 [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.technavio.com/report/packaging-market-industry-analysis>
9. Data Bridge Market Research. Global Plastic Packaging Market – Industry Trends and Forecast to 2028 [Internet]. 2022 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-plastic-packaging-market>
10. Shaikh S, Yaqoob M, Aggarwal P. An overview of biodegradable packaging in food industry. *Curr Res Food Sci*. 2021;4:503–20.
11. Narancic T, Cerrone F, Beagan N, O'Connor KE. Recent Advances in Bioplastics: Application and Biodegradation. *Polymers (Basel)*. 2020 Apr 15;12(4):920.
12. Vartiainen J, Vähä-Nissi M, Harlin A. Biopolymer Films and Coatings in Packaging Applications—A Review of Recent Developments. *Materials Sciences and Applications*. 2014;05(10):708–18.
13. Abreu JL. Hipótesis, Método & Diseño de Investigación (Hipótesis, Método y Diseño de Investigación). *Daena*. 2012;7(2):187–97.
14. Rendón-Macías ME, Villasís-Keever MÁ, Miranda-Novales MG. Estadística descriptiva. *Rev Alerg Mex*. 2016 Oct 30;63(4):397–407.
15. Zapata WA, Gómez Caicedo MI, Villa Martínez Á. Estudio sobre la investigación en marketing y su importancia en los procesos de exportación: análisis bibliométrico

- y temático en Scopus. Revista Perspectiva Empresarial. 2021 Dec 15;8(2):91–103.
16. Research and Markets. Biodegradable Packaging Market, by Product Type, and Paper, by End-Use Industry, and by Region - Size, Share, Outlook, and Opportunity Analysis, 2021 – 2028 [Internet]. 2022 [cited 2023 Jul 11]. Available from: https://www.researchandmarkets.com/reports/5555907/biodegradable-packaging-market-by-product-type?gclid=Cj0KCQjwy5maBhDdARIsAMxrkw2jcfbdRM4kHj9notxS7Qs1qasGWuElrS9c3PrrCpTw6KKzLd8ocaAtGnEALw_wcB
 17. Euromonitor. Packaged food: Quarterly statement Q4 2021 [Internet]. 2021 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.euromonitor.com/packaged-food-quarterly-statement-q4-2021/report>
 18. European Bioplastics. Actualización de mercado de bioplásticos 2020 [Internet]. 2021 [cited 2023 Jul 11]. Available from: https://docs.european-bioplastics.org/conference/Report_Bioplastics_Market_Data_2020_short_version.pdf
 19. Mahardika M, Amelia D, Azril, Syafri E. Applications of nanocellulose and its composites in bio packaging-based starch. Mater Today Proc. 2023;74:415–8.
 20. Teck Kim Y, Min B, Won Kim K. General Characteristics of Packaging Materials for Food System. In: Innovations in Food Packaging. Elsevier; 2014. p. 13–35.
 21. Kumari SVG, Pakshirajan K, Pugazhenth G. Recent advances and future prospects of cellulose, starch, chitosan, polylactic acid and polyhydroxyalkanoates for sustainable food packaging applications. Int J Biol Macromol. 2022 Nov;221:163–82.
 22. Gómez-Estaca J, Gavara R, Catalá R, Hernández-Muñoz P. The Potential of Proteins for Producing Food Packaging Materials: A Review. Packaging Technology and Science. 2016 Apr;29(4–5):203–24.
 23. Sonar CR, Al-Ghamdi S, Marti F, Tang J, Sablani SS. Performance evaluation of biobased/biodegradable films for in-package thermal pasteurization. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2020 Dec;66:102485.
 24. Gadhave R V., Das A, Mahanwar PA, Gadekar PT. Starch Based Bio-Plastics: The Future of Sustainable Packaging. Open Journal of Polymer Chemistry. 2018;08(02):21–33.
 25. Kale G, Kijchavengkul T, Auras R, Rubino M, Selke SE, Singh SP. Compostability of Bioplastic Packaging Materials: An Overview. Macromol Biosci. 2007 Mar 8;7(3):255–77.
 26. Soares CT de M, Ek M, Östmark E, Gällstedt M, Karlsson S. Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. Resour Conserv Recycl. 2022 Jan;176:105905.
 27. Goel V, Luthra P, Kapur GS, Ramakumar SS V. Biodegradable/Bio-plastics: Myths and Realities. J Polym Environ. 2021 Oct 6;29(10):3079–104.
 28. Cazaudehore G, Guyoneaud R, Evon P, Martin-Closas L, Pelacho AM, Raynaud C, et al. Can anaerobic digestion be a suitable end-of-life scenario for biodegradable plastics? A critical review of the current situation, hurdles, and challenges. Biotechnol Adv. 2022 May;56:107916.
 29. Mendes AC, Pedersen GA. Perspectives on sustainable food packaging:– is bio-based plastics a solution? Trends Food Sci Technol. 2021 Jun;112:839–46.
 30. FDA. Food [Internet]. [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.fda.gov/food>
 31. FDA. Resumen de la Regulación del Sistema de Calidad [Internet]. 2020 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.fda.gov/media/135790/download>
 32. FDA. Guía de etiquetado de alimentos Orientación para la industria [Internet]. 2009 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/FDA-%20Guia-de-Etiquetado-2009.pdf>

33. OPS. Codex Alimentarius [Internet]. 2015. Available from: <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2015/cha-codex-alimentario.pdf>
34. Friedrich D. How regulatory measures towards biobased packaging influence the strategic behaviour of the retail industry: A microempirical study. *J Clean Prod.* 2020 Jul;260:121128.
35. ISO. ISO 18606:2013. Packaging and the environment — Organic recycling [Internet]. 2013 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.iso.org/standard/55874.html>
36. ISO. ISO 17088:2012 - Especificación para plásticos compostables [Internet]. 2012 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.plas-tic.org/contenido/iso-170882012-especificaci%C3%B3n-para-pl%C3%A1sticos-compostables>
37. EUR Lex. Plásticos de un solo uso: reducción del impacto en el medio ambiente [Internet]. 2022 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/single-use-plastics-fighting-the-impact-on-the-environment.html#:~:text=DOCUMENTO%20PRINCIPAL,1%2D19>
38. ICEX. Francia implementa nuevas medidas a favor del reciclaje y la economía circular [Internet]. 2022 [cited 2023 Jul 11]. Available from: <https://www.icex.es/es/quienes-somos/sala-de-prensa/sala-de-prensa/detalle.francia-ley-reciclaje.news093202202>
39. Khare K, Suresh L. Justice and sanitation governance: an enquiry into the implementation of the Swachh Bharat Mission-Rural programme in UP, India. *Water Policy.* 2023 Apr 1;25(4):379–98.
40. Muigua K. Enhancing Environmental Governance through Law and Other Tools: The Efficacy of Kenya's Environmental Management and Coordination Act (EMCA). 2023.
41. Rondon-Jara E, Lipa-Echevarría K, Marchena-Barrientos S, Chambi-Quispe ML, Carocancha-Condori GJ. Comparación de las leyes sobre el consumo de bolsas plásticas en Perú y Chile. *Producción + Limpia.* 2021 Feb 10;15(2):175–87.
42. Herrmann C, Rhein S, Sträter KF. Consumers' sustainability-related perception of and willingness-to-pay for food packaging alternatives. *Resour Conserv Recycl.* 2022 Jun;181:106219.