

1

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays L.*)

(Obtaining bioplastic from corn starch (*Zea mays L.*))

Adriana Avellán, Dayana Díaz, Angie Mendoza, María Zambrano,
Yuly Zamora¹, María Antonieta Riera²

¹ Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Química.

² Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Departamento de Procesos Químicos. Email: mriera@utm.edu.ec.

RESUMEN

El plástico, pese a ser un material de gran utilidad dada su múltiple aplicación, representa un problema ambiental por acumulación en el ecosistema principalmente marino y por su largo tiempo de degradación. Ante esta situación se han desarrollado materiales sustitutos como es el caso de bioplásticos, los cuales usan recursos renovables como materias primas siendo una de ellas el almidón. El trabajo que a continuación se presenta corresponde a un proyecto realizado dentro de la asignatura Balance de Masa, con la cual se buscó extraer almidón de los granos de maíz para luego emplearlo con glicerina y ácido acético en la elaboración de una lámina de bioplástico. Una vez realizados los procesos correspondientes se obtuvo un rendimiento de 5,72% inferior respecto a otros casos estudiados y un porcentaje de degradación del bioplástico de 89,40% para un periodo de 42 días de experimentación, siendo este último bastante satisfactorio si se compara con los requerimientos establecidos en normativas internacionales para este tipo de materiales.

PALABRAS CLAVES

Polímero, bioplástico, almidón, maíz.

ABSTRACT

The plastic is a very useful material but despite its multiple applications it represents an environmental problem due to accumulation mainly in the marine ecosystem and its long period of time for degradation. Given this situation, alternative materials have been developed, such as bioplastics, which use renewable resources as raw materials such as starch. This work

corresponds to a project carried out in the class Mass Balance, with the objective to extract starch from corn grains and combine it with glycerin and acetic acid in the preparation of a bioplastic sheet. Once the processes were completed, the result of performance was 5.72% lower than other studies and a bioplastic degradation percentage of 89.40% for a period of 42 days of experimentation. This is satisfactory when compared with the requirements established in international regulations for these materials.

KEYWORD

Polymer, bioplastic, starch, corn

INTRODUCCIÓN

Los plásticos desde su invención han desplazado a materiales como la madera y al vidrio de una gran cantidad de aplicaciones. Los plásticos convencionales se producen a partir de reservas fósiles, que perduran en la naturaleza por largos períodos de tiempo que al acumularse generan grandes cantidades de residuos, que dada su naturaleza llevan consigo sustancias tóxicas que afectan el ambiente. Como alternativa ante tal situación, han surgido los plásticos biodegradables que entre sus ventajas presenta su degradabilidad en compuestos tales como: agua, dióxido de carbono y humus (García, 2015).

Los bioplásticos son compuestos de alto peso molecular elaborados a partir de fuentes naturales, tales como cultivos de poliésteres microbianos, de almidón, celulosa, entre otros. El almidón ha sido una de las principales materias primas consideradas para tal fin, debido a su alta disponibilidad, bajo costo, carácter renovable, biodegradabilidad y competitividad económicamente en relación al petróleo (Chariguamán, 2015).

El almidón es un polisacárido complejo, que se almacena en forma de gránulos, con diferentes tamaños entre sí, composición química y características físicas, que varían según la fuente de la cual proviene (Arias, 2019). Es una estructura semicristalina compleja y altamente organizada, compuesta por polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, encontrándose la síntesis del componente amilosa dentro de la matriz de amilopectina (Smith, 2001). Desde el punto de vista de su utilización como material polimérico, se pueden distinguir dos usos diferentes: como matriz polimérica en forma de almidón termoplástico y como nanocarga en forma de nanocristales (Sessini & Peponi, 2017).

Experiencias previas han demostrado que es posible obtener películas plásticas biodegradable flexibles, a partir del almidón de yuca y pectina, olote de maíz, papa, plátano y de otros polímeros, así como patentes de para procesos de producción de almidón termoplásticos (Riera & Palma, 2018).

Sin importar de donde provenga el almidón (maíz, trigo, yuca, papa o plátano), existen dos métodos usados para su extracción: la molienda seca y la molienda húmeda. Específicamente para el maíz, se emplea la molienda seca de forma artesanal y la húmeda es usada por grandes para refinar y mejorar los productos obtenidos de esta planta, siendo el principal fin la obtención de almidón (FAO, 1993).

El maíz (*Zea mays L.*) se ha convertido en uno de los cereales más consumidos en el mundo, con aplicación múltiple tanto para fines nutricionales como industriales. Es utilizado para la producción de almidón, pues el grano está conformado aproximadamente por un 70 a 75 % de este. De ahí el motivo para ser usado en la elaboración de plásticos, como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables (Grande & Orozco, 2013).

En una investigación donde se elaboró bioplástico a base de almidón de maíz, se demostró que estos pueden competir con los plásticos hechos con petróleo debido a que cuentan con características cualitativas y físicas apropiadas, además de un tiempo corto de degradación de aproximadamente 90 días (Gálvez, 2016).

Otro trabajo donde se empleó almidón de maíz usando glicerol como plastificante, se comparó las propiedades mecánicas de los bioplásticos obtenidos con tres plásticos comerciales derivados del petróleo. Los resultados arrojaron que los biopolímeros elaborados poseen propiedades mecánicas con valores menores a los plásticos derivados de petróleo, sin embargo, al utilizar un 35% de glicerina y pH de 5 o 7, el porcentaje de elongación es comparable a un plástico derivado de petróleo (Narváez, 2016).

Bajo este contexto se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de elaborar bioplástico basado en almidón de maíz, el cual fue inicialmente extraído de este cereal para luego ser usado como materia prima. Posteriormente con los datos obtenidos experimentalmente, se buscó determinar el rendimiento del proceso estudiado, así como la biodegradabilidad del plástico obtenido.

METODOLOGÍA

Selección de materia prima

Se trabajó con granos de maíz amarillo provenientes de los sembríos de la comunidad El Cardón del cantón Rocafuerte, de la provincia de Manabí, Ecuador, los cuales fueron trasladados al laboratorio para desarrollar la experimentación.

Extracción del almidón de maíz

La extracción del almidón de maíz se llevó a cabo a través de seis etapas: maceración, molienda húmeda, filtración de la suspensión para separar la fracción fibra-germen, sedimentación y lavado para la separación del almidón-gluten y por último el secado del almidón (Rodríguez, Gallardo, Nieblas, & Ortiz, 2015). Para la maceración se tomó una muestra de 100 g de granos del maíz previamente seleccionado y se mezcló con 300 mL de agua purificada. La misma colocó en una estufa Memmert-SN 55 a una temperatura de 60°C por un periodo de 40 minutos (Figura 1).

Luego la mezcla pasó a un triturador, para luego ser filtrada. El líquido obtenido se pesó al igual que los residuos sólidos. Del residuo sólido, se tomó 1 gramo y se le determinó la humedad con una termobalanza Boeco-BM 150. La solución obtenida se dejó en reposo hasta lograr la sedimentación del almidón (Figura 2).



Figura 1. Hidratación del maíz para la extracción del almidón



Figura 2. Sedimentación del almidón de maíz

Una vez que el almidón sedimentó, se extrajo el agua residual con una pipeta para su cuantificación. Después se lavó el almidón con 100 mL de agua purificada a 40°C favoreciendo su precipitación. Una vez lavado el almidón, se secó en la estufa a 50°C durante 24 horas para así obtener el almidón requerido para la producción del bioplástico.

Con los resultados experimentalmente, se realizó el balance de masa sin reacción química en régimen estacionario (Felder & Rousseau, 2004) para la extracción del almidón, usando en este caso la siguiente ecuación.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (1)$$

Se determinó el rendimiento del proceso de extracción del almidón de maíz a través de lo descrito por García, Pinzón & Sánchez (2013), donde consideran la eficiencia de la extracción del almidón puro a partir el contenido total del mismo en el vegetal.

$$\text{Porcentaje de Rendimiento} = \frac{\text{masa del almidón obtenido}}{\text{masa del tubérculo}} \times 100\% \quad (2)$$

Producción de bioplástico

La elaboración del bioplástico se llevó a cabo teniendo en cuenta la metodología que describe Guzmán (2013). Se colocaron en un recipiente 17 mL de agua destilada junto con 5.72 g del almidón de maíz extraído, mezclando constantemente hasta homogeneizar y cuidando en todo momento que la temperatura no excediera los 70°C. Posteriormente se agregó gota a gota 1.7 mL de glicerina con agitación constante, notando un cambio en la consistencia de la mezcla. Luego se añadieron 3 mL de ácido acético al 3% v/v homogenizando hasta que se dejó de percibir vapor en la mezcla (Figura 3). Finalizado este proceso, se formó la lámina sobre una placa de vidrio, se expuso al sol para su secado y posteriormente se retiró el bioplástico obtenido (Figura 4).



Figura 3. Mezcla de bioplástico



Figura 4. Bioplástico de almidón de maíz formado

Al bioplástico se le realizó una prueba de biodegradabilidad de acuerdo a lo usado por García (2015) que consistió en la determinación de BaCO₃ formado durante 42 días de acuerdo a la reacción (3) y por diferencia de peso según la ecuación (4), donde m_i y m_f son las masa inicial y final del bioplástico respectivamente.



$$\text{Porcentaje de Biodegradabilidad} = \frac{mi - mf}{mi} \times 100\% \quad (4)$$

Para ello se utilizaron cuatro recipientes plásticos tapados (Figura 5). En dos de ellos se agregaron 10 mL de una solución 0.025 N de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ y los otros dos con una mezcla de 60 g de tierra abonada con 20 mL de agua destilada.

En uno de los recipientes que contenían la mezcla de tierra con agua se colocaron 5 g del bioplástico, mientras que el otro fue utilizado como blanco. A cada tapa de los recipientes se les hizo un orificio para introducir una manguera de hule de silicona para conectarlos entre sí. El remanente de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ al final de la experimentación se tituló con HCl 0.1 N (Figura 6).



Figura 5. Prueba de biodegradabilidad a partir de la reacción entre $\text{Ba}(\text{OH})_2$ y CO_2



Figura 6. Titulación del $\text{Ba}(\text{OH})_2$ con el HCl remanente

Para calcular la diferencia de peso entre la masa inicial y final del bioplástico, fue necesario tamizar la muestra de tierra que contenía el bioplástico en proceso de degradación usando para ello una serie de tamices SOILTEST (Cuadro 1), superponiéndolos desde el de mayor hasta el de menor diámetro (Figura 7).

Cuadro 1. Orden de ubicación de los tamices

Número de tamiz	
1	4
2	8
3	16
4	30
5	50
6	100
7	200

Los restos de bioplástico que quedaron en el tamiz correspondieron a la masa final de éste (Figura 8) y con base a la masa perdida respecto a la inicial, se calculó el porcentaje de biodegradabilidad.



Figura 7. Tamizado de la tierra con el bioplástico



Figura 8. Restos de bioplástico luego de la prueba de biodegradabilidad

RESULTADOS

Resultados de la extracción del almidón de maíz

Partiendo de 100 g de granos de maíz y llevando a cabo todas las operaciones unitarias descritas para el proceso de extracción de almidón de maíz, se realizó el balance de masa del mismo (Figura 9) donde m_i son los flujos másicos y X_i las composiciones másicas correspondientes. El rendimiento calculado para este proceso fue de 5,72% siendo inferior a lo reportado por Tovar (2008), quien empleando diferentes métodos de extracción de almidón obtuvo rendimientos de 29,76% a 41,03%.

Esta gran variación pudo darse por las diferencias entre los procedimientos usados, pues en la investigación señalada en uno de los métodos no sólo se realizaron varios lavados sino que las muestras fueron centrifugadas, en otros casos los granos fueron sumergidos en soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) y acetato de sodio ($C_2H_3NaO_2$) respectivamente, para favorecer la obtención del almidón y en otra experimentación se empleó la técnica por extracción de proteínas. Por otra parte, el rendimiento de fuentes importantes de almidón como la papa, camote, yuca y maíz varía entre 7 y 18%, debido a las diferencias entre las variedades del cereal en estudio y a las condiciones climatológicas en las que se desarrollan. (Arzapalo, Huamán, Quispe, & Espinoza, 2015)

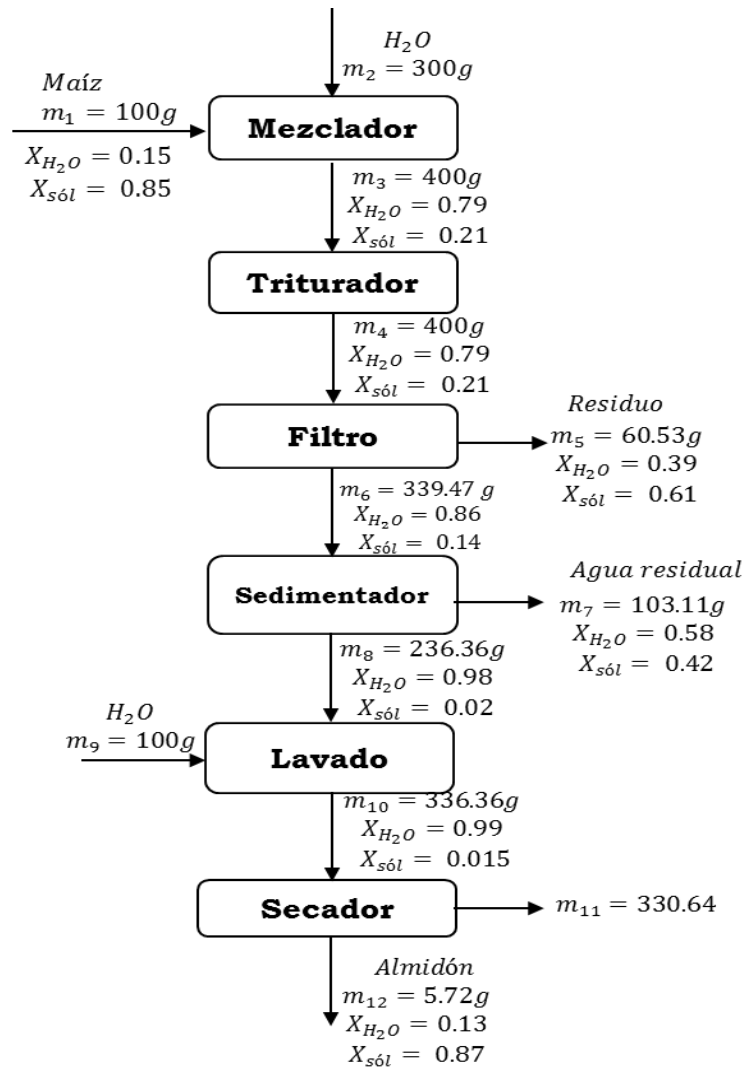


Figura 9. Balance de masa en el proceso de extracción de almidón de maíz

Biodegradabilidad del plástico

Después de 42 días de experimentación se procedió a titular la cantidad de $Ba(OH)_2$ que había quedado en el recipiente donde inicialmente se encontraban 10 mL de esta solución. Al titularla con el HCl no se notó un cambio en la coloración, sin embargo se evidenció la formación de un pequeño precipitado color blanco, que indicó la formación de $BaCO_3$ y comprobando con ello la degradación del bioplástico.

Así mismo al tamizar la muestra de tierra donde se había colocado inicialmente el bioplástico, se encontró que aún quedaban sin degradar 0,53 g de este. Con este dato se calculó el porcentaje de biodegradabilidad y, considerando que el peso inicial del bioplástico colocado dentro del recipiente con tierra fue de 5,00 g, se obtuvo un 89,40% de biodegradación. Este resultado indica que la mayor parte del bioplástico se degradó, siendo un valor adecuado si se compara con la prueba de biodegradabilidad realizada en 73 días a películas a base de almidón de guisante y de alcohol polivinílico cuyo porcentaje de biodegradabilidad fue del 97% (Peinado, 2015), siendo posiblemente el tiempo uno de los factores que incidieron en la diferencia entre ambos valores.

Adicionalmente si se tiene en cuenta que un plástico para que sea biodegradable debe degradarse por completo por la acción de microorganismos como bacterias, hongos y microalgas en un periodo de 6 meses (ASTM, 2019), es válido señalar que los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

CONCLUSIONES

En la extracción del almidón de maíz se obtuvo un bajo rendimiento en comparación con investigaciones previas cuyos procedimientos fueron similares al empleado. Es posible que tal diferencia se deba a la especie del grano usado, a las condiciones climatológicas del sembrío, o a las variaciones en cuanto a las etapas del proceso utilizado.

Se verificó que el almidón es un componente de gran importancia para la elaboración del bioplástico, pues es responsable junto con la glicerina de afectar la consistencia, elasticidad y estabilidad de este biopolímero. Para el ensayo realizado de biodegradabilidad anaeróbica, el bioplástico presentó un alto nivel de degradación con un porcentaje de 89,40% en 42 días lo cual es un valor adecuado de acuerdo a lo preestablecido en normativas internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias J, M. A. (2019). Obtención del almidón de la alopecia macrorrhiza y cuantificación del oxalato de calcio. *Tséde*, 2(1), 1-13. Recuperado a partir de <http://tsachila.edu.ec/ojs/index.php/TSEDE/article/view/11>

Arzapalo D., Huamán K., Quispe M., & Espinoza C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(1), 44-54. Recuperado a partir de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n1/a06v81n1.pdf>



ASTM - American Society for Testing Materials. (2019). ASTM D6400 - 19 Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. En Annual Book of ASTM Standards. <https://doi.org/10.1520/D6400-12.2>

Chariguamán J.A. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado a partir de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

FAO – Food and Agriculture Organization. (1993). El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. Recuperado a partir de <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm>

Felder, R.M., & Rousseau, R.W. (2004). Principios elementales de los procesos químicos. *Wind Engineering*, 33(1). <https://doi.org/10.1260/0309-524X.33.3.305>

Galvez A.G. (2016). Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón extraído de maíz (*Zea mays*). Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado a partir de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5102/>

García, A. (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. <https://doi.org/10.1142/S0217979211101259>

García O.R., Pinzón M.I., & Sánchez L.T. (2013). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, manihot esculenta, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, 11(1): 13-21. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2013.382>

Grande T, C., & Orozco C.,B. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1): 97-110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>

Guzmán M., S. (2013). Obtención de plástico biodegradable a partir de la nixtamalización del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado a partir de https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/iq/tesis/tesis_guzman_martinez.pdf

Narváez, M. A. (2016). Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. Universidad San Francisco de Quito. Recuperado a partir de <http://192.188.53.14/handle/23000/6299>

Peinado, M. (2015). Estudio de la biodegradabilidad y desintegración de películas a base de almidón y PVA que incorporan diferentes sustancias antimicrobianas. Universitat Politècnica de Valencia. Recuperado a partir de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/>



[PEINADO%20%20ESTUDIO%20DE%20LA%20BIODEGRADABILIDAD%20Y%20GRADO%20DE%20DESINTEGRACION%20DE%20FILMS%20A%20BASE%20DE%20ALMIDON%20Y%20P....pdf?sequence=1](#)

Riera, M. A., & Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3): 69-78. Recuperado a partir de <http://epublica.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/view/13983>

Rodríguez L., Gallardo I., Nieblas C., & Ortiz W. (2015). Evaluación de dos variedades de sorgo para la obtención de almidón. *Centro Azúcar*, 42(1): 88-95. Recuperado a partir de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000100009

Sessini, V., & Peponi, L. (2017). Las diferentes caras del exilio. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, 113(723): 1-10. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6038279>

Smith, A. M. (2001). The biosynthesis of starch granules. *Biomacromolecules*, 2(2): 335-41. <https://doi.org/10.1021/bm000133c>

Tovar, T. (2008). Caracterización Morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays L*) Obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado a partir de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/508>