



Zak-paper: una alternativa biodegradable para embalaje

Diana Alfaro Nolasco

Valery Bautista Rodríguez

Estudiantes de Ingeniería Industrial

Tecnológico Nacional de México TecNM campus ITS Libres

Natalia Victoria Cerón

Ingeniería Industrial

Tecnológico Nacional de México TecNM campus ITS Libres

natalia.vc@libres.tecnm.mx

Rodrigo González Ramírez

Ingeniería Industrial

Tecnológico Nacional de México TecNM campus ITS Libres

rodrigo.gr@libres.tecnm.mx

Introducción

En la actualidad, el impacto ambiental generado por la industria papelera convencional representa un reto significativo para la sostenibilidad del planeta. La tala excesiva de árboles, el alto consumo de agua y de energía, así como la emisión de contaminantes en los procesos de producción, han impulsado la búsqueda de alternativas ecológicas que permitan reducir la presión sobre los recursos naturales.

En este contexto, surge el proyecto Zak-paper, una iniciativa innovadora enfocada en la elaboración de papel ecológico a partir de zacate de milpa, un residuo agrícola abundante en muchas regiones rurales; una de ellas, Libres, Puebla.

Zak-paper tiene como objetivo principal, desarrollar un material tipo papel o película con propiedades aptas para su uso en empaques y embalajes, utilizando como materia prima el zacate residual del cultivo de maíz. La propuesta no solo busca mitigar la deforestación y aprovechar residuos

agroindustriales, sino también, ofrecer una solución de bajo costo y alta sostenibilidad para microempresas y comunidades rurales.

Los principios de economía circular son la base para el desarrollo del proyecto, valorización de desechos agrícolas y desarrollo sostenible, posicionándose como una alternativa viable frente a los métodos tradicionales de producción de papel. Para su elaboración, el zacate recolectado es sometido a un proceso de selección, trituración y tamizado, separando la lignina.

Posteriormente, estas fibras son refinadas, mezcladas con aditivos naturales y formadas en láminas mediante técnicas de colado y secado, obteniendo así un material con características físicas adecuadas para aplicaciones de empaque. De esta manera, Zak-paper contribuye a una industria más responsable con el medio ambiente.

Metodología

Materiales y métodos:

Fase 1: Investigación documental a través de fuentes de información electrónica para conocer qué vegetales contienen altos índices de fibra dietética/celulosa.

Fase 2: Investigación documental a través de fuentes de información electrónica para conocer los tipos de proceso de extracción de celulosa y para su posterior adaptación a un laboratorio.

Fase 3: Investigación experimental cuantitativa extensa, sometiendo cada vegetal al proceso de extracción seleccionado, utilizando diseños experimentales.

El proyecto se desarrolló bajo un enfoque experimental y aplicado, ya que se buscó crear un producto biodegradable mediante el uso de materiales naturales. La investigación fue de tipo cuantitativo y descriptivo, ya que se documentaron las proporciones, reacciones y propiedades físicas del producto resultante.

Diseño metodológico

Se utilizó un diseño experimental básico, donde se elaboraron diferentes muestras de papel biodegradable variando las proporciones de los ingredientes naturales. Posteriormente, se evaluaron características como resistencia, textura y biodegradabilidad.

Tabla 1

Diseño experimental

Proceso	Resultados	Aceptable/No aceptable
Prueba 1 (Broccoli sin Bioplástico) 	Color: Amarillo con manchas claras. Apariencia de estar sucio Fibras largas: Visibles Impermeabilidad al aceite: No Absorción del agua: No Flexibilidad: Si Olor: perceptible. PH: 6 Rendimiento: 67,5 %	No aceptable por la falta de decoloración, fibras visibles, nula impermeabilidad y olor desagradable
Prueba 2 (Broccoli con Bioplástico) 	Color: Amarillo claro. Fibras largas: Visibles Transparencia: nula Impermeabilidad al aceite: 30 segundos Absorción del agua: 1,5 segundos. Flexibilidad: Sí Olor: perceptible. PH: 7. Rendimiento: 73,5 %	No aceptable por la falta de decoloración, fibras visibles, nula impermeabilidad y olor desagradable

Proceso	Resultados	Aceptable/No aceptable
Prueba 3 (Col con Bioplástico) 	Color: Melón oscuro. Fibras largas: no visibles Impermeabilidad al aceite: 50 min. Absorción del agua: 50 segundos. Flexibilidad: Buena. Olor: Poco perceptible. PH: 6. Rendimiento: 69 %.	Muy aceptable en general, pero requiere mejorar el color
Prueba 4 (Col sin Bioplástico) 	Color: Melón claro. Fibras largas: no visibles. Impermeabilidad al aceite: No. Absorción del agua: 3 segundos. Flexibilidad: Buena. Olor: Poco. PH: 7. Rendimiento: 73,5 %	Posible uso, pero requiere mejorar la impermeabilidad y el color
Prueba 5 (Zacate molido y pegamento de baba de nopal) 	Color: Café claro. Fibras: poco visibles. Flexibilidad: buena. Transparencia: nula. Nivel de PH: desconocido. Rendimiento: de un 70 %.	Funcional, aunque con margen de mejora, necesidad de optimización

Nota. Elaboración propia con imágenes del proceso de extracción de pulpas para la elaboración del papel.

El proyecto se efectuó con principios de sustentabilidad. No se utilizaron productos tóxicos; los materiales provinieron de residuos agrícolas. Se buscó generar un producto con bajo impacto ambiental.

Se evaluaron las muestras con base en:

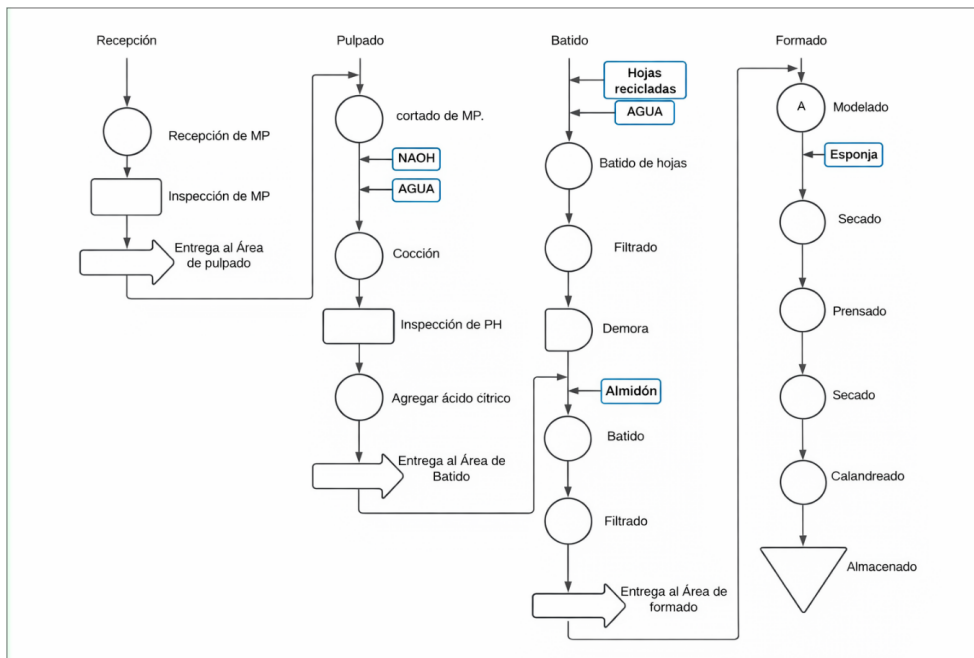
- Textura y apariencia: observación directa y registro fotográfico.
- Tiempo de descomposición: pruebas controladas de biodegradación por diferentes métodos: composteo, degradación aeróbica de plásticos degradables por microorganismos.

El proceso de elaboración del papel biodegradable a partir de ingredientes naturales, fue repetido con distintas proporciones de ingredientes, con el fin de evaluar cuál combinación ofrecía mejores resultados en cuanto a resistencia, textura y biodegradabilidad. Constó de varias etapas que van desde la recolección y tratamiento de las fibras vegetales hasta el secado final de las hojas.

A continuación, se presenta un diagrama que resume cada una de estas fases de manera visual:

Figura 1

Proceso de elaboración del papel biodegradable



Nota. Elaboración propia con los datos recabados en cada etapa del proceso de producción.

El proceso fue repetido con distintas proporciones de ingredientes, en aras de evaluar la combinación que ofrecía los mejores resultados. La metodología empleada permitió desarrollar y evaluar diferentes formulaciones de papel.

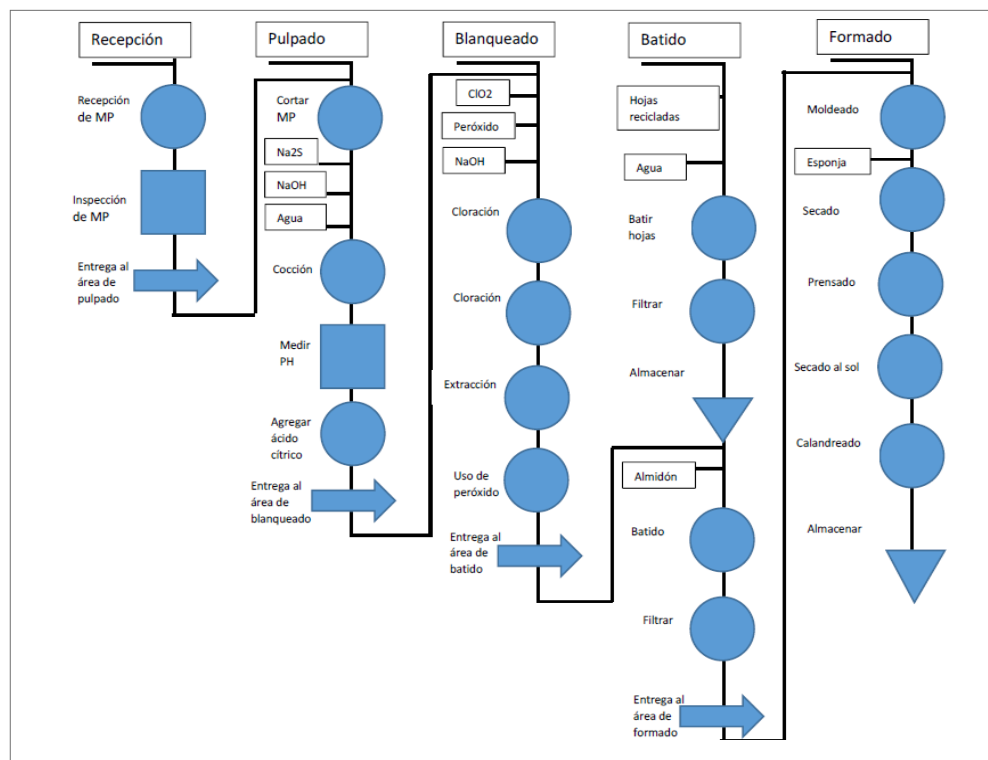
Implantación

Selección de recursos y diseño de proceso: durante la fase 1 de la metodología se seleccionaron los vegetales (hortalizas en su mayoría) más adecuados y fáciles de conseguir en el estado de Puebla, para experimentar con ellos. Al mismo tiempo, se decidió usar el proceso Kraft (despulpado Kraft o despulpado al sulfato) (Pradenas-Fernández, 2023) para adaptarlo a nivel de laboratorio, dado que es capaz de generar productos con alta resistencia, ideales para embalajes. Posteriormente, en la fase 2 de la metodología se diseñaron tres procesos de extracción para implementarlos a nivel de laboratorio y evaluar las características físicas de las muestras resultantes.

La muestra que ponderó mejores resultados fue la tercera, perteneciente al proceso número 3, además de requerir menos insumos en el proceso de blanqueado, como el peróxido e hipoclorito que supone una mayor contaminación hídrica, de no ser tratados. Además, la muestra no requiere ser prensada, y tarda menos tiempo en el secado. Por lo tanto, se consideró como la más apropiada para usarse en pruebas de la fase tres. Dicho proceso se representó en un diagrama de flujo de operaciones, como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Diagrama de flujo de proceso Kraft a la sosa adaptado en un laboratorio



Conclusiones

El proceso y el producto obtenidos suponen un empuje en la innovación de envases ecológicos que, a diferencia de los productos actuales, se degradan en poco tiempo sin dañar el ambiente, además de su viabilidad para producirlos y venderlos en el Instituto Tecnológico Superior de Libres. Sin embargo, existen diversas oportunidades de mejora que pueden abrir nuevas líneas de investigación:

1. El proceso de extracción requiere un proceso adicional para reutilizar el NaOH mezclado con lignina del proceso de pulpaje, con el posible diseño de una caldera de recuperación a base de cal.
2. Diseñar moldes adecuados para mejorar la obtención de vasos y platos, así como, estandarizar el tiempo de secado que necesitan para ser duros sin quebrarse, además de buscar la automatización de la obtención de bolsas.

3. Se recomienda añadir un proceso de esterilización en autoclave para los productos finales, con el fin de eliminar la mayor cantidad de microorganismos que puedan resultar dañinos a la salud del consumidor y, posteriormente, repetir las pruebas microbiológicas para comparar resultados. En caso de no ser útil dicho proceso, buscar otro.

Referencias

Pradenas-Fernández, D. (2023). *Evaluación del sistema de gases diluidos no condensables en el área de evaporadores de una planta de celulosa Kraft para prevenir emanaciones difusas al ambiente* [Tesis doctoral, Universidad de Concepción]. <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/9810d247-e29c-4dfe-b13b-0152b7348f52/content>