



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Utilización Del Almidón De Yuca (*Manihot Esculenta*) Para La Elaboración Y
Producción De Diversos Bioplásticos En El Ecuador

AUTORA:

Naranjo Pérez Denissi Del Rosario

TUTOR:

Mg.ia. Yary Ruiz Parrales, MAE

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2025

RESUMEN

Ecuador, enfrenta el desafío de la contaminación por plásticos convencionales, derivados del petróleo y con lenta degradación. Ante esto, una alternativas prometedoras es la producción de bioplásticos a partir de fuentes renovables, como el almidón de yuca (*Manihot esculenta*), un cultivo abundante es la yuca, también conocida como mandioca o casava, es una raíz rica en almidón, un polímero natural que puede ser transformado en bioplásticos con diversas aplicaciones inicialmente, se aprovecha un recurso local y abundante, lo que contribuye al desarrollo de la agricultura nacional y reduce la dependencia de materias primas importadas. Además, los bioplásticos derivados del almidón de yuca son biodegradables y compostables, lo que significa que se descomponen en condiciones naturales sin generar residuos contaminantes persistentes, En Ecuador diversos estudios han explorado las posibilidades de utilizar el almidón de yuca para la elaboración de bioplásticos, se han investigado diferentes procesos de extracción del almidón y su posterior transformación en bioplásticos con diversas propiedades mecánicas y físicas. Uno de los principales desafíos técnicos consiste en mejorar la resistencia al agua y su durabilidad, para ampliar su gama de aplicaciones. Igualmente se busca optimizar los procesos de producción para hacerlos más eficientes y competitivos en costos frente a los plásticos convencionales. Al aprovechar un recurso local y renovable, se puede reducir la contaminación por plásticos, generar empleo en el sector agrícola e industrial, y contribuir a la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: Bioplásticos, Almidón de yuca, *Manihot esculenta*, Biodegradable, Climático.

SUMMARY

Ecuador faces the challenge of pollution caused by conventional, petroleum-derived, and slow-degrading plastics. Given this, a promising alternative is the production of bioplastics from renewable sources, such as cassava starch (*Manihot esculenta*). Cassava, also known as manioc or casava, is a root rich in starch, a natural polymer that can be transformed into bioplastics with diverse applications. Initially, it leverages a local and abundant resource, contributing to the development of national agriculture and reducing dependence on imported raw materials. Furthermore, bioplastics derived from cassava starch are biodegradable and compostable, meaning they decompose under natural conditions without generating persistent polluting residues. In Ecuador, several studies have explored the possibilities of using cassava starch to produce bioplastics. Different processes have been investigated for extracting the starch and subsequently transforming it into bioplastics with diverse mechanical and physical properties. One of the main technical challenges is improving water resistance and durability to expand its range of applications. We also seek to optimize production processes to make them more efficient and cost-competitive compared to conventional plastics. By leveraging a local, renewable resource, we can reduce plastic pollution, generate employment in the agricultural and industrial sectors, and contribute to climate change mitigation.

Keywords: Bioplastics, Cassava starch, *Manihot esculenta*, Biodegradable, Climatic

INDICE GENERAL

RESUMEN	II
SUMMARY	III
INDICE GENERAL.....	IV
INDICE DE GRAFICOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	4
2. DESARROLLO	5
2.1. MARCO CONCEPTUAL	5
2.1.1 Contexto Ambiental y Social	5
2.1.2 Propiedades y Composición del Almidón de Yuca	6
2.1.3 Proceso de Elaboración de Bioplásticos a partir de Almidón de Yuca	7
2.1.4 Extracción del Almidón	7
2.1.5 Caracterizar los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca: ...	10
2.1.6 Analizar el impacto ambiental de los bioplásticos de yuca	11
2.1.7 Biodegradabilidad de los bioplásticos	12
2.1.8 Empresas Productoras de Bioplásticos en Ecuador	12
2.1.9 Identificación de Empresas	12
2.1.10 Impacto Ambiental y Económico	13
2.2 METODOLOGÍA	15
2.3 RESULTADOS	16
2.4 DISCUSION DE RESULTADOS	17
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	18
3.1 CONCLUSIÓN	18
3.2 RECOMENDACIONES.....	19
4 REFERENCIAS Y ANEXOS	20

4.1 REFERENCIA.....	20
4.2 ANEXOS	24

INDICE DE GRAFICOS

ILUSTRACIÓN 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ALMIDÓN	24
ILUSTRACIÓN 2. ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA	24
ILUSTRACIÓN 3. POTES BIODEGRADABLES	25
ILUSTRACIÓN 4. EMPAQUES BIODEGRADABLES.....	25
ILUSTRACIÓN 5. PRODUCTOS DE HIGIENE BIODEGRABLES	26
ILUSTRACIÓN 6. UTENSILIOS DESECHABLES	26
ILUSTRACIÓN 7. BOLSAS DE COMPRAS BIODEGRADABLES	27
ILUSTRACIÓN 8. EMPRESA PRODUCTOS PARAÍSO DEL ECUADOR.....	27
ILUSTRACIÓN 9. EMPRESA PRODUCTOS PARAÍSO DEL ECUADOR.....	28

1. CONTEXTUALIZACIÓN.

1.1 Introducción.

La yuca (*Manihot esculenta*), conocida también como mandioca o casava, es un cultivo de gran valor agrícola y económico en regiones tropicales como Ecuador. Su alto contenido de almidón lo convierte en una fuente renovable ideal para la fabricación de bioplásticos. En medio de la creciente preocupación por la contaminación generada por plásticos derivados del petróleo, el uso de materiales biodegradables provenientes de recursos locales como la yuca se perfila como una alternativa viable y ecológica (Vera-Cuaces et al., 2023).

El almidón extraído de la yuca posee características físico-químicas favorables para la producción de bioplásticos. Entre estas, destacan su alta viscosidad y capacidad de gelificación, lo que permite crear materiales moldeables y aplicables en sectores diversos, incluyendo el de envases y el alimentario. Dado que Ecuador cuenta con una amplia disponibilidad de este cultivo, se abre la posibilidad de establecer una industria nacional basada en el aprovechamiento de esta materia prima, reduciendo así la dependencia de insumos importados (Arias Jara et al., 2024).

El desarrollo de bioplásticos a partir de almidón de yuca no solo contribuye a una solución ecológica frente al problema del plástico, sino que también representa una oportunidad económica. Fomentar su producción fortalece la agricultura rural, genera empleo y mejora los ingresos de los productores, lo cual resulta esencial en un país donde la agricultura constituye una base económica importante (Arias Jara et al., 2024).

Por otra parte, la investigación científica y la cooperación entre universidades, centros de investigación y el sector privado son fundamentales para innovar en este campo. Ecuador tiene el potencial de liderar en la región la producción de bioplásticos sustentables, aprovechando fuentes renovables como el almidón de yuca, maíz o caña de azúcar. Esta alternativa al plástico tradicional no solo responde a la necesidad de materiales sostenibles, sino que también ayuda a reducir los efectos nocivos del plástico en el ambiente (Vera-Cuaces et al., 2023).

1.2 Planteamiento del problema

La creciente preocupación por la contaminación ambiental generada por los plásticos convencionales ha llevado a la búsqueda de alternativas sostenibles en diversas industrias. En Ecuador, el uso de plásticos derivados del petróleo está en aumento, contribuyendo a problemas de gestión de residuos y afectando el ecosistema local. A pesar de la riqueza agrícola del país, particularmente en cultivos como la yuca, hay una escasa investigación y desarrollo en la utilización de su almidón para la producción de bioplásticos (Gonzalez Samaniego, 2019).

El problema se agrava por la falta de conciencia y capacitación entre los agricultores y empresarios sobre las potencialidades del almidón de yuca. Muchos productores desconocen las propiedades del almidón y su aplicabilidad en la creación de bioplásticos, lo que impide que se desarrollen iniciativas productivas que puedan generar empleo y mejorar la economía rural (Vinces Pacheco, 2023).

Por lo tanto, es crucial investigar las barreras que impiden la implementación de bioplásticos a partir de almidón de yuca en Ecuador. Identificar estos problemas permitirá proponer soluciones efectivas que fomenten el desarrollo de la industria de bioplásticos (Ramirez Riera, 2022).

1.3. Justificación

La investigación sobre la utilización del almidón de yuca para la elaboración de bioplásticos en Ecuador es fundamental debido a la creciente crisis ambiental provocada por el uso indiscriminado de plásticos convencionales. La acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente representa un grave problema que afecta la biodiversidad y la salud pública. En este contexto, buscar alternativas sostenibles que reduzcan la dependencia de plásticos derivados del petróleo es una necesidad urgente.

Ecuador, como país con una rica biodiversidad y una economía agrícola predominante, posee un recurso valioso en el almidón de yuca, que puede ser transformado en bioplásticos biodegradables. Esta investigación no solo contribuirá a mitigar la contaminación plástica, sino que también ofrecerá una solución viable para el aprovechamiento de cultivos locales, beneficiando a los agricultores y promoviendo el desarrollo rural. Al fomentar la producción de bioplásticos, se puede generar empleo, mejorar los ingresos de las comunidades y fortalecer la economía local, contribuyendo a la sostenibilidad económica.

Además, el desarrollo de bioplásticos a partir de yuca posicionará a Ecuador como un referente en innovación sostenible en la región. La investigación proporcionará datos y conocimientos necesarios para impulsar políticas públicas que fomenten el uso de materiales biodegradables y la educación ambiental, creando conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas más responsables en la producción y consumo, es crucial para abordar problemas ambientales, económicos y sociales, promoviendo un futuro más sostenible para el país.

1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. Objetivo general

- Utilizar un proceso sostenible para la producción de bioplásticos a partir del almidón de yuca en Ecuador, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental.

1.4.2. Objetivos específicos

- Indagar las propiedades físicas y químicas del almidón de yuca para determinar su potencial en la elaboración de bioplásticos biodegradables, incluyendo la evaluación de su capacidad de gelificación y resistencia mecánica.
- Analizar las diversidades de bioplásticos a partir de yuca en las diversas empresas del Ecuador.
- Identificar las empresas productoras de bioplásticos en Ecuador, incluyendo sus características principales y su impacto ambiental y económico, como base para impulsar el desarrollo sostenible.

1.5. Línea de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. El enfoque principal de esta investigación es “Utilización del Almidón de yuca (*Manihot Esculenta*) para la elaboración y producción de diversos bioplásticos en el Ecuador”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de: Desarrollo, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de mitigación y adaptación al cambio climático.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1 Contexto Ambiental y Social

La contaminación por plásticos se ha convertido en una de las crisis ambientales más acuciantes del siglo XXI. A nivel mundial, se estima que ocho millones de toneladas de plástico ingresan a los océanos cada año, afectando a más de 700 especies marinas. En Ecuador, los manglares, ecosistemas clave para la protección costera y la biodiversidad, se ven especialmente afectados por la acumulación de plásticos, lo que impacta negativamente en la reproducción de especies como los camarones y los peces (Ortiz, 2023).

Además, la ingestión de micro plásticos por parte de aves marinas como los albatros ha alcanzado niveles alarmantes. Las consecuencias socioeconómicas de esta problemática son significativas, ya que afectan a sectores como el turismo y la pesca artesanal. Ante este panorama, los biomateriales, como los bioplásticos, surgen como una alternativa prometedora. Estos materiales, elaborados a partir de fuentes renovables, ofrecen una serie de ventajas frente a los plásticos convencionales: son biodegradables, reducen la dependencia de los combustibles fósiles y contribuyen a la economía circular (Abarca-Guerrero et al, 2021).

En este contexto, la yuca, un cultivo ancestral con gran importancia económica y cultural en Ecuador, se posiciona como un recurso estratégico para la producción de bioplásticos. Sus raíces almacenan grandes cantidades de almidón, una molécula compleja que puede ser transformada en polímeros biodegradables. Además de su abundancia y disponibilidad, la yuca presenta propiedades funcionales que la hacen adecuada para la producción de bioplásticos, como su alta viscosidad y capacidad de formar películas (Abarca-Guerrero et al, 2021).

Reconociendo el potencial de la yuca, tanto el sector público como el privado en Ecuador han impulsado iniciativas para promover su cultivo y procesamiento. Diversos proyectos de investigación se centran en el desarrollo de tecnologías eficientes para la extracción del almidón y la producción de bioplásticos a escala industrial.

2..1.2 Propiedades y Composición del Almidón de Yuca

El almidón de yuca, un polisacárido de reserva energética en las plantas, está compuesto principalmente por dos polímeros de glucosa: la amilosa y la amilopectina. La amilosa forma cadenas lineales de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -1,4, lo que le confiere una estructura helicoidal. Esta estructura lineal permite que las moléculas de amilosa se asocien formando micelas cristalinas, lo que influye en propiedades como la viscosidad y la retrogradación.

Por su parte, la amilopectin tiene una estructura ramificada, con cadenas cortas de glucosa unidas por enlaces α -1,4 y puntos de ramificación α -1,6. Esta estructura ramificada le confiere una mayor solubilidad y una menor tendencia a formar geles en comparación con la amilosa. La proporción relativa de amilosa y amilopectina en el almidón de yuca varía según la variedad y las condiciones de cultivo, y afecta significativamente sus propiedades funcionales (Cornejo Ramírez, y otros, 2018). Tal como vemos en **anexo 1**.

La estructura granular del almidón también es importante. Los gránulos de almidón son semicristalinos, con regiones amorfas y cristalinas. Las regiones cristalinas, compuestas principalmente por amilosa, confieren rigidez al gránulo, mientras que las regiones amorfas, ricas en amilopectina, son más sensibles al agua y al calor. Al calentar el almidón en agua, los gránulos se hinchan, se gelatinizan y liberan las moléculas de amilosa y amilopectina, lo que permite la formación de geles (Meneses, Corrales, & Valencia, 2018).

El almidón de yuca, principal componente de la raíz de esta planta, es un polisacárido compuesto por largas cadenas de glucosa unidas mediante enlaces glucosídicos. Su estructura molecular, altamente ordenada y cristalina, confiere propiedades únicas que lo hacen adecuado para diversas aplicaciones, incluyendo la producción de bioplásticos. La amilosa, una de las dos fracciones principales del almidón, forma cadenas lineales que pueden asociarse para formar estructuras cristalinas, mientras que la amilopectina, más ramificada, forma una estructura amorfa.

Esta combinación de estructuras cristalinas y amorfas influye en propiedades como la viscosidad, la solubilidad y la capacidad de gelatinización del almidón. La viscosidad, por ejemplo, es una propiedad crucial en la producción, ya que determina la facilidad de procesamiento y las características mecánicas del material final. La capacidad de gelatinización, que es la capacidad del almidón para formar un gel al ser calentado en agua, es fundamental para conferir rigidez y cohesión al bioplástico.

Además, la solubilidad del almidón en agua caliente permite su fácil mezcla con otros componentes, como plastificantes y aditivos, durante el proceso de producción. En resumen, la estructura molecular del almidón de yuca, junto con sus propiedades funcionales, lo convierten en una materia prima versátil y prometedora para la elaboración de bioplásticos biodegradables y sostenibles.

2.1.3 Proceso de Elaboración de Bioplásticos a partir de Almidón de Yuca

2.1.4 Extracción del Almidón

La obtención del almidón de yuca es el primer paso crucial en la producción de bioplásticos. Este proceso implica varias etapas. (Aristizábal, Sánchez, & Mejía Lorío, 2023). Tal como observamos en el **anexo 2**

Formulación y Mezcla

Una vez obtenido el almidón de yuca, se procede a formular la mezcla para la producción del bioplástico. Los componentes principales de esta mezcla son:

1. **Almidón de yuca:** Es el componente principal y aporta la estructura al bioplástico.
2. **Plastificante:** Generalmente se utiliza glicerina, sorbitol o plastificantes a base de aceites vegetales. El plastificante aumenta la flexibilidad y disminuye la fragilidad del bioplástico.
3. **Agua:** Actúa como solvente y ayuda a dispersar los componentes de la mezcla.
4. **Aditivos:** Pueden incluirse diversos aditivos para mejorar las propiedades del bioplástico, como agentes de reticulación, colorantes, estabilizantes, biocidas.

Factores que Afectan las Propiedades de los Bioplásticos

Las propiedades de los bioplásticos a base de almidón de yuca dependen de diversos factores, entre ellos:

- **Tipo de almidón:** La variedad de yuca y las condiciones de cultivo influyen en la composición del almidón y, por lo tanto, en las propiedades del bioplástico.
- **Proporción de los componentes:** La relación entre el almidón, el plastificante y los aditivos afecta la flexibilidad, resistencia y biodegradabilidad del material.
- **Condiciones de procesamiento:** La temperatura, la presión y el tiempo de residencia durante el moldeo y el secado influyen en las propiedades mecánicas y térmicas del bioplástico.

Desafíos y Perspectivas

La producción de bioplásticos a partir de almidón de yuca presenta desafíos como la mejora de sus propiedades mecánicas y térmicas para competir con los plásticos convencionales, así como la optimización de los procesos de producción para reducir costos. Sin embargo, las perspectivas son prometedoras, ya que estos materiales ofrecen una alternativa sostenible y biodegradable a los plásticos derivados del petróleo.

La investigación y el desarrollo en este campo se centran en:

- **Modificación del almidón:** Mediante procesos químicos o físicos se pueden modificar las propiedades del almidón para mejorar las características del bioplástico.
- **Desarrollo de nuevos plastificantes:** La búsqueda de plastificantes más eficientes y biodegradables es un área de investigación activa.
- **Combinación con otros polímeros:** La mezcla del almidón de yuca con otros polímeros biodegradables o sintéticos puede mejorar las propiedades mecánicas y térmicas del bioplástico.

Aplicaciones de los Bioplásticos de Yuca

Los bioplásticos derivados del almidón de yuca ofrecen una alternativa sostenible y renovable a los plásticos convencionales. Su versatilidad permite su aplicación en una amplia gama de sectores, desde la agricultura hasta el consumo diario.

Agricultura

- **Mulch:** Los bioplásticos de yuca se utilizan para crear mulch, una capa protectora que se coloca sobre el suelo para conservar la humedad, controlar las malezas y mejorar la calidad del suelo. Al ser biodegradables, se descomponen gradualmente, liberando nutrientes al suelo y enriqueciendo el sustrato para futuras plantaciones. Tal como se observará en el **anexo 3**
- **Macetas biodegradables:** Estas macetas ofrecen una solución ecológica para la horticultura. Al plantar, la maceta se descompone en el suelo, evitando la necesidad de retirarla y contribuyendo a la formación de humus.

Empaques

La industria de los empaques es una de las principales consumidoras de bioplásticos de yuca. Su capacidad de biodegradarse en un tiempo corto los convierte en una opción atractiva para reducir la contaminación por plásticos.

- **Empaques para alimentos:** Desde envases para frutas y verduras hasta bandejas para carnes y pescados, los bioplásticos de yuca ofrecen una alternativa segura y sostenible a los plásticos convencionales. Tal cual como veremos en **anexo 4**
- **Productos de higiene:** Estos bioplásticos se utilizan en la fabricación de empaques para productos de higiene personal como jabones, champús y cosméticos. Son suaves para la piel y se descomponen fácilmente al final de su vida útil. Tal cual como se observará en **anexo 5**
- **Utensilios desechables:** Cuchillos, tenedores, cucharas y platos fabricados con bioplásticos de yuca son una alternativa sostenible a los utensilios de plástico convencionales. Tal cual como veremos en **anexo 6**

- **Bolsas de compras:** Las bolsas de compras biodegradables elaboradas con almidón de yuca son una opción ecológica y resistente para transportar productos. Ver en **anexo 7**

2.1.5 Caracterizar los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca:

Los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca presentan un conjunto de características que los diferencian de los plásticos convencionales derivados del petróleo. Estas características están influenciadas por diversos factores, como la variedad de yuca utilizada, el grado de purificación del almidón, los aditivos empleados y las condiciones de procesamiento (Arias Jara et al, 2024).

Una de las principales características es su biodegradabilidad. Al ser compuestos orgánicos, pueden ser descompuestos por microorganismos en condiciones ambientales adecuadas, lo que reduce significativamente su impacto ambiental. Sin embargo, la velocidad y el grado de biodegradación pueden variar dependiendo de factores como la composición del bioplástico, el tamaño de partícula y las condiciones ambientales (Ramírez Riera, 2022).

En cuanto a sus propiedades mecánicas, los bioplásticos de almidón de yuca suelen presentar una menor resistencia a la tracción y al impacto en comparación con los plásticos convencionales. No obstante, a través de la adición de plastificantes y otros aditivos, es posible mejorar estas propiedades y adaptar el material a diferentes aplicaciones. La flexibilidad, la rigidez y la resistencia a la temperatura también son características que pueden ser moduladas mediante la formulación del bioplástico. Esta propiedad puede ser tanto una ventaja como una desventaja, dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en el caso de envases alimentarios, una alta permeabilidad al vapor de agua puede acortar la vida útil del producto. Sin embargo, en otras aplicaciones, como la agricultura, esta propiedad puede ser deseable para permitir el intercambio de gases (Ramírez Riera, 2022).

La compatibilidad con otros materiales es otra característica a considerar, los bioplásticos de almidón de yuca pueden ser combinados con otros materiales, como fibras naturales o biopolímeros, para mejorar sus propiedades y ampliar su rango de aplicaciones. Además, su biocompatibilidad los hace adecuados para aplicaciones en el sector médico y farmacéutico (Vera-Cuaces et al, 2023).

2.1.6 Analizar el impacto ambiental de los bioplásticos de yuca

Los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca presentan un perfil ambiental significativamente más favorable en comparación con los plásticos convencionales derivados del petróleo. Su producción se basa en recursos renovables, lo que reduce la dependencia de los combustibles fósiles y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la extracción y procesamiento de petróleo.

Uno de los principales beneficios ambientales de los bioplásticos de yuca es su biodegradabilidad. En condiciones ambientales adecuadas, estos materiales pueden ser descompuestos por microorganismos en compuestos orgánicos simples, como agua y dióxido de carbono, reduciendo así la acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente. Sin embargo, la velocidad de biodegradación puede variar dependiendo de factores como la composición del bioplástico, el tamaño de partícula y las condiciones ambientales.

Otro aspecto positivo es que la producción de bioplásticos de yuca puede contribuir a la sostenibilidad agrícola. Al utilizar la yuca como materia prima, se promueve el cultivo de esta planta, lo que puede generar beneficios económicos para los agricultores y contribuir a la seguridad alimentaria. Además, la yuca es una planta resistente a la sequía y puede cultivarse en suelos marginales, lo que la convierte en un cultivo sostenible.

Sin embargo, es importante considerar que la producción y el uso de bioplásticos también pueden generar impactos ambientales negativos. Por ejemplo, la producción a gran escala de yuca puede requerir grandes cantidades de agua y fertilizantes, lo que puede tener un impacto en los recursos hídricos y en la calidad del suelo. Además, el transporte y el procesamiento de los bioplásticos también generan emisiones de gases de efecto invernadero.

2.1.7 Biodegradabilidad de los bioplásticos

La biodegradabilidad de los bioplásticos, es decir, su capacidad de descomponerse en sustancias naturales por acción de microorganismos, es una de sus principales ventajas en comparación con los plásticos convencionales, esta propiedad no es uniforme y depende de una serie de factores que influyen en la velocidad y el modo de descomposición.

Entre los factores que afectan la biodegradabilidad de los bioplásticos se encuentran:

- **Composición química:** La estructura molecular del bioplástico determina su susceptibilidad a la degradación microbiana. Bioplásticos basados en almidón, celulosa o polihidroxialcanoatos (PHAs) suelen ser más biodegradables que aquellos que contienen aditivos o plastificantes sintéticos.
- **Condiciones ambientales:** Factores como la temperatura, humedad, exposición a la luz solar y la disponibilidad de oxígeno influyen en la actividad de los microorganismos y, por tanto, en la velocidad de biodegradación.
- **Tamaño de partícula:** La superficie de contacto entre el bioplástico y los microorganismos es un factor crítico.
- **Aditivos y plastificantes:** La presencia de aditivos y plastificantes puede afectar la biodegradabilidad de los bioplásticos, ya que algunos de estos compuestos pueden inhibir la actividad microbiana o dificultar la penetración de los microorganismos en el material

2.1.8 Empresas Productoras de Bioplásticos en Ecuador

La creciente conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad ha impulsado el desarrollo de la industria de bioplásticos en Ecuador. Varias empresas ecuatorianas han incursionado en la producción de estos materiales biodegradables, ofreciendo alternativas más amigables con el medio ambiente a los plásticos convencionales (Polystar, 2024).

2.1.9 Identificación de Empresas

Si bien la industria de bioplásticos en Ecuador aún se encuentra en una etapa de desarrollo, según (Polystar, 2024) algunas empresas se destacan por su

compromiso con la sostenibilidad y la innovación:

- **Productos Paraíso del Ecuador:** Pioneros en la fabricación de empaques flexibles eco-amigables, han integrado tecnologías de reciclaje en sus procesos productivos. Ver en **anexo 8**
- **FAPLACA S.A.:** Fabricantes de empaques flexibles, bolsas plásticas y láminas para el sector comercial e industrial, con un enfoque en productos 100% eco-amigables. Ver en **anexo 9**
- **Otras empresas:** Aunque en menor escala, existen otras empresas ecuatorianas que están explorando la producción de bioplásticos a partir de diferentes fuentes de biomasa, como el bambú o el bagazo de caña de azúcar.

2.1.10 Impacto Ambiental y Económico

La producción de bioplásticos a partir de recursos renovables como la yuca ofrece una serie de beneficios ambientales:

- **Reducción de la huella de carbono:** Al utilizar materias primas renovables, se disminuye la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de plásticos convencionales.
- **Biodegradabilidad:** Los bioplásticos de yuca pueden descomponerse en condiciones ambientales adecuadas, reduciendo la acumulación de residuos plásticos en el medio ambiente y minimizando la contaminación de suelos y océanos.
- **Menor consumo de energía:** La producción de bioplásticos generalmente requiere menos energía que la producción de plásticos convencionales, lo que contribuye a la eficiencia energética.

La producción de bioplásticos en Ecuador puede generar diversos beneficios económicos:

- **Generación de empleo:** La creación de nuevas empresas y la expansión de las existentes pueden generar empleo en diferentes sectores, desde la

agricultura hasta la manufactura.

- **Diversificación productiva:** La producción de bioplásticos puede diversificar la matriz productiva ecuatoriana, reduciendo la dependencia de las exportaciones tradicionales.
- **Desarrollo de nuevos mercados:** Los bioplásticos ecuatorianos pueden encontrar nuevos mercados tanto a nivel nacional como internacional, impulsando las exportaciones y generando divisas.
- **Valor agregado a la producción agrícola:** La utilización de la yuca como materia prima para la producción de bioplásticos puede agregar valor a este cultivo, mejorando la rentabilidad de los agricultores.

2.2 Metodología

El presente proyecto de investigación aborda la problemática de la producción y comercialización de bioplásticos a base de almidón de yuca (*Manihot Esculenta*) en Ecuador. El objetivo es comprender y mejorar los procesos de producción, así como evaluar el potencial de estos para sustituir a los plásticos convencionales en diferentes aplicaciones. Para ello, se realizará una revisión de literatura científica y técnica, que incluye artículos académicos, investigaciones previas, normativas locales e internacionales sobre bioplásticos y el uso de almidón de yuca en aplicaciones industriales. Para lograr este propósito, se empleará un enfoque metodológico que combina métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión completa y precisa de la situación actual y proponer soluciones efectivas para impulsar el desarrollo de esta industria en el país.

2.3 Resultados

Los resultados evidenciaron una percepción positiva entre los productores de yuca respecto al potencial de los bioplásticos, aunque señalaron la necesidad de contar con infraestructura y tecnología más especializada para optimizar los procesos de producción.

Los fabricantes, por su parte, destacaron la importancia de desarrollar formulaciones más robustas que garanticen propiedades mecánicas competitivas con los plásticos convencionales, los consumidores mostraron una creciente conciencia ambiental y una disposición a pagar un precio superior por productos biodegradables, pero demandaron una mayor oferta de productos y una comunicación más clara sobre los beneficios ambientales de estos materiales, lo que representa una oportunidad para el desarrollo de una demanda sostenible.

Los productores y fabricantes coincidieron en la necesidad de intensificar la investigación y el desarrollo para optimizar los procesos de producción, mejorar las propiedades de los materiales y reducir los costos. Mientras tanto los consumidores, por su parte, mostraron una demanda creciente por productos sostenibles, lo que impulsa la necesidad de desarrollar una oferta diversificada de productos biodegradables con propiedades y aplicaciones específicas.

2.4 Discusion de resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación según Ramirez Riera, (2022) revelan un panorama prometedor para el desarrollo de bioplásticos a base de almidón de yuca en Ecuador. La percepción positiva de los productores y la creciente demanda de productos sostenibles por parte de los consumidores evidencian un mercado potencial. Sin embargo, se identificaron desafíos significativos, como la necesidad de optimizar los procesos de producción para lograr propiedades mecánicas y de barrera adecuadas que compitan con los plásticos convencionales.

Además, la falta de infraestructura especializada y la escasez de investigación aplicada son otros obstáculos a superar, sin embargo Rodriguez Rashwan, y otros, (2024), dice que resultados de las investigaciones revelan el potencial de los bioplásticos de yuca para diversas aplicaciones, especialmente en aquellos sectores donde se prioriza la sostenibilidad y la biodegradabilidad (Ruiz Martinez, 2023) dice que estos hallazgos sugieren que, con una inversión adecuada en investigación y desarrollo, así como el apoyo de políticas públicas que promuevan la producción y el consumo de bioplásticos, es posible desarrollar una industria nacional competitiva y sostenible.

3. Conclusiones y recomendaciones

3.1 Conclusión

La optimización de los procesos de producción, la búsqueda de aditivos que mejoren las propiedades mecánicas y la garantía de una cadena de suministro estable de almidón de yuca de calidad son aspectos fundamentales a considerar. Asimismo, es crucial desarrollar una infraestructura adecuada para la producción a gran escala y fomentar la investigación en nuevas aplicaciones de los bioplásticos.

Desde el punto de vista del mercado, los resultados muestran una creciente demanda por productos sostenibles y biodegradables, lo que representa una oportunidad para el desarrollo de la industria de bioplásticos en Ecuador.

Los resultados obtenidos en esta investigación demuestran el potencial del almidón de yuca como materia prima para la producción de bioplásticos en Ecuador. A través de los análisis realizados, se ha evidenciado que los bioplásticos elaborados a partir de este recurso natural presentan propiedades mecánicas y de biodegradabilidad que los hacen una alternativa viable a los plásticos convencionales derivados del petróleo.

Para finalizar, los bioplásticos a base de almidón de yuca representan una oportunidad para diversificar la matriz productiva ecuatoriana, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y contribuir a la mitigación del cambio climático.

3.2 Recomendaciones

A continuación, se mencionan las siguientes recomendaciones.

Invertir en investigación y desarrollo para optimizar los procesos de producción de bioplásticos a base de almidón de yuca y desarrollar productos con propiedades mecánicas y de barrera adecuadas para competir con los plásticos convencionales. Según, la modificación química del almidón puede mejorar significativamente las propiedades de los bioplásticos.

Según, la modificación química del almidón puede mejorar significativamente las propiedades de los bioplásticos. Además, es necesario explorar la incorporación de aditivos biodegradables para extender su vida útil y ampliar sus aplicaciones.

Garantizar la disponibilidad de materia prima de calidad y a un costo competitivo, es necesario establecer alianzas estratégicas con los productores de yuca y desarrollar programas de capacitación para mejorar las prácticas agrícolas fomentando la investigación en nuevas aplicaciones de los bioplásticos de yuca, como en el sector de envasado de alimentos, la construcción y la agricultura.

Promover la colaboración entre instituciones académicas, centros de investigación y empresas para desarrollar tecnologías innovadoras y reducir los costos de producción luego estableciendo políticas públicas que promuevan la producción y el consumo de bioplásticos, como incentivos fiscales, programas de certificación y normas técnicas.

4 Referencias y anexos

4.1 Referencia

Álava, L. (2 de mayo de 2017). *Caracterización física y microbiológica del almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Obtenido de <http://www.ucol.mx/revaia/pdf/2017/mayo/2.pdf>

Arellano, J. L. (23 de junio de 2022). Zonificación edafoclimática de la yuca (manihot esculenta crantz) para la producción sostenible de bioproductos. Obtenido de

<https://revistanortegrande.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/18347>

Arias Osorio, D. (02 de junio de 2022). *Diseño y Elaboración de Un Biopolímero A Partir de Yuca (Manihot Esculenta)*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/579204814/Diseno-y-Elaboracion-de-Un-Biopolimero-a-Partir-de-Yuca-Manihot-Esculenta>

Aristizábal, J., Sánchez, T., & Mejía Lorío, D. (13 de agosto de 2023). *Guía Técnica para la producción y análisis de almidón de yuca*. Obtenido de Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

Astorga Pérez, A., Ulate-Naranjo, K., & Abarca-Guerrero, L. (05 de febrero de 2021). *Presencia de microplásticos en especies marinas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6998/699874403010/html/>

Bejarano, N. (02 de enero de 2014). EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE UN BIOPLÁSTICO ELABORADO CON HARINA DE YUCA GELATINIZADA. Obtenido de <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/ee7eb8c5-154e-415a-afbe-d2c07697ae1e/content>

Betancourt Chamorro, K. (05 de febrero de 2024). *Creación de bioplástico a partir del almidón de la cáscara de plátano a escala laboratorio*. ¿Obtenido de <https://repositorio.umariana.edu.co/bitstream/handle/20.500.14112/28269/>

Informe_final Creacion_de_Bioplastico_a_partir_del_almidon_de_la_casc
a_de_platano%5B1%5D.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Blanco, J. (27 de diciembre de 2024). *Elaboración de una película plástica biodegradable a partir del almidón de yuca y pectina*. Obtenido de <https://www.fitecvirtual.org/ojs-3.0.1/index.php/clic/article/view/252>

Carrillo-Anchundia, B. J., Chávez-Moreira, W. L., & Vera-Cuaces, A. F. (10 de marzo de 2023). Obtención de polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca. Obtenido de <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.1.2023.2680-2700>

Chimbo Encalada, M. V. (21 de Julio de 2021). Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuos de yuca (Manihot esculenta). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14783>

Cornejo Ramírez, Y. I., Martínez Cruz, O., Del Toro Sánchez, C. L., Wong Corral, F. J., Borboa Flores, J., & Cinco-Moroyoqui, F. J. (24 de agosto de 2018). Características Estructurales de Almidones y sus Propiedades Funcionales. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>

Cornejo Reyes, G. (25 de Julio de 2020). Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable. Obtenido de <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9824>

Cornejo Reyes, G. V. (17 de marzo de 2020). Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable. Obtenido de <https://revistas.unanleon.edu.ni/index.php/REBICAMCL/article/view/300/397>

Gonzalez Samaniego, J. M. (27 de junio de 2019). *Biopolímeros: una alternativa a los plásticos derivados del petróleo*. Obtenido de <https://revistagestion.ec/sociedad-analisis/biopolimeros-una-alternativa-los-plasticos-derivados-del-petroleo/>

- Guerrero, V., & Negrete-Bolagay, D. (10 de Septiembre de 2024). *Oportunidades y desafíos en la aplicación de bioplásticos: perspectivas desde la formulación, el procesamiento y el rendimiento*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/polym16182561>
- Meneses, J., Corrales, C., & Valencia, M. (10 de Julio de 2018). *Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006
- Ortiz, N. (30 de junio de 2023). *La yuca tiene alto potencial para la producción de bioplásticos*. Obtenido de <https://www.sei.org/about-sei/press-room/yuca-potencial-bioplasticos-monica-trujilo-france24/>
- Paredes Vega, R. A. (10 de septiembre de 2020). Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/12438/2/IV_FIN_108_TI_Paredes_Vega_2020.pdf
- Polystar. (02 de Diciembre de 2024). *Empresas Ecuatorianas Liderando el Camino hacia la Sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.polystarco.com/es/blog-detail/empresas-ecuatorianas-liderando-el-camino-hacia-la-sostenibilidad/>
- Quintanilla Villacis, M. P. (24 de Agosto de 2024). *Producción de bioplásticos sostenibles a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca (Manihot esculenta)*. Obtenido de [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)819-836](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)819-836)
- Quintanilla Villacis, M. P., Rosado Zambrano, G. X., & Arias Jara, M. A. (12 de Agosto de 2024). *Producción de bioplásticos sostenibles a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca (Manihot esculenta)*. Obtenido de [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)819-836](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)819-836)
- Ramirez Riera, M. A. (26 de Septiembre de 2022). *Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>

Rodriguez Rashwan, A. K., Younis, H. A., Abdelshafy, A. M., Osman, A. I., Eletmany, M. R., & Hafouda, M. A. (13 de Junio de 2024). *Extracción, modificación y aplicaciones ecológicas del almidón vegetal: una revisión*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-024-01753-z>

Ruiz Martinez, A. (5 de Agosto de 2023). *Obtención de un biopolímero a partir de desechos de cáscara de papa y yuca*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8ef696ae-9675-4f8b-a8f3-b1abf4cb625f/content>

Vinces Pacheco, H. L. (29 de Junio de 2023). *Emprendimiento Agroindustrial Sostenible de la Yuca para el Consumo humano*. Obtenido de <https://doi.org/10.37117/s.v1i22.874>

Virginia, C. (01 de 2021 de Agosto). *Almidones de Cáscara de Yuca (Manihot Esculenta) y Papa (Solanum Tuberosum) para Producción de Bioplásticos: Propiedades Mecánicas y Efecto Gelatinizante*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/356925879_Almidones_de_Cascara_de_Yuca_Manihot_Esculenta_y_Papa_Solanum_Tuberosum_para_Produccion_de_Bioplasticos_Propiedades_Mecanicas_y_Efecto_Gelatinizante

4.2 Anexos

Ilustración 1. Composición Química del Almidón

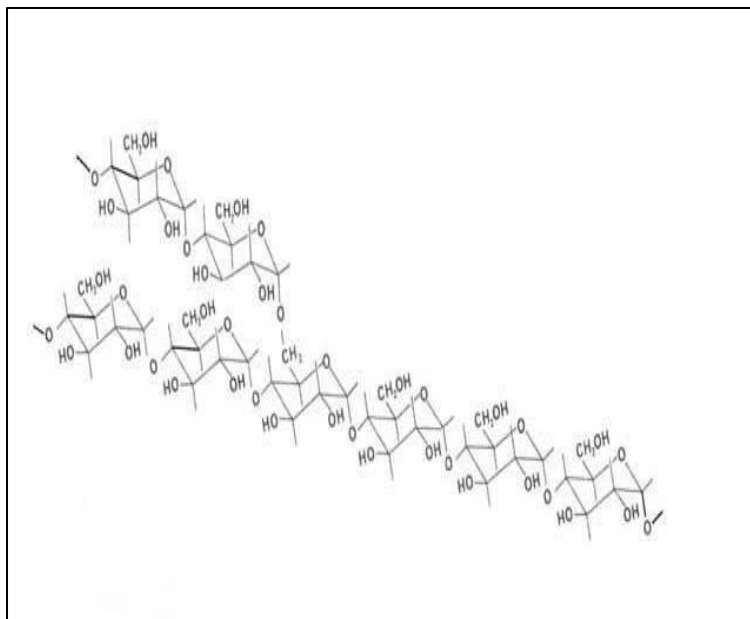


Ilustración 2. Elaboración de Bioplásticos a partir de Almidón de Yuca



Se seleccionan raíces de yuca maduras y sanas. Posteriormente, se lavan y pelan para eliminar impurezas y la cáscara.

Las raíces de yuca peladas se someten a un proceso de rallado o molido para obtener una pulpa fina.

La pulpa se mezcla con agua y se agita vigorosamente para liberar las partículas de almidón. Luego, la mezcla se deja reposar para que el almidón se sedimente en el fondo del recipiente.

El almidón sedimentado se lava con agua para eliminar impurezas y luego se seca al aire libre o en secadores industriales.

Ilustración 3. Potes biodegradables



Ilustración 4. Empaques Biodegradables



Ilustración 5. Productos de higiene Biodegradables



Ilustración 6. Utensilios Desechables



Ilustración 7. Bolsas de Compras Biodegradables



Ilustración 8. Empresa Productos Paraíso del Ecuador



Ilustración 9. Empresa Productos Paraíso del Ecuador

