

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS DE CÁSCARA DE PLÁTANO Y CÁSCARA DE PAPA PARA MITIGAR EL IMPACTO AMBIENTAL

OBTAINING BIOPLASTIC FROM ORGANIC WASTE OF BANANA PEEL AND POTATO PEEL TO MITIGATE ENVIRONMENTAL IMPACT

CALDERÓN ZULETA Alicia Liliana

*Facultad de Ciencias Químico Farmacéuticas y Bioquímicas,
Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca
calderon.liliana@usfx.bo*

DÁVILA FLORES Pamela Soledad.

Sucre, Bolivia

Recibido en 09 de diciembre de 2024
Aceptado en 28 de febrero de 2025



RESUMEN

Este estudio propone la elaboración de bioplásticos utilizando desechos agroindustriales de cáscaras de plátano y papa como fuente de almidón. El objetivo es mitigar el impacto ambiental de los plásticos convencionales mediante una alternativa sostenible, biodegradable y compatible con la economía circular. Como Metodología se tiene: Extracción de almidón: Las cáscaras fueron sometidas a procesos físicos como molienda, filtración y secado. Modificación química: Se empleó la acetilación para mejorar las propiedades del almidón. Síntesis de bioplástico: Se mezcló almidón con glicerina como plastificante, creando un material resistente y flexible. Pruebas de caracterización: Se analizaron propiedades mecánicas, térmicas y de biodegradabilidad. Es un estudio de tipo experimental ya que se realizaron experimentos para evaluar los procesos de extracción, modificación química y síntesis del bioplástico, así como las propiedades del material final, es descriptivo ya que analiza las características de los bioplásticos obtenidos, como resistencia mecánica y biodegradabilidad, es de enfoque mixto ya que Incluye dosificación de componentes, análisis de propiedades mecánicas y pruebas de degradación, a la vez que evalúa la aceptabilidad y características del producto final mediante observación y análisis interpretativo. El diseño integra métodos de análisis, síntesis y estadísticos buscando correlacionar variables y validar los resultados obtenidos.

Como resultados se obtuvieron bioplásticos, que demostraron buena resistencia mecánica y biodegradabilidad en condiciones controladas, desintegrándose en semanas o meses, lo que contrasta con los cientos de años que tardan los plásticos sintéticos. Estos materiales son adecuados para aplicaciones en utensilios desechables, empaques farmacéuticos y cubiertas de cápsulas biodegradables. Como conclusiones se tiene que las cáscaras de papa y plátano son fuentes prometedoras de almidón, abundantes y económicas. La modificación del almidón permite mejorar las propiedades mecánicas del bioplástico, aunque persisten desafíos como la susceptibilidad a la humedad. Este estudio se alinea con los principios de la economía circular, reduciendo desechos y aprovechando recursos renovables. Este trabajo destaca el potencial de los bioplásticos como una solución ecológica para problemas ambientales globales, contribuyendo al desarrollo de materiales sostenibles y funcionales para nuestra sociedad.

Palabras Clave: Bioplástico, desechos orgánicos, cáscara de plátano, cáscara de papa, impacto ambiental

ABSTRACT

This study proposes the production of bioplastics using agro-industrial waste from banana and potato peels as a source of starch. The objective is to mitigate the environmental impact of conventional plastics through a sustainable, biodegradable alternative that is compatible with the circular economy. The methodology is: Starch extraction: The peels were subjected to physical processes such as grinding, filtration and drying. Chemical modification: Acetylation was used to improve the properties of starch. Bioplastic synthesis: Starch was mixed with glycerin as a plasticizer, creating a resistant and flexible material. Characterization tests: Mechanical, thermal and biodegradability properties were analyzed. It is an experimental study since experiments were carried out to evaluate the extraction, chemical modification and synthesis processes of the bioplastic, as well as the properties of the final material. It is descriptive since it analyzes the characteristics of the bioplastics obtained, such as mechanical resistance and biodegradability. It has a mixed approach since it includes component dosage, analysis of mechanical properties and degradation tests, while evaluating the acceptability and characteristics of the final product through observation and interpretive analysis. The design integrates analysis, synthesis and statistical methods seeking to correlate variables and validate the results obtained.

The results obtained were bioplastics that demonstrated good mechanical resistance and biodegradability under controlled conditions, disintegrating in weeks or months, which contrasts with the hundreds of years that synthetic plastics take. These materials are suitable for applications in disposable utensils, pharmaceutical packaging and biodegradable capsule covers. The conclusions are that potato and banana peels are promising sources of starch, abundant and inexpensive. Starch modification allows for improved mechanical properties of bioplastics, although challenges such as susceptibility to moisture remain. This study is aligned with the principles of the circular economy, reducing waste and taking advantage of renewable resources. This work highlights the potential of bioplastics as an ecological solution to global environmental problems, contributing to the development of sustainable and functional materials for our society.

Keywords: Bioplastic, organic waste, banana peel, potato peel, environmental impact.

INTRODUCCIÓN

En la industria platanera se utiliza únicamente el fruto de la planta, lo que genera alrededor de 85% de los residuos (pseudotallos, hojas, tallos y cáscaras), por lo tanto, se necesita encontrar soluciones alternativas para estos residuos. Se considera que alrededor de 1000 plantas de banano pueden llegar a producir de 20 a 25 toneladas de pseudotallos que podrían proporcionar alrededor del 50% del almidón alimentario (1) (2).

Asimismo, la papa es el cultivo agrícola más trascendental en Bolivia, tanto económico como social. Las papas son el cultivo básico para el 87% de los agricultores bolivianos y los pequeños productores y empresarios como

pollerías que generan residuos orgánicos en grandes cantidades. Por otra parte, la predominante fabricación de los plásticos principalmente a base de hidrocarburos, en diversas formas y presentaciones, están comenzando a generar una alarmante acumulación de estos residuos en el medio ambiente, y dichos plásticos demoran cientos de años para poder descomponerse lo que viene ocasionando daños ambientales a varios ecosistemas y matando tanto especies marinas como terrestres. Se estima que cada año se acumulan 285 toneladas de plástico en Bolivia que dan un impacto negativo en el medio ambiente (3).

El uso y producción de plásticos biodegradables fabricados a partir de cáscara de plátano y papa, podría tener

un gran impacto ecológico en el medio ambiente y sería de gran aprovechamiento en la reducción de problemas de contaminación, por consiguiente, se espera que la utilización de estos plásticos biodegradables contribuya a disminuir la contaminación asociada con los productos plásticos convencionales, así mismo la utilización de bioplásticos en empaques farmacéuticos y de en uso de cubiertas de píldoras biodegradable contribuye al desarrollo de una economía circular sólida y sostenible (4) (5).

En las últimas décadas, la preocupación por la acumulación de plásticos y su impacto ambiental han impulsado el desarrollo de materiales biodegradables. Los plásticos convencionales utilizados en la industria tienen una baja tasa de degradación y pueden permanecer en el ambiente durante décadas. Por ello, los biopolímeros han cobrado relevancia como alternativas sostenibles, pues pueden descomponerse de manera natural y reducir significativamente la contaminación (6).

El almidón es uno de los biopolímeros más utilizados para desarrollar materiales biodegradables debido a su abundancia, bajo costo y propiedades físicas adecuadas para su modificación química. En el caso específico de las cáscaras de papa y plátano, estudios recientes han demostrado que contienen almidón de alta calidad, lo

cual las convierte en una fuente prometedora para la producción de biopolímeros sin recurrir a recursos de valor alimenticio (7).

Diversos estudios han investigado la modificación del almidón para mejorar sus propiedades mecánicas de resistencia y flexibilidad, utilizando plastificantes como la glicerina (10). Los biopolímeros de almidón de la cáscara de papa y plátano han mostrado propiedades ópticas y mecánicas adecuadas para la formación de bioplásticos, de envases incluso para el abono, protegiendo los principios activos frente a la humedad y la luz (8) (9).

El objetivo principal es elaborar bioplásticos a partir de desechos orgánicos de cáscara de plátano y cáscara de papa para mitigar el impacto ambiental, además de dosificar la muestra para determinar las concentraciones adecuadas de rendimiento del bioplástico como medir la resistencia del bioplástico obtenido por pruebas de tracción y peso y realizar pruebas de biodegradación.

MÉTODOS

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental ya que se realizaron experimentos para evaluar los procesos de extracción, modificación química y síntesis del bioplástico, así como las propiedades del material final, es de tipo descriptivo ya que analiza las características de los bioplásticos obtenidos, como

resistencia mecánica y biodegradabilidad, es de enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo) ya que Incluye dosificación de componentes, análisis de propiedades mecánicas y pruebas de degradación, a la vez que evalúa la aceptabilidad y características del producto final mediante observación y análisis interpretativo. El diseño integra métodos de análisis, síntesis y estadísticos buscando correlacionar variables y validar los resultados obtenidos.

Se optó por utilizar la técnica de estequiometría de las reacciones que permitió formular las concentraciones usadas, la técnica de titulación que permitió analizar la pureza del compuesto obtenido, la observación directa que permitió analizar a detalle las reacciones ocurridas en cada paso de la investigación, como instrumentos se utilizó una guía de observación para dosificación de muestra, análisis mecánico para tracción y peso y análisis de biodegradabilidad para degradación en fuego, aire, suelo.

Las variables de estudio sobre la obtención de bioplástico a partir de desechos orgánicos se pueden identificar de la siguiente manera:

Variables independientes:

- Tipo de materia prima.
- Proceso de extracción del almidón.
- Modificación química del almidón.

- Concentraciones de glicerina y otros plastificantes.**Variables dependientes:**
- Resistencia mecánica
- Flexibilidad
- Biodegradabilidad
- Propiedades físicas

Variables controladas:

- Condiciones de temperatura y tiempo
- Métodos de prueba

El Procedimiento se dividió en 4 partes:

1) Extracción de almidón: Las cáscaras fueron sometidas a procesos físicos como molienda, filtración y secado.

2) Modificación química: Se empleó la acetilación para mejorar las propiedades del almidón.

3) Síntesis de bioplástico: Se mezcló almidón con glicerina como plastificante, creando un material resistente y flexible.

4) Pruebas de caracterización: Se analizaron propiedades mecánicas, térmicas y de biodegradabilidad.

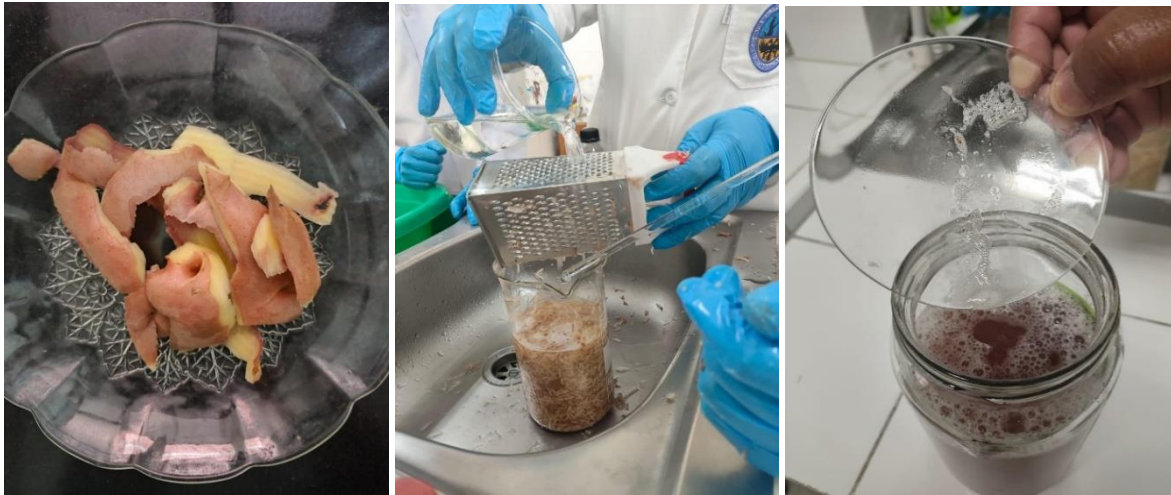
Análisis de datos

Los datos se registraron en una planilla electrónica de Microsoft EXCEL, posteriormente fueron analizados, utilizando estadística descriptiva y analítica. Los resultados se expresan de manera cuantitativa y cualitativa.

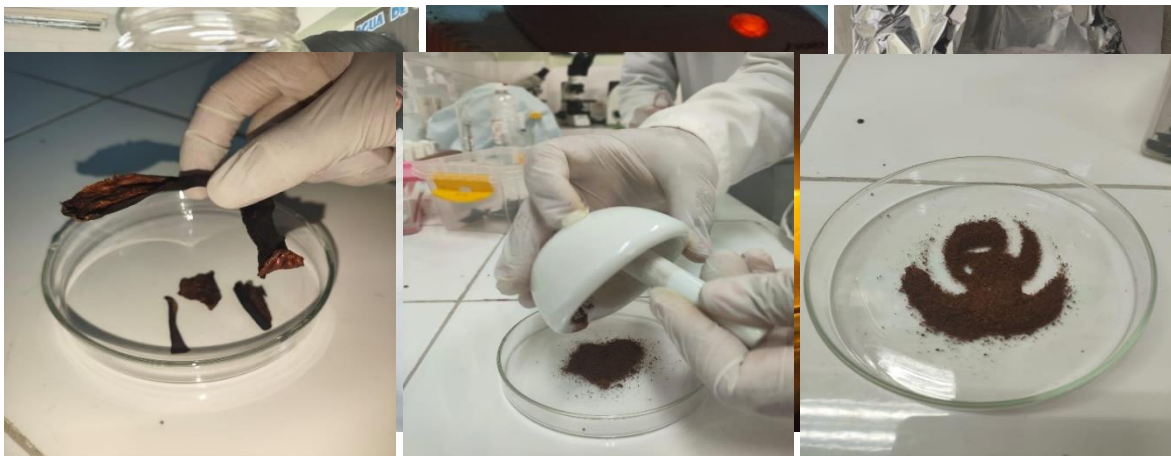
RESULTADOS

PROCEDIMIENTO	MEDIO FÍSICO	MEDIO QUÍMICO	TEMPERATURA	TIEMPO	OBSERVACIÓN
EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA	Molienda Filtración Decantación	No	25°C	40 min	Para acelerar el secado del almidón sometimos a temperaturas de 120°C
DILUCIÓN DEL ALMIDÓN CON H ₂ O	Dilución	No	25°C	10 min	Mezcla homogénea
ACETILACIÓN	No	Introducción de grupos acetilo	45°C	1 min	Sin Observación
PLASTIFICACIÓN	No	Introducción de enlaces de hidrógeno	55°C	1 min	Sin Observación
OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO	Si	Si	90°C	15 min	La obtención lograda fue a los 15 min de iniciado el procedimiento.
SECADO DEL BIOPLÁSTICO	Si	No	25°C	92 hrs	Dependiendo de las condiciones físicas, se realiza un buen secado.
PRUEBA DE TRACCIÓN	Si	No	25°C	18 seg (Pt. 1) 25 seg (Pt. 2) Pt. 3 No se rompe	Al realizar la prueba de tracción se observa que dependiendo de la modificación del material presenta diferente resistencia a la tracción. El material es consistente.
ENSAYO DE FLEXIÓN	Si	No	25°C	7 min (Pt. 1) 15 min (Pt. 2) Pt.3 No flexiona	Al colocar pesas sobre el bioplástico vemos que depende de la modificación del material.
ANÁLISIS TÉRMICO	Si	Si	40°C	5 min (Pt. 1) Pt. 3 Resistent e a fuego 30 min.	Al someter el bioplástico al fuego, vemos que este se desintegra.
ANÁLISIS BIODEGRADABILIDAD	No	No	25°C	No desintegramente	Al someter el bioplástico al agua, vemos que éste presenta insolubilidad.

1. Molienda



2. Obtención de almidón



3. Pulverización de la cascara



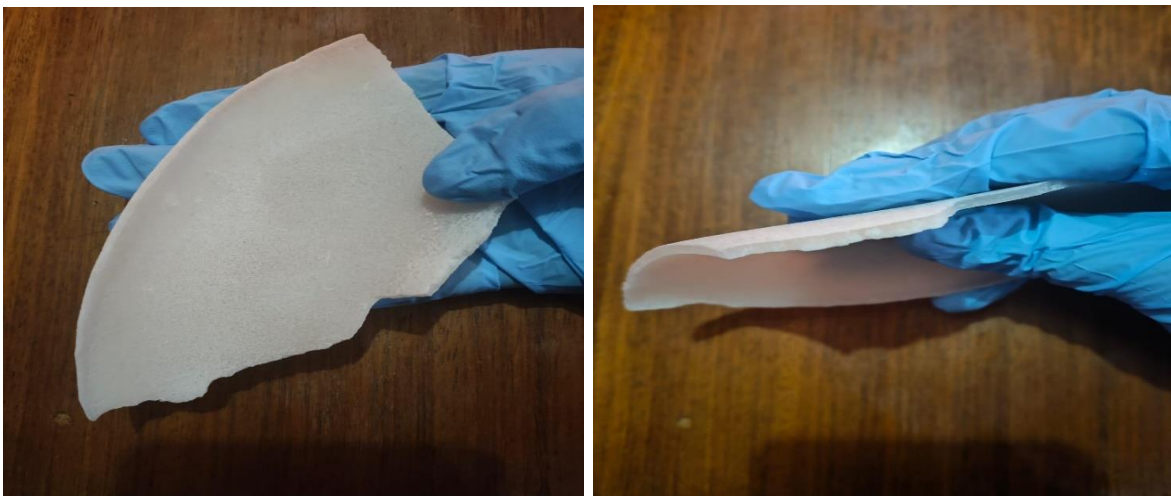
4. Filtración



5. Acetilación y plastificación



6. Modificación



7. Obtención del bioplástico



8. Prototipos de plástico



9. Prototipos de plástico duros similares a plásticos de utensilios

DISCUSIÓN

Los biopolímeros obtenidos de cáscaras de papa y cáscara de plátano mostraron una adecuada resistencia mecánica y biodegradabilidad, posicionándose como alternativas viables a polímeros sintéticos para

aplicaciones en la industria, comercio, medicina como materia biodegradable.

Las pruebas de tracción y resistencia mostraron que la adición de glicerina como plastificante contribuyó a la flexibilidad del material. La biodegradabilidad evaluada en condiciones controladas demostró que

estos biopolímeros se degradan en un tiempo de semanas o meses a diferencia totalmente considerable al de los polímeros convencionales, con lo cual se reduciría la acumulación de desechos.

El uso de desechos orgánicos como cáscaras de plátano y papa para la elaboración de bioplásticos representa una alternativa innovadora y sostenible frente a los plásticos convencionales. Este enfoque se enmarca en los principios de la economía circular, reutilizando materiales diseñados

Los plásticos sintéticos han generado una crisis ambiental global debido a su baja biodegradabilidad, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos durante cientos de años. La propuesta de este estudio aborda directamente este problema al ofrecer un material biodegradable derivado de recursos renovables. Además, la implementación de bioplásticos podría reducir la dependencia de recursos fósiles como el petróleo, contribuyendo a disminuir las emisiones de gas.

Aunque los resultados del estudio demuestran que los bioplásticos obtenidos presentan propiedades mecánicas y biodegradables adecuadas, aún persisten desafíos, por ejemplo, la alta sensibilidad del almidón a la humedad limita su uso en ciertas aplicaciones. La modificación química mediante procesos como la acetilación, y el uso de plastificantes como la glicerina, logró mejorar la flexibilidad y resistencia, pero se necesita optimizar

estas propiedades para hacerlos más competitivos.

La gran disponibilidad de cáscaras de papa y plátano como residuos agroindustriales en grandes cantidades hace que este pueda ser económicamente viable y ambientalmente relevante en países donde estos cultivos tienen alta producción, como Bolivia. Además, los bioplásticos podrían ser integrados en diversas industrias, desde el empaque biodegradable hasta utensilios desechables e incluso aplicados. El estudio, aunque innovador, se enfrenta a ciertos límites, como la escalabilidad del proceso y el análisis de costos de producción. La implementación a gran escala requerirá mejoras en los métodos de extracción de almidón y una mayor investigación en la resistencia a factores externos como la humedad y la luz, también es importante explorar alternativas de plastificantes más económicas. Los resultados de estudios previos indican que la combinación de almidón de cáscara de papa y plátano con otros componentes puede dar lugar a bioplásticos con propiedades adecuadas para cumplir con las exigencias de la industria y consumidores actuales.

La producción de bioplásticos a partir de cáscaras de plátano y papa no solo es una solución viable para mitigar la contaminación por plásticos, sino también una manera de fomentar la economía circular y reducir la huella

ambiental. Sin embargo su éxito dependerá de la optimización técnica, el apoyo y la aceptación en el mercado como sustitutos reales de los plásticos convencionales. Esta investigación constituye un paso prometedor hacia el desarrollo de materiales sustentables.

CONCLUSIONES

- La producción de bioplásticos a partir de cáscaras de papa y plátano representa una alternativa sostenible para reemplazar plásticos convencionales.
- Este estudio ha demostrado que las cáscaras de papa y plátano, son abundantes y de bajo costo, conteniendo almidón en cantidades significativas, lo que las convierte en una fuente atractiva para la elaboración de bioplásticos biodegradables.
- La naturaleza del almidón permite su modulación a través de plastificantes y agentes reticulantes, lo cual mejora sus propiedades mecánicas y de durabilidad, haciendo viable su aplicación en artículos desechables como cubiertos, platos y bolsas.
- El almidón al ser modificado mediante aditivos y procesos térmicos y químicos ofrece una estructura adecuada para bioplásticos que pueden soportar tensiones mecánicas ofreciendo flexibilidad. Sin embargo, es necesario mejorar su resistencia a la humedad, una característica esencial en productos de consumo que entran en contacto con alimentos y líquidos.
- El uso de bioplásticos a partir de residuos orgánicos se enmarca en el concepto de economía circular, donde los desechos se reutilizan como materia prima en nuevos productos.
- Esta iniciativa reduce la dependencia de polímeros derivados del petróleo y ayuda a mitigar el problema de acumulación de residuos plásticos. Además, los bioplásticos elaborados a partir de almidón de cáscara de papa y plátano son completamente biodegradables y pueden reincorporarse al ambiente en forma de abono, ofreciendo un ciclo de vida sostenible que contribuye a la fertilidad del suelo y por ende al equilibrio ecológico.

REFERENCIAS

1. García J, Zavala P, Jiménez A. Utilización de residuos agroindustriales en la síntesis de biopolímeros. *Ciencia de Materiales Sostenibles*. 2021;34(2):112-128.
2. Anand J, Maini S. Utilization of fruit and vegetable wastes. *Indian Food Packer*. 1997;51(2):45-63.
3. Morales D, Pérez C, Martínez G. Propiedades mecánicas y biodegradabilidad de biopolímeros de almidón modificados. *Journal of Polymer Science*. 2021;59(7):315-322.
4. Kumar R, Torres M, Ramírez S. Biopolymers for Pharmaceutical Applications: A Green Alternative. *International Journal of Green Pharmacy*. 2022;6(3):45-62.
5. Rodríguez L, López M. Estructura y aplicaciones del almidón en la industria farmacéutica. *Journal of Natural Polymers*. 2020;12(1):67-75.
6. Schneider P. Impacto ambiental de los empaques farmacéuticos convencionales. *Environmental Impact in Pharma*. 2022;41(3):154-167.
7. Noriega N. Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas: una revisión de su adopción en la economía circular en Colombia. 2023.
8. RizwanaBeevi K, Thahira Fathima RAE. *Processing and Characterization of Bio-Based Polymers*. Wiley; 2024.
9. Abdullah S. Development of Green Banana (*Musa paradisiaca*) as Potential Food Packaging Films and Coatings. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 2020;6:88. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.1.673>
10. Aguilar Mendez. Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate [Tesis]. <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/1841>