

DOI: 10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.546-555

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/938>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 23 Química

PAGINAS: 546-555







Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas

Compostable and biodegradable behavior of bioplastics produced with agricultural waste

Comportamento compostável e biodegradável dos bioplásticos produzidos a partir de resíduos agrícolas

Liliana Alexandra Cortez Suarez¹; Daniel Joel Petroche Torres²; Walter Eddy Camba Ramirez³; Walter Enrique Mariscal Santi⁴

RECIBIDO: 20/06/2022 **ACEPTADO:** 10/07/2022 **PUBLICADO:** 26/08/2022

1. Magister en Salud Pública; Diploma Superior en Docencia Universitaria; Doctora en Educación; Bioquímico Farmacéutico; Doctor en Bioquímica y Farmacia; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; liliana.cortezs@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-4030-7184>
2. Magister en Gerencia Hospitalaria; Químico y Farmacéutico; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; danielpetrochet@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-3038-0617>
3. Master Universitario en Ingeniería Matemática y Computación; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; walter.cambar@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-7788-265X>
4. Diplomado en Docencia Superior; Magister en Diseño Curricular; Abogado de los Tribunales y Juzgados de la República del Ecuador; Licenciado en Ciencias Sociales y Políticas; Químico y Farmacéutico; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; walter.mariscals@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-4735-268X>

CORRESPONDENCIA

Liliana Alexandra Cortez Suarez

liliana.cortezs@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

La reducción y reutilización de los desperdicios alimenticios es capaz de generar productos con valor agregado, por ejemplo, la obtención de ácido poliláctico (PLA) a partir del almidón de maíz, yuca o caña de azúcar, el cual cuenta con propiedades similares a las del PET, las alternativas desarrolladas en la última década ubican al bioplástico como una vía óptima para el desarrollo de recursos renovables y el aprovechamiento de las mismas. El uso de recursos como los desechos agrícolas y su biodegradabilidad en diferentes entornos permiten que estos polímeros tengan una mejor aceptación que los plásticos convencionales. Los biopolímeros constituyen un sector de interés creciente en múltiples gremios industriales como el rubro alimentario, electrónico, medicina, textil, entre otros. La metodología utilizada para el presente trabajo de investigación, se enmarca dentro de una revisión bibliográfica de tipo documental, ya que nos vamos a ocupar de temas planteados a nivel teórico como es Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas. La técnica para la recolección de datos está constituida por materiales electrónicos, estos últimos como Google Académico, entre otros, apoyándose para ello en el uso de descriptores certificados y avalados por el tesoro de la UNESCO. La información aquí obtenida será revisada para su posterior análisis. Los productos bioplásticos generados de desechos agrícolas, tienen una gran importancia en el cuidado del medio ambiente, por su capacidad de auto eliminarse por llamarlo de alguna manera en el tiempo, algo que no sucede en los productos fabricados por la petroquímica, sin embargo, a pesar de que están probados su biodegradabilidad, todavía falta mucho para que universalmente sean utilizados.

Palabras clave: Agrícola, Desecho, Almidón, Biodegradable, Composta.

ABSTRACT

The reduction and reuse of food waste is capable of generating value-added products, for example, obtaining polylactic acid (PLA) from corn, cassava or sugar cane starch, which has properties similar to those of PET, the alternatives developed in the last decade place bioplastic as an optimal way for the development of renewable resources and their use. The use of resources such as agricultural waste and its biodegradability in different environments allow these polymers to have a better acceptance than conventional plastics. Biopolymers constitute a sector of growing interest in multiple industrial sectors such as food, electronics, medicine, textiles, among others. The methodology used for this research work is framed within a bibliographic review of documentary type, since we are going to deal with issues raised at a theoretical level such as compostable and biodegradable behavior of bioplastics produced with agricultural waste. The technique for data collection is made up of electronic materials, the latter such as Google Scholar, among others, relying for this on the use of certified descriptors endorsed by the UNESCO thesaurus. The information obtained here will be reviewed for further analysis. Bioplastic products generated from agricultural waste are of great importance in caring for the environment, due to their ability to self-eliminate, to call it in some way over time, something that does not happen in products manufactured by petrochemicals, however, Although their biodegradability has been proven, there is still a long way to go before they are universally used.

Keywords: Agricultural, Waste, Starch, Biodegradable, Compost.

RESUMO

A redução e reutilização dos resíduos alimentares é capaz de gerar produtos de valor acrescentado, por exemplo, a obtenção de ácido poliláctico (PLA) a partir do milho, mandioca ou amido de cana de açúcar, que tem propriedades semelhantes às do PET, as alternativas desenvolvidas na última década colocam o bioplástico como um meio ótimo para o desenvolvimento de recursos renováveis e a sua utilização. A utilização de recursos como os resíduos agrícolas e a sua biodegradabilidade em diferentes ambientes permitem uma melhor aceitação destes polímeros do que os plásticos convencionais. Os biopolímeros constituem um sector de crescente interesse em múltiplos sectores industriais como os alimentares, a electrónica, a medicina, os têxteis, entre outros. A metodologia utilizada para este trabalho de investigação está enquadrada numa revisão bibliográfica de tipo documental, uma vez que vamos tratar de questões levantadas a um nível teórico como o comportamento compostável e biodegradável dos bioplásticos produzidos com resíduos agrícolas. A técnica de recolha de dados é constituída por materiais electrónicos, este último como o Google Scholar, entre outros, contando para isso com a utilização de descritores certificados endossados pelo thesaurus da UNESCO. A informação aqui obtida será revista para uma análise mais aprofundada. Os produtos bioplásticos gerados a partir de resíduos agrícolas são de grande importância no cuidado do ambiente, devido à sua capacidade de auto-eliminar, de lhe chamar de alguma forma ao longo do tempo, algo que não acontece em produtos fabricados por petroquímicos, no entanto, embora a sua biodegradabilidade tenha sido comprovada, ainda há um longo caminho a percorrer antes de serem universalmente utilizados.

Palavras-chave: Agrícola, Resíduos, Amido, Biodegradável, Composto.

Introducción

El incremento desmesurado de desechos por comida es uno de los temas más importantes que la agroindustria trata de contrarrestar. A este factor se le debe sumar el incremento en la población, lo cual está principalmente relacionado con el aumento en los desechos producidos por comida. El desecho es generado a lo largo de la cadena productiva, en términos generales, la pérdida de alimentos se debe al efecto de las elecciones tomadas en los sistemas de producción, procesamiento de alimentos, cadenas comerciales y canales de distribución, así como por las compras de los consumidores y el destino que tendrá el alimento. El desperdicio de alimentos debería ser de impacto mínimo en todos los países, independientemente de su nivel de desarrollo social y económico, lo que influirá en una disminución en el desperdicio de otros recursos utilizados en la producción de alimentos. La reducción y reutilización de los desperdicios alimenticios es capaz de generar productos con valor agregado, por ejemplo, la obtención de ácido poliláctico (PLA) a partir del almidón de maíz, yuca o caña de azúcar, el cual cuenta con propiedades similares a las del PET. Fuentes de biopolímeros como son las fibras y carbohidratos, donde las fibras vegetales son más respetuosas, biodegradables y pesan menos (Tashiguano, 2020).

La transformación productiva en el marco de un modelo eco-eficiente con mayor valor económico, social y ambiental, pone como prioridades la conservación y uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ecológicamente limpias, la aplicación de la eficiencia energética y mayor participación de las energías renovables, así como la prevención, control y mitigación de la contaminación y producción, consumo y posconsumo sustentables (García Lóor & Sánchez Molina, 2021).

Las alternativas desarrolladas en la última década ubican al bioplástico como una vía óptima para el desarrollo de recursos renovables y el aprovechamiento de las mismas. El uso de recursos como los desechos agrícolas y su biodegradabilidad en diferentes entornos permiten que estos polímeros tengan una mejor aceptación que los plásticos convencionales. Los biopolímeros constituyen un sector de interés creciente en múltiples gremios industriales como el rubro alimentario, electrónico, medicina, textil, entre otros. Este interés está directamente relacionado con la tendencia global extendida de sustitución de los materiales procedentes de fuentes fósiles por otras fuentes renovables y sostenibles. En la industria alimentaria nacional el desecho vegetal en polvo es el residuo típico que genera esta actividad productiva después del procesamiento (Contreras Rauraico & Quispe Ccahuana, 2020).

Los materiales biodegradables desarrollan una descomposición aeróbica o anaeróbica por la acción de microorganismos (bacterias, hongos, algas). Son descompuestos por la acción enzimática de estos tipos de microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente. Estos plásticos son obtenidos usualmente por vía fermentativa y se los denomina biopolímeros. El más conocido es el PLA (ácido poliláctico), y está basado en el almidón obtenido del maíz o el trigo. El almidón es transformado mediante fermentación en ácido láctico que es un monómero básico, que mediante un proceso químico se polimeriza transformándolo en ácido poliláctico. Los biopolímeros se fabrican en pequeña escala y son bastante caros, no se usan masivamente y sus aplicaciones están limitadas a usos de muy alto valor como productos medicinales (suturas, material para taponajes quirúrgicos) y aplicaciones con un importante marketing ecológico (Oliva Civera, 2012).

El término biobasado se enfoca en las materias primas y se aplica a los polímeros derivados de fuentes renovables. Las materias

primas pueden ser renovables cuando se restablecen mediante procedimientos naturales a un ritmo comparable o más rápido que el consumo. Los materiales biobasados son materiales orgánicos donde el carbono proviene de un recurso renovable vía procesos biológicos. Un plástico compostable es un material que experimenta degradación por procesos biológicos y se transforma en dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una rapidez similar a otros materiales compostables conocidos, además, sin dejar residuos distinguibles o tóxicos. Por ello, un plástico compostable es biodegradable mientras que un plástico biodegradable no siempre es compostable. Así, la diferencia entre polímeros biodegradables y polímeros compostables está determinada por la tasa de biodegradación, desintegración y toxicidad (Ayala & Sanabria, 2018).

Metodología

La metodología utilizada para el presente trabajo de investigación, se enmarca dentro de una revisión bibliográfica de tipo documental, ya que nos vamos a ocupar de temas planteados a nivel teórico como es Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas. La técnica para la recolección de datos está constituida por materiales electrónicos, estos últimos como Google Académico, entre otros, apoyándose para ello en el uso de descriptores certificados y avalados por el tesoro de la UNESCO. La información aquí obtenida será revisada para su posterior análisis.

Resultados

Beneficios de los bioplásticos

- Disminuye la huella de carbono.
- Atribuye ahorro energético.
- No agotan recursos renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables.

- No se manejan con aditivos perjudiciales para la salud.
- No alteran el sabor y el aroma de los víveres adjuntos (Toala Loor & Sarmiento García, 2019).

Aplicaciones de los bioplásticos

Los plásticos biodegradables constituyen un medio oportuno para diversas aplicaciones ideales o de escasa subsistencia, a la fecha el almidón y el ácido poliláctico, son considerados las materias primas principales para la obtención y comercialización de bioplásticos para empaques y demás usos industriales como:

- Uso y manejo de residuos orgánicos.
- Parte agrícola y hortícola (como láminas para cobertores de suelo, o recipientes).
- Envasado de víveres.
- Bolsas (Toala Loor & Sarmiento García, 2019).

	Materia Prima Principal	Resina a sustituir	Bio-basado	Biodegradable	Descripción
Almidón	• Glucosa	• PE – PP	SI	SI	• Uno de los compuestos orgánicos más naturales.
Celulosa	• Glucosa	• N/A	SI	SI	• Similar al almidón, pero no digerible.
PLA	• Maíz, papa o almidón	• PET	SI	SI	• Polímero biodegradable transparente generado a partir del maíz (ácido láctico).
PHA/PHB	• Azúcar o lípidos	• PP	SI	SI	• Biodegradable y semicristalino producido por fermentación bacteriana de azúcar o lípidos.
PBT (Tomado de Bio BDO o petróleo)	• Azúcar	• N/A	SI/NO	SI	• Fuerte y cristalino, derivado de la polimerización de butanodiol y ácido tereftálico.
PBS (Tomado de ácido succínico o petróleo)	• Azúcar	• PET - PP	SI/NO	SI	• Plástico biodegradable con excelentes propiedades mecánicas, similar al PET.
PTT (Tomado de bio PDI)	• Jarabe de maíz (glicerol)	• PET	SI	NO	• Rígido, fuerte y resistente al calor producido por la fermentación aeróbica de glucosa del maíz.
	Materia Prima Principal	Resina a sustituir	Bio-basado	Biodegradable	Descripción
PCL	• Petroquímica	• N/A	NO	SI	• Frecuentemente se usa como aditivo para resinas, para mejorar sus características de procesamiento y sus propiedades de uso final (por ejemplo, resistencia al impacto).
PBAT	• Petroquímica	• PE	NO	SI	• Plástico sintético a base de aceite biodegradable, utilizado principalmente para envases desechables.
Bio PE	• Etanol	• PE	SI	NO	• Derivado de cultivos de remolacha azucarera o almidón como el maíz, el trigo y los granos.
Bio PET (Tomado de Bio BDO)	• Etanol	• PET	SI	NO	• Derivado de etileno de base biológica y ácido tereftálico petroquímico.
Bio PVC (Tomado de Bio PE)	• Etanol	• PVC	SI	NO	• Producido a partir de etanol y cloro.
Bio PA	• Aceite de Ricino (planta)	• PA	SI	NO	• Genéricamente conocido como nylon, una de sus formas (PB10) tiene un 60% de base biológica.
Bio PUR	• Aceite de soya	• PUR	SI	NO	• Se utiliza en una amplia gama de aplicaciones.

Imagen 1. Descripción y características de los principales bioplásticos.

Fuente: (Posada Barreto, 2022).

Mecanismos de biodegradabilidad del bioplástico

- Degradabilidad en intemperie: las muestras se deben pesar en una balanza analítica, posteriormente colocar las muestras en recipientes sin tapa, colocar los recipientes en un lugar que se encuentre al aire libre. Dejar ahí por 30 días y después pesar las muestras con una balanza analítica.
- Degradabilidad por agua: Las muestras se van a pesar en una balanza analítica, posteriormente colocar las muestras en recipientes apropiados, llenar los recipientes con agua hasta superar la superficie de las muestras. Tapar los recipientes y dejar en reposo absoluto (sin moverse) por 30 días, después de transcurrido este tiempo pesar las muestras con una balanza analítica y obtener el porcentaje de degradabilidad.
- Degradabilidad por compostaje: se aplicará el método de ensayo para determinar la biodegradabilidad total del material degradable, el grado de desintegración y la ecotoxicidad final. Se realiza bajo condiciones de simulación

de un proceso de compostaje aeróbico intensivo el cual se aplica de acuerdo a Normas internacionales europeas (García Lóor & Sánchez Molina, 2021).

Composteo

El composteo consiste en una descomposición microbiana cuyo producto es un humus comúnmente conocido como composta o compost. En general, las características químicas y físicas de la composta varían de acuerdo con el material utilizado para fabricarla, las condiciones de operación y el grado de descomposición obtenido. Algunas de las propiedades que distinguen a la composta de otros materiales orgánicos son: color que va del café medio al café muy oscuro, bajo contenido de C/N (relación carbono/nitrógeno), cambio continuo en sus propiedades físicas debido a la actividad microbiana y alta capacidad de absorción de agua. El composteo, bien sea de residuos agrícolas o de residuos urbanos es una práctica común y documentada (Ruiz et al., 2013).

Proceso de producción de un envase biodegradable a partir de residuos agroindustriales

Como consecuencia del aumento de la producción de alimentos, se origina un aumento del volumen de desechos y subproductos de origen agroalimentario. El sector agrícola es el principal productor de biomasa, y se espera que alcance 4 mil millones de toneladas para 2050. El interés actual radica en darle uso a la biomasa producida para aumentar el valor añadido de la producción agroalimentaria, y la industria alimentaria, que se encuentra entre las industrias de crecimiento más rápido, es el sector con mayor demanda de material de embalaje biodegradable. Los envases biodegradables elaborados a partir de desechos agroindustriales se pueden clasificar en dos grupos principales: desarrollado directamente a partir de desechos agroindustriales o biopolímeros extraídos de los polímeros de desechos agroindustriales (Laborda Blanc, 2022).

El material de envasado desarrollado directamente a partir de desechos agroindustriales mínimamente procesados, se compone de materiales 100 % naturales y biodegradables. Estos materiales de envasado biodegradables son compatibles con el método de producción del plástico existente, como el moldeo por inyección, la extrusión, la formación térmica, el prensado en caliente y la formación al vacío, sin necesidad de modificar el equipo de producción existente. Para aclarar el proceso de producción de estos envases, se plasma en la imagen 2 un ejemplo de modelo de producción de un envase biodegradable, formado a partir de almidón y celulosa procedente de desechos agrícolas (Laborda Blanc, 2022).

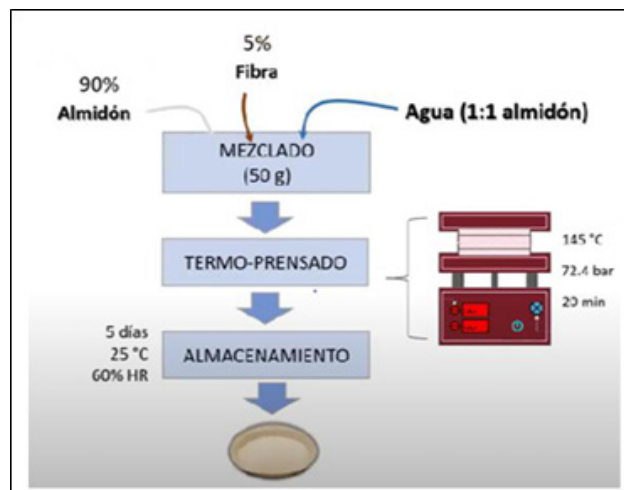


Imagen 2. Proceso de producción de un envase biodegradable a partir de residuos agroindustriales.

Fuente: (Laborda Blanc, 2022).

Ejemplos de bioplásticos producidos por desechos agrícolas

En su trabajo de investigación García Loor & Sánchez Molina (2021), presenta el uso de la cascara de banano para la elaboración de plástico biodegradable ESPAM MFL.

Cascara de banano: estos residuos son fuentes potenciales de celulosa y almidón que pueden convertirse en productos con valor agregado, siendo una alternativa el aprovechamiento de estos residuos es su utilización como materia prima para la producción de plástico biodegradable. La planta de banano es un recurso natural, que una vez que produce el racimo, la planta es cortada quedando como abono para la cosecha, al igual su cáscara que es considerada como desecho. El mal aprovechamiento de estos desechos agrícolas estimula contaminación de suelos, aguas subterráneas, proliferación de bacterias y enfermedades por su descomposición abierta sin ningún control.

El almidón es un glúcido (o hidrato de carbono) de reserva energética que se localiza presente en el citoplasma de las células vegetales, y que se puede encontrar en mayor cantidad en semillas, frutos y en explícitos

órganos de reserva como los tubérculos. El almidón es el medio por el cual las plantas logran almacenar moléculas de glucosa desde, cuando sus células las necesita para alcanzar energía, solo tiene que liberarlas de la cadena. El polímero de almidón es un material termoplástico que se obtiene procesando almidón natural por métodos químicos, térmicos o mecánicos. Debido al costo relativamente bajo, son atractivos como sustitutos de los plásticos basados en la petroquímica.

Métodos de obtención del bioplástico

Se indican que para obtener material bioplástico con una duración aproximada de 30 días la mezcla de cáscara de banano, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$, HCl, y glicerol debe ser llevada a $103\text{ }^\circ\text{C}$ por 30 minutos. En otro ensayo realizado por Rosales (2016) citado por García Loor & Sánchez Molina (2021), para obtener bioplástico, se coloca en un vaso de precipitados 10g de almidón de malanga y se agrega 100 ml de agua destilada, se mezcla bien, posteriormente se agregan 10ml de glicerina y 15 ml de ácido acético 0,1M. Se mantiene la mezcla aproximadamente 10 minutos en el calentador, en hervor, agitando continuamente, hasta que la mezcla quede viscosa. Si la viscosidad se torna demasiado alta, adicionar de 2 a 8 ml de NaOH 0,1M, para disminuir la viscosidad. Verter la mezcla en una bandeja; este biopolímero se deja secar en la estufa a 40°C durante dos horas o hasta que alcance una humedad del 10-25% (págs. 15-17).

Elaboración del bioplástico

Se emplearon 280 g de cáscara de banano, los cuales se depositaron y mezclaron en un vaso precipitado de 1000 ml con 800 ml de agua destilada y 8,4 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ durante media hora en ebullición, con la finalidad de evitar el pardeamiento enzimático y que el plástico resultante dure aproximadamente 30 días. Posteriormente se retiraron las cáscaras y se secaron con gasas por 30 minutos para luego hacer una pasta en una licuadora. De esta pasta acuosa se

tomaron 300 ml y se mezclaron con 36 ml de HCl 0,1 M, 24 ml de glicerol y 36 ml de NaOH 0,1 M. Una vez mezclados todos los ingredientes se depositaron en un molde de acero inoxidable de 2,8 l de capacidad y se introdujo al horno a $103\text{ }^\circ\text{C}$ por 30 minutos, obteniéndose exitosamente el bioplástico; una vez obtenida la lámina se procedió a la elaboración de un prototipo de bolsas, de la siguiente manera:

- Se procedió al corte de la lámina en seis partes de $225\text{cm}^2(15 \times 15)$ cm.
- Se elaboró una pasta de goma a base de almidón de yuca y agua.
- Posteriormente se efectuó la unión del borde inferior y los bordes laterales para darle forma a la bolsa (García Loor & Sánchez Molina, 2021).

Determinar el tiempo de biodegradabilidad del material plástico biodegradable

Para la determinación de los tiempos de biodegradabilidad, se utilizaron las siguientes formulas:

- Degradabilidad en intemperie:

$$\% \text{ degradabilidad} = \frac{\text{peso final de la lámina}}{\text{peso inicial de la lámina}} \times 100$$

$$100 - \frac{pf}{pi} \times 100$$

Imagen 3. Fórmula para determinar degradabilidad por intemperie.

Fuente: (García Loor & Sánchez Molina, 2021).

El resultado de degradabilidad por intemperie fue de 100%.

- Degradabilidad por agua:

$$100 - \frac{pf}{pi} \times 100$$

Imagen 4. Fórmula para determinar degradabilidad por agua.

Fuente: (García Loor & Sánchez Molina, 2021).

El resultado de degradabilidad por agua fue de 100%.

- Degradabilidad por compostaje:

$$D\% = \frac{m_i - m_r}{m_i} \times 100$$

Donde:
 m_i = peso inicial
 m_r = peso seco final

Imagen 5. Fórmula para determinar degradabilidad por compostaje.

Fuente: (García Loor & Sánchez Molina, 2021).

El resultado de degradabilidad por compostaje fue de 100%.

Ejemplo de fabricación de bolsas biodegradables

Toala Loor & Sarmiento García (2019), en su trabajo de investigación aprovecharon los residuos de café (*coffea arabica*) y maíz (*zea mays*) para la elaboración de bolsas biodegradables, ESPAM MFL.

Café

La composición bioquímica del café (*Coffea arabica*) abarca una menor cantidad de ácidos grasos libres que el café Robusta y en los granos acumulados existen más ácidos grasos libres que en los granos frescos. El almidón es importante como constituyente de los alimentos en los que está presente, ya que es considerado como el principal polisacárido de almacenamiento

en cereales, leguminosas, semillas, tubérculos y frutos verdes. Se halla organizado en entidades pequeñas llamadas gránulos, los gránulos de almidón son extraídos para posteriormente ser manipulados en diversas industrias, incluyendo la alimentaria.

Maíz

La composición química de este producto difiere principalmente del grano de maíz. El pericarpio está representado por un elevado contenido de fibra cruda, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemi-celulosa 67%, celulosa 23%, y lignina 0,1%. Por consiguiente, el endospermo posee alto contenido de almidón con un 87%, proteínas alrededor del 8% y finalmente tiene un valor reducido de grasas crudas. el maíz es uno de los almidones más importante en el sector industrial ya que es muy nutritivo, y especialmente rico en fibra, vitaminas y minerales como el ácido fólico, el fósforo y el potasio El almidón de maíz se emplea principalmente como agente estabilizante, espesante, aglutinante y gelificante, en confitería se utiliza como formador de gel y para recubrimientos, la industria cervecera la maneja como fuente de carbono para procesos de fermentación por su elevado extracto fermentable.

Elementos empleados en la manufactura de láminas biodegradables.

- Glicerol
- Ácido acético
- Agua destilada

Obtención de materiales y almidón

Se procedió a adquirir los materiales necesarios para la elaboración de bolsas biodegradables, tomando en cuenta las cantidades mencionadas en los tratamientos. Se elaboró almidón con los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*), se utilizaron diferentes materiales, los cuales se detallan en la imagen 6.

MATERIAL	CANTIDAD
Cáscaras de café y maíz	15 Kg
Jugo de Naranja Agria	2 L
Horno o estufa	1
Unidad manual de molienda	1
Parrilla	1
Herramienta de corte	1
Termómetro	1
Tamiz	1

Imagen 6. Materiales y cantidades utilizados en la obtención de almidón.

Fuente: (Toala Loor & Sarmiento García, 2019).

Se utilizaron 15 kg de residuos de café (grano, cáscara, mucílago y pergamino) y maíz (hojas, semillas y mazorcas), para la extracción de almidón, de las cuales se obtuvieron 11 kg de este componente, en un estudio realizado por Palacio y Mendoza (2012) por cada 100 kg de residuo se obtuvieron 60 kg de almidón. La molienda resultante de residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) no fue suficiente para obtener almidón, por consiguiente, fueron tamizadas las partículas pasando por una malla (tamiz) de 120 μm .

Elaboración de las láminas

Para la elaboración de láminas biodegradables se depositaron los residuos de almidón de maíz y café en un vaso de precipitación junto con el ácido acético, con la glicerina y el agua destilada, los cuales añaden propiedades importantes a las láminas como resistencia, flexibilidad e impermeabilidad, y se agitó hasta obtener una mezcla homogénea.

Elaboración de bolsas

Para elaborar las bolsas se realizaron láminas con dimensiones de 22 x 15 cm (funda de tamaño promedio), las cuales debieron someterse a un proceso de calor para fijarse en una máquina selladora, mediante la técnica de pulso (154°C durante 1,84 segundos), considerablemente manejada en el cierre de películas sintéticas flexibles. Una vez realizado este proceso se obtuvieron las bolsas.

Biodegradación

El seguimiento fotográfico se lo realizó semanalmente y tuvo una duración de 6 semanas, en este se logra observar la transformación del aspecto de las láminas, así mismo como van reduciendo las medidas de dichas láminas, como resultado de la exposición de estas en el suelo, a temperaturas un poco variantes y con acción de varios microorganismos existentes en el ambiente, donde se tomó en cuenta la dimensión inicial y final de la película, luego de 6 semanas expuestas.

- Control de temperatura: No se registraron cambios de temperatura bruscos, solo variaciones leves, las cuales ayudaron en el proceso natural realizado por los organismos del suelo como bacterias mesófilas que actúan de 15 a 40 °C en el suelo, ayudando a degradar las láminas.
- Solubilidad de láminas: se identificaron 4 grupos homogéneos según la alineación, T1 pertenece a la primera alineación, T2 a la segunda alineación, T3 a la tercera alineación y T4 a la última alineación; por lo tanto, el 1 (grupo A), es el que obtuvo mejor resultado dado a que obtuvo menor porcentaje de solubilidad. El T1 obtuvo menor porcentaje de solubilidad con 16%, seguido de T2 con 23%, T3 y T4 sobrepasan el 30% de solubilidad. Moreno (2015) establece que no se necesita que las láminas no absorban demasiada agua, lo que podría modificar notablemente su permeabilidad, ya que una de las propiedades que se le atribuyen tradicionalmente al plástico es de "rechazar"

el agua, es decir, la de ser impermeables e insolubles.

- Resistencia al agua (filtración): El T1 fue considerado el más resistente, sus muestras demostraron menor solubilidad y filtración de agua, T2 le sigue con filtración de 0,5 en 2 horas, T3 tuvo una filtración de 1,5 ml en 2 horas y el tratamiento más débil a la resistencia de agua fue el T4 ya que sus réplicas T4R1 y la T4R3 se quebrantaron antes del ensayo. En el trabajo realizado se busca una menor solubilidad y filtración de agua, ya que esta medida es significativa en la elaboración de una bolsa.

Conclusión

Aunque el trabajo de Toala Loor & Sarmiento García (2019), no hace las pruebas de degradabilidad para el café y el maíz, que si realizan García Loor & Sánchez Molina (2021) a las cascaras de banano, pudiéramos asumir que por ser bioplásticos desarrollados de productos agrícolas, van a tener altos grados de degradabilidad, tanto en el agua, temperatura y compostaje, similares a los del banano. Los productos bioplásticos generados de desechos agrícolas, tienen una gran importancia en el cuidado del medio ambiente, por su capacidad de auto eliminarse por llamarlo de alguna manera en el tiempo, algo que no sucede en los productos fabricados por la petroquímica, sin embargo, a pesar de que están probados su biodegradabilidad, todavía falta mucho para que universalmente sean utilizados.

Bibliografía

- Ayala, S. L. G., & Sanabria, F. L. Y. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 69–74.
- Contreras Rauraco, A. G., & Quispe Ccahuana, D. J. (2020). Revisión sistemática y meta-análisis sobre la calidad de bioplásticos obtenidos a partir de residuos agrícolas. *Universidad César Vallejo*.
- García Loor, C. V., & Sánchez Molina, F. D. (2021). Uso de los residuos de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*), para la elaboración de material plástico biodegradable, ESPAM MFL [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1429>
- Laborda Blanc, M. Á. (2022). Uso de envases biodegradables en la industria alimentaria [Universidad Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/111720/files/TAZ-TFG-2022-396.pdf>
- Oliva Civera, G. (2012). Plásticos biodegradables [Universidad de Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/6983>
- Posada Barreto, E. (2022). Los bioplásticos como sustitutos de los plásticos de un solo uso en Colombia [Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/14664>
- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013). Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *Información Tecnológica*, 24(2), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>
- Tashiguano, V. M. (2020). Revisión de literatura y propuesta de un laboratorio de innovación y desarrollo de materiales biodegradables en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6936>
- Toala Loor, M. F., & Sarmiento García, V. V. (2019). Aprovechamiento de los residuos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays*) para la elaboración de bolsas biodegradables, ESPAM MFL [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ]. <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1194>

CITAR ESTE ARTICULO:

Cortez Suarez, L. A., Petroche Torres, D. J., Camba Ramirez, W. E., & Mariscal Santi, W. E. (2022). Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas. *RECIAMUC*, 6(3), 546-555. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.546-555](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.546-555)

