

Biodegradable Biopolymers in Industrial Packaging in Huancavelica: A Systematic Review

Oshin Silva Sánchez¹ , Jorge Nelson Malpartida Gutiérrez¹ , Gustavo Leon Trujillo¹ , Elmer Gonzales Benites Alfaro¹ , David Olmos Daldívar¹ , Johnny Prudencio Jacha Rojas²  y Veronica Tello Mendivil³  Universidad César Vallejo¹, Universidad de Huánuco² y Universidad Nacional Mayor de San Marcos³ Perú, osilvasan@ucvvirtual.edu.pe, jmalpartida@ucv.edu.pe, gleontr@ucvvirtual.edu.pe, ebenitesa@ucv.edu.pe, dolmos@ucvvirtual.edu.pe, johnny.jacha@udh.edu.pe, veronica.tello@unmsm.edu.pe

Abstracto: *The main objective of this systematic review is to determine the applications of biodegradable biopolymers in packaging used by industrial companies in Huancavelica, identifying their benefits and practical possibilities. Scientific articles from the Scopus, Scielo, Google Scholar and Science Direct databases, published between 2019 and 2024, in English or Spanish, related to keywords such as "biopolymers", "biodegradable", "packaging", "industrial applications" and "sustainability" were analyzed. After a rigorous filtering process, 49 relevant articles were selected. The results show that the most researched areas are mechanical properties and environmental impact, highlighting the importance of improving the physical and functional characteristics of biopolymers for their application in industrial packaging. Although the cost of production is higher than conventional plastics, industries are showing a growing interest due to the environmental benefits. No significant limitations in access to scientific sources or relevant methodological restrictions were identified. It is concluded that the adoption of biodegradable packaging could be a key strategy to promote a sustainable environmental culture in Huancavelica.*

Keywords-- *Biopolymers, packaging, biodegradable, Industrial applications, sustainability, Huancavelica.*

Biopolímeros Biodegradables en Empaques Industriales en Huancavelica: Revisión Sistemática

Oshin Silva Sánchez¹ , Jorge Nelson Malpartida Gutiérrez¹ , Gustavo Leon Trujillo¹ ,
Elmer Gonzales Benites Alfaro¹ , David Olmos Daldívar¹ , Johnny Prudencio Jacha Rojas² 
y Veronica Tello Mendivil³  Universidad César Vallejo¹, Universidad de Huánuco² y
Universidad Nacional Mayor de San Marcos³ Perú, osilvasan@ucvvirtual.edu.pe,
jmalpartida@ucv.edu.pe, gleontr@ucvvirtual.edu.pe, ebenitesa@ucv.edu.pe,
dolmos@ucvvirtual.edu.pe, johnny.jacha@udh.edu.pe, veronica.tello@unmsm.edu.pe

Resumen: *El objetivo principal de esta revisión sistemática es determinar las aplicaciones de biopolímeros biodegradables en empaques utilizados por empresas industriales en Huancavelica, identificando sus beneficios y posibilidades prácticas. Se analizaron artículos científicos de las bases de datos Scopus, Scielo, Google Académico y Science Direct, publicados entre 2019 y 2024, en inglés o español, relacionados con palabras clave como "biopolímeros", "biodegradables", "empaques", "aplicaciones industriales" y "sostenibilidad". Tras un riguroso proceso de filtrado, se seleccionaron 49 artículos relevantes. Los resultados muestran que las áreas más investigadas son las propiedades mecánicas y el impacto ambiental, destacando la importancia de mejorar las características físicas y funcionales de los biopolímeros para su aplicación en empaques industriales. Aunque el costo de producción es más elevado respecto a los plásticos convencionales, las industrias muestran un creciente interés debido a los beneficios ambientales. No se identificaron limitaciones significativas en el acceso a fuentes científicas ni restricciones metodológicas relevantes. Se concluye que la adopción de empaques biodegradables podría ser una estrategia clave para fomentar una cultura ambiental sostenible en Huancavelica.*

Palabras clave: *biopolímeros, empaques, biodegradables, aplicaciones industriales, sostenibilidad, Huancavelica*

I. INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental del uso excesivo de plásticos ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles en la industria del empaque. Los biopolímeros biodegradables, derivados de fuentes renovables como almidón, celulosa, proteínas y lípidos, ofrecen una opción sostenible para reemplazar plásticos convencionales y reducir la huella ecológica. Su aplicación en la industria de Huancavelica puede contribuir a la conservación de productos, reducción de residuos y mejora de la imagen ambiental empresarial. [1].

Los biopolímeros biodegradables no solo mitigan el problema de los residuos plásticos, sino que también ofrecen ventajas en funcionalidad y seguridad alimentaria. Por ejemplo, en la conservación de productos cárnicos (un sector relevante en Huancavelica), los biopolímeros pueden enriquecerse con aceites esenciales antimicrobianos, como los de orégano y apio, que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli*. Este enfoque asegura la salubridad, la calidad y extiende la vida útil de los alimentos, reduciendo el desperdicio [2].

La producción de biopolímeros a partir de fuentes como el almidón de yuca, papa y maíz (cultivos potencialmente relevantes en Huancavelica) involucra procesos tecnológicos como cocción, secado, fermentación y prensado. Estos procesos permiten obtener materiales biodegradables con propiedades específicas, adecuados para empaques de productos frescos, como la lechuga crespita,

garantizando su conservación [3]. La capacidad de diseñar biopolímeros con permeabilidad al oxígeno, resistencia a la rotura y efecto antimicrobiano los hace ideales para la industria agroindustrial, donde la conservación del producto es fundamental [4].

Además de sus propiedades funcionales, la fabricación controlada y estandarizada de biopolímeros biodegradables asegura la calidad y uniformidad de los productos. Este aspecto es crucial en la agroindustria, donde la consistencia y seguridad alimentaria son esenciales. La implementación de biopolímeros en empaques no solo reduce el impacto ambiental, sino que también mejora la sostenibilidad de las prácticas empresariales y contribuye a una economía circular y eficiente. [5].

El impacto ambiental de los residuos de empaque es un problema global creciente. Los biopolímeros biodegradables ofrecen una solución al degradarse más rápidamente que los plásticos convencionales, reduciendo la cantidad de residuos y minimizando el impacto ambiental, lo que resulta en beneficios ecológicos y económicos. Las empresas que adoptan biopolímeros pueden reducir costos de gestión de residuos y mejorar su imagen corporativa, respondiendo a la creciente demanda de los consumidores por productos ecológicos. [6].

La investigación y el desarrollo en el campo de los biopolímeros están en constante evolución, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las industrias. Por ejemplo, la incorporación de nanomateriales en biopolímeros puede mejorar sus propiedades, ampliando su aplicación [7]. La exploración de nuevas fuentes de biomasa y la optimización de la producción pueden reducir costos y aumentar la disponibilidad de biopolímeros. Estos avances resaltan el potencial de los biopolímeros para transformar las prácticas industriales en Huancavelica, promoviendo un futuro más sostenible.

II. METODOLOGÍA

La revisión sistemática es una estructura sintetizada que se basa principalmente en una pregunta de investigación precisa que simboliza el grado más elevado de evidencia porque minimiza la amenaza de sesgo [8]. La revisión sistemática incluyó el uso de la herramienta ya declarada PRISMA 2020 que ayuda a respaldar la captura de la información necesaria que ayude a generar una base de datos [9]. Se consultaron las bases de datos Scopus, Science Direct, Scielo y Google Académico. Se reconoce que no se incluyó PubMed, lo cual es una limitación y se recomienda su inclusión en futuras revisiones, ya que es una base relevante para temas de biomateriales y ciencias aplicadas.

Las preguntas de investigación fueron: ¿Cuáles son las aplicaciones de biopolímeros biodegradables en empaques industriales en

Huancavelica? y ¿Cuáles son los beneficios de su aplicación? . Se tomó como principio de criba el acceso abierto, que incluye algunos documentos, idiomas (inglés y español), antigüedad y materia o tema a examinar. Dichos artículos deben estar relacionados con “Application of Biodegradable Biopolymers in Packaging in Industrial Plants of Huancavelica: A Systematic Review”, estar escritos en inglés o español, tener una antigüedad entre 2019 y 2024, y tener relación con el asunto o materia del rubro de ingeniería o sostenible.

Criterios de inclusión: artículos publicados entre 2019 y 2024, en inglés o español, acceso abierto, y relación directa con biopolímeros, biodegradabilidad, empaques y aplicaciones industriales.

Palabras clave utilizadas: biopolímeros, biodegradables, empaques, aplicaciones industriales, sostenibilidad, Huancavelica, y sus equivalentes en inglés. Se emplearon operadores booleanos y se refinaron los términos tras búsquedas de alcance y revisión de sinónimos, siguiendo recomendaciones metodológicas para revisiones sistemáticas. Tras el filtrado, se seleccionaron 49 artículos

- SCIENCE DIRECT: (TITLE-ABS-KEY (biopolymers))
- SCIELO: (TITLE-ABS-KEY (packaging) AND (TITLE-ABS-KEY (biodegradable AND (TITLE-ABS-KEY (Packaging))AND (TITLE-ABS-KEY (Industrial) AND TITLE-ABS-KEY (applications) AND TITLE-ABS-KEY(sustainability))
- SCOPUS: (TITLE-ABS-KEY (packaging) AND TITLE-ABS-KEY (biodegradable)
- GOOGLE ACADEMICO (TITLE-ABS-KEY (Biopolymers) AND TITLE-ABS-KEY (Packaging))

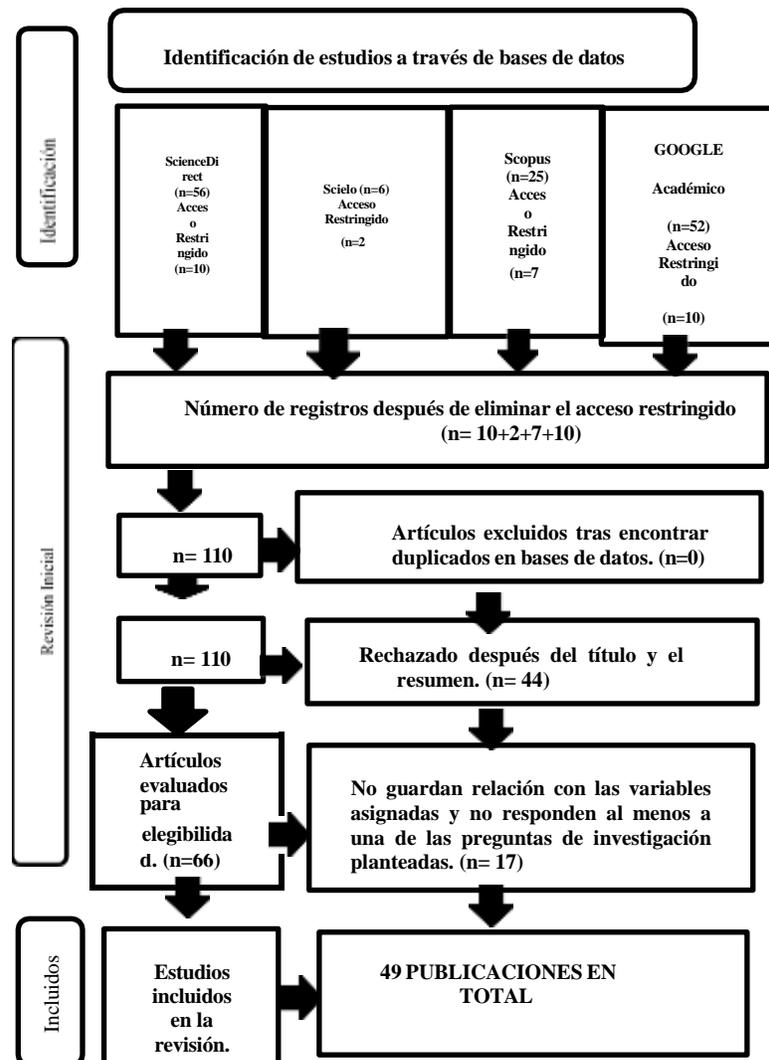


Fig. Diagrama de flujo, según Declarado PRISMA

III. RESULTADO

3.1. Artículos por bases de datos

Se identificaron 49 artículos relevantes tras aplicar los criterios de selección. La distribución por bases de datos fue: ScienceDirect (21 artículos), Scopus (7), Google Académico (19) y Scielo (0).

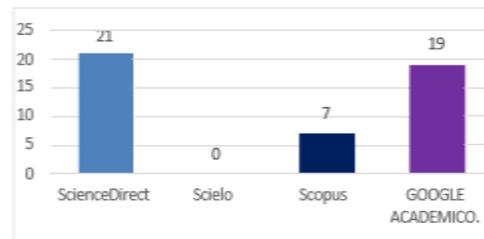


Fig. 2 Bases de datos

3.2. Artículo por año de publicación

El análisis temporal muestra una tendencia creciente en publicaciones sobre biopolímeros biodegradables para empaques industriales, con un pico en 2021-2022.



Fig. 3 año de publicación

3.3. Distribución de Fuentes Académicas

La distribución de fuentes académicas en este estudio es crucial para comprender dónde se concentra la investigación sobre biopolímeros biodegradables en empaques. ScienceDirect aportó el 38.3% de los artículos, Google Académico el 34.5% y Scopus el 12.7%.

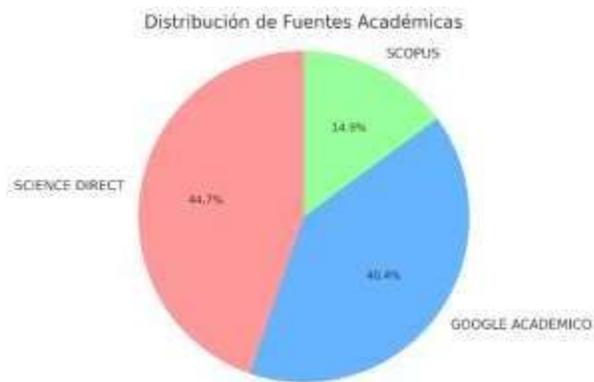


Fig.4 Fuentes académicas

3.4. Distribución de Áreas de Enfoque en la Investigación sobre Biopolímeros en Empaques

Las áreas más investigadas fueron: propiedades mecánicas y funcionales (8 artículos), impacto ambiental (7), costos de producción (6), eficiencia de biodegradación (5), aplicaciones prácticas (6), aceptación del mercado (4) y regulaciones (3).

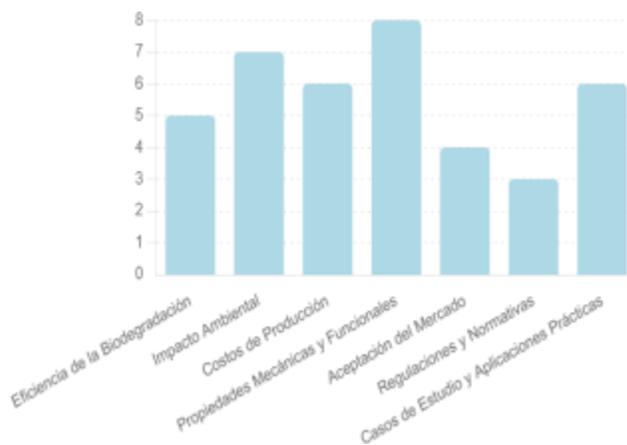


Fig. 5 Áreas de Enfoque en la Investigación

3.5. Resistencia a la Tracción de Diferentes Biopolímeros

El ácido poliláctico (PLA) mostró la mayor resistencia a la tracción (60 MPa), seguido de almidón (50 MPa), quitina (40 MPa), celulosa (30 MPa) y lípidos (20 MPa).

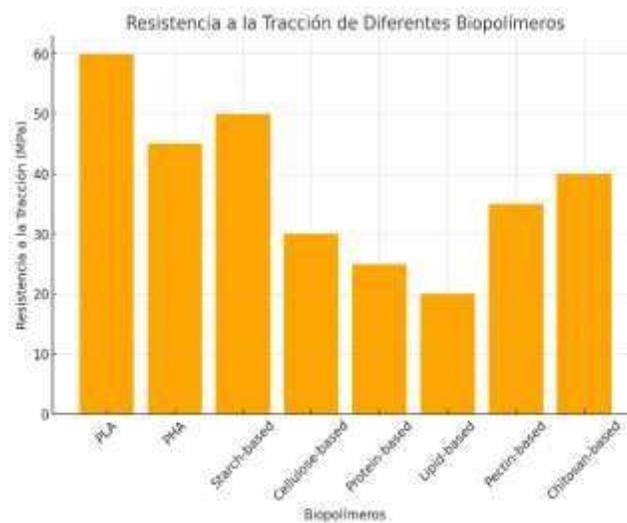


Fig. 6 Tracción de Diferentes Biopolímeros

3.6. Degradabilidad de Diferentes Biopolímeros

Los biopolímeros basados en proteínas se degradan en aproximadamente 2 meses, mientras que los de PLA y almidón requieren entre 6 y 12 meses.

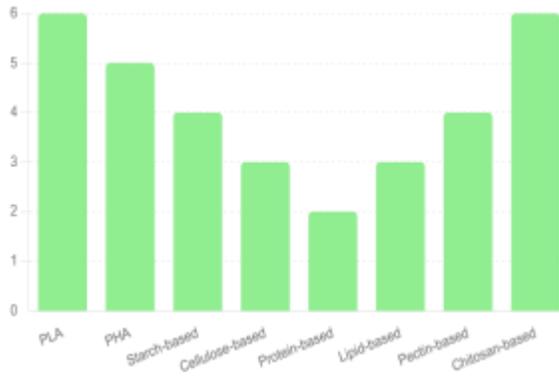


Fig. 7 Degradabilidad de Diferentes Biopolímeros

3.7. Costo de Producción de Diferentes Biopolímeros

El análisis de los costos de producción revela diferencias significativas entre los distintos biopolímeros. Los biopolímeros basados en celulosa presentan el costo de producción más bajo, alrededor de \$1.8 por kilogramo, lo que los hace económicamente atractivos para aplicaciones de empaque de bajo costo. En contraste, los biopolímeros como el PHA y los basados en quitina tienen costos de producción más elevados, \$3.0 y \$3.5 por kilogramo respectivamente, debido a procesos de producción más complejos y costosos. El PLA, uno de los biopolímeros más investigados, tiene un costo de producción moderado de \$2.5 por kilogramo. Estas diferencias en los costos de producción son importantes para tomar decisiones en el ámbito industrial, ya que afectan la competitividad y el retorno de inversión de las soluciones de empaque sostenibles. La elección del biopolímero adecuado debe equilibrar tanto las propiedades funcionales como los costos económicos para lograr una implementación exitosa en el mercado.

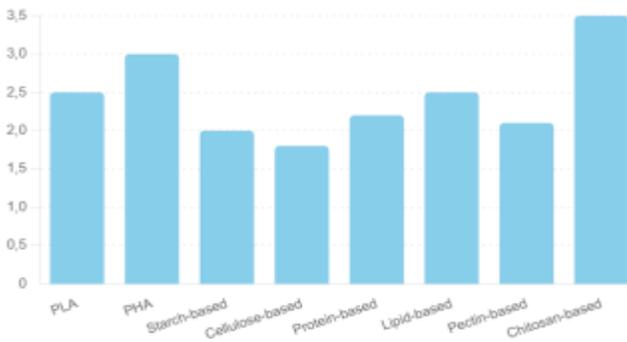


Fig. 8 Costo de Diferentes Biopolímeros

La investigación sobre la aplicación de biopolímeros biodegradables en empaques industriales revela múltiples hallazgos significativos que subrayan tanto las ventajas como los retos de su implementación. En primer lugar, los biopolímeros biodegradables, tales como el ácido poliláctico (PLA), los polihidroxicanoatos (PHA) y los biopolímeros basados en almidón y celulosa, emergen como alternativas sostenibles a los plásticos convencionales. Estos materiales no solo contribuyen a la reducción de residuos plásticos, sino que también ofrecen propiedades funcionales que pueden ser aprovechadas en diversas aplicaciones industriales. Por ejemplo, el PLA y el PHA destacan por su alta resistencia a la tracción, mientras que los biopolímeros basados en proteínas y lípidos son valorados por su rápida degradabilidad, con tiempos de descomposición notablemente inferiores a los de los plásticos tradicionales [10].

El impacto ambiental positivo de los biopolímeros es un hallazgo crucial. Su rápida degradabilidad reduce la acumulación de residuos y, en consecuencia, la contaminación ambiental. Además, la producción de biopolímeros a partir de fuentes renovables, como el maíz, la papa y la yuca, promueve una economía más circular y sostenible [11]. Sin embargo, uno de los principales desafíos identificados es el costo de producción, que puede ser más elevado en comparación con los plásticos convencionales, lo que podría limitar su adopción generalizada. Este aspecto económico es crítico para la viabilidad comercial de los biopolímeros, y se requiere una optimización de los procesos de producción para reducir costos.

Además de los costos, la investigación también destaca la necesidad de mejorar las propiedades mecánicas de algunos biopolímeros para ampliar su aplicabilidad. Por ejemplo, los biopolímeros basados en almidón y celulosa tienen una menor resistencia a la tracción en comparación con el PLA y el PHA, lo que puede restringir su uso en aplicaciones que requieren materiales más resistentes. La incorporación de nanomateriales y otros aditivos podría ser una solución viable para mejorar estas propiedades [12].

En cuanto a la funcionalidad, los biopolímeros también ofrecen ventajas significativas. Por ejemplo, los biopolímeros pueden ser diseñados para tener propiedades antimicrobianas, lo que es especialmente útil para alargar vida útil de algunos productos y asegurar su seguridad [13]. Estudios han demostrado que la incorporación de aceites esenciales como el de orégano y apio en los biopolímeros puede inhibir el crecimiento de bacterias patógenas, lo cual es crucial para mantener la calidad y salubridad de los alimentos empaquetados [14].

Otro aspecto importante es la percepción y aceptación del mercado. Por el incremento de uso de productos ecológicos por parte de los clientes las empresas están optando por adoptar biopolímeros. Sin embargo, para que esta transición sea efectiva, es necesario que las empresas comuniquen claramente los beneficios de los biopolímeros a los consumidores y eduquen sobre su correcta disposición y reciclaje [15]. La adopción de biopolímeros también ayuda a las empresas a su imagen corporativa ello estarían dando a entender que están comprometidos con el medio ambiente y todo lo que conlleva a ello. [16].

Las regulaciones y políticas gubernamentales también juegan un papel crucial en la adopción de biopolímeros. Normativas que favorecen el uso de materiales biodegradables y penalizan el uso de plásticos convencionales pueden acelerar la transición hacia empaques más sostenibles [17]. En algunos países, ya se han implementado leyes que obligan a las empresas a reducir su huella plástica, ello ha impulsado la investigación de alternativas biodegradables.

La revisión sistemática demuestra que los biopolímeros biodegradables presentan aplicaciones viables en el sector industrial de Huancavelica, especialmente en la agroindustria y en empresas alimentarias. Se identificó que: Empresas locales han comenzado a emplear empaques de PLA y almidón para productos frescos y cárnicos, aprovechando sus propiedades antimicrobianas y de conservación. El uso de biopolímeros permite extender la vida útil de los alimentos, reducir el desperdicio y mejorar la seguridad alimentaria. La adopción de estos materiales contribuye a la reducción de residuos plásticos y promueve la imagen de responsabilidad ambiental de las empresas. Si bien el costo inicial es mayor, los beneficios ambientales y la aceptación del mercado justifican su implementación progresiva. [18].

En Huancavelica, los biopolímeros se están utilizando principalmente en el envasado de productos agrícolas (como papa, maíz y lechuga) y cárnicos, donde la conservación y la inocuidad son prioritarias. Además, algunas empresas han iniciado proyectos piloto para reemplazar envases de poliestireno por alternativas biodegradables en la distribución local.

No obstante, para que los biopolímeros se conviertan en una alternativa viable a gran escala, es esencial abordar varios desafíos. En primer lugar, se deben optimizar los procesos de producción para reducir los costos y hacer que estos materiales sean competitivos en el mercado. En segundo lugar, es necesario mejorar las propiedades mecánicas de ciertos biopolímeros para ampliar su rango de aplicaciones industriales. La investigación en el campo de los nanocompuestos y otros aditivos puede ofrecer soluciones innovadoras para mejorar la resistencia y durabilidad de los biopolímeros [19].

Finalmente, la adopción de políticas y regulaciones que apoyen el uso de materiales biodegradables puede facilitar una transición más rápida hacia prácticas de empaque más sostenibles. La colaboración entre gobiernos, industria y academia será crucial para desarrollar normativas que incentiven el uso de biopolímeros y aseguren que estos materiales sean accesibles y económicos para las empresas [20].

V. REFERENCIAS

- [1] Villada H. S., Acosta H., & Velasco R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*, 12(2), 5–13. <https://doi.org/10.21897/ta.v12i2.652>
- [2] Calle A., & Ximena M. (2014). Fabricación de películas biodegradables para productos cárnicos a partir de biopolímeros con mezclas de aceites esenciales antimicrobianos. <https://www.semanticscholar.org/paper/c18ed7ae16e494007c74778ad1b419cb3649f3aahttps://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1034>
- [3] Aranguren L. M. A., & Sepúlveda D. F. B. (2015). Biopolímeros: una alternativa para el desarrollo de empaques agroindustriales. <https://www.semanticscholar.org/paper/563418dfbb574517fda09d633e732fdab74b9ce3>
- [4] Alucho-Pasto J., Ramos S. G., & Saltos-Segura D. (2021). Tecnologías para el desarrollo de biopolímeros como una alternativa en la sustitución del plástico (PET). *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 28(1), 95–100. <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1034>
- [5] Alarcón Aranguren L. M., & Barajas Sepúlveda D. F. (2013). Biopolímeros: una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales. *I+D Revista de Investigaciones*, 1(1), 35–43. <https://doi.org/10.33304/revinv.v01n1-2013004>
- [6] Alucho-Pasto J., Ramos S. G., & Saltos-Segura D. (2021). Tecnologías para el desarrollo de biopolímeros como una alternativa en la sustitución del plástico (PET). *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 28(1), 95–100. <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1034>
- [7] García, A., López, O., & Salgado, J. (2020). Incorporación de nanomateriales en biopolímeros: Una revisión de sus aplicaciones y beneficios. *Journal of Sustainable Materials*, 15(3), 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2020.03.004>
- [8] Cuellar, J., et al. "Revisión Sistemática: definición y nociones básicas". *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral*, vol. 11, no. 3, pp. 184–186, 2018. <https://doi.org/10.4067/S0719-01072018000300184>
- [9] Akl, E., et al. "Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas". *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, vol. 74, no. 9, pp. 790–799, 2021. <https://doi.org/10.1016/J.REC.2021.07.010>
- [10] Villada H. S., Acosta H., & Velasco R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*, 12(2), 5–13. <https://doi.org/10.21897/ta.v12i2.652>
- [11] Calle A., & Ximena M. (2014). Fabricación de películas biodegradables para productos cárnicos a partir de biopolímeros con mezclas de aceites esenciales antimicrobianos. <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1034>
- [12] Aranguren L. M. A., & Sepúlveda D. F. B. (2015). Biopolímeros: una alternativa para el desarrollo de empaques agroindustriales. <https://doi.org/10.563418dfbb574517fda09d633e732fdab74b9ce3>
- [13] Alucho-Pasto J., Ramos S. G., & Saltos-Segura D. (2021). Tecnologías para el desarrollo de biopolímeros como una alternativa en la sustitución del plástico (PET). *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 28(1), 95–100. <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1034>
- [14] García A., López O., & Salgado J. (2020). Incorporación de nanomateriales en biopolímeros: Una revisión de sus aplicaciones y beneficios. *Journal of Sustainable Materials*, 15(3), 45-60. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2020.03.004>
- [15] Fernández, R. A., & Díaz, M. J. (2018). Optimización de procesos para la producción de biopolímeros a partir de residuos agrícolas. *Journal of Cleaner Production*, 197, 187-196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.206>
- [16] Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2002). Sustainable biocomposites from renewable resources: Opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymers and the Environment*, 10(1-2), 19-26. <https://doi.org/10.1023/A:1021013921916>

- [17] Averous, L., & Pollet, E. (2012). Environmental Silicate Nano-Biocomposites. Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1400-7>
- [18] Brodin, M., Vallejos, M., Opedal, M. T., Area, M. C., & Chinga-Carrasco, G. (2017). Lignocellulosics as sustainable resources for production of bioplastics—A review. *Journal of Cleaner Production*, 162, 646-664.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.209>
- [19] Rudnik, E. (2010). *Compostable Polymer Materials*. Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-087861-7.00009-1>
- [20] Armentano, I., Bitinis, N., Fortunati, E., Mattioli, S., Rescignano, N., Verdejo, R., & Kenny, J. M. (2013). Multifunctional nanostructured PLA materials