





Identificación del tiempo de degradación de láminas de plástico procedente del plátano malayo (*Musa Acuminata*)

*Identification of the degradation time of plastic sheets from Malaysian banana (*Musa Acuminata*)*

- ¹ Iván Fernando Huacho Chávez  <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), docente investigador Facultad de Informática y Electrónica, Riobamba, Ecuador
ivan.huacho@epoch.edu.ec
- ² Pablo Antonio Mancheno Neira  <https://orcid.org/0000-0002-2482-8043>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), docente investigador, Riobamba, Ecuador
pablo.mancheno@epoch.edu.ec
- ³ Adriana Isabel Rodríguez Basantes  <https://orcid.org/0000-0002-2532-6504>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), docente investigador, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador
adriana.rodriguez@epoch.edu.ec
- ⁴ Hanníbal Lorenzo Brito Moína  <https://orcid.org/0000-0001-7536-857X>
Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Investigador del Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE), Riobamba, Ecuador
hbrito@epoch.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/12/2021

Revisado: 26/12/2021

Aceptado: 10/01/2022

Publicado: 05/02/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.189>

Cítese:

Huacho Chávez, I. F., Mancheno Neira, P. A., Rodríguez Basantes, A. I., & Brito Moína, H. L. (2022). Identificación del tiempo de degradación de láminas de plástico procedente del plátano malayo (*Musa Acuminata*). AlfaPublicaciones, 4(1.2), 91–101. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.189>



ALFA PUBLICACIONES, es una Revista Multidisciplinar, **Trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras

claves:

plátano malayo,
amilosa,
bioplástico,
degradabilidad.

Keywords:

Malaysian
banana,
amylose,
bioplastic,
degradability.

Resumen

Introducción. El uso del plástico sintético se ha incrementado en los últimos años, para el empaque en alimentos, objetos de diferente naturaleza entre otros, lo que ha generado grandes cantidades de desechos que van a parar en el ecosistema generando grandes impactos al ambiente, es por este motivo que se ha realizado esta investigación con fines de obtener un polímero que tenga las mismas aplicaciones y que se degrade con facilidad. **Objetivo.** Se realizó la identificación del tiempo de degradación del plástico procedente del plátano malayo en el ambiente. **Metodología.** Se efectuó la caracterización fisicoquímica y microbiológica, tanto de la materia prima como de su almidón, obtenido mediante procesos físicos de separación, cabe mencionar que tanto para la obtención del almidón (10,26 %R) como del plástico biodegradable se utilizó el diseño factorial 2^k con 4 tratamientos y 4 repeticiones cada uno, posteriormente se procedió a la síntesis del plástico biodegradable. **Resultados.** Se determinó que el tratamiento 3 es el más adecuado con 5,88 g de almidón y 4,94 % de glicerina, manteniendo constante la cantidad de solvente y ácido acético, las láminas de polímero biodegradable obtenidas fueron secadas en un secador de bandejas, mismo que presentó una coloración ligeramente café transparente con un espesor de 0,2 mm en promedio. **Conclusión.** Se realizaron las pruebas físico-mecánicas determinando que el tratamiento 3 es el más adecuado con 45,69 % de elongación, y el 35,32 % de degradación en 15 días

Abstract

Introduction. The use of synthetic plastic has increased in recent years, for food packaging, objects of a different nature among others, which has generated large amounts of waste that end up in the ecosystem generating great impacts on the environment, It is for this reason that this research has been carried out in order to obtain a polymer that has the same applications and that degrades easily. **Target.** The degradation time of the plastic from the Malaysian banana in the environment was identified. **Methodology.** The physical chemical and microbiological characterization was carried out, of both the raw material and its starch, obtained through physical separation processes, It is worth mentioning that both for obtaining starch (10.26%R) and biodegradable plastic, the 2^k factorial design was used with 4 treatments and 4 repetitions each,

subsequently proceeded to the synthesis of biodegradable plastic. **Results.** It was determined that treatment 3 is the most suitable with 5.88 g of starch and 4.94% of glycerin, keeping the amount of solvent and acetic acid constant, the biodegradable polymer sheets obtained were dried in a tray dryer, same that presented a slightly transparent brown coloration with a thickness of 0.2 mm on average. **Conclusion.** Physical-mechanical tests were carried out, determining that treatment 3 is the most suitable with 45.69% elongation, and 35.32% degradation in 15 days.

Introducción

A nivel del planeta el uso del plástico sintético se ha incrementado en los últimos 10 años, y en especial en esta etapa de pandemia de COVID, con el uso excesivo de este material el aumento ha sido mayor, generando sus residuos problemas de tipo ambiental al ecosistema y a la salud de los seres humanos ya que los mismos tienen un rango de descomposición de 100 a 1000 años, afectando el hábitat de especies de fauna por el consumo de los microplásticos (Brito, 2015), causando severos daños en el sistema digestivo e incluso causando su muerte. Otro de los graves problemas que genera el sector agrícola es el plástico con fertilizantes que no pueden ser reutilizados por su toxicidad, pero que son reciclados generando daños irreversibles al planeta tierra. Esta problemática ha llevado a investigar materiales de tipo degradable que tengan características similares para el uso en diferentes aplicaciones, motivo por el cual, se ha utilizado como materia prima productos agrícolas que contengan almidón (Brito, 2019), por su facilidad de separación y obtención, además de que Ecuador es un país agrícola por naturaleza por la facilidad de cultivar gran variedad de productos entre ellos el cacao, arroz, yuca, trigo, etc.

Los productos agrícolas producidos en el Ecuador tienen un potencial para su uso además de alimentos para el sector industrial del país, en especial el plátano que es producido en la región costa y amazónica por sus condiciones climáticas teniendo en cuenta que debe ser el clima tropical húmedo, la variedad de plátanos más cultivados en el país son Cavendish, Orito y Banano Cavendish que es el fruto de alta calidad que se exporta a países de Europa, Asia, América y otros (Palomeque, 2015).

Por la problemática existente que genera el consumo de plásticos y con la gran producción del plátano rojo se realiza la investigación en la producción de plástico biodegradable que se elabora a partir de almidón de banano malayo para el uso en el embalaje de alimentos, que ayudará en la dinamización de la economía del sector agrícola por un lado y la disminución del impacto al ambiente que ocasionan los plásticos sintéticos, generando

además fuentes de empleo y negocios involucrados a gran diversidad de familias. Este plástico biodegradable (Chuiza & Brito, 2020), presenta características similares a los tradicionales que son resistentes y rígidos, con la diferencia que tienen un corto tiempo de degradación en el ambiente.

Metodología

El diseño experimental utilizado en esta investigación el diseño factorial 2^k con 4 tratamientos y 4 repeticiones cada uno, tanto para la obtención del almidón como para la elaboración del plástico biodegradable del plátano malayo, para lo cual, se procedió inicialmente con la obtención del almidón, iniciando con la elección de los plátanos malayos con la mejor calidad (Mazzeo, 2008), mismos que son lavados en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 5 minutos, para eliminar tierra e impurezas que se encuentran adheridas alrededor de la fruta, se realiza el análisis físico, luego se pela y trocea para ser introducidos en una solución de ácido cítrico al 3% durante 5 minutos que ayudará a evitar el pardeamiento enzimático, a continuación, se ubica en el reactor 200 g., de plátano con 800 mL de agua purificada, y se pone en funcionamiento para facilitar la liberación de los gránulos de almidón, para posteriormente separarlos de otros componentes de la pulpa que son más grandes (fibra y proteína), se filtra (Brito, 2001), en una malla de nylon y se deja sedimentar durante 6 horas con la finalidad de separar las macromoléculas de almidón por efecto de la gravedad, el líquido sobrenadante es retirado y desechado, el polímero se llevado a un secador de bandejas para a 45 °C durante 7 horas para su secado (Aristizábal & Sánchez, 2007), a continuación se reduce el tamaño (Brito, 2000), tamiza y pesa para determinar el rendimiento del almidón (Bossis, 2015), luego se empaqueta y almacena para su respectiva caracterización físico, química, biológicamente, además del análisis infrarrojo y microscopía (Brito, 2021).

Para la elaboración del bioplástico se trabajó con 4,1 y 5,9 g de almidón con 2,6 y 4,9 mL de glicerina, siendo estas variables, mientras se mantuvo constante la cantidad de disolvente y ácido acético, se trabajó con 4 tratamientos, mezclando el disolvente con el almidón a temperatura ambiente, luego se los ubica en un recipiente de vidrio para llevarlo a un baño maría a una temperatura de 60 °C, se agita constantemente y se agrega el plastificante y el aditivo, luego se incrementa su temperatura a 77 °C (temperatura de gelatinización) hasta obtener una estructura homogénea y transparente, inmediatamente la mezcla con alta viscosidad se ubica en moldes y se los lleva a un secador a una temperatura de 60 °C por el lapso de 5 horas, luego se desmolda y se procede con la caracterización físico – mecánica y de biodegradabilidad de las láminas plásticas obtenidas.

Resultados y Discusión

El almidón del plátano malayo (*Musa acuminata*) fue caracterizado organolépticamente, obteniendo un color beige, textura granular, incoloro e insípido, datos que se encuentra dentro de los estándares requeridos para la elaboración del plástico biodegradable.

Tabla 1

Análisis físico químico y microbiológico del almidón del plátano rojo

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	MÉTODO DE ENSAYO
1	Densidad aparente	g/mL	0,69	1,560	FAO
2	Sensibilidad	-	Positivo	Color azul profundo	INEN 1456
3	Solubilidad	.	Soluble	Presenta opalescencia	INEN 1456
4	pH	Adimensional	5,21	5,0-7,0	FAO
5	Temperatura de gelatinización	° C	77,00	57,5 -70	FAO
6	Viscosidad	cP	159	840-1500	FAO
7	Contenido de humedad	%	11,02	10-13	FAO
8	Contenido de materia seca	%	88,95	87-90	FAO
9	Tamaño de gránulo	%	93,15	99-100	FAO
10	Ceniza	%	0,12	0,12	INEN 1456
11	Índice de absorción de agua	g gel/g muestra	6,63	0,82 - 15,52	FAO
12	Índice de solubilidad en el agua	%	5,92	0,27-12,32	FAO
13	Poder de hinchamiento	Adimensional	6,78	0,79 - 15,45	FAO
14	Amilosa	%	35,62	17-24	FAO
15	Amilopectina	%	64,46	76-83	FAO
16	<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	Ausencia	<10	FAO
17	Levaduras y mohos	UFC/g	Ausencia	1000 -5000	FAO
18	Coliformes Totales	UFC/g	Ausencia	200000-300000	FAO

Se realizó la caracterización físico – química y microbiológica del almidón en base a la norma técnica INEN 1456 (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012), determinando que los valores de sensibilidad presenta un color azul profundo, la solubilidad presentan opalescencia, el pH es de 5,21; 0,12% de ceniza; 35,62 % de amilosa y 77 °C su temperatura de gelatinización, valores que de acuerdo a la FAO se encuentran dentro de los valores de referencia, siendo aptos, tanto para el consumo humano como para aplicaciones industriales y sobre todo para la elaboración del plástico biodegradable.

En lo relacionado a la producción de bioplásticos se obtuvo en promedio 0,2 mm (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2010) de espesor con una coloración ligeramente café y transparente, que de acuerdo a Bekedam indica que el color se debe a la presencia

de carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos que durante el proceso de extracción intervienen las reacciones de Maillard, que se dan entre aminoácidos, proteínas y azúcares reductores, originando mezclas de color, mismas que toman el nombre de melanoidinas responsables del oscurecimiento de las películas de plástico (Bekedam, 2006).

Tabla 2

Propiedades Físico – Químicas del bioplástico

No.	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)	SOLUBILIDAD (%)	PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA (g/h*m*MPa)	BIODEGRADABILIDAD (%)		
					AGUA	COMPOSTAJE	AMBIENTE
1	TP1	12,09	9,62	3,84E-08	23,35	15,01	29,78
2	TP2	15,39	13,26	6,29E-08	35,52	9,59	30,86
3	TP3	13,35	14,27	3,35E-08	47,68	4,39	35,27
4	TP4	20,27	13,65	5,54E-08	11,95	11,72	37,46

El análisis de humedad realizado a las láminas de plástico biodegradable obtenidas cumplen con lo indicado por Escobar en su estudio que es de 19,3% (Escobar, 2009), a excepción del tratamiento 4 que está por encima de este valor, esto puede ser, por la mayor cantidad de glicerina utilizada en este tratamiento, presentando fragilidad y aumentando de esta manera el crecimiento de microorganismos

De acuerdo a García en su investigación “Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (*Musa Paradisiaca L*) por extrusión y su caracterización parcial” presenta la solubilidad en el rango de 18 al 50% (García, 2008), en comparación con los valores obtenidos en este trabajo que son iguales y menores al 20,27 %, mismos que son óptimos para usar como envolturas de frutos y hortalizas de acuerdo a lo descrito por Trujillo en el que indica que los bioplásticos que presentan insolubilidad al agua son usados como envolturas de frutos y hortalizas ya que el valor óptimo es 20,54% (Trujillo, 2014).

En cuanto a la permeabilidad de vapor de agua presente en los bioplásticos obtenidos, han sido expuestas 6 horas presentan valores bajos, en comparación con otros estudios que presenta valores de (1,3145 a 2,6327 g/ h*m*MPa) expuestas a 24 horas (Verdejo & Moliner, 2015).

Según la norma INEN 2643 (Especificación para Plásticos Compostables) indica que las láminas de plástico tiene que degradarse durante el compostaje sometido a 12 días (Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012), debido a la diversidad de microorganismos presentes en el suelo de prueba, mismo que puede ser aerobio (con oxígeno) o anaerobio (sin oxígeno), además se debe mencionar que el polímero sometido

a esta prueba pierde más peso en el medio aerobio, cumpliendo de esta manera los tratamientos, en especial el tratamiento 4 con el 15,01 % de degradación en 15 días, esto se debe a la presencia de microorganismos y los factores ambientales.

Tabla 3

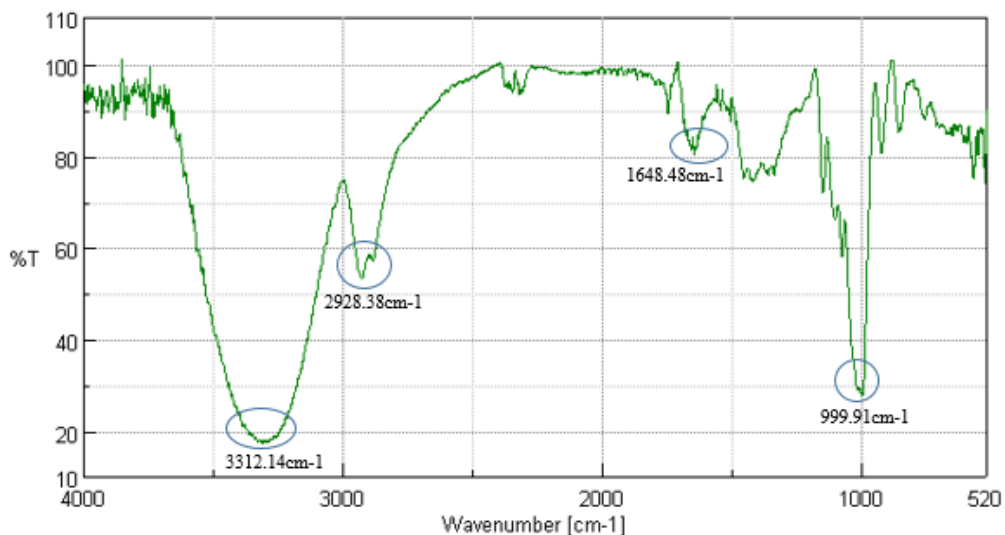
Propiedades mecánicas del bioplástico

No.	TRATAMIENTO	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ELONGACIÓN (%)
1	TP1	8,87	2,77	29,19
2	TP2	7,7	2,41	21,78
3	TP3	20,43	6,38	45,69
4	TP4	10,37	3,24	32,28

De acuerdo a los resultados obtenidos en las propiedades mecánicas de los 4 tratamientos se evidencia que el 4 tiene mayor elongación con el 45,69 %, valor que de acuerdo a Aila en su estudio “*Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles*”, el rango establecido va del 25 al 61% (Aila, 2013), se encuentran dentro de los límites de referencia ya que presentan un buen alargamiento las láminas de bioplástico obtenidas a partir del almidón de plátano, siendo aptos para el uso como envolturas de alimentos.

Figura 1

Espectroscopía IR del bioplástico de plátano rojo



El análisis de espectroscopia IR de las láminas de plástico biodegradable de plátano malayo, determinan la presencia de grupos OH ubicados en el pico más grande que se ubica en el rango de 3290 a 3350 cm^{-1} , hidrocarburos con hibridación sp^2 que va de 2800 a 3000 cm^{-1} , grupos alquenos en el rango de frecuencia 1620 a 1680 cm^{-1} y finalmente entre los más representativos de 990 a 1200 cm^{-1} se estima la presencia de grupos alcanos, aminas y éteres, compuestos que se encuentran presentes en la estructura de los plásticos.

Conclusiones

- Se elaboró láminas de plástico biodegradable a partir del almidón extraído de la pulpa de plátano rojo (*Musa Acuminata*).
- La extracción de almidón de la pulpa de plátano rojo (*Musa Acuminata*) se realizó variando la velocidad (alta y baja) y el tiempo de trituración (alto y bajo), teniendo como resultados un rendimiento del 10,28 % de las macromoléculas de almidón.
- Los resultados obtenidos en la caracterización del almidón se encuentran dentro de los rangos establecidos en las diferentes normas usadas para la producción de este polímero.
- El análisis de la caracterización físico – química y mecánica del bioplástico demuestran que los valores obtenidos cumplen con el estándar para plásticos biodegradables, además de tener un 15,01 % de biodegradación en 15 días acorde a lo establecido en la norma INEN 2643.

Referencias Bibliográficas

- Aila Suárez, S. (2013). *Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861713004979>
- Aristizábal, J. & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>
- Bekedam, E. (2006). *High molecular weight melanoidins from coffee brew*, <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf0615449>
- Bossis, G. (2015). Functionalized microfibers for field-responsive materials and biological applications. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 1-9.
- Brito Moína, H. (2000). *Texto Básico de Operaciones Unitarias I. Xerox*.
- Brito Moína, H. (2001). *Texto Básico de Operaciones Unitarias II. Xerox*.

- Brito Moína, H. (2015). Residuos sólidos generados en el Centro Comercial la Condamine y su disposición final.
- Brito Moína, H. (2019). *Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (Tropaelum tuberosum)*. <http://revistas.epoch.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>
- Brito Moína, H. (2021). *Identificación de las variables de proceso óptimas para la producción del almidón de papa china (Colocasia esculenta)*. Dominio de las Ciencias.
- Chuiza Rojas, M. & Brito Moína, H. (2020). *Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza*. Dominio de las Ciencias.
- Escobar, D. (2009). *Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteína de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador*. https://www.researchgate.net/publication/277739102_Peliculas_biodegradables_y_comestibles_desarrolladas_en_base_a_aislado_de_proteinas_de_suero_lacteo_estudio_de_dos_metodos_de_elaboracion_y_del_uso_de_sorbato_de_potasio_como_conservador
- García Tejada, Y. (2008). *Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (Musa paradisiaca L) por extrusión y su caracterización parcial*. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/3565>
- Mazzeo, M. (2008). *Obtención de almidón a partir de residuos pos cosecha del plátano Dominic Hartón (Musa AAB Simmonds)*. vector.ucaldas.edu.com
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN 1456], (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana. Almidón soluble (para iodometría). Métodos de ensayo*: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN 2542], (2010). *Norma Técnica Ecuatoriana*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización [INEN 2643], (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana. Especificación para plásticos compostables*: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>
- Palomeque Jaramillo, D. (2015). *Análisis de la Variación de las Exportaciones de Banano de Ecuador hacia os Principales Socios Comerciales durante el período 2008-2013*. http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5236/1/11616_esp.pdf

Trujillo Rivera, C. (2014). *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos.*

Verdejo, A., & Moliner, E. (2015). *Universidad de la Rioja. Bioplásticos: oportunidades y retos para mejorar la sostenibilidad de los productos:*
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5306392>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Indexaciones

