

Análisis del Impacto Ambiental y Económico del Diseño de Envases en la Logística

Analysis of the Environmental and Economic Impact of Packaging Design in Logistics

DOI:<https://doi.org/10.17981/bilo.7.1.2025.05>

Fecha de recepción: 23/01/2025. Fecha de publicación: 01/02/2025

Liliana Paredes-Páramo

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Hidalgo, México.
lparedes@upmh.edu.mx

Miguel Ángel Martínez-Cruz

Instituto Politécnico Nacional, México, México.
mamartinezc@ipn.mx

Alfredo Trejo-Martínez

Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México, México.
alfredo.trejo@tesoem.edu.mx

Ahsure Tatiana Flores-Pérez

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Hidalgo, México.
aflores@upmh.edu.mx

Hector Armando Figueroa-Urrea

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Hidalgo, México.
hfigueroa@upmh.edu.mx

Rafael Ordoñez-Gutiérrez

Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Hidalgo, México.
rordonez@upmh.edu.mx

Como citar en IEEE este artículo: Paredes-Páramo y otros, «Análisis del Impacto Ambiental y Económico del Diseño de Envases en la Logística», Boletín de Innovación, Logística y Operaciones, vol. 7. No. 1, pp. 43-52, 2025. Online. <https://revistascientificas.cuc.edu.co/bilo/article/view/6251>

Resumen

Este estudio analiza el impacto del diseño optimizado de envases desde perspectivas ambientales y económicas. Mediante una revisión de literatura y el análisis de casos en sectores industriales clave, se examinan las estrategias de ecodiseño efectivas para reducir costos logísticos, mejorar la eficiencia operativa y minimizar el impacto ambiental. La investigación se centra en la optimización de peso y volumen de los envases y en el uso de materiales sostenibles para reducir la huella de carbono. Los resultados sugieren que la implementación de envases ligeros y

reciclables contribuye significativamente a la disminución de costos de transporte y almacenamiento, además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este trabajo concluye que el ecodiseño de envases, más allá de ser una necesidad ambiental, representa una estrategia competitiva que permite a las empresas mejorar su rentabilidad al responder a las exigencias regulatorias y del mercado. Se discuten también las implicaciones de estas innovaciones para futuras investigaciones y su aplicabilidad en diversas industrias.

Palabras claves: Diseño; Sostenibilidad; Logística; Costos; Impacto.

Abstract

This study analyzes the impact of optimized packaging design from environmental and economic perspectives. Through a literature review and case analysis in key industrial sectors, effective eco-design strategies are examined to reduce logistics costs, improve operational efficiency, and minimize environmental impact. The research focuses on optimizing the weight and volume of packaging and using sustainable materials to reduce the carbon footprint. The results suggest that the implementation of lightweight and recyclable packaging significantly contributes to the reduction of transportation and storage costs, in addition to reducing greenhouse gas emissions. This work concludes that the eco-design of packaging, beyond being an environmental necessity, represents a competitive strategy that allows companies to improve their profitability by responding to regulatory and market demands. The implications of these innovations for future research and their applicability in various industries are also discussed.

Keywords: Design; Sustainability; Logistics; Cost; Impact.

Introducción

El diseño de envases desempeña un papel fundamental en la logística y en la sostenibilidad empresarial moderna. A medida que las preocupaciones ambientales cobran mayor relevancia y las regulaciones se endurecen, las empresas enfrentan el desafío de lograr un equilibrio entre la eficiencia operativa y el cumplimiento de normativas ambientales[1]. En este contexto, los envases se convierten en un elemento estratégico que facilita la protección, manipulación, distribución y almacenamiento de mercancías, al tiempo que impactan de manera significativa en la logística[2]. Estos pueden clasificarse en primarios, secundarios y terciarios, siendo los dos últimos especialmente relevantes debido a su influencia directa en los costos de transporte, almacenamiento y gestión de inventarios[3].

La investigación se centra en los envases secundarios y terciarios, los cuales ofrecen una oportunidad significativa para optimizar la cadena de suministro y reducir el impacto ambiental. El rediseño de estos envases, orientado a maximizar el uso de materiales reciclables y disminuir el volumen y peso, no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a reducir la huella de carbono asociada al transporte[4]. Este enfoque responde a la creciente demanda de soluciones sostenibles por parte de los consumidores y permite a las empresas alinearse con las expectativas del mercado y las normativas ambientales.

Estudios recientes han demostrado que los envases optimizados, tanto en materiales como en diseño estructural, generan beneficios económicos y ambientales[5]. Empresas como Coca-Cola European Partners[6] y Nestlé[7] han implementado diseños innovadores que reducen costos de transporte y consumo de materias primas, logrando impactos positivos en la sostenibilidad y competitividad. Este artículo explora las innovaciones tecnológicas y mejores prácticas en el diseño de envases, analizando cómo estas estrategias contribuyen al logro de objetivos logísticos y ambientales.

Estado del arte

El ecodiseño de envases ha emergido como una disciplina clave en la búsqueda de soluciones sostenibles dentro de la logística moderna. Esta práctica no solo aborda las preocupaciones ambientales derivadas del uso excesivo de materiales no reciclables, sino que también busca mejorar la eficiencia operativa y reducir costos. Según Monteiro[4], la implementación de estrategias de ecodiseño en los envases puede disminuir significativamente la huella de carbono de las cadenas de suministro al optimizar el peso y el volumen de los productos transportados.

Además, estas estrategias han sido integradas en diversas industrias, promoviendo el uso de materiales reciclables y biodegradables para minimizar los residuos generados[8].

Diversos estudios destacan la importancia de la economía circular en el desarrollo de envases sostenibles[9]. El concepto de economía circular se basa en el diseño de productos que puedan reintegrarse al ciclo productivo tras su uso, reduciendo así la dependencia de recursos vírgenes[10]. Por ejemplo, Huerta[11] enfatiza que la adopción de materiales reciclables y la optimización del diseño de envases no solo benefician al medio ambiente, sino que también mejoran la rentabilidad empresarial al disminuir los costos asociados al transporte y almacenamiento. Las innovaciones tecnológicas también han desempeñado un papel esencial en el desarrollo de envases sostenibles[12], tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) han permitido la creación de envases inteligentes (por ejemplo, los envases con sensores de temperatura y humedad que detectan y registran cambios en el entorno durante el transporte[13] o los envases con indicadores de tiempo y temperatura, que monitorean las condiciones a las que han sido sometidos los productos envasados permitiendo conocer si se ha roto la cadena de frío o si el tiempo de conservación ha excedido los límites recomendados[14], que monitorean condiciones ambientales durante el transporte, reduciendo el desperdicio de productos perecederos[15]. Por otra parte, los avances en bioplásticos han ofrecido alternativas viables a los plásticos convencionales, proporcionando soluciones que cumplen con normativas ambientales y reducen la huella ecológica de las operaciones logísticas[16].

Finalmente, aunque el ecodiseño de envases ha mostrado beneficios claros, persisten desafíos que limitan su adopción a gran escala. Entre estos se incluyen los costos iniciales de investigación y desarrollo, especialmente para pequeñas y medianas empresas, y la falta de infraestructura adecuada para el reciclaje en ciertos mercados[17]. A pesar de estos obstáculos, el ecodiseño sigue siendo una herramienta estratégica para las empresas que buscan integrar sostenibilidad y competitividad, consolidándose como una pieza fundamental en las cadenas de suministro modernas[9].

Metodología

Este estudio se basa en una revisión de literatura y en el análisis de estudios de caso que exploran el impacto del diseño de envases en la sostenibilidad y la eficiencia logística. La metodología empleada se estructuró en los siguientes pasos:

A. Revisión de la literatura: Se realizó una revisión de literatura en bases de datos académicas reconocidas, seleccionando estudios relevantes que abordaran el impacto del diseño de envases en la sostenibilidad y la eficiencia logística. El proceso incluyó criterios específicos para garantizar la pertinencia de los artículos analizados y su contribución al objetivo de la investigación. Se priorizaron artículos de divulgación e investigación que analizaran el impacto de la optimización del peso, volumen y materiales de los envases en los costos de transporte y almacenamiento, así como en la reducción de la huella de carbono.

B. Criterios de inclusión y exclusión: Se seleccionaron estudios que proporcionaran datos cuantitativos sobre los beneficios económicos y ambientales del diseño de envases, así como artículos que describieran tecnologías emergentes en el ecodiseño de envases. Se excluyeron estudios sin datos cuantificables o enfocados en sectores no industriales.

C. Estudios de caso: Para ilustrar los hallazgos obtenidos en la revisión bibliográfica, se analizaron estudios de caso basados en información publicada oficialmente por empresas que han implementado estrategias de optimización de envases. Entre estas, destacan Coca-Cola y Nestlé, cuyos informes de sostenibilidad documentan mejoras en eficiencia logística y reducción de impacto ambiental.

Desarrollo

El presente estudio se fundamenta en una revisión sistemática de literatura y el análisis de casos prácticos para explorar el impacto del diseño de envases en la sostenibilidad y la eficiencia logística. Durante la implementación de la metodología, se consultaron bases de datos académicas reconocidas como Scopus y Web of Science. Los artículos seleccionados cumplieron con criterios específicos de inclusión, privilegiando aquellos que proporcionaran datos cuantitativos sobre beneficios económicos y ambientales relacionados con el ecodiseño de envases. Además, se priorizaron estudios recientes que analizaran la optimización del peso, volumen y materiales empleados en los envases.

En paralelo, se analizaron informes de sostenibilidad publicados por empresas líderes en la industria, como Coca-Cola y Nestlé. Estos documentos aportaron información clave sobre estrategias prácticas aplicadas al rediseño de envases, destacando logros en reducción de costos logísticos, disminución de emisiones de carbono y mejoras en la eficiencia operativa. Este enfoque integral permitió vincular los hallazgos teóricos con ejemplos concretos, estableciendo una base sólida para los resultados presentados en este trabajo.

Resultados

La revisión de la literatura permitió identificar los beneficios clave del ecodiseño en envases. A continuación, se presentan los hallazgos respaldados por los análisis realizados:

1. **Optimización logística.** Los estudios revisados demuestran que los envases diseñados para reducir peso y volumen permiten a las empresas disminuir costos de transporte y almacenamiento. Por ejemplo, Coca-Cola Femsa[18] ha reportado ahorros logísticos al implementar envases más ligeros que optimizan la capacidad de carga en los vehículos y reducen los costos de transporte y almacenamiento. Por su parte, Nestlé destaca beneficios similares al utilizar PET reciclado, disminuyendo la dependencia de materias primas y mejorando la eficiencia operativa[7].
2. **Reducción de la huella ambiental.** El empleo de materiales reciclables y biodegradables en el diseño de envases contribuye a una significativa disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero. Los datos revisados indican que envases con menor peso y materiales reciclables disminuyen la huella de carbono asociada al transporte y almacenamiento, reforzando los compromisos corporativos hacia la economía circular[4].
3. **Innovaciones tecnológicas y materiales sostenibles.** Los avances tecnológicos están jugando un papel clave en el ecodiseño de envases. El uso de envases inteligentes permite a las empresas monitorear condiciones como temperatura y humedad a lo largo de la cadena de suministro, lo que ayuda a reducir el desperdicio de productos perecederos. Asimismo, el desarrollo de bioplásticos y otros materiales biodegradables proporciona alternativas sostenibles que cumplen con regulaciones ambientales y reducen la dependencia de los plásticos derivados de combustibles fósiles[1].
4. **Eficiencia en el almacenamiento.** La optimización del diseño de envases también ha mostrado beneficios en términos de eficiencia de almacenamiento, permitiendo a las empresas maximizar el uso del espacio disponible en los centros de distribución. IKEA, con su estrategia de envases planos, ha logrado reducir el volumen ocupado por sus productos, lo que facilita una mayor flexibilidad en la gestión de inventarios y un aprovechamiento más eficiente del espacio[19],[20].
5. **Eficiencia en el Almacenamiento.** El diseño optimizado de envases influye no solo en los costos de transporte, sino también en la eficiencia del almacenamiento y en la gestión de inventarios. La utilización de envases modulares y ligeros diseñados para apilarse de manera estable y segura, permite a las empresas maximizar el espacio vertical disponible en los almacenes[21] y facilita la organización de los productos, generando una mayor eficiencia operativa[22]. Según Accorsi[23], el uso de envases modulares en el sector de alimentos y bebidas ha permitido un aprovechamiento más eficiente del espacio, reduciendo los riesgos de daños a los productos durante su manipulación y transporte. Por otro lado, IKEA ha demostrado que el rediseño de sus envases para productos planos permite optimizar el espacio en los centros de distribución, generando ahorros operativos al reducir costos de almacenamiento y manejo de mercancías[19].
6. **Impacto en la Gestión de Inventarios.** Los envases equipados con tecnologías de identificación, como las etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID por sus siglas en inglés) y códigos de barras, han mejorado la precisión en el control de inventarios. La integración de estas tecnologías permite reducir errores de inventario, aumentar la precisión en el seguimiento de productos y optimizar el proceso de reposición[24]. Además, los envases diseñados con ventanas visibles o transparencias facilitan la identificación del contenido sin necesidad de abrirlos, agilizando la gestión de inventarios en almacenes de alta rotación de productos.

Ejemplos de Diseños Eficientes y sus Beneficios

La innovación en el diseño de envases ha generado soluciones prácticas que mejoran la logística y promueven la sostenibilidad. A continuación, se presentan algunos ejemplos de diseños de envases eficientes y los beneficios específicos que aportan a la cadena de suministro:

A. Envases de Bioplásticos de Danone (figura 1): Estos envases, fabricados a partir de materiales 100% reciclables y de origen vegetal, representan una alternativa más sostenible a los plásticos convencionales y son más ligeros, lo que contribuye a la reducción de costos de transporte y del impacto ambiental [25].



Fig. 1.

B. Diseño Modular de IKEA (Figura 2): El rediseño de los envases de IKEA, especialmente en su sistema de envases planos, ha optimizado la eficiencia de almacenamiento en centros de distribución al reducir el volumen de los productos. Esta estrategia no solo reduce los costos de transporte, sino que también maximiza el espacio en almacenes y disminuye la huella de carbono durante el transporte[26].



Fig. 2.

C. Envases Flexibles de Procter & Gamble (Figura 3): Procter & Gamble ha implementado envases flexibles para productos de limpieza, ocupando menos espacio que los envases rígidos y requiriendo menos material para su fabricación. Estos envases son más ligeros y eficaces en la optimización del transporte y almacenamiento[27].



Fig. 3.

D. Envases Compostables de TIPA (Figura 4): TIPA es una empresa que ha desarrollado envases compostables con propiedades similares al plástico convencional, pero que se descomponen completamente en condiciones de compostaje, reduciendo significativamente los residuos plásticos en el ambiente[28].



Fig. 4.

E. Envases con Acolchado de Aire de Sealed Air (Figura 5): Estos envases utilizan bolsas de aire infladas para amortiguar los productos durante el transporte, ofreciendo una protección superior sin añadir peso adicional. Esta

innovación es especialmente beneficiosa para el transporte de productos frágiles, reduciendo el riesgo de daños sin comprometer la eficiencia logística[29].



Fig. 5.

F. Envases Reutilizables de Loop (figura 6): Loop es una plataforma que colabora con marcas globales para ofrecer envases reutilizables diseñados para ser retornables, limpiados y reutilizados, eliminando la necesidad de envases desechables. Este enfoque reduce la cantidad de residuos generados y promueve un modelo de economía circular en el consumo de envases[30].



Fig. 6.

G. Envases de Papel Reciclado de EcoEnclose (figura 7) EcoEnclose ofrece envases fabricados completamente de papel reciclado, diseñados para ser reciclables y compostables. Este tipo de envases es especialmente utilizado en el comercio electrónico, donde se busca reducir el impacto ambiental mediante el uso de materiales sostenibles[31].



Fig. 7.

H. Envases de Madera Laminada de Stora Enso (figura 8): Stora Enso ha desarrollado envases de madera laminada que son tanto ligeros como resistentes. Estos envases están diseñados como una alternativa sostenible a los plásticos y metales, ofreciendo alta protección para productos delicados y reduciendo la dependencia de materiales no renovables[32].



Fig. 8.

En resumen, los ejemplos ilustran cómo el diseño eficiente de envases puede aportar beneficios significativos en términos de sostenibilidad y optimización logística. El uso de materiales innovadores y configuraciones adaptadas a la eficiencia del transporte y almacenamiento permite a las empresas mejorar su desempeño ambiental y reducir costos operativos. Cada diseño muestra una faceta distinta de las posibilidades que el ecodiseño ofrece, consolidándose como una herramienta clave en la mejora de la cadena de suministro.

Conclusiones

Los resultados de este estudio subrayan la relevancia estratégica del ecodiseño de envases como herramienta para reducir el impacto ambiental y optimizar los costos logísticos. La adopción de envases más ligeros y reciclables demuestra que las empresas pueden lograr beneficios económicos significativos, a la par que mejoran su sostenibilidad ambiental. Ejemplos como los de Coca-Cola y Nestlé validan que la reducción en peso y volumen de los envases contribuye directamente a disminuir costos de transporte y almacenamiento, además de reducir la dependencia de materiales de origen no renovable.

El impacto económico del ecodiseño es particularmente notable en sectores con grandes volúmenes de transporte, donde la optimización logística puede tener un efecto considerable en la rentabilidad. Las empresas que adoptan envases diseñados para maximizar el espacio y minimizar el peso reportan mejoras en eficiencia operativa y ahorros en costos logísticos, lo cual respalda investigaciones previas sobre la importancia del empaque en la gestión de operaciones[3].

Desde una perspectiva ambiental, los beneficios del ecodiseño van más allá de la simple reducción de residuos. La disminución de la huella de carbono lograda mediante el uso de materiales sostenibles y el diseño optimizado de envases contribuye directamente a los objetivos globales de sostenibilidad. Los avances en bioplásticos y materiales biodegradables representan un paso importante hacia la independencia de los plásticos derivados de combustibles fósiles, un aspecto clave en la lucha contra el cambio climático[4]. Además, las innovaciones tecnológicas en envases inteligentes permiten una mejor gestión de productos perecederos, reduciendo el desperdicio de alimentos y otros productos.

Sin embargo, aunque los beneficios del ecodiseño son claros, existen desafíos que limitan su implementación. La transición hacia materiales sostenibles puede implicar costos iniciales elevados en investigación y desarrollo, lo cual puede ser una barrera para pequeñas y medianas empresas. A medida que las regulaciones ambientales se fortalecen y los consumidores demandan soluciones más sostenibles, la adopción del ecodiseño se convierte en una estrategia no solo viable, sino necesaria para la competitividad en el mercado.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan el valor del ecodiseño de envases como una práctica que no solo responde a las necesidades ambientales, sino que también ofrece ventajas competitivas tangibles para las empresas. La integración de estos diseños sostenibles en la cadena de suministro es un paso crucial para las organizaciones que buscan mantenerse relevantes en un entorno cada vez más enfocado en la responsabilidad social y ambiental.

Resumen de Beneficios

Los envases ligeros y reciclables permiten a las empresas disminuir los costos de transporte y almacenamiento, logrando una mayor rentabilidad. Empresas como Coca-Cola e IKEA han demostrado que estas prácticas no solo son viables, sino también esenciales para mejorar la eficiencia operativa y responder a las crecientes demandas de

sostenibilidad. Además, la incorporación de tecnologías avanzadas, como las etiquetas RFID y los envases inteligentes, facilita una gestión de inventarios más precisa y una reducción de desperdicios, lo que aporta beneficios tanto económicos como ambientales.

Desafíos Actuales

A pesar de los beneficios observados, aún existen retos en la implementación generalizada del ecodiseño. Uno de los principales desafíos radica en los costos iniciales asociados con la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías avanzadas, lo cual puede ser prohibitivo para algunas empresas, especialmente las pequeñas y medianas. Adicionalmente, la falta de infraestructura de reciclaje en ciertos mercados limita la adopción de materiales sostenibles, reduciendo la efectividad del ecodiseño en esos contextos.

Perspectivas Futuras

La investigación futura en el ecodiseño de envases debería centrarse en el desarrollo de nuevos materiales sostenibles, como bioplásticos y materiales compostables, que puedan sustituir de manera eficaz a los plásticos convencionales sin afectar la funcionalidad del envase. Asimismo, el avance en tecnologías de envases inteligentes, apoyadas por el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA), ofrece un campo prometedor para mejorar la gestión logística y reducir el desperdicio de productos perecederos. La implementación de herramientas como el análisis del ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) también permitirá una evaluación más precisa del impacto ambiental y económico de los envases, facilitando decisiones informadas en la cadena de suministro.

En definitiva, el ecodiseño de envases representa una oportunidad valiosa para las empresas que buscan combinar eficiencia logística con sostenibilidad ambiental. A medida que las normativas ambientales se vuelven más estrictas y los consumidores demandan productos más responsables, el ecodiseño será cada vez más crucial para la competitividad en el mercado. La adopción de estas prácticas permitirá a las organizaciones no solo cumplir con las exigencias regulatorias, sino también posicionarse de manera favorable en un entorno empresarial cada vez más orientado hacia la sostenibilidad.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), a través del programa Cátedra COMECYT, que brinda soporte para el desarrollo de proyectos de investigación científica y tecnológica en el Estado de México.

Referencias

- [1] I. González-Boubeta, M. Fernández-Vázquez-Noguerol, P. Domínguez-Caamaño, and J. C. Prado-Prado, "Economic and environmental packaging sustainability: A case study," *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 11, no. 2, pp. 229–238, Apr. 2018, doi: 10.3926/jiem.2529.
<https://doi.org/10.3926/jiem.2529>
- [2] "ISO 18601:2013(en), Packaging and the environment — General requirements for the use of ISO standards in the field of packaging and the environment." Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:18601:ed-1:v1:en>
- [3] A. Regattieri, G. Santarelli, A. Regattieri, and G. Santarelli, "The Important Role of Packaging in Operations Management," *Operations Management*, Mar. 2013, doi: 10.5772/54073.
<https://www.intechopen.com/chapters/43436>
- [4] J. Monteiro, F. J. G. Silva, S. F. Ramos, R. D. S. G. Campilho, and A. M. Fonseca, "Eco-Design and Sustainability in Packaging: A Survey," *Procedia Manuf*, vol. 38, pp. 1741–1749, Jan. 2019, doi: 10.1016/J.PROMFG.2020.01.097.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920300986>

- [5] “Bioplastics - Plastics Industry Association | We protect, promote, and grow the plastics industry.” Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.plasticsindustry.org/who-we-serve/recycling-sustainability/bioplastics/>
- [6] “REDUCIENDO EL PESO DE NUESTROS ENVASES PARA UN FUTURO MEJOR | Spain.” Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.cocacolaep.com/es/al-dia/blog-rojo-y-en-botella/reduciendo-el-peso-de-nuestros-envases-para-un-futuro-mejor/>
- [7] “Plastic packaging and waste reduction | Nestlé Global.” Accessed: Jan. 19, 2025. [Online]. Available: <https://www.nestle.com/sustainability/waste-reduction>
- [8] G. Mattia, A. Di Leo, and C. A. Pratesi, “Recognizing the key drivers and industry implications of sustainable packaging design: A mixed-method approach,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 9, May 2021, doi: 10.3390/SU13095299. <http://doi:10.3390/su13095299>
- [9] F. Roberto and A. Morocho, “La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo,” *INNOVA Research Journal*, vol. 3, no. 12, pp. 78–98, Dec. 2018, doi: 10.33890/innova.v3.n12.2018.786. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.786>
- [10] C. L. Reichert et al., “polymers Bio-Based Packaging: Materials, Modifications, Industrial Applications and Sustainability,” *Polymers (Basel)*, vol. 12, 2020, doi: 10.3390/polym12071558. <http://doi:10.3390/polym12071558>
- [11] O. Huerta, “Ecodiseño de envases para una economía circular,” *RChD: creación y pensamiento*, vol. 5, no. 9, pp. 1–12, Nov. 2020, doi: 10.5354/0719-837X.2020.58303. <https://doi.org/10.5354/0719-837X.2020.58303>
- [12] Y. M. O. Tinoco, J. A. E. Castillo, M. L. G. Illescas, and L. P. C. Fuentes, “El cambio a envases sostenibles como estrategia competitiva de las empresas exportadoras. Un enfoque de Economía Circular,” *INNOVA Research Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 246–269, Sep. 2021, doi: 10.33890/innova.v6.n3.2021.1849. <https://doi.org/10.33890/innova.v6.n3.2021.1849>
- [13] “Envases inteligentes, ¿Cómo funcionan? | Ecoembes.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://reducereutilizarecicla.org/envases-inteligentes/>
- [14] “Envases inteligentes, llega el futuro del packaging - Mecalux.cl.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.mecalux.cl/blog/envase-inteligente>
- [15] P. Müller and M. Schmid, “Intelligent Packaging in the Food Sector: A Brief Overview,” *Foods 2019*, Vol. 8, Page 16, vol. 8, no. 1, p. 16, Jan. 2019, doi: 10.3390/FOODS8010016. <https://doi.org/10.3390/foods8010016>
- [16] T. Narancic, F. Cerrone, N. Beagan, and K. E. O’Connor, “Recent Advances in Bioplastics: Application and Biodegradation,” *Polymers 2020*, Vol. 12, Page 920, vol. 12, no. 4, p. 920, Apr. 2020, doi: 10.3390/POLYM12040920. <https://doi.org/10.3390/polym12040920>
- [17] J. K. A. Medina, O. E. C. Pacheco, and A. C. P. Avella, “Empaques vs Bioempaques para alimentos: Una comparación a nivel técnica, comercial y normativa,” *Ingeniería y Competitividad*, vol. 25, no. 3, p. e-21213066, Jun. 2023, doi: 10.25100/iyc.v25i3.13066. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.13066>
- [18] “Coca-Cola FEMSA publica su Informe Anual Integrado 2023: Future-Ready – Impulsando el crecimiento - FEMSA.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.femsa.com/es/sala-de-prensa/comunicado/coca-cola-femsa-publica-su-informe-anual-integrado-2023-future-ready-impulsando-el-crecimiento/>
- [19] “Ikano Retail FY23 Sustainability Report - IKEA.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available:

- <https://www.ikea.com/mx/en/newsroom/corporate-news/ikano-retail-fy23-sustainability-report-pubfcef6810/?msockid=346acdec584c63193ca8d8f959a26242>
- [20] L. Meherishi, S. A. Narayana, and K. S. Ranjani, “Integrated product and packaging decisions with secondary packaging returns and protective packaging management,” *Eur J Oper Res*, vol. 292, no. 3, pp. 930–952, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.EJOR.2020.11.022. <http://doi:10.1016/j.ejor.2020.11.022>
- [21] L. Paredes Páramo, M. Á. Martínez Cruz, A. Trejo Martínez, M. Chávez Pichardo, and T. Arenas Reséndiz, “Prototipo de taza hexagonal para un mejor almacenaje espacial sin desperdicio de área perimetral,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 23, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2022, doi: 10.22201/FI.25940732E.2022.23.1.002. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.1.002>
- [22] J. García-Arca, J. A. Comesaña-Benavides, A. T. G. P. Garrido, and J. C. Prado-Prado, “Rethinking the box for sustainable logistics,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 6, Mar. 2020, doi: 10.3390/SU12051870. <http://doi:10.3390/su12051870>
- [23] R. Accorsi, A. Cascini, S. Cholette, R. Manzini, and C. Mora, “Economic and environmental assessment of reusable plastic containers: A food catering supply chain case study,” *Int J Prod Econ*, vol. 152, pp. 88–101, Jun. 2014, doi: 10.1016/J.IJPE.2013.12.014. <http://doi:10.1016/j.ijpe.2013.12.014>
- [24] C. Turcu, C. Turcu, and A. Graur, “Improvement of Supply Chain Performances Using RFID Technology,” *Supply Chain the Way to Flat Organisation*, Jan. 2009, doi: 10.5772/6667. https://www.researchgate.net/publication/221787701_Improvement_of_Supply_Chain_Performances_Using_RFID_Technology
- [25] “Impulsando la transición hacia un sistema de envasado circular y bajo en carbono | Grupo Danone.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.danone.com/sustainability/nature/circular-and-low-carbon-packaging-system.html>
- [26] “La historia de los empaques planos IKEA - IKEA Chile.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.ikea.com/cl/es/this-is-ikea/la-historia-de-los-empaques-planos-ikea-puba22424c0/>
- [27] “P&G Impulsa La Innovación Sostenible En Sus Envases | Control Publicidad.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://controlpublicidad.com/sostenibles-marcas-y-esg/procter-and-gamble-y/>
- [28] “Our Portfolio - Eco-Friendly, Compostable Packaging | TIPA.” Accessed: Jan. 20, 2025. [Online]. Available: <https://tipa-corp.com/portfolio/>
- [29] “Protective Packaging Solutions - Sealed Air.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.sealedair.com/products/protective-packaging>
- [30] “Loop - A Global Platform for Reuse.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://exploreloop.com/en/>
- [31] “Sustainable Packaging and Shipping Supplies | EcoEnclose.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.ecoenclose.com/>
- [32] “Products | Stora Enso.” Accessed: Jan. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.storaenso.com/en/products>