

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial



**USE OF THE SUGAR CANE BAGASSE
(SACCHARUM OFFICINARUM) FOR THE
PREPARATION OF BIODEGRADABLE FOOD
PACKAGES**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Renzo Martin Barinotto Valencia

Código 20161813

Gonzalo Dennys Ramos Olortegui

Código 20161202

Asesor

José Antonio Taquía Gutiérrez

Lima – Perú

Setiembre de 2024

Propuesta
Carrera Ingeniería Industrial

Título
USE OF THE SUGAR CANE BAGASSE (SACCHARUM OFFICINARUM) FOR THE PREPARATION OF BIODEGRADABLE FOOD PACKAGES

Autores
Gonzalo Dennys Ramos Olortegui
20161202@aloe.ulima.edu.pe
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Renzo Martin Barinotto Valencia
20161813@aloe.ulima.edu.pe
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Lima, Perú

Resumen: En la actualidad, el bagazo de caña de azúcar se obtiene como residuo de la industria azucarera, donde suele desecharse o quemarse. Sin embargo, este subproducto contiene propiedades que pueden ser utilizadas en la industria del embalaje. El propósito de este artículo científico es analizar los atributos de pequeñas películas a base de bagazo de caña de azúcar para determinar su idoneidad y con estos datos poder producir envases biodegradables. Los resultados más destacables de las pruebas realizadas fueron el nivel de dureza Shore del 85% de la dosis 1 y una resistencia al alargamiento del 31,58% de la dosis 2. Con esto, se logrará un valor agregado al bagazo de caña ya que se utilizará como materia prima en la fabricación de productos que proporcionen un bien a la comunidad. El trabajo realizado tiene un enfoque cuantitativo, método descriptivo, y se utilizaron técnicas como la observación, análisis documental y análisis de procesos y actividades.

Palabras Clave: Biopolímeros, residuos agroindustriales, envases alimentarios biodegradables, bagazo de caña de azúcar, envases activos.

Abstract: Nowadays, sugarcane bagasse is obtained as waste from the sugar industry where it is commonly discarded or burned. Nevertheless, this byproduct contains properties that can be used in the packaging industry. The purpose of this scientific article is to analyze the attributes of small films based on sugarcane bagasse to determine their suitability so that with this data they can produce biodegradable packaging. The most notable results of the tests carried out were the Shore hardness level of 85% of dose 1 and a resistance to elongation of 31.58% of dose 2. With this, added value will be achieved to the sugarcane bagasse since use as raw material in the manufacture of products that provide good to the community. The work carried out has a quantitative approach, descriptive method, and techniques such as observation, documentary analysis and analysis of processes and activities were used.

Keywords: Biopolymers, Agro-industrial wastes, Biodegradable food containers, sugarcane bagasse, Active packaging.

Línea de investigación IDIC – ULIMA: Innovación: tecnologías y productos

Área y Sub-áreas de Investigación: Línea: 9. Product Design & Development, Sub línea: 9.2. Desarrollo de producto

Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS): ODS 12. PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento masivo en la producción de envases plásticos ha generado graves problemas ambientales, como la acumulación de residuos y la liberación de sustancias tóxicas (Morales et al., 2020). A pesar de los esfuerzos de reciclaje, la mayoría de estos plásticos no son biodegradables, lo que plantea riesgos para la salud y el medio ambiente (Panou y Karabagias, 2023).

Frente a este problema, el uso de materiales sostenibles como el bagazo de caña de azúcar emerge como una solución viable (Prakash et al., 2021). Este subproducto agrícola es biodegradable y puede emplearse para fabricar envases alimentarios seguros y respetuosos con el medio ambiente (Hossam y Fahim, 2023). La investigación busca explorar cómo el bagazo de caña puede reemplazar a los plásticos convencionales en la producción de envases, contribuyendo a la reducción de residuos y mejorando la sostenibilidad (Madhavan et al., 2023).

OBJETIVOS

Analizar los atributos de las películas biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar para proponer un prototipo de diseño de un envase ecológico para alimentos a base de bagazo de caña de azúcar y aditivos, analizando sus efectos sobre los atributos de los alimentos en comparación con los envases de polietileno (PEAD).

Dar valor a los residuos agroindustriales como el bagazo de caña de azúcar proveniente de la industria azucarera, que pueden ser utilizados para diferentes fines.

Incentivar el uso de productos ecológicos y apoyar la reducción del uso de envases y productos en general que no son biodegradables que generan un impacto negativo en el medio ambiente

Identificar las ventajas del uso de envases biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar frente a los envases convencionales utilizados en la mayoría de los establecimientos de distribución de alimentos.

JUSTIFICACIÓN

Esta investigación busca implementar una nueva materia prima alternativa para producir envases y entre los residuos agroindustriales que pueden ayudar, es factible utilizar el bagazo de caña de azúcar, ya que es uno de los principales materiales utilizados en la fabricación de polímeros biodegradables. "Este tipo de residuo se obtiene mayoritariamente de la industria azucarera y presenta numerosas ventajas frente a otros residuos de origen agrícola que lo convierten en una de las materias primas preferidas para la biorrefinería" (Dai et al. 2021).

El objetivo es analizar los atributos de las películas biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar para proponer un diseño prototipo de un empaque ecológico para alimentos.

HIPÓTESIS

¿Es posible elaborar un envase biodegradable con las características de un envase de poliestireno convencional a partir del uso del bagazo de caña de azúcar y otros aditivos?

DISEÑO METODOLÓGICO

Este estudio tiene un enfoque experimental con el objetivo de desarrollar películas biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar. El tipo de investigación es aplicada, ya que busca generar soluciones prácticas a los problemas medioambientales derivados del uso de envases plásticos. Su alcance incluye la elaboración de diferentes dosis de bioplásticos y la evaluación de sus propiedades mecánicas, de absorción de agua y biodegradabilidad.

Técnicas e instrumentos:

- Materiales: Bagazo de caña de azúcar, hidróxido de sodio (NaOH), agua destilada, glicerol, sorbitol, y una solución compuesta de vinagre y NaCl.
- Pruebas: Las películas se someten a pruebas de tracción (ASTM D638), dureza Shore (NTP 311.253), absorción de agua (ASTM D570), y pruebas de biodegradabilidad mediante espectroscopia infrarroja (FTIR-ATR), sólidos volátiles (ISO 3451-1) y contenido de metales (ICP-OES).

Etapas del desarrollo de la investigación:

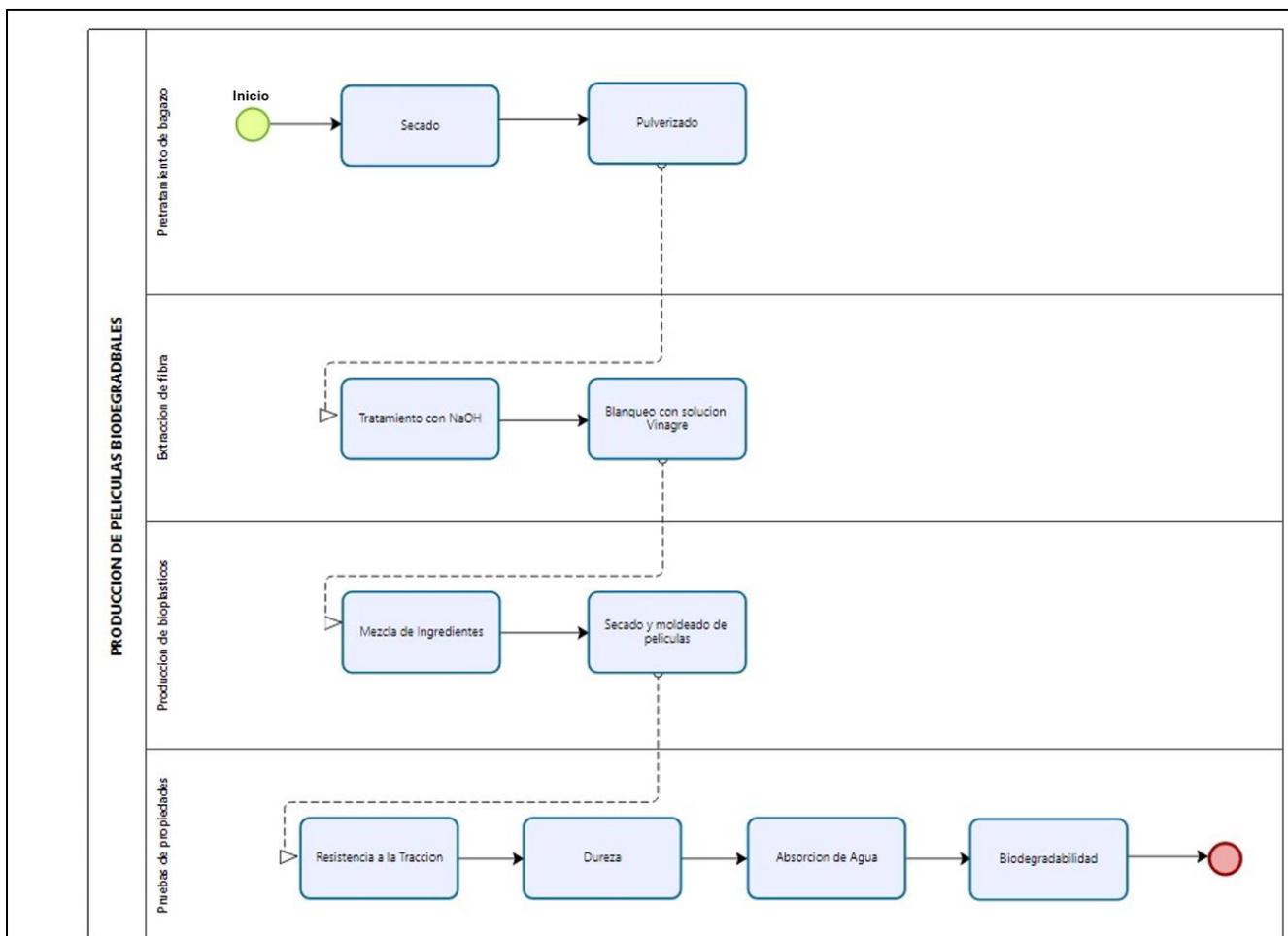
1. Pretratamiento del bagazo de caña: El bagazo de caña de azúcar se seca para eliminar la humedad y se pulveriza para obtener partículas finas, facilitando los procesos posteriores.
2. Extracción de fibra: Se trata el bagazo con NaOH para extraer las fibras de celulosa, seguido de un blanqueo con una solución de vinagre y NaCl para eliminar impurezas y mejorar la calidad de la fibra.
3. Producción de bioplásticos: Las fibras tratadas se mezclan con plastificantes y otros ingredientes, luego la mezcla se seca y se moldea en forma de películas biodegradables.
4. Pruebas de Propiedades:
 - Resistencia a la tracción: Evalúa la capacidad de las películas para soportar fuerzas antes de romperse.
 - Absorción de agua: Mide la cantidad de agua absorbida por las películas.
 - Biodegradabilidad: Verifica la capacidad del material para descomponerse en el medio ambiente.
 - Dureza Shore: Se mide la resistencia del material a la penetración, determinando su durabilidad.

Restricciones y limitaciones:

- Limitaciones en el acceso a materiales y maquinaria especializados.
- Restricciones de tiempo para completar las pruebas en un laboratorio certificado.

Figura 1.1

Flujograma del modelo propuesto



NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de esta tesis. En primer lugar, a nuestro asesor de tesis, José Antonio Taquía Gutiérrez, por su incansable apoyo, orientación y paciencia a lo largo de este proceso. A nuestros profesores y colegas, por sus valiosas sugerencias y comentarios que enriquecieron nuestra investigación. A nuestras familias y amigos, por su amor, comprensión y aliento constante, que nos han motivado en los momentos más difíciles. Finalmente, agradecemos a la Universidad de Lima por brindarnos los recursos necesarios para llevar a cabo este trabajo. Sin la colaboración y el apoyo de todos ustedes, este logro no habría sido posible.

REFERENCIAS

- Andrade, M. S., Ishikawa, O. H., Costa, R. S., Seixas, M. V. S., Rodrigues, R. C. L. B., & Moura, E. A. B., Development of sustainable food packaging material based on biodegradable polymer reinforced with cellulose nanocrystals, *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 31, 2022.
- Bof, M. J., Laurent, F. E., Massolo, F., Locaso, D. E., Versino, F., & García, M. A., Bio-packaging material impact on blueberries quality attributes under transport and marketing conditions, *Polymers*, vol. 13, no. 4, pp. 1-20, 2021.
- Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchoukouang, R. D. N., Quintino, A. C., & Vieira, M. C., Avances en la producción de envases alimentarios a partir de residuos y subproductos agroalimentarios: Market Trends for a Sustainable Development, *Sustainability (Suiza)*, vol. 15, n° 7, 2023.

- Dai, L., Huang, T., Jiang, K., Zhou, X., & Xu, Y., A novel recyclable furoic acid-assisted pretreatment for sugarcane bagasse biorefinery in co-production of xylooligosaccharides and glucose, *Biotechnology for Biofuels*, vol. 14, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- El-Sakhawy, M., Tohamy, H. A. S., AbdelMohsen, M. M., & El-Missiry, M., Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable/active food packaging application, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, vol. 0, pp. 1-16, 2023.
- Frommeyer, B., Koch, J., Scagnetti, C., Lorenz, M., & Schewe, G., Recycled or reusable: A multi-method assessment of eco-friendly packaging in online retail, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 28, n° 1, pp. 100-115, 2024.
- Gupta, H., Kumar, H., Kumar, M., Gehlaut, A. K., Gaur, A., Sachan, S., & Park, J. W., Synthesis of biodegradable films obtained from rice husk and sugarcane bagasse to be used as food packaging material, *Environmental Engineering Research*, vol. 25, no. 4, pp. 506-514, 2020.
- Halim, A., Ramadhani, F. L., Wahyudi, L., Maryana, R., Ismayati, M., Muharja, M., Prebianto, N. F., Sijabat, E. K., Gabriel, A. A., & Ihsanpuro, S. I., Expanded polystyrene waste valorization as a hydrophobic coating II: packaging application, *South African Journal of Chemical Engineering*, vol. 49, pp. 114-121, 2024.
- Hossam, Y., & Fahim, I. S., Towards a circular economy: fabrication and characterization of biodegradable plates from sugarcane waste, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 7, 2023.
- Khoaele, K. K., Gbadeyan, O. J., Chunilall, V., & Sithole, B., The Devastation of Waste Plastic on the Environment and Remediation Processes: A Critical Review, *Sustainability (Suiza)*, Vol. 15, n° 6, 2023.
- Lu, P., Yang, Y., Liu, R., Liu, X., Ma, J., Wu, M., & Wang, S., Preparation of sugarcane bagasse nanocellulose hydrogel as a colourimetric freshness indicator for intelligent food packaging, *Carbohydrate Polymers*, vol. 249, 2020.
- Ludwicka, K., Kaczmarek, M., & Białkowska, A., Bacterial nanocellulose-a biobased polymer for active and intelligent food packaging applications: Recent advances and developments, *Polymers*, vol. 12, n° 10, pp. 1-23, 2020.
- Madhavan, A., Reshmy, R., Arun, K. B., Philip, E., Sindhu, R., Nair, B. G., Awasthi, M. K., Pandey, A., & Binod, P., *Murraya koenigii* extract blended nanocellulose-polyethylene glycol thin films for the sustainable synthesis of antibacterial food packaging, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 32, 2023.
- Morales, M. G., Martínez Herrera, C., Guillermo, F., Marin, M., Montenegro-Marin, C. E., & Alonso Gaona-Garcia, P., Cultura del empaque en el turismo, aprovechamiento de la vaina de arveja (*pisum sativum* l) para la fabricación de bandejas biodegradables, *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, vol. 0, 2021.
- Motaleb, K. Z. M. A., Abakevičienė, B., & Milašius, R., Development and Characterization of Bio-Composites from the Plant Wastes of Water Hyacinth and Sugarcane Bagasse: Effect of Water Repellent and Gamma Radiation, *Polymers*, vol. 15, n° 7, 2023.
- Panou, A., & Karabagias, I. K., Biodegradable Packaging Materials for Foods Preservation: Sources, Advantages, Limitations, and Future Perspectives, *Coatings*, vol. 13, n° 7, 2023.
- Patil, H., Sudagar, I. P., Pandiselvam, R., Sudha, P., & Boomiraj, K., Development and characterization of rigid packaging material using cellulose/sugarcane bagasse and natural resins, *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 246, 2023.

- Prakash, M. D., Stojanovska, L., Feehan, J., Nurgali, K., Donald, E. L., Plebanski, M., Flavel, M., Kitchen, B., & Apostolopoulos, V., Anti-cancer effects of polyphenol-rich sugarcane extract, PLoS ONE, vol. 16, no. 3, 2021.
- R, J. A., Microplastic menace: a path forward with innovative solutions to reduce pollution, Asian Journal of Atmospheric Environment, vol. 18, n° 1, 2024.
- Reshmy, R., Madhavan, A., Philip, E., Paul, S. A., Sindhu, R., Binod, P., Pugazhendhi, A., Sirohi, R., & Pandey, A., Sugarcane bagasse derived nanocellulose reinforced with frankincense (*Boswellia serrata*): Physicochemical properties, biodegradability and antimicrobial effect for controlling microbial growth for food packaging application, Environmental Technology and Innovation, vol. 21, 2021.
- Ribeiro, I. S., Maciel, G. M., Bortolini, D. G., Fernandes, I. de A. A., Maroldi, W. V., Pedro, A. C., Rubio, F. T. V., & Haminiuk, C. W. I., Sustainable innovations in edible films and coatings: An overview, Trends in Food Science and Technology, vol. 143, 2024.
- Sani, M. A., Azizi-Lalabadi, M., Tavassoli, M., Mohammadi, K., & McClements, D. J., Recent advances in the development of smart and active biodegradable packaging materials, Nanomaterials, vol. 11, no. 5, 2021.
- Srivastava, V., Singh, S., & Das, D., Development and characterization of peppermint essential oil/rice husk fibre/ corn starch active biocomposite film and its performance on bread preservation, Industrial Crops and Products, vol. 208, 2024.
- Yang, Y., Liu, H., Wu, M., Ma, J., & Lu, P., Bio-based antimicrobial packaging from sugarcane bagasse nanocellulose/nisin hybrid films, International Journal of Biological Macromolecules, vol. 161, pp. 627-635, 2020.
- Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Mubarak, N. M., Hallad, S., Hugar, S., & Fayaz, H., Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable packaging application, Scientific Reports, vol. 10, n° 1, 2020.
- Yaradoddi, J. S., Banapurmath, N. R., Ganachari, S. V., Soudagar, M. E. M., Sajjan, A. M., Kamat, S., Mujtaba, M. A., Shettar, A. S., Anqi, A. E., Safaei, M. R., Elfasakhany, A., Siddiqui, M. I. H., & Ali, M. A., Bio-based material from fruit waste of orange peel for industrial applications, Journal of Materials Research and Technology, vol. 17, pp. 3186-3197, 2021.

ANEXOS.

Datos del artículo publicado

- **Nombre del artículo:** USE OF THE SUGAR CANE BAGASSE (SACCHARUM OFFICINARUM) FOR THE PREPARATION OF BIODEGRADABLE FOOD PACKAGES
- **Autores:** Renzo Martin Barinotto Valencia, Gonzalo Dennys Ramos Olortegui.

Presentación en congreso

- **Nombre del congreso:** 9th North American Conference on Industrial Engineering and Operations Management
- **Organizador:** IEOM Society
- **Sede:** Washington, DC
- **Año:** 2024
- **Pp:** USE OF THE SUGAR CANE BAGASSE (SACCHARUM OFFICINARUM) FOR THE PREPARATION OF BIODEGRADABLE FOOD PACKAGES
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI):**
<https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/16391> / <https://doi.org/10.46254/NA09.20240169>

RamosBarinotto

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

1%

2

Submitted to Universidad Tecnológica del Peru

Trabajo del estudiante

1%

3

Submitted to Universidad del Bosque

Trabajo del estudiante

1%

4

Submitted to Universidad del Rosario

Trabajo del estudiante

1%

5

core.ac.uk

Fuente de Internet

1%

6

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1%

7

KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "ITS Modificación de Componentes Auxiliares del Proyecto Central Hidroeléctrica Cerro del Águila-IGA0002900", Oficio N° 278-2014-MEM-AAE, 2020

Publicación

<1%