

Resumen

La creciente preocupación por la contaminación ambiental originada por los plásticos convencionales impulsa la búsqueda de soluciones sostenibles. Este estudio analizó la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales, subrayando su potencial como recursos renovables y biodegradables. Para llevar a cabo la búsqueda de información, se realizó una revisión bibliográfica utilizando libros, revistas, artículos científicos, de las bases de datos conocidas, se seleccionó y se excluyó la información acorde a los objetivos los cuales son identificar, fuentes de residuos vegetales más prometedoras, los métodos para obtención del bioplásticos, sus propiedades y sus aplicaciones. Se identificaron fuentes prometedoras como maíz, semillas de aguacate, café, cacao, arroz, papa, plátano, yuca, caña de azúcar, naranja entre otros. Se han determinado métodos variables para la obtención de bioplásticos a partir de estos residuos, que parten de procesos de extracción de almidón y diversas formulaciones para la elaboración. Se destacan los bioplásticos derivados de bagazo de caña con adición de almidón de plátano por su alta degradación del 70,73 %, los bioplásticos de residuo de castaña amazónica una degradación del 66,67 %, en cuanto al bioplástico de yuca con un 54,50 % de degradación, sin embargo, los bioplásticos de otros residuos empleados actualmente presentan porcentajes de biodegradabilidad poco significativos. La mejora constante en la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales, evidenciada en investigaciones refleja un compromiso con la optimización de procesos, exploración de variantes en materias primas y condiciones de procesos, evaluando propiedades para ajustar y lograr bioplásticos de mejores características.

Palabras clave

biopolímeros; almidón; renovable; alternativa sostenible.

Abstract

The growing concern about environmental pollution caused by conventional plastics drives the search for sustainable solutions. This study analyzed the production of bioplastics from plant waste, emphasizing their potential as renewable and biodegradable resources. To conduct the information search, a literature review was carried out using books, journals, scientific articles from well-known databases. Information was selected and excluded according to the objectives, which are to identify the most promising sources of plant waste, methods for obtaining bioplastics, their properties, and their applications. Promising sources such as corn, avocado seeds, coffee, cocoa, rice, potato, banana, cassava, sugarcane, orange, among others, were identified. Various methods have been determined for obtaining bioplastics from these wastes, starting from starch extraction processes and various formulations for processing. Bioplastics derived from sugarcane bagasse with the addition of banana starch stand out for their high degradation of 70.73 %, bioplastics from Amazonian chestnut residue show a degradation of 66.67 %, while yucca bioplastics show a degradation of 54.50 %. However, bioplastics from other currently used wastes present little significant biodegradability percentages. The constant improvement in the production of bioplastics from plant waste, evidenced in research, reflects a commitment to optimizing processes, exploring variations in raw materials and process conditions, evaluating properties to adjust and achieve bioplastics with better characteristics.

Keywords

biopolymers; starch; renewable; sustainable alternative

Direcciones ¹Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: cs.vasconezr@uea.edu.ec; gr.roserof@uea.edu.ec; atasambay@uea.edu.ec

Autor para la correspondencia Christian Stalin Vasconez Rivera. Universidad Estatal Amazónica. Pastaza, Ecuador. email: cs.vasconezr@uea.edu.ec

Como citar VASCONEZ RIVERA, C. S., G. A. ROSERO FUENTES AND A. M. TASAMBAY SALAZAR. Estudio de la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales: Una revisión bibliográfica. PrePrint UEA, 2024, AMB2324, ep04-37. <https://doi.org/10.59410/PREPRINT-UEA-vAMB2324ep04-37>

Editores Académicos Mario Javier Barrera Castro

Editorial Editorial de la Universidad Estatal Amazónica
2025

Copyright: Derechos de autor 2023-2025 UEA | PrePrint UEA

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0. 
Los autores del artículo autorizan a PrePrint UEA, a que este artículo se distribuya y sea compartido bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

1. Introducción

La problemática de la contaminación ambiental debido al uso excesivo, manejo inapropiado y disposición final negligente de plásticos está atrayendo la atención

mundial en la actualidad. La modernización y necesidad de productos, desde sus comienzos, ha buscado satisfacer las necesidades humanas, centrando su atención en la fabricación de artículos con vida útil breve, sin tener en cuenta el impacto

ambiental asociado. Un ejemplo de ello es la creciente producción de plásticos a lo largo de los años y su mala gestión la cual se caracteriza por: el uso excesivo de plásticos desechables, la escasa reutilización y la baja tasa de reciclaje, que conlleva a un aumento significativo en la generación de residuos, causando impacto negativo en entornos sociales y el deterioro ambiental, afectando elementos como agua, suelo y ecosistemas (Riera et al. 2018).

Los plásticos son una fuente significativa de contaminación ambiental debido a su persistencia en el medio ambiente cuya degradación biológica lleva 500 o más años, una vez que han cumplido con su vida útil. Los plásticos en el transcurso del tiempo tienen múltiples aplicaciones en productos de consumo como son los juguetes, envases de productos de limpieza, utensilios de cocina, empaques para alimentos (fundas, botellas) y artículos de embalaje, los cuales generan una cantidad significativa de residuos (Leal Filho et al. 2019).

En 2017, la producción mundial de plástico se aproximó a los 350 millones de toneladas, los porcentajes se distribuyeron de la siguiente manera: Asia 50.1%, Europa 18.5%, América del Norte 17.7%, África 7.1%, América del Sur 4%, y la Comunidad de Estados Independientes, compuesta por exrepúblicas soviéticas, con un 2.6% (Arotoma Chujutalli et al. 2020).

En los países más poblados de la región de América Del Sur, el consumo anual de plásticos por habitante supera los 30 kg, alcanzando niveles notables en México y Chile, que superan los 50 kg por habitante al año. Argentina y Brasil siguen con valores similares a los 40 kg por habitante al año (Bianco et al. 2021).

En Ecuador se genera anualmente 117.000 toneladas de plástico, equivalente a 7.300 camiones repletos de botellas de este material, (López Aguirre et al. 2020). En la actualidad, enfrentamos niveles significativos de contaminación a nivel del territorio de Ecuador, lo que ha conllevado a la implementación de medidas gubernamentales para la protección del medio ambiente. Como respuesta, se están explorando alternativas de sustitución al uso de productos derivados del petróleo mediante el uso de plásticos biodegradables provenientes de residuos vegetales (Pizá Hamlet et al. 2018).

Entre los años 2018 y 2021, Ecuador importó un total de 47,596 toneladas de residuos plásticos, generando así dos problemáticas significativas para el país. En primer lugar, estos desechos importados se utilizan en la fabricación de envases, embalajes, bolsas y otros productos de un solo uso, que ya no están alineados con las tendencias actuales, incrementando aún más los problemas ambientales, agregado a esto, entre el 30%

y el 50% de esos desechos llega mezclados con otros materiales, lo que hace que su reciclaje sea prácticamente imposible. En consecuencia, estos residuos se depositan directamente en vertederos y rellenos sanitarios nacionales, ocasionando daños ambientales (Machado. 2022).

La problemática ambiental actual de los plásticos se debe a que no experimenta una descomposición completa; más bien, se desintegran en fragmentos más pequeños, representando una amenaza para los ecosistemas marinos, por ejemplo, diversos tipos de fauna marina ingieren estos fragmentos plásticos, los cuales se acumulan en sus sistemas digestivos, ocasionando pérdida de apetito, disfunciones digestivas y en última instancia, conduciendo a la muerte o contaminando la cadena alimentaria (López Aguirre et al. 2020).

Considerando esta problemática, surge la innovadora idea de producir bioplásticos a partir de fuentes vegetales, promoviendo alternativas de solución. Los bioplásticos provenientes de residuos vegetales exhiben diversas propiedades fisicoquímicas particulares que en la actualidad

están siendo aprovechadas por distintos sectores, ya que tienen la capacidad de descomponerse después de su uso generando CO₂, H₂O, CH₄, compuestos orgánicos y biomasa (Borrowman, 2020). En el ámbito de la comercialización de productos bioplásticos y biodegradables, América Latina ha demostrado estar a la par. Países como Colombia, México, Chile, Argentina y Brasil se destacan como las regiones líderes en la incorporación de estos productos en sus mercados. Esta tendencia se atribuye al hecho de que esta parte del mundo contribuye con un 4% de la producción global de plásticos de un solo uso, cuyo manejo inadecuado genera serios problemas ambientales en sus ecosistemas. Ante esta situación, se han explorado alternativas que aseguren un desarrollo sostenible en la industria plástica, optando por materias primas renovables y no perjudiciales para el entorno (Perez Perez. 2022).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la recopilación de información sobre la producción de bioplásticos a partir de la utilización de residuos vegetales, como una alternativa ambiental sostenible. Se planteó búsqueda de información sobre el tipo de residuos de origen vegetal en países que pueden ser transformados en materia prima para la obtención de bioplásticos en Ecuador, Salvador, Perú, Colombia y México, el análisis de los métodos para la obtención de biopolímeros de origen vegetal se destaca en el método de extracción y acetilación de almidón, incorporación de glicerol como plastificante, método seco y húmedo. Por último, se expone la determinación

de las propiedades que las caracteriza y visualizar sus principales aplicaciones.

2. Metodología

2.1. Tipo de investigación

El enfoque de investigación adoptado para este trabajo fue una revisión bibliográfica, que se llevó a cabo siguiendo las siguientes etapas:

Etapas 1. Recopilación de la información sobre “obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales” la cual comprendió buscar en libros, revistas, artículos científicos, mediante el uso de buscadores o base de datos como Redalyc, Latindex, Repositorios, Dialnet, *ScienceDirect*, *Google Académico*, utilizando palabras clave como bioplásticos, residuos vegetales para producir bioplásticos y biopolímero de almidón. El número de documentos encontrados en la base de datos se reporta en la **Tabla 1**. (Ramos et al. 2022).

Tabla 1 | Base de datos de los artículos científicos seleccionados.

| Base datos | Ubicación |
|------------------|-----------|
| Redalyc | 3 |
| Latindex | 3 |
| Dialnet | 5 |
| ScienceDirect | 6 |
| Repositorios | 17 |
| Google Académico | 9 |
| Total | 43 |

Etapas 2: Selección de documentos, priorizando los artículos científicos que aborden el tema y objetivos del estudio, excluyendo artículos científicos por contenido no relevante, por duplicidad de documentos, por periodo de tiempo con más de ocho años de antigüedad y aquellos que no cumplen con los objetivos planteados en la investigación (Con Ramos et al. 2022).

La selección de documentos determinó un total de 38 estudios o investigaciones enmarcados al tema de bioplásticos provenientes de residuos vegetales.

Etapas 3: Análisis de los documentos seleccionados, se extrajo la información acerca de las fuentes de residuos vegetales utilizadas, los métodos para obtención del bioplásticos, las propiedades de los bioplásticos obtenidos, y las aplicaciones específicas de cada tipo de bioplástico (Con Ramos et al. 2022).

Etapas 4: Organización de la información: La información analizada se organizó de manera estructurada y sistemática acorde a los objetivos, que incluye: fuentes de residuos vegetales promotoras, los métodos para obtención del bioplásticos, las propiedades de los bioplásticos obtenidos y las aplicaciones específicas de cada tipo de bioplástico. De tal manera que se visualice el uso de los tipos de

residuos en diferentes países acorde a su realidad (Con Ramos et al. 2022).

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados

El análisis de la información permitió definir los siguientes resultados que hacen referencia a los objetivos planteados en la investigación.

Residuo de maíz: Un estudio en Ecuador revela la utilización de la tusa de maíz como fuente principal de materia prima para la extracción de almidón, esta elección se basó en la abundancia y disponibilidad del maíz, especialmente por los grandes volúmenes de residuos tras su cosecha, en términos generales, solo la mitad de la planta está compuesta por el grano, mientras que el resto se distribuye entre hojas, caña, y de manera destacada la tusa, cual tiene un valor comercial limitado y escasa aplicación. Bajo este contexto surge el objetivo de evaluar la tusa como materia prima viable para la producción de bioplástico (Solórzano Vélez et al. 2023).

En El Salvador es importante destacar que cada día, la población produce alrededor de 3,430 toneladas de residuos plásticos, de los cuales se logra recuperar del 1% al 2%, razón por la cual se crea la necesidad de encontrar alternativas a los plásticos convencionales derivados del petróleo, en este caso la obtención de bioplásticos a partir residuos vegetales, almidón de maíz, representa una alternativa amigable con el ambiente, ya que proviene de fuentes renovables y es biodegradable (García Quiñonez. 2015).

Residuo de aguacate: En Ecuador los residuos de semillas de aguacate de la variedad Hass, generados en un mercado local de la provincia de Manabí, se han convertido en una fuente prometedora de materia prima para la obtención de bioplásticos. Las semillas de aguacate, compuestas principalmente por pulpa, cáscara y semillas en varias proporciones, generalmente se descartan como residuos. Sin embargo, el almidón extraído de estas semillas tiene múltiples aplicaciones., por ejemplo, como agente espesante y gelificante, siendo así utilizado como materia prima en la fabricación de polímeros biodegradables (Navarrete Tumbaco et al. 2023).

En Colombia, se fabrican plásticos biodegradables utilizando almidón extraído de las semillas de aguacate, esta práctica permite aprovechar un recurso antes considerado desperdicio. La producción de este sustituto del plástico no solo ofrece una alternativa sostenible, sino que también se fomenta la conservación ambiental y se reduce la dependencia de los plásticos convencionales los cuales son una fuente importante de contaminación, acotando a esto, Colombia ocupa el quinto lugar a nivel mundial en la

producción de aguacate, representando el 7% de la producción global, equivalente a unas 403.184 toneladas anuales los cuales son fuente de materia prima (Monguí Torres et al. 2021).

Residuos de café: En Ecuador ciudad de Quevedo, Cedeño Zambrano et al. (2021), en su trabajo para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos del café, y con base en la información del Portal Web del Ministerio de Agricultura y Ganadería, nos dice que la producción nacional de café en 2019 alcanzó las 7,350 toneladas, con una superficie plantada de 12,768 hectáreas, cosechándose el 100%. Considerando que el café genera el 90,5% de residuos, se estima que la actividad cafetalera del país produce alrededor de 11,555.04 toneladas al año de residuos, estos se aprovechan al incorporar la celulosa de la cáscara (exocarpio) y cascarilla (endocarpio) del café en procesos industriales destinados a la fabricación de bioplásticos.

Residuos de cacao: Ecuador, reconocido como uno de los principales productores de cacao a nivel mundial, cuenta con plantaciones dispersas en la mayoría de sus provincias. En el proceso agroindustrial del cacao, se generan diversos residuos que tienen el potencial de ser utilizados para desarrollar productos innovadores. Entre estos residuos se encuentran la cascarilla o endocarpio, así como el mucílago y la mazorca. Según investigaciones recientes, se ha determinado que los residuos del cacao, especialmente la cáscara y cascarilla de cacao, constituyen la materia prima principal para la producción de bioplásticos, representando aproximadamente el 70-75% del fruto entero. Además, se ha identificado que estos residuos contienen una cantidad significativa de celulosa (35.4%) y lignina (14.7%), lo que los convierte en una fuente valiosa para la obtención de materiales degradables (Lema Vera et al. 2020).

Residuos de arroz: En Perú, la eliminación de grandes cantidades de paja y otros residuos agrícolas durante la cosecha de arroz es un problema que los agricultores enfrentan, y una de las soluciones comunes es la quema de estos materiales. Para evitar la quema de estos residuos, que causan contaminación de aire y daños al suelo, se propuso aprovecharlos para obtener celulosa utilizando la paja y almidón a partir de los granos de arroz, el cual a su vez se aprovecha en la fabricación de bioplásticos (Ortega Cahui. 2019).

Residuo de papa: En la ciudad de Bogotá, Colombia, una empresa dedicada a la producción de snacks emplea diariamente 75 toneladas de papas, durante el proceso de producción, las papas atraviesan una fase de corte y un control de calidad, en el cual se descartan aquellas papas que están verdes, podridas o demasiado pequeñas, lo que resulta en que solo se utilice entre el 30 % y el 35 % de las toneladas iniciales.

A partir de esta situación surge la idea innovadora de aprovechar estos residuos para fabricar bioplásticos, ya que las papas desechadas poseen un alto contenido de almidón (Ruiz Galeano. 2022).

En Ecuador la cáscara de papa dentro de la industria agrícola se la descarta como residuo luego del proceso de pelado, rayado y picado. La falta de mercado de este residuo propone innovar y dar un valor agregado en lo que es la producción de películas biodegradables (Charro Espinoza. 2015).

Residuo de plátano: En Perú, se destaca la importancia que las empresas tienden por mejorar su rendimiento mediante innovaciones y prácticas de reciclaje de desechos de plátano. En la ciudad de Piura, la industria chiflera desecha cáscaras de plátano, la cual representa el 40% de la fruta comprada para la producción, en este contexto se plantea el uso de la cáscara como materia prima para la fabricación de bioplásticos (Pizá Hamlet et al. 2018).

Residuo de yuca: En Ecuador los tubérculos son una fuente para la elaboración de bioplásticos, en el caso de la cáscara de yuca esta representa entre el 15% y el 20% del peso total de la raíz, esta aparte contiene una mayor proporción de proteínas, grasas, fibras y minerales en comparación con la pulpa, debido a todas estas propiedades, la cáscara de yuca, se considera una materia prometedora para la fabricación de bioplásticos (Yautibug Cepeda. 2021).

Residuo de caña: En Ecuador, el bagazo de caña, un subproducto de la industria azucarera, aguardiente y panela, solía ser tratado como un residuo desechable. Estudios han demostrado que este material posee características idóneas para la elaboración de bioplásticos, por su composición de fibra, sólidos insolubles, sólidos solubles y agua, su transformación en materia prima para la fabricación de plásticos degradables no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también representa un valor agregado dentro de las empresas (Chacha Solano et al. 2023).

Residuo de naranja: En Veracruz y Tamaulipas - México, la naranja es el cítrico más cultivado, generando grandes cantidades de cáscaras que representan entre el 50 y el 60% como residuo de la producción de jugo, presentando un problema ambiental debido a su lenta descomposición y contribución a la contaminación del suelo. Estas cáscaras son ricas en materia orgánica y contienen pectina (fibra soluble), un compuesto utilizado en la industria alimentaria por sus propiedades gelificantes y estabilizadoras (Ramos Alvarado et al., 2020). Se propuso una solución innovadora al convertir estas cáscaras en bioplástico, examinando el efecto de mezclar pectina con ácido cítrico y glicerol en las

propiedades del material resultante. Este enfoque no solo aborda el desafío ambiental de los desechos de cáscaras de naranja, sino que también ofrece una alternativa sostenible al plástico convencional.

Residuo de camote: En Perú la Empresa Ricos Chiflera dispone al relleno los residuos de cáscara de camote de su producción, a raíz de ello se propuso aprovechar estos residuos para elaborar bioplásticos mediante la extracción de fécula de dicha cáscara, esta iniciativa permitiría a la empresa desarrollar sus propios envases en el futuro, con el objetivo de reducir los costos asociados a su producción (Quiñones Sifuentes. 2017).

Residuo de maracuyá: En Perú, la cáscara de maracuyá es un subproducto común en la agroindustria, que suele ser descartado como residuo durante el procesamiento. Estudios han destacado el alto contenido de pectina presente en estas cáscaras, lo cual representa una oportunidad para la industria en la fabricación de plásticos biodegradables (Escribano Cajó. 2020).

Residuos de castaña amazónica: En Perú, la creciente producción y exportación de semillas de castaña

amazónica hacia los mercados internacionales, motivada por sus diversas propiedades y alto valor nutricional, ha generado un aumento significativo en la generación de residuos agrícolas. Esta situación ha llevado a considerar la posibilidad de producir bioplásticos a partir de estos residuos como una alternativa viable y sostenible (Carrasco Palma. 2021).

Residuos de mango: En el año 2019, en Colombia, los cultivos de mango alcanzaron una producción de 132,315 toneladas, siendo este fruto destinado principalmente a la producción de zumos y jugos. El proceso de despulpado de esta fruta ha generado un 40% de residuos, que incluye su semilla, habitualmente destinada a rellenos sanitarios. En este contexto, surgió la idea de extraer el almidón de estos residuos para producir materiales biodegradables (Pérez López. 2021).

3.1.1. Métodos para la obtención del bioplástico.

De la información analizada sobre la metodología empleada por diferentes fuentes para la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales se obtuvo los datos que se reportan en la **Tabla 2**.

Tabla 2 | Resumen de métodos para la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales.

| Residuo | País | Procesos de extracción de almidón del residuo | Proceso de obtención del bioplástico | Fuente |
|-----------------------------------|-------------|--|--|----------------------------------|
| Tusa de maíz | Ecuador | Lavar la tusa de maíz y moler. Macerar en agua destilada durante 24 horas con el fin de decantar el almidón y filtrarlo. Secar el almidón en una estufa a 60 °C y tamizar en una malla de 250 µm. Seleccionar los granos de calidad y moler. | Mezclar 5 g de almidón con 1,5 g de sorbitol. Colocar en un baño termostático a 80 °C, adicionar hidróxido de sodio (NaOH) al 15 % m/v. Secar la mezcla durante 18 horas a 65 °C en cajas Petri. Colocar 30 mL de agua destilada, añadir 3 ml de glicerina y 5 ml de ácido acético (CH ₃ COOH) al 3 % v/v. | (Solórzano Vélez et al. 2023) |
| Restos de granos de maíz | El Salvador | Macerar en agua destilada para decantar el almidón | Agitar la mezcla y agregar 10 g de almidón procediendo a mezclar durante 4 minutos más. Extender la mezcla en una placa de vidrio y someterla a 75 °C durante 30 minutos. | (García Quiñónez, 2015) |
| Semilla de aguacate variedad Hass | Ecuador | Cortar la semilla y remojar en una solución de Na ₂ S ₂ O ₅ al 0,2 % durante 24 horas. Moler y filtrar para obtener almidón y dejarlo reposar durante 24 horas. Lavar el almidón con agua destilada y secar a 70 °C por 6 horas Pulverizar y Tamizar | Combinar 5 g de almidón, 4 mL de gua, 2 g de glicerol. Añadir 4ml de NaOH al 15 % manteniendo una agitación hasta formar consistencia viscosa. Verter en placas y llevarlo a un baño termostático a 80 °C. Formado las biopelículas secar a 65 °C por 18 horas antes de desmoldarlas. | (Navarrete Tumbaco et al. 2023). |
| Semilla de aguacate | Colombia | Seleccionar, separar, limpiar y cortarla materia prima. Licuar para luego tamizar la mezcla obtenida. Reposar la mezcla por 2 horas y extraer el líquido. Lavar y colar para eliminar impurezas. | Combinar 106 g de almidón, 68,900 g de glicerina y 1,767 g de ácido esteárico. Calentar el plastómetro a 80 °C Abastecer la mezcla al plastómetro con ayuda de un embudo y un émbolo. Extrusión de filamentos, controlando un tiempo de 2 minutos de permanencia en el barril. | (Monguí Torres et al. 2021) |
| | | Secar a 65 °C durante 41,45 horas. | Una vez transcurrido este tiempo, introducir el émbolo con su respectiva masa al plastómetro, repetir esto 5 o 8 ciclos. | |
| | | Pesar y almacenar a temperatura ambiente en bolsas térmicas. | Cortar de los filamentos y pulverización. | |

| | | | |
|-----------------------------------|----------|--|-------------------------------|
| Cáscara y cascarilla de café | Ecuador | Realizar una reprocesamiento de extrusión de filamentos en 5 ciclos en el quinto obtiene el bioplástico. | (Cedeño Zambrano et al. 2021) |
| | | Secar el grano y pelar la cáscara. | |
| | | Moler la cáscara y tamizarla. | |
| | | Tostar el grano y sacar la cascarilla | |
| Cáscara de cacao | Ecuador | Moler la cascarilla y tamizarla | (Lema Vera et al. 2020) |
| | | Lavar las cáscaras y secarlas a 80 °C por dos días. | |
| | | Triturar la cáscara hasta obtener en forma de harina | |
| | | En el caso de presentar grumos licuar y luego tamizar en malla de 0,90 mm. | |
| Paja y almidón de granos de arroz | Perú | Lavar la paja de arroz y se secó en una estufa de aire forzado a temperatura de 65 °C durante 24 horas. | (Ortega Cahuí, 2019) |
| | | La paja se muele y tamiza. | |
| | | Para obtener la celulosa se trata las partículas tamizadas, con una solución de 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 10 %. | |
| | | Se calentó la solución a 65 °C con agitación magnética durante 10 minutos, después de la aparición de la primera burbuja. | |
| | | Enfriar durante 20 minutos. | |
| | | Filtrar y lavar repetidas veces a fin de lograr la separación de la fracción de la pulpa insoluble y el exceso de hidróxido de sodio (NaOH). | |
| | | Obtención de almidón a partir de granos de arroz triturados. | |
| | | Los granos de arroz triturados se mezclan con agua durante 4 minutos y luego se filtra. | |
| | | Sedimentar la muestra durante 24 horas. | |
| | | Decantar el almidón obtenido se dejar secar en placas Petri a 60 °C por 18 horas. | |
| Cáscara de papa | Colombia | Para la obtención del almidón se lava, corta, muele, filtra, sedimenta y se seca a 40 °C por 24 horas | (Ruiz Galeano. 2022) |
| | | Combinar 10 g de almidón, 60 mL de agua destilada, 10ml de glicerina y 10 ml de ácido acético (CH ₃ COOH). | |
| | | Someter la mezcla a agitación térmica en tres condiciones. a) 150 °C a 500 rpm/5 min; b) 800 rpm/5 min; c) 1400 rpm hasta que la mezcla quede espesa y gomosa. | |
| | | Verter la mezcla en un molde y se secó en un horno a 40 °C por 48 horas para formar la biopelícula. | |
| Cáscara de papa | Ecuador | Clasificar la materia y luego se lavar para eliminar residuos. | (Charros Espinoza. 2015) |
| | | Licuar 500 g de cáscara de papa junto con 300 mL de agua destilada. | |
| | | Filtrar para separar el almidón | |
| Cáscara de papa | Ecuador | Dejar reposar durante 8 horas. | (Charros Espinoza. 2015) |
| | | Agitar por 5 minutos. | |
| Cáscara de papa | Ecuador | En agitación constante se agregar 1,5 mL de glicerina y 1 mL de melanina. | (Charros Espinoza. 2015) |
| | | Agitar durante 15 minutos a 70 °C. | |

| | | | | |
|---------------------|---------|--|--|------------------------------|
| | | Secar a temperatura de 21 °C | Verter la mezcla en moldes y secar a 40 °C por 15 horas. | |
| | | Moler la muestra seca y se conservar en recipientes herméticos. | | |
| | | Extraer el endocarpio cortándolo en tiras. | Calentar agua destilada a 70 °C, se agregó 10 g de almidón, 60 mL de agua destilada, 5 mL de glicerina y 5 ml de ácido acético (CH ₃ COOH). | |
| Cáscara de plátano | Perú | Estas tiras sumergir en ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) durante 15 minutos. | La masa resultante se colocar en un recipiente y se dejar reposar a temperatura ambiente (25 °C) durante 12 horas para obtener la biopelícula. | (Pizá Hamlet et al. 2017) |
| | | Secar la tira a 25 °C por 24 horas. | | |
| | | Moler hasta obtener harina y se tamizar. | | |
| | | Lavar de las cáscaras de yuca. | Preparar 45 mL de agua destilada y 10 g de almidón en un vaso de precipitación. | |
| | | Triturar y filtrar. | Homogenizar con un agitador magnético, asegurándose de que la temperatura no sobrepase los 63 °C. | |
| Cáscara de yuca | Ecuador | Decantar la masa en un recipiente por un periodo de 12 horas. | Agregar 1ml de glicerina hasta que la muestra adquiera consistencia, se añade 6ml de ácido acético (CH ₃ COOH), mediante una constante agitación. | (Yautibug Cepeda. 2021) |
| | | Secar a temperatura ambiente durante 72 horas. | Verter la mezcla resultante en cajas Petri y dejar secar a temperatura ambiente para obtener la biopelícula. | |
| | | Pulverizar para obtener el almidón. | | |
| | | Receptar la cáscara fresca y limpia | Combinar 10 g de almidón de caña, 10 g de almidón de plátano, 6g de fécula de maíz, 0,008 g de resina, 13,99 g de cal dolomita y 34 g de agua hasta que la mezcla presente consistencia y torne de color marrón claro. | |
| Bagazo de caña | Ecuador | Secar en una estufa a 50 ° C durante 8 horas. | Preñar la mezcla y secar a temperaturas de entre 25 °C y 30 °C con humedad relativa del 75 %. El secado se realiza en un promedio de 3 días. | (Chacha Solano et al. 2023) |
| | | Moler y tamizar en una malla de 0,5 mm. | | |
| | | Recolectar y se lavar las cáscaras. | Añadir por separado a la mezcla de pectina concentraciones de, 3 %, 4 % y 5 % de glicerol como plastificante. | |
| | | Cortar en trozos pequeños. | Verter la mezcla en placas de aluminio. | |
| Cáscara de naranja | México | Sumergir en solución de ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) al 0,1 % y se calentar a 90 °C durante 1,5 horas para facilitar la extracción de la pectina. | Colocar en un horno a 45 °C durante 24 horas. | (Ramos Alvarado et al. 2023) |
| | | Al enfriarse se raspar la pectina y se procesar hasta obtener una mezcla homogénea. | Finalmente se despegó las biopelículas. | |
| | | Filtrar con un tamiz de 250 µm para evitar grumos. | | |
| | | Se recolecto 5000 g de cáscara de camote. | Mezclar en un agitador magnético 10 g de almidón, 5 mL de glicerina, 60 mL de agua y 3 mL de ácido acético (CH ₃ COOH). | |
| | | Se licuo junto con agua destilada. | Retirar la mezcla cuando alcance una temperatura de 150 °C, presentando consistencia espesa sin presencia de grumos. | |
| Cáscara de camote | Perú | El almidón resultante se lavó con de agua, hasta que dicha agua presente transparencia. | Verter en un recipiente para obtener la biopelícula. | (Quiñones Sifuentes. 2017) |
| | | En un recipiente se llevó el almidón a una estufa por dos horas a 30 °C. | | |
| | | Se trituro el almidón hasta formar harina (1096 g). | | |
| | | Cocer 100 g de cáscara de maracuyá a temperatura de 80 °C por 15 minutos. | Volver a cocer por 10 minutos y se colar la mezcla. | |
| Cáscara de maracuyá | Perú | Licuar por un tiempo de 3 minutos. | Secar por 12 horas a temperatura de 40 °C. | (Escribano Cajo. 2020) |
| | | | Verter en un molde y se dejar reposar a temperatura ambiente para obtener la biopelícula. | |
| | | La cáscara de la semilla castaña amazónica se retira. | Mezclar a 80 °C, 24 g de residuos lignocelulósicos, 30 g de maicena, 7 mL de vinagre blanco, 7 mL de glicerina, 130 mL de | (Carrasco Palma. 2021) |

| | | | | |
|------------------|------|--|---|---------------------|
| Semilla de mango | Perú | Lavar el residuo (cáscara). | agua destilada, 0,50 g canela en polvo, 1,2 g de colorante en polvo. | (Pérez López. 2021) |
| | | Secar a temperatura ambiente por 5 días. | Licuar la mezcla. | |
| | | Triturar, tamizar y se obtuvo 460 g. | Colocar en planchas de vidrio para obtener la biopelícula. | |
| | | Recolectar, limpiar y desinfectar la semilla de mango. | Combinar 6,077 g de almidón, 8ml de glicerina, 75ml de agua destilada. | |
| | | Tratar la semilla con ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) al 1 %, durante 7 minutos. | Mezclar por agitación magnética (600 rpm) a 100 °C gradualmente hasta presentar forma de gel. | |
| | | Secar por 48 h, y proceder a pulverizarlo. | Verter la mezcla en moldes y llevarlas a un horno por 48 h a temperatura de 65 °C. | |
| | | El almidón obtenido se almacena en bolsas plásticas. | | |

3.1. 2. Propiedades de los bioplásticos obtenidos de los residuos vegetales

Según estudios de los tipos de bioplásticos, las características que presentaron dependen de los procedimientos utilizados como se reporta en la **Tabla 3**.

Tabla 3 | Resumen de las Propiedades de los Bioplásticos a partir de Residuos Vegetales.

| Residuo | Propiedad | Descripción | Fuente |
|---|--------------------|---|---|
| Tusa de maíz (Ecuador) | Espesor | Presenta entre 0,63 ± 0,02 mm de espesor. | (Solórzano Vélez et al. 2023) |
| | Biodegradación | Presenta pérdida del 31,92 % de peso en 45 días en condiciones anaerobias. | |
| | Resistencia tensil | 0,25 MPa. | |
| Restos de granos de maíz (El Salvador) | Espesor | Presenta películas bioplásticas no uniformes | (García Quiñónez. 2015) |
| | Biodegradabilidad | Muestra signos cualitativos, tras almacenarse en condiciones ambientales a 27,1 °C y 82 % humedad relativa durante 3 meses. | |
| Residuo | Propiedad | Descripción | Fuente |
| Semilla de aguacate variedad Hass (Ecuador) | Fuerza de tracción | 0,87 MPa con sorbitol y 0,33 MPa con glicerol como plastificante | (Navarrete Tumbaco Christopher et al. 2023) |
| | Espesor | 0,55 y de 0,60 mm con sorbitol y glicerol como plastificante respectivamente. | |
| | Biodegradación | 14,70 % con sorbitol y 54,34 % para el glicerol bajo condiciones anaeróbicas durante 45 días. | |
| Semilla de aguacate (Colombia) | Índice de fluidez | Presenta un valor máximo de 48 g/10 min. | (Monguí Torres, Lina et al. 2021) |
| | Biodegradación | En suelo experimenta una pérdida de 34 gramos lo que equivale al 31,19 %. | |
| Cáscara y cascarilla de café (Ecuador) | Espesor | 0,20 mm. | (Cedeño Zambrano et al. 2021) |
| | Biodegradación | 9 % durante 10 días de exposición al ambiente. | |
| Cáscara de cacao (Ecuador) | Espesor | 0,19 mm | (Lema Vera et al. 2020) |
| | Biodegradación | 25 % de desintegración en un lapso de 10 días. | |
| Paja y almidón de granos de arroz (Perú) | Uniformidad | No uniforme | (Ortega Cahuá, 2019) |
| | Textura | Presenta grietas | |
| Cáscara de papa (Colombia) | Elongación | 0,4 cm tras someter la biopelícula a temperaturas de 10 °C y 100 °C. | (Ruiz Galeano, 2022) |
| | Biodegradación | 20 % tras ser expuesta la biopelícula a un ambiente húmedo por 48 horas. | |
| Residuo | Propiedad | Descripción | Fuente |
| Cáscara de papa (Ecuador) | | Mostro características cualitativas como elasticidad, resistente y estable. | (Charros Espinoza. 2015) |
| Cáscara de plátano (Perú) | Textura | Lisa y poca presencia de grumos. | (Pizá, Hamlet et al. 2018) |
| | Espesor | 0,21 mm | |
| Cáscara de yuca (Ecuador) | Elongación | 63,59% aplicándole un esfuerzo máximo de 1,6 MPa. | (Yautibug Cepeda. 2021) |
| | Biodegradación | Tras 28 días en tres condiciones agua, suelo y ambiente dio resultados con un 100 %, 54,50 % y 1,25 % respectivamente. | |
| Bagazo de caña (Ecuador) | Biodegradación | 70,73 % en un periodo de 6 semanas a la intemperie sin presencia de agua. | (Chacha Solano et al. 2023) |
| | | Con glicerol al 5 %, textura suave y uniforme, mejor flexibilidad, sin formación de burbujas. | |
| Cáscara de naranja (México) | | Con glicerol a 4 %, textura suave, sin grietas, tensión delgada (no soporta estiramiento). | (Ramos Alvarado et al. 2023) |
| | | Con glicerol al 3 %, mayor obscurecimiento, formación de burbujas y textura rugosa. | |
| Cáscara de camote (Perú) | Elongación | 0,50 cm con un peso de 30 gramos. | (Quiñones Sifuentes. 2017) |
| | Soporte | Se desplaza de 0,68 cm con peso de 60 gramos. | |
| | Biodegradación | 10 % expuesto a la intemperie. | |

| Residuo | Propiedad | Descripción | Fuente |
|----------------------------|-----------------------------------|---|------------------------|
| Cáscara de maracuyá (Perú) | Tracción Espesor Elongación | Resiste 30,34 MPa. 0,23 mm 5,2 % | (Escribano Cajo. 2020) |
| Castaña amazónica (Perú) | Espesor Biodegradación | 0,36 mm 66,67 % tras 28 días en suelo. | (Carrasco Palma. 2021) |
| Semilla de mango (Perú) | Textura Coloración | Suave, lisa y viscosa. Amarilla oscura | (Pérez López. 2021) |

3.1.3. Principales aplicaciones y beneficios de los bioplásticos obtenidos de los residuos vegetales

Los estudios realizados en base a residuos vegetales como materias primas para elaborar bioplásticos en

diferentes países determinaron aplicaciones características acorde a las necesidades de estos

Tabla 4.

Tabla 4. Aplicaciones del Bioplástico en Función de los tipos de residuos estudiados

| Residuos | País | Aplicación de bioplástico obtenido | Fuente |
|-----------------------------------|---------------------|---|---|
| Tusa y restos de granos de maíz | Ecuador Salvador | Aplicación agrícola para recubrimiento de semillas Material de empaque | (Solórzano Vélez et al. 2023). (García Quiñónez, 2015). |
| Semillas de aguacate | Ecuador Colombia | Desarrollo de materiales de empaque No definido en el estudio | (Navarrete Tumbaco et al. 2023). (Monguí Torres et al. 2021) |
| Cáscara y cascarilla de café | Ecuador | Fundas plásticas | (Cedeño Zambrano et al. 2021) |
| Cáscara de cacao | Ecuador | Fundas plásticas | (Lema Vera et al., 2020). |
| Paja y almidón de granos de arroz | Perú Colombia | No definido en el estudio | (Ortega Cahui, 2019). |
| Cáscara de papa | Ecuador | No definido en el estudio | (Ruiz Galeano, 2022). |
| Cáscara de plátano | Perú | No definido en el estudio | (Charros Espinoza. 2015) |
| Cáscara de yuca | Ecuador | Empaques o envolturas de alimentos | (Pizá Hamlet et al. 2018). |
| Bagazo de caña | Ecuador | Platos biodegradables | (Yautibug Cepeda, 2021). |
| Cáscara de naranja | México | No definido en el estudio | (Chacha Solano et al. 2023). (Ramos Alvarado et al. 2023) |
| Residuos | País | Aplicación del bioplástico obtenido | Fuente |
| Cáscara de camote | Perú | Empaque para chips de camote | (Quiñones Sifuentes. 2017) |
| Cáscara de maracuyá | Perú | Fundas para empaque de fruta deshidratada | (Escribano Cajo. 2020) |
| Castaña amazónica | Perú | Utensilio de cocina como el sorbete | (Carrasco Palma. 2021) |
| Semilla de mango | Perú | No definido en el estudio | (Pérez López. 2021) |

3.2. Discusión

3.2.1. Fuente de residuo vegetal prometedora para la elaboración del bioplástico

La tusa de maíz y las semillas de representan un recurso valioso para la producción de bioplásticos en el país, gracias a su alto contenido de almidón. (Solórzano Vélez et al. 2023). En Ecuador, la tusa de maíz es considerada una opción viable debido a su abundancia (Solórzano Vélez et al. 2023), pero Primebiopolymers (2022), establece que los bioplásticos provenientes de este material son eficientes por su riqueza en carbohidratos y a su bajo requerimiento de tierra (Primebiopolymers. 2022).

Los residuos del café según, Cedeño Zambrano et al. (2021) en Ecuador durante el año 2019 alcanzaron los 11,555.04 toneladas de residuos lo que demuestra la gran disponibilidad de materia prima para la obtención de celulosa y lignina, esto la convierte en un residuo valioso para la producción de bioplásticos. Un estudio realizado por el Tecnológico de Monterrey reveló que los residuos del café pueden ser reutilizados para desarrollar bioplásticos aplicables en la industria textil y zapatera, contribuyendo así a la economía de

los productores de café y a la reducción del impacto ambiental (Juárez. 2019). Respecto a los residuos de cacao, un estudio realizado por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en Ecuador destaca que la cáscara de la mazorca representa entre el 70-75% del residuo total del fruto por lo cual se establece la factibilidad de producir envases bioplásticos a partir de estos residuos, una iniciativa sostenible dada la extensa producción de cacao en el país, que cubría 601.954 hectáreas en 2019 (Lema Vera et al. 2020). Esta posibilidad se ve reforzada por la investigación de (Díaz et al. 2022), que identifican a la cáscara de la mazorca y al endocarpio como ricas fuentes de fibras, celulosa, pectina y lignina, elementos esenciales para la creación de productos biodegradables como envases y películas con almidón y glicerina como plastificantes. Además, se ha demostrado que la utilización de residuos agrícolas en la producción de bioplásticos puede reducir la emisión de CO₂ entre 0.8 y 3.2 toneladas, contribuyendo así a la mitigación de la contaminación por plástico.

En Colombia y Ecuador, estos residuos están siendo investigados para su uso en bioplásticos, lo que podría tener un impacto positivo en la gestión de residuos

dada su abundancia y la reducción de la contaminación plástica (Charro Espinoza. 2015). Yautibug Cepeda. (2021), menciona que teniendo en cuenta las características fisiológicas de la yuca se la puede considerar como una de las mejores materias prima para la fabricación de bioplásticos. Esto se ha podido corroborar mediante las Investigaciones realizadas por el Instituto de Ambiente de Estocolmo, afirman el potencial del almidón de yuca para crear plásticos biodegradables, marcando un camino prometedor hacia la bioeconomía en Colombia (Trujillo. 2023). Un estudio realizado por el Instituto Mexicano Madero Plantel Zavaleta en Puebla, México, determinó que el contenido de almidón en las papas es aproximadamente del 20% de su masa total. Este hallazgo es relevante ya que podría influir significativamente en el tiempo de degradación del tubérculo, sin embargo, este no superar la calidad del almidón de la yuca, para la producción del bioplástico.

Considerando la disponibilidad de materias primas en los distintos países analizados, se prevé que la producción de bioplásticos puede fomentar el crecimiento económico. Se anticipa un incremento en la industria y un aumento en el consumo per cápita, según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2021). En el caso de Ecuador, la adopción de bioplásticos representa un paso importante hacia la disminución de la contaminación causada por plásticos sintéticos, al utilizar de manera eficiente los desechos agroindustriales, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2021).

3.2.2. Métodos para la obtención del bioplástico y propiedades

Los métodos de obtención de los bioplásticos dependen del tipo de materia prima. Solórzano Vélez et al. (2023) y García Quiñones (2015) menciona cómo la selección de plastificantes y las condiciones de descomposición afectan la biodegradabilidad y las características físicas de los bioplásticos basados en almidón de maíz. Por otro lado, Navarrete Tumbaco et al. (2023) y Mongui Torres et al. (2021) destacan la diversidad en la degradación de bioplásticos derivados de semillas de aguacate, lo que sugiere que la composición específica y las condiciones de procesamiento son críticas para optimizar la biodegradabilidad.

Además, la investigación de Cedeño Zambrano et al. (2021) y Lema Vera et al. (2020) sobre el uso de residuos de café y cacao demuestra que la selección de plastificantes es clave para modificar las propiedades mecánicas y de degradación de los bioplásticos. En cuanto a la textura, los estudios de Ortega Cahuá (2019) y Pizá Hamlet et al. (2018) resaltan cómo la fuente y calidad del almidón, así como la técnica de procesamiento, determinan la rugosidad y uniformidad de los bioplásticos. Al igual que, la

investigación de Ramos Alvarado et al. (2020) y Chacha Solano et al. (2023) proporciona valiosa información sobre cómo la formulación y las condiciones ambientales afectan la degradabilidad y las propiedades físicas de los bioplásticos, con Chacha Solano et al. logrando una notable tasa de biodegradación del 70,73% en condiciones al aire libre.

Además, Los estudios de Yautibug Cepeda. (2021) y Charros Espinoza. (2015) ilustran cómo las condiciones de procesamiento, como las ambientales y anaeróbicas, afectan significativamente la biodegradabilidad de los bioplásticos. Mientras que Yautibug Cepeda alcanzó una biodegradación del 100% en condiciones acuosas, Charros Espinoza reportó una tasa del 31,92% en condiciones anaerobias, resaltando la importancia de las condiciones de descomposición en la eficacia de la biodegradación.

Los métodos para obtener bioplásticos a partir de residuos de camote, maracuyá y mango, como los descritos por Quiñones Sifuentes. (2017), Escribano Cajo (2020) y Pérez López (2021), revelan un enfoque innovador en la utilización de desechos vegetales. Estos métodos no solo ofrecen una alternativa ecológica a los plásticos convencionales, sino que también presentan propiedades mecánicas prometedoras, como la fuerza de tracción, que pueden ser optimizadas mediante la selección adecuada de plastificantes.

La alineación de estos métodos con las normas ISO 14855-2:2019, que requieren un porcentaje de biodegradación del 90% en un periodo no mayor a seis meses, es crucial para la aceptación y adopción global de bioplásticos. La investigación de Chacha Solano et al. (2023), respalda la eficacia de los procedimientos sugeridos, cumpliendo con estos estándares internacionales.

En Ecuador, la viabilidad ambiental de los bioplásticos se fundamenta en su capacidad de biodegradación y en la contribución a la disminución de la contaminación generada por plásticos tradicionales. Por esto es crucial la selección de materiales y procesos que minimicen el impacto ecológico durante todo el ciclo de vida del producto. A pesar de las barreras económicas, como la inversión inicial requerida en infraestructura y tecnología para la fabricación de bioplásticos, los beneficios a largo plazo son significativos. Estos incluyen una menor dependencia de plásticos basados en petróleo y una reducción notable de la polución ambiental. Además, los bioplásticos favorecen la gestión de residuos orgánicos al permitir su reutilización, evitando así la necesidad de métodos de disposición final (Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2021).

3.2.3. Principales aplicaciones y beneficios de los bioplásticos obtenidos de los residuos vegetales

La diversidad de aplicaciones de los bioplásticos es un reflejo de su versatilidad y potencial para reemplazar los plásticos convencionales en múltiples sectores. Los estudios mencionados, como los de Ramos Alvarado et al. (2023) y Chacha Solano et al. (2023), destacan el uso de residuos vegetales en la producción de bioplásticos con aplicaciones específicas, desde el recubrimiento de semillas hasta la fabricación de platos biodegradables. Comparando con otras investigaciones, encontramos que los bioplásticos derivados del maíz y el aguacate no solo se utilizan en la agricultura, sino también en la industria alimentaria para empaques biodegradables, como lo demuestran los trabajos de investigadores como Park et al. (2018), quienes han explorado la resistencia y seguridad de estos materiales en contacto con alimentos.

La fabricación de fundas y empaques a partir de la cascarilla de cacao y café, así como del bagazo de caña, se alinea con las tendencias globales hacia la economía circular, donde los residuos se convierten en recursos valiosos. Estudios como los de Aguiar et al. (2022) han mostrado cómo estos residuos pueden ser procesados para mejorar sus propiedades mecánicas y de barrera, ampliando así su rango de aplicabilidad.

En cuanto a la reducción de la dependencia del petróleo y la disminución de la huella ecológica, Gibbens. (2018), resalta un aspecto crucial de los bioplásticos. Esta visión es compartida por investigaciones como la de Santos et al. (2019), que enfatizan la importancia de los bioplásticos en la mitigación del cambio climático y la conservación de la biodiversidad. Ecuador, con su rica fuente de materias primas, tiene el potencial de convertirse en un líder en la producción de bioplásticos. La implementación de tecnologías avanzadas, como se sugiere en la investigación actual, podría posicionar al país como un modelo a seguir en el desarrollo sostenible. Esto se ve

Contribuciones de los autores

Conflicto de intereses de los autores

Christian Stalin Vasconez Rivera: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Guillermo Alejandro Rosero Fuentes: Adquisición, y análisis de los datos; redactó el manuscrito, aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Angelica María Tasambay: Concepción del trabajo; aprobó la versión enviada y la versión sustancialmente editada

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

5. Referencias bibliográficas

AGUIAR, Santiago, ENRÍQUEZ, Miguel Angel and UVIDIA, Hernan. 2022. Residuos agroindustriales: su impacto, manejo y aprovechamiento. [Online] 2022.

reflejado en estudios como el de Hernández et al. (2022), que analizan el impacto económico y ambiental de la adopción de bioplásticos en economías emergentes.

4. Conclusiones

En la actualidad existe un creciente interés en buscar alternativas sostenibles al uso de plásticos convencionales debido a los graves problemas ambientales que ocasionan al medio ambiente. Los estudios y el desarrollo de procedimientos para la elaboración de bioplásticos a partir de residuos vegetales ofrecen beneficios importantes como son la reducción de la dependencia de fuentes no renovables, así como también la reducción en el planeta de desechos plásticos que se acumulan en el transcurso del tiempo, favoreciendo la mitigación del impacto ambiental que generan.

El desarrollo de nuevas metodologías para la obtención de bioplásticos a partir de residuos vegetales de previas investigaciones refleja un compromiso con la mejora constante de los procesos de producción. La utilización de la tusa de maíz como materia prima para la extracción de almidón se destaca como una fuente prometedora para la producción de bioplásticos debido a su abundancia y disponibilidad. Los métodos de extracción y acetilación de almidón, junto con la incorporación de glicerol como plastificante, han demostrado ser eficaces en la obtención de bioplásticos con propiedades óptimas de biodegradabilidad, resistencia y versatilidad.

Las investigaciones realizadas en el campo experimental para obtención de bioplásticos a partir de variantes en materias primas, aditivos y condiciones de procesos, junto con la evaluación de las propiedades de los bioplásticos resultantes, permite identificar y aplicar ajustes para obtener bioplásticos con características óptimas en cuanto a biodegradabilidad, resistencia y versatilidad.

https://www.researchgate.net/publication/366205033_Residuos_agroindustriales_su_impacto_manejo_y_aprovechamiento.

- AROTOMA CHUJUTALLI, Lizbeth Fiorela y PACHUCA JINES, Mabel Fabiola. 2020. repositorio ucv. [En línea] 27 de julio de 2020. [Citado el: 10 de enero de 2024.] https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67209/Arotoma_CHLF-Pacahuala_JMF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- BIANCO, Cecilia, ISSO, Federico y MOSKAT, Mirko. 2021. Global Alliance for Incinerator Alternatives. [En línea] octubre de 2021. [Citado el: 15 de enero de 2024.] <https://www.no-burn.org/wp-content/uploads/2022/03/Plasticos-en-America-Latina-2022.pdf>.
- BORROWMAN, Cuyler K., et al. Environmental degradation and efficacy of a sprayable, biodegradable polymeric mulch. *Polymer Degradation and Stability*, 2020, vol. 175, p. 109126
- CARRASCO PALMA, Karen Leonor. Elaboración de sorbetes biodegradables a partir de residuos lignocelulósicos de *Bertholletia excelsa*, Lima, 2021.
- CEDEÑO ZAMBRANO, Nivaldo Jesús; ZAMBRANO ZAMBRANO, Jean Carlos. "Diseño de una línea de producción para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos del café a escala industrial en la ciudad de Quevedo. 2021.
- CHACHA SOLANO, Alisson Milena; CHILUISA VILLA, Paola Deysi. Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la obtención de envases biodegradables. 2023. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- CHARRO ESPINOZA, Mónica Margarita. 2015. UEC. [En línea] 2015. [Citado el: 22 de marzo de 2024.] <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/65f203e6-a3cd-41fd-bed4-a0322ee90ed1/content>.
- CON RAMOS, Vicky Fabiola; PAYE ZEBALLOS, Joaquin Andres. Biopolímeros biodegradables a partir de fuentes de origen vegetal: Revisión Sistemática, 2017-2022. 2022.
- DÍAZ, Andrés, RAMÓN, BLADIMIR Azdrúbal and MORENO, Gonzalo. 2022. Physical- chemical characterization of the cocoa pod husk as a possible use in the production of agglomerated boards. [Online] junio 2022. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2027-83062022000100097.
- ESCRIBANO CAJO, Víctor Manuel. Desarrollo y caracterización de un Bioplástico a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). 2020.
- GIBBENS, Sarah. 2018. ¿Pueden los bioplásticos descongestionar el medio ambiente? Los expertos nos dan su opinión. [En línea] 2018. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>.
- HERNANDEZ, Alberto, QUISPE, Vicente and QUISPE, Alberto. 2022. Reutilización y reciclaje de residuos sólidos en economías emergentes. [Online] 2022. <https://pdfs.semanticscholar.org/7a98/eaacce6e6a8cc9c2e51a3742d115f07e8f621.pdf>.
- JUÁREZ, Javier. 2019. Desechos del café para crear bioplástico: un proyecto con aroma Tec. [En línea] 21 de septiembre de 2019. <https://conecta.tec.mx/es/noticias/veracruz/investigacion/desechos-del-cafe-para-crear-bioplastico-un-proyecto-con-aroma-tec>.
- LEAL FILHO, Walter, et al. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. *Journal of cleaner production*, 2019, vol. 214, p. 550-558.
- LEMA VERA, Eduardo Andrés; MANZO ESCOBAR, Najary Salomé. Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos. 2021. Tesis de Licenciatura. Quevedo-Ecuador.
- LÓPEZ-AGUIRRE, José Fernando; POMAQUERO-YUQUILEMA, Juan Carlos; LÓPEZ-SALAZAR, José Luis. Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo del Conocimiento*, 2020, vol. 5, no 12, p. 725-742.
- MACHADO, Jonathan. 2022. Primicias. [Online] abril 05, 2022. [Cited: enero 10, 2024.] <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/desechos-residuos-plasticos-basura-ecuador/>.
- MAE. Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2021. Estrategia Nacional de Economía Circular. [En línea] 2021. <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-contara-con-una-plataforma-de-accion-para-los-plasticos/>.
- MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2021. Ecuador contará con una Plataforma de Acción para los Plásticos. [En línea] 2021. Ecuador contará con una Plataforma de Acción para los Plásticos.
- MONGUÍ TORRES, Lina Marcela, et al. Generación de bioplástico a base del almidón producido por la semilla del aguacate. 2021.
- ORTEGA CAHUI, Mariangela Brigitte. Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz. 2019.

- PARK, Jhon, POSADA, Juan and MONTES, Emmanuel. 2018. Revisión: materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. [Online]2018.https://www.researchgate.net/publication/356353247_Revision_materiales_polimericos_biodegradables_y_su_aplicacion_en_diferentes_sectores_industriales.
- PÉREZ LÓPEZ, Andrés Felipe. Evaluación para la obtención de almidón aprovechando los residuos de mango (*Mangifera Indica L.*) Para la producción de un biopolímero. 2021.
- PÉREZ PÉREZ, Marco Giovanni. Diseño para la implementación de emprendimiento de fundas biodegradables con base en almidón, Azogues-Ecuador. 2022.
- PIZÁ CEDANO, Hamlet Simón, et al. Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura, Perú. 2018.
- PRIMEBIOPOLYMERS. 2022. Fabricación y producción de bioplásticos: todo lo que debes saber. [En línea] 7 de Octubre de 2022. <https://primebiopol.com/fabricacion-y-produccion-de-bioplasticos-todo-lo-que-debes-saber/>.
- QUIÑONES SIFUENTES, Sandra Romina. Elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de camote como alternativa para aprovechar los residuos orgánicos, Callao, 2017. 2017.
- QUIÑONEZ, A. V. Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. FEPADE, El Salvador, 2015.
- RAMOS-ALVARADO, Melissa Monserrat, et al. Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*, 2020, vol. 10, no 3, p. 273-278.
- RIERA, María Antonieta; MALDONADO, Silvina; PALMA, Ricardo R. Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 2018, vol. 17, no 3, p. 227-247.
- RIERA, María Antonieta; PALMA, Ricardo R. Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en química*, 2018, vol. 13, no 3, p. 69-78.
- RUIZ GALEANO, Camila de los Ángeles. Obtención de bioplástico a partir de la extracción de almidón de los residuos de papa capiro. 2022. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América.
- SANTOS, Erick, et al. 2019. Sward Responses of Bahiagrass Cultivars under No Nitrogen Fertilization. [Online] 2019. https://www.researchgate.net/publication/336736795_Santos_et_al_2019b.
- SOLÓRZANO-VÉLEZ, Junior-Jesús, et al. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de la tusa de maíz (*Zea mays*). *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 2023, vol. 17, no 1, p. 19-31.
- TRUJILLO, Mónica. 2023. La yuca tiene alto potencial para la producción de bioplásticos. [En línea] 30 de junio de 2023. <https://www.sei.org/about-sei/press-room/yuca-potencial-bioplasticos-monica-trujillo-france24/>.
- TUMBACO, Cristopher José Navarrete, et al. Obtención y caracterización de bioplásticos a partir de almidón acetilado de semillas de aguacate. *Avances en Química*, 2023, vol. 18, no 1, p. 29-38.
- YAUTIBUG CEPEDA, María Gladys. Elaboración y Caracterización de Bioplásticos a partir de Cáscaras de Yuca (*Manihot esculenta*) para la envoltura de alimentos. 2021.