



## Evaluación de la Eficacia de las Bolsas Biodegradables a partir del Almidón de la Papa (*Solanum Tuberosum*)

### Ana Lucía Cardona Ocampo

Integrante del Semillero de Investigación Científica Pomboriana. Colegio Rafael Pombo. Neiva-Huila

### Wilmer Gómez Fierro

Magíster. Joven Investigador. Universidad Surcolombiana. Huila - Colombia

wilmer.gomez@usco.edu.co

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3987-2271>

### Elías Francisco Amórtegui Cedeño

Doctor. Docente. Universidad Surcolombiana. Huila - Colombia

elias.amortegui@usco.edu.co

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2947-6291>

### Resumen

El presente estudio tuvo como propósito evaluar la viabilidad del almidón de papa como materia prima para la producción de bioplásticos biodegradables, con el fin de proponer una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. Para ello, se empleó una metodología de enfoque mixto que combinó el análisis cuantitativo y cualitativo, permitiendo evaluar variables como la proporción de agua y almidón, la cantidad de glicerina y ácido acético, así como las propiedades físicas y mecánicas del material obtenido. A lo largo de seis pruebas experimentales, se determinó que la combinación óptima correspondía a 50 gramos de almidón, 25% de glicerina, 300 ml de agua y 5% de ácido acético, dando lugar a un bioplástico semitransparente con alta flexibilidad y maleabilidad, además de una resistencia y dureza moderadas. Adicionalmente, la evaluación de las propiedades eléctricas mostró un alto nivel de resistividad, lo que sugiere su potencial aplicación en materiales con cierto grado de aislamiento eléctrico. Sin embargo, en comparación con los plásticos convencionales, se identificó que el bioplástico presenta menor flexibilidad, lo que podría limitar su uso en determinadas aplicaciones. Estos hallazgos subrayan la importancia de continuar optimizando la formulación del bioplástico y explorando modificaciones estructurales que permitan mejorar su desempeño sin comprometer su sostenibilidad.

**Palabras Clave:** Bolsas biodegradables, bioplástico, almidón de papa, evaluación.

## Evaluating the Effectiveness of Biodegradable Bags from Potato Starch (*Solanum Tuberosum*)

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the viability of potato starch as a raw material for the production of biodegradable bioplastics, in order to propose a sustainable alternative to conventional plastics. To do so, a mixed-approach

methodology was used that combined quantitative and qualitative analysis, allowing the evaluation of variables such as the proportion of water and starch, the amount of glycerin and acetic acid, as well as the physical and mechanical properties of the material obtained. Throughout six experimental tests, it was determined that the optimal combination corresponded to 50 grams of starch, 25% glycerin, 300 ml of water and 5% acetic acid, giving rise to a semi-transparent bioplastic with high flexibility and malleability, as well as moderate strength and hardness. Additionally, the evaluation of the electrical properties showed a high level of resistivity, suggesting its potential application in materials with a certain degree of electrical insulation. However, compared to conventional plastics, bioplastics were found to have lower flexibility, which could limit their use in certain applications. These findings underline the importance of continuing to optimize bioplastic formulation and exploring structural modifications that can improve their performance without compromising their sustainability.

**Keywords:** Biodegradable bags, bioplastic, potato starch, evaluation.

---

## Introducción

En la actualidad, una de las mayores problemáticas medioambientales es la contaminación causada por plásticos que, al ser un material ampliamente utilizado en las industrias, debido a su accesibilidad económica, flexibilidad y resistencia, se produce y consume de forma masiva y acelerada. De acuerdo con la ONU (2023), la humanidad produce más de 430 millones de toneladas de plástico al año, dos tercios de las cuales son productos de vida corta que en poco tiempo se convierten en desechos. UNAM (2023), también señala que el plástico, en comparación con otros materiales, no se biodegrada y puede tardar cientos de años en descomponerse, por lo tanto, cuando este se desecha, se va acumulando en el medio ambiente hasta alcanzar puntos críticos.

Durante su proceso de degradación, la exposición a la radiación solar y el medio ambiente permiten la generación de sustancias químicas como el metano y el etileno, dos gases de efecto invernadero. El etileno es ampliamente utilizado en la industria química y gran parte de su producción se destina para la formación del polietileno, un polímero termoplástico que se emplea en la elaboración de bolsas plásticas. No obstante, los plásticos de polietileno de baja intensidad (LDPE), utilizados para la generación de envases y embalajes, pueden seguir emitiendo gases de efecto invernadero incluso sin estar expuestos a la radiación solar. (National Geographic, 2019).

Adicionalmente, la implementación de los recursos no renovables como petróleo, gas, carbón, minerales, para la generación de plástico representan un aumento en la contaminación. Siendo este sector productivo el responsable del 3,4% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales (ONU, 2023), que se generan desde los procesos de extracción y transporte de combustibles fósiles, hasta la gestión de desechos plásticos o las fugas ambientales.

Ante esta problemática, se han propuesto una serie de estrategias o soluciones que buscan un aprovechamiento del plástico o una ampliación de su vida útil como lo es su uso para la generación de energía en donde el plástico es usado como combustible debido a su elevado poder calorífico (Aracil, 2008). Sin embargo, como resultado de este proceso se generan emisiones de metales pesados y toxinas como las dioxinas y los furanos, que aumentan el ozono a nivel suelo.

También se tiene como alternativas el reciclado químico que se divide en fases de despolimerización, gasificación y pirólisis, en donde se descomponen los plásticos usados en componentes más sencillos como son los monómeros de partida, gas de síntesis o hidrocarburos (Arévalo et al., 2015). Además del reciclado mecánico que, aunque es el más común, exige una meticulosa separación de desechos y, por lo tanto, un gran compromiso por parte de la ciudadanía, lo que resulta en la mayoría de los casos en una implementación ineficiente y en donde no todos los plásticos son reciclables. (Arandes et al., 2004)

Si no se cuenta con alguna de las alternativas expuestas, el destino final de los plásticos es generalmente el océano, lugar en el que comienza su descomposición, la cual tiene como resultado la formación de micro plásticos, diminutas partículas menores a 0,5 cm que pueden ser ingeridas por las especies marinas y transmitirse a niveles superiores de la cadena trófica.

A pesar de los efectos negativos que se relacionan con la producción y consumo del plástico, no se han podido implementar medidas lo suficientemente contundentes para solucionar esta problemática. Esto se debe a que se tiene una gran dependencia a este material debido a sus características idóneas.

Por ejemplo, el plástico juega un papel importante en el mantenimiento de la calidad de los alimentos y en la prevención del desperdicio (Ritchie et al., 2023). En un supermercado promedio, más de la mitad de los productos que podemos encontrar tienen algún tipo de empaque de plástico (botellas, bandejas, bolsas, etc.), ya que facilitan su transportación y sin los envases de plástico, muchos productos que los consumidores compran no viajarían a las casas o tiendas, ni sobreviven en buenas condiciones el tiempo suficiente para ser consumidos o utilizados. Este es el caso de todos los líquidos, cereales y granos, alimentos prefabricados, carnes, muchos otros comestibles y bienes de consumo de rápido movimiento.

Las bolsas de plástico, que se utilizan diariamente en las tiendas y supermercados, son el tipo de plástico que más contribuyen a la contaminación del medio ambiente, al ser en la mayoría de los casos de un solo uso. Al año, se usan 500.000 millones de bolsas, ocho millones de toneladas acaban en los océanos cada año, amenazando la vida marina (ONU, 2019).

En respuesta al consumo excesivo de bolsas plásticas, países como Colombia han planteado estrategias de tipo legal para reducir el uso de este material. De acuerdo con la Ley 1819 de 2016, los establecimientos comerciales que entreguen bolsas, cuya finalidad sea cargar o llevar productos vendidos a sus clientes, deberán cobrar un impuesto de \$20 por cada bolsa. Esta tarifa se incrementará \$10 cada año (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024)

No obstante, esta medida no es realmente contundente debido a que, la sanción económica es poco significativa para ser tenida en cuenta por el ciudadano promedio y no permite generar una verdadera conciencia sobre la importancia de la preservación de los recursos naturales. Por lo tanto, se necesitan soluciones que se enfoquen en la elaboración de alternativas al plástico para poder así, romper con la dependencia a este material.

Se tiene entonces como alternativa, la elaboración de bolsas biodegradables utilizando como base el almidón, un polímero natural que se encuentra en el maíz, trigo y papa, materia orgánica que es accesible dentro del propio país debido a su destacado sector primario. Por tanto, el presente artículo tiene como objetivo evaluar la eficacia del almidón de papa como recurso sustentable para la producción de bolsas plásticas biodegradables.

## Metodología

La presente investigación tiene un enfoque mixto por lo que, integra sistemáticamente y analiza los métodos y datos cuantitativos y cualitativos en un solo estudio (Universidad de San Carlos de Guatemala [USAC], 2017). Esta elección se debe a que este enfoque permite el empleo de variables numéricas tales como, la proporción de agua y almidón, cantidad de glicerina, y ácido acético. Por otro lado, también se emplean variables cualitativas como el color, flexibilidad, maleabilidad y dureza.

Para la elaboración de las bolsas biodegradables se utilizó glicerina, almidón de papa, agua, ácido acético y papel encerado. El proceso se divide en dos etapas, la obtención del almidón de papa y la preparación del bioplástico.

### Obtención del almidón de papa

Para extraer el almidón primero, se realiza un lavado al tubérculo para retirar la tierra, polvo o cualquier impureza presente. Después, se quita la cáscara de la papa y se vuelve a lavar, la pulpa se corta en trozos de 1cm cada lado y se mezcla con agua para posteriormente triturar los trozos, obteniendo una sustancia espesa y con coloides la cual, se somete a un proceso de filtración utilizando una malla fina o colador, en donde se obtiene una sustancia de color café, que por el método de decantación se separa dejando la sustancia en la superficie del recipiente y el almidón en el fondo por lo que, se procede a quitar la sustancia del recipiente, dejando el almidón en el fondo que, con ayuda de una cuchara se extrae.

### Preparación del bioplástico

El almidón seco se deposita en un recipiente seguido, agregamos agua, en una proporción 1:6, 25% de glicerina y 5% de ácido acético. La mezcla se revuelve y se calienta a fuego medio por aproximadamente 10 minutos, revolviendo constantemente, hasta que espese. Posteriormente, se procede a verter la sustancia espesa de color blanco en una bandeja forrada de papel encerado, la sustancia resultante se deja secar por 48 horas, para poder despegarla del papel encerado.

### Elaboración de las bolsas

Para la elaboración de las bolsas inicialmente, se recortan las láminas obtenidas en forma cuadrada con una dimensión de 10 cm x 6 cm y, se unen los lados utilizando un poco de la mezcla, que se deja reposar por 30 minutos en los lados que se quieren unir; finalmente se sella a calor los lados ya con la mezcla un poco seca, con una plancha a 200°C.

## Resultados

### Elaboración de bioplástico

En la primera fase de las prácticas experimentales se elaboró bioplástico a partir del almidón de papa que, estructuralmente está compuesto por dos tipos de moléculas: la amilosa y la amilopectina. La propiedad más importante a considerar del almidón para la elaboración del bioplástico es la gelatinización debido a que, al aumentar la temperatura, los gránulos absorben gran cantidad de agua, por lo que se hinchan y aumentan su volumen. Además, se solubilizan, especialmente las moléculas de amilosa. (Hernández et al., 2008), teniendo un envejecimiento rápido debido a la retrogradación.

Se utilizaron como plastificantes naturales agua y glicerina que, en su estructura molecular tiene tres grupos de hidroxilo (-OH) los cuales, le permiten formar enlaces débiles con las moléculas de polímero en el material plástico, aportándole flexibilidad a la matriz polimérica.

Además, se utilizó ácido acético, un ácido orgánico de dos átomos de carbono que, se encuentra en el vinagre y previene la retrogradación del almidón, añadiéndole flexibilidad y una textura uniforme al bioplástico.

Para determinar la proporción necesaria de almidón, glicerina, agua y ácido acético se realizaron seis pruebas experimentales, en donde se agregaron las cantidades evidenciadas en la tabla 1.

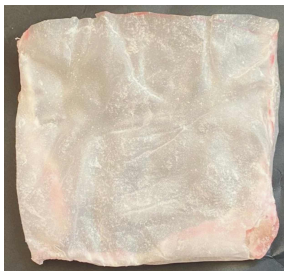
**Tabla 1**  
 Cantidades utilizadas en las pruebas experimentales

Pruebas	Cantidad de almidón (gr)	Porcentaje de glicerina (%)	Cantidad de agua (ml)	Porcentaje de ácido acético (%)	Superficie
Prueba 1	50gr	10%	100ml	0%	Aluminio con aceite
Prueba 2	40gr	15%	120ml	0%	Papel calcante
Prueba 3	20gr	20%	80ml	0%	Papel encerado
Prueba 4	20gr	20%	100ml	0%	Papel encerado
Prueba 5	50gr	20%	250ml	5%	Papel encerado
Prueba 6	50gr	25%	300ml	5%	Papel encerado

Nota: Tabla de elaboración propia

Como resultado a estas condiciones, se establece que el bioplástico elaborado en la prueba 6, en donde se utilizó 50 gr de almidón, 25% de glicerina, 300 ml de agua y 5% de ácido acético, obtuvo las mejores características en términos de color, flexibilidad, dureza, resistencia y maleabilidad. Por lo que, se puede establecer que la proporción correcta de agua en relación con la cantidad de almidón es de 1:6, la cantidad de glicerina que se debe agregar es del 25%, de ácido acético 5% y la superficie antiadherente idónea es el papel encerado.

**Figura 1**  
 Bolsa plástica biodegradable de la prueba 6



**Tabla 2**  
 Características del bioplástico

Prueba	Color	Flexibilidad	Dureza	Resistencia	Maleabilidad
Prueba 1	Café	Baja	Alta	Baja	Baja
Prueba 2	Manchas de color negro	Baja	Alta	Baja	Baja
Prueba 3	Semitransparente	Baja	Media	Baja	Baja
Prueba 4	Semitransparente	Media	Media	Media	Media
Prueba 5	Semitransparente	Media	Media	Media	Media
Prueba 6	Semitransparente	Alta	Media	Media	Alta

La elaboración de bioplásticos a partir de almidón de papa implica una cuidadosa selección de componentes y condiciones de procesamiento para obtener materiales con propiedades mecánicas y físicas óptimas. En la Prueba 6 se demostró ser la más efectiva, utilizando 50 gramos de almidón, 25% de glicerina, 300 ml de agua y 5% de ácido acético, resultando en un bioplástico semitransparente con alta flexibilidad y maleabilidad, y dureza y resistencia medias.

Según Sierra et al. (2016) la proporción de glicerina y ácido acético condiciona las propiedades del bioplástico, los cuales, permiten que al aumentar la cantidad de glicerina en la formulación, se incrementa la elasticidad del bioplástico, mientras que una mayor concentración de almidón mejora su resistencia.

La glicerina actúa como plastificante, reduciendo las interacciones intermoleculares entre las cadenas de almidón, lo que aumenta la flexibilidad del material (Arrieta y Palencia, 2016). Sin embargo, una cantidad excesiva de glicerina puede disminuir la resistencia mecánica del bioplástico, ya que introduce mayor movilidad en la matriz polimérica. En la Prueba 6, el 25% de glicerina parece haber logrado un equilibrio adecuado entre flexibilidad y resistencia.

El ácido acético, por su parte, desempeña un papel crucial en la modificación química del almidón, en donde, la acetilación del almidón con ácido acético mejora sus propiedades mecánicas al introducir grupos acetilo en la estructura del almidón, lo que reduce la retrogradación y aumenta la estabilidad del bioplástico (Gustavo, 2020).

En la prueba, la adición del 5% de ácido acético pudo haber contribuido a una textura más uniforme y una mayor flexibilidad del bioplástico, al prevenir la retrogradación del almidón y mejorar la interacción entre las moléculas de almidón y glicerina.

Además, la proporción de agua es fundamental en el proceso de gelatinización del almidón. Una relación de 1:6 entre almidón y agua, como la utilizada en la Prueba 6, facilita la completa gelatinización de los gránulos de almidón, permitiendo una mejor formación de la matriz polimérica y, por ende, mejores propiedades mecánicas en el bioplástico final.

En cuanto a la superficie de secado, el uso de papel encerado proporcionó una superficie antiadherente adecuada, permitiendo un secado uniforme y evitando la adherencia del bioplástico al soporte, lo que contribuye a una mejor calidad superficial del producto final.

### Evaluación de variables

Para evaluar la eficacia del bioplástico primero se midió su fuerza de ruptura, espesor, resistencia eléctrica y capacitancia de un capacitor trabajando con el plástico como un dieléctrico.

**Tabla 3**  
*Características de bolsa biodegradable*

Material	Espesor	Fuerza de Ruptura	Resistencia eléctrica	Capacitancia con dieléctrico (bioplástico)
Bolsa de almidón de papa	0,21 mm	0,8 N	9MΩ	5,33μF

Con base en los resultados de la tabla 3, se establece que el bioplástico desarrollado presentó un espesor de 0,21 mm y una fuerza de ruptura de 0,8 N, en donde, estos valores indican una estructura relativamente delgada con una resistencia moderada a la tensión. Según Narváez (2016) la incorporación de plastificantes como la glicerina puede influir en la resistencia mecánica del bioplástico, ya que, afectan directamente la resistencia a la tracción y la elongación del material. Por lo tanto, ajustar la proporción de plastificantes podría mejorar la fuerza de ruptura observada en su bioplástico.

La resistencia eléctrica medida sugiere que el bioplástico posee una alta resistividad eléctrica, lo que lo hace adecuado para aplicaciones donde se requiere aislamiento eléctrico. Sin embargo, las propiedades eléctricas de bioplásticos de almidón de papa son limitada, ya que la estructura del almidón y la presencia de aditivos pueden influir en su comportamiento dieléctrico. Según Navarrete et al. (2023) menciona que la modificación química del almidón afecta sus propiedades eléctricas.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en la tabla 3, resulta pertinente comparar una bolsa biodegradable a base de almidón de papa y una bolsa de plástico convencional.

**Tabla 4**

*Características del bioplástico en comparación con una bolsa plástica convencional*

	<b>Flexibilidad</b>	<b>Dureza</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Maleabilidad</b>
Bolsa Plástica convencional	Alta	Baja	Alta	Alta
Bolsa de almidón de papa	Media	Alta	Alta	Media

Al comparar el bioplástico de almidón de papa con una bolsa plástica convencional, se observa que, aunque el bioplástico presenta una dureza y resistencia comparables, exhibe menor flexibilidad y maleabilidad. Sin embargo, los plásticos tradicionales, derivados del petróleo, suelen tener una estructura molecular que les confiere alta flexibilidad y resistencia, pero, su impacto ambiental negativo ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles.

## Conclusiones

Los resultados de la investigación evidencian que la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de papa es una alternativa viable para la producción de materiales biodegradables, en donde, la prueba experimental con ciertas condiciones demostró ser la más eficiente, logrando un bioplástico con alta flexibilidad y maleabilidad, así como resistencia y dureza medias. Siendo la proporción adecuada de estos componentes permitió mejorar la estructura del material, evitando la fragilidad que caracteriza a otros bioplásticos y garantizando una mayor durabilidad en sus propiedades mecánicas.

Asimismo, la evaluación de las características físicas y eléctricas del bioplástico demostró que lo posicionan como una opción con resistencia moderada, en donde, en términos de resistencia eléctrica, el bioplástico mostró un alto nivel de resistividad, lo que sugiere su potencial para aplicaciones en las que se requiere cierto grado de aislamiento. No obstante, se observó que la flexibilidad y la maleabilidad del bioplástico aún son inferiores a las de los plásticos convencionales, lo que indica la necesidad de seguir optimizando su composición para lograr un material más competitivo en términos de desempeño.

## Referencias

- Aracil Sáez, I. (2008). *Formación de contaminantes y estudio cinético en la pirólisis y combustión de plásticos* [Tesis de doctorado, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante.
- Arandes, J. M., Bilbao, J., & López, D. (2004). Reciclado de residuos plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 5(1), 28-45.
- Arévalo, P., Astudillo, S., Espinoza, J., Mancheno, M., Malo, I., Naranjo, T. (2015). *La granja: Revista de ciencias de la vida*, 23(1), 53-59. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.06>
- Arrieta, Á. A., y Palencia, M. S. (2016). Estudio electroquímico de un biopolímero compuesto PPy/almidón de cassava. *Revista latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(1), 26-35.
- Delgado, Sandra. Hubbard, Erick. Rojas, Dolores. Pensamiento, Emiliano. Parra, Francisco. (7 de octubre de 2023). *Con larvas, crean modelo sustentable para evaluar bolsas biodegradables*. UNAM Global. [https://unamglobal.unam.mx/global\\_tv/con-larvas-crean-modelo-sustentable-para-evaluar-bolsas-biodegradables/](https://unamglobal.unam.mx/global_tv/con-larvas-crean-modelo-sustentable-para-evaluar-bolsas-biodegradables/)
- Espino Penilla, M., & Koot, Y. (2020). Nuestro mundo cubierto de plástico: de la movilidad global del plástico a las consecuencias y respuestas locales. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 12(4), 146-160. <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n4.759>
- Gustavo, P. V. M. (2020). Obtención de biopelículas a partir de almidón de maíz morado (*Zea mays* L.) acetilado para el recubrimiento de alimentos.
- Holguin Cardona, J. S. (2019) *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa* [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional Universidad de América. <http://hdl.handle.net/20.500.11839/7388>
- Narváez Guerrero, M. A. (2016). Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón [Bachelor's tesis] Quito: USFQ.
- Navarrete-Tumbaco, C. J., Mezones-Santana, J. A., Ponce, W., Brito, B., Viera, W., Mosquera, A. C., & Riera, M. A. (2023). Obtención y caracterización de bioplásticos a partir de almidón acetilado de semillas de aguacate. *Avances en Química*, 18(1).
- Sierra Romero, A., Solano Santiago, F., y Valderrama Vázquez, J. E. (2016). Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. Universidad Madero