



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA  
Y VETERINARIA**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,  
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias  
Agropecuarias, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

“Revisión de diferentes partes vegetales del Banano (*Musa AAA*) como alternativa para  
la aplicación de productos biodegradables en el Ecuador”

**AUTORA:**

Liseth Tatiana Carbo Pincay

**TUTOR:**

Mg. Ia. Yary Ruiz Parrales MAE.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

## RESUMEN

En Ecuador existen diferentes opiniones sobre la viabilidad de utilizar subproductos vegetales provenientes del banano como materia prima para innovar nuevos productos, agregar valor a los productos existentes y en particular, reemplazar aquellos que provienen de fuentes no renovables. El objetivo planteado es identificar productos a partir de partes vegetales del banano dando como finalidad la aplicación en productos biodegradables. Este proyecto se ha desarrollado recopilando todo tipo de información de los últimos años a través de la investigación y análisis de diversos artículos científicos, libros y revistas disponibles en diversas fuentes. En este contexto, se llevará a cabo una revisión de los beneficios, aplicaciones usos del raquis, pseudotallo, hojas determinando así cuál de ellos son los más aprovechables, destacando su potencial aplicación en los bioplásticos del pseudotallo por su contenido de almidón, celulosa, hemicelulosa y lignina estos componentes naturales proporciona al bioplástico varias propiedades que lo hacen adecuado para una gran variedad de aplicaciones como utensilios desechables, envases de alimentos, bolsas de compras. Por otro lado, la pasta de papel maché a partir de la hoja del banano se destaca por su contenido fibroso, celulósico y flexible, lo que lo hace apto para la obtención del mismo, siendo su disponibilidad y resistencia una opción popular en la creación de una variedad de objetos decorativos la hoja de banano contiene una extensa variedad de componentes que pueden ser aprovechados para diversos fines en productos biodegradables.

**Palabras claves:** banano, residuos vegetales, biodegradables, aprovechamiento.

## SUMMARY

In Ecuador, there are different opinions about the viability of using plant by-products from bananas as raw materials to innovate new products, add value to existing products and, in particular, replace those that come from non-renewable sources. The stated objective is to identify products from plant parts of bananas, with the purpose of applying them in biodegradable products. This project has been developed by collecting all types of information from recent years through research and analysis of various scientific articles, books and magazines available in various sources. In this context, a review of the benefits, applications and uses of the rachis, pseudostem, and leaves will be carried out, thus determining which of them are the most usable, highlighting their potential application in pseudostem bioplastics due to their content of starch, cellulose, hemicellulose. and lignin, these natural components provide the bioplastic with several properties that make it suitable for a wide variety of applications such as disposable utensils, food packaging, shopping bags. On the other hand, paper mache pulp from banana leaves stands out for its fibrous, cellulosic and flexible content, which makes it suitable for obtaining it, its availability and resistance being a popular option in the creation of A variety of decorative objects The banana leaf contains a wide variety of components that can be used for various purposes in biodegradable products.

**Keywords:** banana, plant waste, biodegradable, use.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	II
SUMMARY .....	III
1. CONTEXTUALIZACIÓN .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	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 Industria bananera en ecuador.....	5
2.1.2 Evolución de la industria bananera en el Ecuador .....	5
2.1.3 Importancia del banano dentro de la producción ecuatoriana .....	6
2.1.4 Materiales Biodegradables .....	6
2.1.5 Historia de los materiales biodegradables.....	6

2.1.6	Residuos vegetales.....	7
2.1.7	Banano.....	7
2.1.8	Características de las partes vegetales del banano.....	7
2.1.9	Composición de la planta de banano .....	8
2.1.10	Principales residuos de las partes vegetales del banano .....	8
2.1.11	Componentes químicos en las partes vegetales del banano y su potencial producción en productos biodegradables .....	9
2.1.12	Partes vegetales de la planta de banano, sus beneficios, aplicaciones y usos.....	9
2.1.13	Proceso de preparación de bioplástico a base de pseudotallo .....	11
2.1.14	Proceso de preparación de la pasta de papel mache .....	11
2.1.15	Aplicaciones del residuo de Banano en productos biodegradables.....	12
2.2	MARCO METODOLÓGICO .....	13
2.2.1	Tipo de investigación.....	13
3.	RESULTADOS .....	14
3.1	Pseudotallo .....	14
3.2	Raquis.....	14
3.3	Hojas.....	15
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	16

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	17
5.1	Conclusión .....	17
5.2	Recomendaciones.....	18
6.	REFERENCIAS Y ANEXOS .....	20
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
	ANEXOS .....	27

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la planta de banano.....	8
Tabla 2. Partes vegetales de la planta de banano, sus beneficios, aplicaciones y usos. .....	11

## 1. CONTEXTUALIZACIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El Banano es una fruta tropical popular en todo el mundo por su valor nutricional, calidad y resistencia al transporte de larga distancia; Demanda que permite al Ecuador posicionarse como líder en producción y exportación, representando más del 36% de la oferta global a los mercados de países de altos ingresos como Rusia, Estados Unidos, Italia y Alemania (FAO, 2019).

La producción de banano en el Ecuador es considerada de gran importancia económica en el sector agrícola, debido a que es una de las principales fuentes de empleo tanto en la etapa de producción como en la de comercialización del fruto. Según el Banco Central del Ecuador (BCE), el sector bananero representa el 2% del producto interno bruto (PIB) y alrededor del 35% del PIB agrícola, lo que lo convierte en un factor clave en la sostenibilidad de la economía del Ecuador (Villanueva et al., 2020).

Las principales provincias productoras de banano del Ecuador son Guayas, El Oro y Los Ríos, donde se concentra el 34%, 41% y 16% de las principales industrias del país. El Oro es una provincia, una zona donde una gran proporción de los pequeños productores bananeros del país (42%) y los magnates de ese sector se ubican principalmente en Guayas y Los Ríos (Acaro Chamba & Córdova Montoya, 2021).

Los residuos han existido siempre, pero desde el mismo momento en que comienzan a acumularse en el medio ambiente ya sea por la velocidad con la que se generan, como por la naturaleza química de estos, hace que se dificulte su descomposición e incorporación a los ciclos naturales, comenzando a ser un problema ambiental (García Batista et al., 2020).

Durante su ciclo productivo, las plantaciones de banano generan grandes cantidades de residuos sólidos resultantes del proceso de cultivo y cosecha, especialmente el Raquis, los Pseudotallos y las Hojas. De la cosecha del fruto del plátano solo se aprovecha entre el 20 % y el 30 % de la planta. El 79% de los pseudotallos, el 65 % del raquis son dejados en las parcelaciones agrícolas o tratados como residuos sólidos urbanos (Gómez Soto et al., 2021).

Debido a la gran producción y exportación de plátanos, los residuos resultantes no tienen valor económico comercial para el sector agrícola. Por lo tanto, se ve la necesidad de encontrar nuevas formas de utilizar estos residuos con el objetivo de eliminar los impactos ambientales, problemáticas y socioeconómicas de un sector generalmente olvidado en nuestro país, el Ecuador (Kumar et al., 2023).

Los productos biodegradables han emergido como una alternativa crucial para reducir el impacto negativo de los desechos en nuestro entorno. Estos productos, diseñados para descomponerse de manera natural y segura, ofrecen una solución sostenible a los problemas de contaminación y acumulación de residuos. Desde envases compostables hasta utensilios de cocina y productos de limpieza, la creciente demanda de opciones biodegradables refleja un cambio hacia prácticas más respetuosas con el medio ambiente (Maraveas, 2020).

Por lo tanto, el objetivo de esta propuesta de investigación es identificar productos alternativos para el aprovechamiento de los residuos de la materia vegetal generada en la industria del banano, que permitan generar cambios, mitigar el impacto ambiental, aumentar los ingresos económicos, aprovechar los subproductos y promover la inclusión sostenible y renovable en procesos de transformación de las partes vegetales del banano (*Musa AAA*) destacando como una fuente potencialmente valiosa para la producción de productos biodegradables en el Ecuador.

La industria bananera en Ecuador genera una gran cantidad de residuos principalmente del banano (*Musa AAA*), lo que genera problemas ambientales y de gestión. En este contexto, se convierte en una alternativa prometedora explorar estos residuos como materia prima para la producción de productos biodegradables.

Es muy conocida la generación de residuos en el proceso de producción agrícola, pero en este caso particular se trata de plantaciones bananeras, donde la implementación del proceso productivo produce residuos durante todo el ciclo productivo, el cual proviene de los procesos de mantenimiento y cosecha, destacando Raquis, Tallos y Hojas, al aprovechar estos residuos nos permiten reducir la carga contaminante de estas plantaciones realizando acciones que conduzcan a la sostenibilidad. (García Batista et al., 2020).

Los subproductos del tallo de plátano tienen valores de pH entre 4.86 y 5.61, porcentaje de humedad entre 8.30 y 8.50% y porcentaje de materia orgánica entre

80.17 y 83.51%. El banano y sus desechos pueden ser aprovechados casi en su totalidad, excepto por las raíces e hijuelos, alrededor de un 30-40% de la producción total de banano (García et al., 2019).

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El consumo mundial anual de los plásticos sintéticos provenientes del petróleo es mayor a 200 millones de toneladas, con un incremento anual de aproximadamente el 5%. Su alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en unos residuos difíciles de eliminar convirtiéndose en un problema ambiental.

La dependencia de materiales plásticos en la producción de envases, utensilios, bolsas de compras han generado la acumulación de desechos plásticos y la contaminación ambiental.

En este contexto, se busca reducir la cantidad de productos descartables y empaques plásticos para ello utilizando productos biodegradables, además surge la necesidad de buscar soluciones innovadoras y sostenibles que permitan aprovechar los residuos vegetales del banano para la obtención de productos biodegradables, reduciendo así la presión sobre los recursos naturales y promoviendo la transición hacia una economía circular verde.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación se justifica en base a la búsqueda de encontrar alternativas innovadoras y sustentables para la obtención de productos biodegradables a partir de las partes vegetales del banano. La industria bananera es una de las principales fuentes de ingreso del país, la cual enfrenta desafíos para gestionar eficientemente los residuos generados durante la línea de producción, lo que constituye una carga ambiental importante si no se manejan de manera adecuadamente.

La disponibilidad y uso de los productos biodegradables que se descomponen de manera natural en el medio ambiente a diferencia de los plásticos que pueden persistir durante décadas al descomponerse los productos biodegradables reducen la cantidad significativa de desechos plásticos que terminan en vertederos, océanos y diversos entornos naturales, siendo así que al optar por estos productos contribuiría a la reducción, consumo y demanda excesiva de materiales plásticos.

Por otro lado la aplicación de productos biodegradables también responderá a la creciente demanda de productos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, esto podría abrir nuevas oportunidades de negocios para productores y emprendedores ecuatorianos fortaleciendo así la competitividad del país en el mercado global, fomentando la innovación y emprendimiento (Juca et al., 2021).

## **1.4 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Identificar productos a partir de partes vegetales del banano (*Musa AAA*) como materia prima para la elaboración de productos biodegradables en el Ecuador.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Detallar los materiales aprovechables a partir de partes vegetales del banano (*Musa AAA*).
- Identificar aplicaciones y procedimiento específicos para la elaboración de bioplásticos y pasta de papel maché en productos biodegradables.

## **1.5 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**Dominio de la Universidad Técnica de Babahoyo:** Recursos Agropecuarios, Ambiente, Biodiversidad y Biotecnología.

**Línea de la Facultad de Ciencias Agropecuarias:** Desarrollo Agropecuaria, Agroindustrial sostenible y sustentable.

**Sub-Línea Carrera de Agroindustria:** Procesos Agroindustriales.

En el actual proyecto de investigación es: Revisión de diferentes partes vegetales del Banano (*Musa AAA*) como alternativa para la aplicación de productos biodegradables en el Ecuador, esta temática se conecta con la Sublínea de procesos agroindustriales porque se busca aprovechar estos residuos para dar como finalidad en la obtención de productos biodegradables como se destacan los bioplásticos y pasta de papel maché, dando a conocer sus aplicaciones, usos y procesos convirtiéndose en una opción atractiva para diversas industrias.

## **2 DESARROLLO**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1.1 Industria bananera en Ecuador**

Ecuador es el primer exportador mundial de banano, posee una mayor cantidad de hectáreas sembradas con fines de exportación, se puede constatar que el país contiene una menor cantidad de productividad en relación a los otros países como Colombia, Costa Rica, Guatemala y Filipinas, pero sin embargo por la cantidad de hectáreas cultivadas es el mayor productor en el mundo (Galarza Suárez, 2019).

Las principales provincias ecuatorianas productoras de banano son, Guayas, El Oro y Los Ríos donde se concentran respectivamente el 34%, 41% y 16% de los sectores industriales más importantes del país, siendo El Oro la provincia, la región donde se ubican gran cantidad de pequeños productores bananeros país (42%), y los grandes empresarios del sector se ubican mayoritariamente en Guayas y Los Ríos (Acaro Chamba & Córdova Montoya, 2021).

#### **2.1.2 Evolución de la industria bananera en el Ecuador**

La industria bananera en Ecuador ha experimentado un desarrollo significativo a lo largo de los años. Ecuador es uno de los mayores productores y exportadores del banano en el mundo y tiene un lugar importante en el mercado internacional. La historia de la industria bananera en Ecuador comienza en el siglo XIX, cuando se introdujo el cultivo del banano en la región. Durante el siglo XIX, ha experimentado un rápido crecimiento, impulsada por la creciente demanda internacional de bananos (Osorio, 2019).

Además, la expansión de esta industria fue facilitada por factores de clima favorable, infraestructura de transporte y mano de obra. Sin embargo, la industria bananera de Ecuador ha demostrado su capacidad de adaptación y recuperación, convirtiéndose en uno de los principales actores del mercado internacional del banano (Chavez & Principe, 2019).

### **2.1.3 Importancia del banano dentro de la producción ecuatoriana**

El banano es uno de los productos económicos y sociales más importantes que se producen en el Ecuador. La importancia del banano y sus derivados en la producción del Ecuador se debe a varios factores que hacen que este producto sea muy importante para la economía del país (Borja, 2021).

La importancia del banano en la producción ecuatoriana es incuestionable. Este producto no sólo es vital para la economía nacional, sino que también desempeña un papel vital en la atracción de empleo, el alivio de la pobreza y la revitalización de las zonas rurales. Ecuador ha podido utilizar su ventaja comparativa en la producción de banano para convertirse en uno de los principales actores de la industria a nivel mundial (Villamar, 2020).

### **2.1.4 Materiales Biodegradables**

Los materiales biodegradables son aquellos que pueden ser degradados por organismos vivos, como bacterias y hongos, hasta convertirse en compuestos más simples y naturales, como agua, dióxido de carbono y biomasa. Este proceso de descomposición ocurre de manera natural en el entorno, proporcionando una manera sostenible de eliminar los residuos y que se reciclen muchos nutrientes, como podemos observar en el anexo 1 (Qin et al., 2021).

### **2.1.5 Historia de los materiales biodegradables**

Los biodegradables tienen una historia ancestral, pero su crecimiento se ha acelerado recientemente por preocupaciones ambientales y avances tecnológicos.

Desde la antigüedad, se usaron en textiles y construcción pero en el siglo XIX, surgieron materiales sintéticos no biodegradables causando un impacto ambiental negativo, en el siglo XX se investigaron bioplásticos destacándose a partir de fuentes renovables en el XXI su demanda creció debido a la contaminación plástica, es así que se están implementando regulaciones para su uso, reflejando el compromiso y la sustentabilidad (Samir et al., 2022).

### **2.1.6 Residuos vegetales**

Los residuos vegetales son los restos de plantas que se generan durante su crecimiento, y después de la cosecha. Estos residuos incluyen hojas, tallos, cascara u otras partes de las plantas que no son comestibles. Los residuos vegetales pueden ser una fuente valiosa de materia orgánica generando nutrientes para el suelo y si se gestionan adecuadamente se reduce los desechos, promoviendo fertilidad al suelo, reutilizándolos en diversas aplicaciones y manteniendo la sostenibilidad en sectores agrícolas, como se puede apreciar en el anexo 2 (García García et al., 2022).

### **2.1.7 Banano**

Las partes vegetales de la planta del banano, cuya producción genera grandes cantidades de residuos constituyendo el (88% de la producción total). Esta planta perenne de gran tamaño, que llegan alcanzar diámetros de 30 cm y su altura de 7m. Por lo general, una planta de banano tiene un peso de 100 kg, distribuido en las hojas (15 kg), pseudotallo (50 kg) el fruto (33 kg) y el raquis (2 kg), con el 88% de este peso es constituido por desechos no aprovechados (Gómez Quintero, 2019).

### **2.1.8 Características de las partes vegetales del banano**

- Principalmente están formados por materia orgánica, que abarca como celulosa, lignina, hemicelulosa y proteínas.
- Generalmente tienen contenido fibroso especialmente el pseudotallo y las hojas, esta fibrosidad influye en la velocidad de descomposición.
- Incluyen una cantidad considerable de agua lo cual influye en la rápida descomposición y en la capacidad para retener la humedad del suelo (Rojas, 2019).
- Contienen una variedad de nutrientes como nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio entre otros componentes, que son beneficiosos.
- Su adecuada composición y estructura, son ligeros y fáciles de transportar y manipular debido a su baja densidad (Romero, 2022).

- Son capaces de degradarse de manera natural con el paso del tiempo, siendo biodegradables, liberando nutrientes y materia orgánica en el suelo (Alvarado, 2021).

### 2.1.9 Composición de la planta de banano

<b>Composición de la planta de banano (INIAP, 2019).</b>	
<b>Partes vegetales de la planta</b>	<b>Volumen total</b>
<b>Pseudotallo</b>	50-60%
<b>Raquis</b>	3-5%
<b>Hojas</b>	5-10%

**Tabla 1** Composición de la planta de banano

### 2.1.10 Principales residuos de las partes vegetales del banano

El plátano es una de las frutas más consumidas en el mundo y produce una gran cantidad de residuos durante su producción y comercialización. Sin embargo, gran parte de los desechos del plátano tienen un gran potencial para reciclarse y convertirse en productos utilizables (Vera Rodríguez et al., 2021).

A continuación, se detallan los principales desechos de plátano:

Las cáscaras de plátano son uno de los productos de desecho más comunes en la industria bananera. Contiene un alto contenido en fibra, potasio y otros nutrientes, algunos usos potenciales de las cáscaras de plátano incluyen la producción de papel, materiales de construcción, fertilizantes orgánicos, bioplásticos y cosméticos (Villamar Mendoza et al., 2020).

Las hojas de plátano también se pueden reutilizar de muchas formas. Por ejemplo, las hojas de plátano se pueden utilizar como envases biodegradables para alimentos, material de embalaje para productos agrícolas, materias primas de papel o materiales de construcción sostenibles (Intriago Intriago et al., 2023).

Los pseudotallos de plátano son otro tipo de residuo que se puede reciclar de forma eficaz. Los pseudotallos son ricos en fibra y nutrientes, por lo que pueden utilizarse para producir fertilizantes orgánicos, bioplásticos, materiales de construcción y combustible, se observa en el anexo 3 (Faradilla et al., 2022).

Es decir, durante el procesamiento del plátano se generarán diversos residuos, estos residuos pueden procesarse para la producción de bioplásticos, materiales de papel, cartón y de construcción ecológicos. Los desechos del banano tienen un enorme potencial para ser aprovechados y convertidos en productos útiles que ayudarán a reducir la cantidad de desechos generados por la industria bananera y promoverán prácticas más sostenibles dejando atrás el uso de materiales plásticos (Sawarkar et al., 2022).

### **2.1.11 Componentes químicos en las partes vegetales del banano y su potencial producción en productos biodegradables**

Pseudotallo contiene celulosa, hemicelulosa, lignina, agua, proteínas, azúcares, minerales, las hojas contienen los mismos componentes, con la diferencia que estas incluyen clorofila (en hojas verdes) y vitaminas C (Borja, 2021).

La celulosa y la hemicelulosa son un polisacárido que forma la pared celular de las plantas proporcionándole resistencia y rigidez, en cuanto la hemicelulosa es menos cristalina que la celulosa utilizándose en la fabricación de papel, cartón y películas biodegradables, se observa en el anexo 4 (Villamar, 2020).

La lignina es un compuesto polimérico complejo que también proporciona rigidez y resistencia, siendo utilizada en la producción de bioplásticos. Los azúcares simples como la glucosa y fructuosa pueden ser utilizados en la producción del mismo y otros productos biodegradables.

### **2.1.12 Partes vegetales de la planta de banano, sus beneficios, aplicaciones y usos.**

<b>Partes vegetales de la planta de banano</b>	<b>Beneficios</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Usos</b>	<b>Referencias</b>
<b>Raquis</b>	Fuente de celulosa para la fabricación de papel y cartón.	Producción de papel y cartón.	Papel de embalaje.	(Paredes Villalta, 2021)

	Materia prima para productos biodegradables	Materiales biodegradables.	Bioplásticos, envases y bolsas biodegradables	(Kumar et al., 2023)
<b>Pseudotallo o vástago</b>	Es una práctica innovadora y sostenible siendo resistentes y de gran durabilidad.	Fabricación de materiales de construcción ecológicos.	Tableros de fibra, paneles de pared, materiales de aislamiento térmico.	(Cintura et al., 2021)
	Proporcionan una alternativa ecológica a las fibras sintéticas y convencionales	Industria textil (fibras para la producción de telas).	Hilos, Telas ecológicas.	(Becerra Santos & Murillo Cárdenas, 2024)
	Los bioplásticos elaborados a partir de almidón de banano tienen el potencial de ser biodegradables y compostables.	fabricación de papel, cartón, textiles, adhesivos, bioplásticos	Los bioplásticos de almidón.	(Pongsuwan et al., 2022)
<b>Hojas</b>	Abundantes y fácilmente disponibles.	Fabricación de productos de papel y cartón.	Pasta papel maché.	(Mujtaba et al., 2022)

Biodegradables y compostables.	Fabricación de productos compostables.	platos biodegradables	(Hassan et al., 2022)
--------------------------------------	--	--------------------------	--------------------------

**Tabla 2.** Partes vegetales de la planta de banano, sus beneficios, aplicaciones y usos.

### **2.1.13 Proceso de preparación de bioplástico a base de pseudotallo:**

Se procede a la recolección y limpieza del pseudotallo, posteriormente, se realiza la trituración o corte en tozos pequeños para facilitar la extracción, luego el almidón se extrae mediante la molienda y lavado, separándolo de otros componentes como la fibra y la lignina. Luego de eso, el almidón extraído se purifica con el fin de eliminar las impurezas por medio del lavado con agua y el uso de tratamientos químicos, a continuación, se mezcla con plastificantes como lo es la glicerina y aditivos para obtener una mejor flexibilidad y otras propiedades provenientes de este proceso.

Esta mezcla se procesa mediante técnicas como extrusión o termoformado y se moldea para formar el bioplástico se procede a secar para eliminar la humedad y se somete a acabados de corte y pulido para obtener el producto (Peñaranda Contreras et al., 2021).

### **2.1.14 Proceso de preparación de la pasta de papel mache:**

En este caso el proceso de preparación de la hoja de banano inicia con la recolección de hojas maduras y su limpieza, seguido por la eliminación de los bordes y la vena central dejando solo la parte fibrosa. Luego, esta es triturada en trozos pequeños con agua en una licuadora para obtener una pasta homogénea, esta pasta se filtra para separar las fibras de la pulpa y se proceden a dejar secar al aire o con ayuda de un horno a baja temperatura.

Una vez secas, las fibras se mezclan con pegamento blanco o almidón de maíz para formar la pasta de papel mache, cuya consistencia se debe ajustar a diversas necesidades utilizando moldes o formas, para crear diversos productos biodegradables como recipientes, figuras decorativas o utensilios desechables y para

finalizar se dejan secar al aire hasta que este tenga una consistencia firme (Brammer et al., 2020).

### **2.1.15 Aplicaciones del residuo de Banano en productos biodegradables**

Residuos del pinzote de banano (*Musa AAA*) para elaborar papel ecológico, con el objeto de establecer que exista una conciencia ecológica, sobre todo sabiendo que en Ecuador el mayor productor de banano, se puede observar en el anexo 5 (Mendoza-Vélez y Vera-Loor *et al.* 2019).

Los compuestos de la fabricación platos biodegradables a partir de hojas de banano, este producto es desarrollado, para contrarrestar la contaminación ambiental, la cual se vienen desarrollando productos biodegradables eco-amigables a base de recursos renovables, y que se incorporen a la economía circular, se puede observar en el anexo 6 (Rivera et al., 2021).

El raquis y el pseudotallo del banano son partes de la planta con gran densidad de fibra, que es posible utilizarlos como materia prima para la obtención de celulosa, misma que se utiliza para producir pellets de plásticos biodegradables. Es recomendable mezclar la celulosa con almidón ya que permitirá mejorar las propiedades mecánicas del producto aumentando así la hidro fibrosidad, la y biodegradabilidad, se puede observar en el anexo 7 (Arreola et al., 2022).

El aprovechamiento de estos residuos contribuirá al crecimiento económico del Ecuador porque es un sector con gran participación del mismo. Esto apoyará la conciencia y protección ambiental del país, a brindar soluciones a los residuos generados en las actividades agrícolas, reduciendo la cantidad de residuos dispuestos en vertederos. También se podría brindar al país la oportunidad de participar en el mercado global y que se comercialicen productos de este tipo (Almeida-Guzmán y Díaz-Guevara *et al.* 2020).

## **2.2 MARCO METODOLÓGICO**

### **2.2.1 Tipo de investigación**

En el estudio de caso, se utiliza principalmente el método explicativo documental. Este método implica, la investigación bibliográfica, en la cual se empleó una metodología que consistió en la consulta, y recopilación de información en artículos científicos de alto impacto de los últimos 5 años relacionados con productos biodegradables, con enfoque en identificar posibles aplicaciones y usos específicos desarrollados a partir de partes de la planta de banano.

Se hizo necesaria la revisión de bibliografía complementaria, para lo cual se tomó como referencia diversos artículos de investigación publicados en revistas científicas indexadas, lo cual ha permitido la presentación de un trabajo profesional, con lo cual se logre determinar el objeto de estudio. Utilizando las siguientes fuentes de investigación:

- ✓ Google académico, ScienceDirect, Web of Science, Elsevier, Scielo, Dialnet, Open Academic Journal

**Gestores bibliográficos:** Zotero, Mendeley

## **3. RESULTADOS**

### **3.1 Pseudotallo**

En el contexto de productos biodegradables, el pseudotallo proveniente del banano puede ser utilizado en este caso la fibra son procesadas para la fabricación de productos biodegradables como envases, utensilios desechables o incluso bolsas de transporte ya que contienen una cantidad significativa de celulosa, lo que lo hace ideal para la fabricación de papel y fibras textiles, al utilizar el pseudotallo en lugar de materiales sintéticos o no renovables, se reduce la dependencia de los mismos disminuyendo la generación de residuos, promoviendo la sostenibilidad y conservación al medio ambiente, los bioplásticos de almidón de banano a partir del pseudotallo utilizándose en una variedad de aplicaciones industriales, como la fabricación de papel, cartón, textiles, tal como lo podemos observar en el anexo 8 (Subash & Muthiah, 2021).

### **3.2 Raquis**

Se observa que puede ser aprovechado en la producción de productos biodegradables, ya que pueden ser utilizados para la fabricación de productos como papel y cartón, materiales de embalaje y como materia prima para la producción de celulosa, ya que contiene nutrientes como potasio, calcio y magnesio, fibras naturales (celulosa, lignina, hemicelulosa) teniendo propiedades de resistencia y durabilidad, al utilizar el raquis del banano como materia prima para la fabricación de productos biodegradables, agrega valor a un subproducto que de otra manera podrían ser desechados, lo que contribuye a una mayor eficiencia y sostenibilidad en la cadena de suministro de la industria bananera, tal como lo podemos observar en el anexo 9 (Ranjan et al., 2023).

### **3.3 Hojas**

Se identifica que las hojas de banano pueden ser utilizadas para la fabricación como envases y embalajes, bolsas compostables hasta utensilios de cocina y artículos de papelería, las hojas de banano son flexibles y maleables, lo que los hace adecuadas para la fabricación de productos biodegradables que requieren formas y diseños específicos, siendo moldeadas y modeladas fácilmente para adaptarse a diferentes aplicaciones y necesidades de diseño, este es un subproducto abundante en la industria bananera, esto las convierte en una fuente sostenible y renovable de materia prima para los productos biodegradables siendo así el desarrollo de la pasta papel maché a partir de las hojas de banano debido a su versatilidad, facilidad de uso y bajo costo, la pasta de papel maché se utiliza en una variedad de aplicaciones, que van desde la creación de esculturas hasta la fabricación de envases y decoraciones como también en productos biodegradables, tal como lo podemos observar en el anexo 10 (Montaño Montaño, 2020).

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según (Segarra Jiménez, 2022), el pseudotallo, siendo una rica fuente de fibra natural en donde proporciona resistencia y durabilidad de los materiales que se fabrican con el vástago, también radica en la elaboración de los bioplásticos de almidón teniendo potencial de ser biodegradables, considerándose una opción prometedora ofreciendo ser una alternativa sostenible en los plásticos.

Para (Pérez Niebla & Sánchez Chunga, 2020) el raquis, aporta beneficios en la celulosa y es un componente esencial en la producción de papel y cartón, convirtiéndolo en una materia prima para la fabricación de productos biodegradables como envases compostables.

Mientras que (Ibáñez Tovar, 2021) menciona que la hoja de banano, tiene beneficios, ya que esta hoja se puede descomponer de manera natural en el medio ambiente y se puede utilizar o aplicar en la fabricación de papel, cartón, envases, y la elaboración de pasta de papel mache convirtiéndose en una opción atractiva para diversas industrias.

Por lo tanto, según las afirmaciones de los autores y el análisis realizado por medio de los resultados, el pseudotallo resalta de una mejor manera ya que aporta beneficios, por su versatilidad, resistencia y potencial para productos biodegradables, sobresaliendo de mejor manera en comparación con el raquis y la hoja de banano.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusión

En el desarrollo de este caso de estudio sobre la realización de una revisión detallada de los diferentes componentes vegetales del banano (*Musa AAA*) puedo concluir lo siguiente:

Dando cumplimiento con el objetivo 1:

- ✓ Se concluye que el pseudotallo ofrece celulosa lo que lo convierte en un candidato ideal para la producción de materiales como papel y textiles. A partir del pseudotallo se desarrollan bioplásticos de este componente fibroso, procesado adecuadamente transformando en productos duraderos y versátiles, al tiempo que reduce la dependencia de recursos no renovables.
- ✓ Por otro lado, el raquis, la parte central y fibrosa del racimo de banano, proporciona fibras naturales y nutrientes, su uso en la fabricación de productos biodegradables no solo ofrece una alternativa sostenible a los materiales plásticos convencionales, sino que también contribuye a mejorar la calidad del suelo y promover prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.
- ✓ Las hojas del banano por su parte, son versátiles en sus aplicaciones, desde envases y embalajes hasta utensilios de cocina y decoraciones, estas hojas biodegradables ofrecen una alternativa ecoamigables a los productos de plástico de un solo uso. Su resistencia natural y su capacidad para ser moldeadas y moldeables lo convierten en una opción atractiva para una variedad de productos sostenibles destacando la pasta de papel maché.

Dando con el cumplimiento del objetivo 2:

- ✓ Se puede concluir que los bioplásticos a partir del pseudotallo del banano representa una diversidad de aplicaciones potenciales que abarca desde envases biodegradables hasta recubrimientos comestibles. El procedimiento implica la extracción de celulosa, su combinación con polímeros biodegradables y el moldeo para obtener el producto final. Al aprovechar un recurso renovable y abundante, como el pseudotallo del banano, estos bioplásticos contribuyen a la reducción de la contaminación plástica y promueve la adopción de prácticas más responsables con el medio ambiente.
  
- ✓ Por otra parte, la pasta de papel maché elaborada a partir de hojas de banano ofrece una amplia variedad de aplicaciones que incluyen artesanías decorativas, envases biodegradables y revestimientos de superficies. El método de elaboración implica triturar las hojas de banano, mezclarlas con agua y un aglutinante natural, modelar la pasta resultante según la forma deseada y dejarla secar. Este proceso creativo aprovecha recursos renovables y promueve prácticas respetuosas con el medio ambiente.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda llevar a cabo la educación en el sector bananero de las empresas exportadoras de la fruta y a los consumidores de la misma, sobre el potencial del pseudotallo del banano como materia prima para la producción de materiales tales como (bioplásticos, utensilios, papel, cartón, textiles).
  
- Se podría explorar iniciativas para promover la recolección y reciclaje del raquis de banano como parte de una economía circular más amplia, esto podría incluir incentivos para empresas que desarrollen tecnologías para aprovechar el raquis del banano de una manera más eficiente y sostenible, al seguir con esta recomendación se puede maximizar el impacto positivo del raquis en el medio ambiente, economía y fuentes de trabajo que generarían la elaboración de estos productos a partir de esta materia prima.

- Se debe de considerar que las hojas del banano, son versátiles en sus aplicaciones, ya que podemos con ellas realizar procesos agroindustriales tales como (envases y embalajes hasta utensilios de cocina y decoraciones destacando la pasta de papel maché), adicionalmente se debe promover la innovación y mejorar el desarrollo económico local en las zonas bananeras donde constamos con esta materia prima, ya que la hoja de banano cuenta con una resistencia natural y su capacidad para ser la fabricación de productos biodegradables.

## 6. REFERENCIAS Y ANEXOS

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acaro Chamba, L. M., & Córdova Montoya, A. N. (2021a). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011—2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Dominio de las Ciencias*, 7(3), 1558-1577.
- Acaro Chamba, L. M., & Córdova Montoya, A. N. (2021b). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011—2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Dominio de las Ciencias*, 7(3), 1558-1577.
- Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, 8, Article 8. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10>
- Arreola, M. M. S., González, E. J. G., Barbosa, L. E. R., & Rodríguez, G. O. (2022). Extracción y caracterización de celulosa a partir de la planta del plátano: Extracção e caracterização da celulose da planta da bananeira. *Brazilian Journal of Development*, 8(12), 78810-78819. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n12-130>
- Becerra Santos, Á. T., & Murillo Cárdenas, H. F. (2024). *Analizar a través de una revisión bibliográfica las aplicaciones y técnicas utilizadas para la generación de los productos a partir del vástago del plátano*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/55018>
- Brammer, G. R., Crosby, R. W., Matthews, S. J., & Williams, T. L. (2020). Paper Mâché: Creating Dynamic Reproducible Science. *Procedia Computer Science*, 4, 658-667. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.04.069>

- Cintura, E., Nunes, L., Esteves, B., & Faria, P. (2021). Agro-industrial wastes as building insulation materials: A review and challenges for Euro-Mediterranean countries. *Industrial Crops and Products*, 171, 113833. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113833>
- FAO. (2019). *Banana Market Review 2018*. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=CA5626EN>
- FAO. (2020). *Perspectivas a mediano plazo: Perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028*. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=CA7568ES>
- Faradilla, R.H. F., Risaldi, Tamrin, T. A. M., Salfia, Rejeki, S., Rahmi, A., & Arcot, J. (2022). Low energy and solvent free technique for the development of nanocellulose based bioplastic from banana pseudostem juice. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 4, 100261. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2022.100261>
- Galarza Suárez, L. (2019). Tierra, trabajo y tóxicos: Sobre la producción de un territorio bananero en la costa sur del Ecuador. *Estudios atacameños*, 63, 341-364. <https://doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0034>
- García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(1), 280-291.
- García García, M. del C., Granados García, M. R., Samblás Punzano, E., Talavera Rubia, M., Soriano Vallejo, M. T., Segura Pérez, M. L., Sayadi Gmada, S., Parra Gómez, S., Medrano Cortés, E., Fernández Fernández, M. M., Cara García, F. de, Baeza Cano, R., Torres Nieto, J. M., Carricondo Martínez, I., & Téllez Navarro, M. del M. (2022). Prácticas sobre la gestión de residuos orgánicos e inorgánicos procedentes de la agricultura: El proyecto Recicland. *C3-Bioeconomy* 3, 124-137 (2022). <http://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/25754>

- García, J. M. M., Jiménez, J. A. S., García-Alzate, L. S., & Jaramillo-Echeverry, L. M. (2019). Caracterización fisicoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano Dominico harton. *Revista ION*, 31(1), 21-24.
- Gómez Quinetto, L. (2019). La producción de banano en América Latina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 13(1-2), 130-133.
- Gómez Soto, J. A., Sánchez Toro, Ó. J., & Matallana Pérez, L. G. (2021). Procesos de Transformación: Perspectiva de Aprovechamiento para los Residuos de la Agroindustria del Plátano. *Producción + Limpia*, 16(1), 6-30.
- Hassan, S. A. M., Taha, R. A., Zaied, N. S. M., Essa, E. M., & Kh. M, A. E.-R. (2022). Effect of vermicompost on vegetative growth and nutrient status of acclimatized Grand Naine banana plants. *Heliyon*, 8(10), e10914. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10914>
- Ibáñez Tovar, Y. A. (2021). Análisis de Materias Primas para la elaboración de Platos Biodegradables. *instname:Universidad Antonio Nariño*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/5004>
- INIAP. (2019, febrero 13). *Banano, plátano y otras musáceas – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Intriago Intriago, J. J., Pico Moreira, W. A., & Ruíz Párraga, W. E. (2023). Elaboración de morteros con adición de ceniza de musa paradisiaca (hoja de plátano). *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 8(12 (DICIEMBRE 2023)), 505-518.
- Juca, L. C., Aguirre, P. U., & Vivanco, N. A. (2021). Ecuador: Análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000-2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.26423/rctu.v8i1.547>

- Kumar, V., Chakraborty, P., Janghu, P., Umesh, M., Sarojini, S., Pasrija, R., Kaur, K., Lakkaboyana, S. K., Sugumar, V., Nandhagopal, M., & Sivalingam, A. M. (2023a). Potential of banana based cellulose materials for advanced applications: A review on properties and technical challenges. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 6, 100366. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100366>
- Kumar, V., Chakraborty, P., Janghu, P., Umesh, M., Sarojini, S., Pasrija, R., Kaur, K., Lakkaboyana, S. K., Sugumar, V., Nandhagopal, M., & Sivalingam, A. M. (2023b). Potential of banana based cellulose materials for advanced applications: A review on properties and technical challenges. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 6, 100366. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100366>
- López, M. A., Pionce, M. C., Bravo, J. A., Vera, E. D., & Riera, M. A. (2021). RESIDUOS DEL BANANO (*Musa paradisiaca*) como materia prima alternativa en la elaboración de papel. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v8n1a3>
- Maraveas, C. (2020). Production of Sustainable and Biodegradable Polymers from Agricultural Waste. *Polymers*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/polym12051127>
- Mendoza-Vélez, C. J., & Vera-Loor, J. E. (2019). Aprovechamiento de pinzote de banano (*Musa Paradisiaca*) para la obtención de papel: Artículo de revisión bibliográfica. *Revista Científica y Arbitrada del Observatorio Territorial, Artes y Arquitectura: FINIBUS - ISSN: 2737-6451.*, 2(4), Article 4.
- Montaño Montaño, Y. (2020). *Materiales sostenibles biodegradables para envasado de alimentos: Hoja de bijao y hoja de plátano.* <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/18773>
- Mujtaba, M., Lipponen, J., Ojanen, M., Puttonen, S., & Vaittinen, H. (2022). Trends and challenges in the development of bio-based barrier coating materials for

paper/cardboard food packaging; a review. *Science of The Total Environment*, 851, 158328. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158328>

Paredes Villalta, J. A. (2021). *Estudio técnico-económico para la instalación de una planta procesadora de papel utilizando raquis de banano*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4314>

Peñaranda Contreras, O. I., Perilla Perilla, J. E., & Algecira Enciso, N. A. (2021). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Ingeniería e Investigación*, 28(3), 47-52.

Perez Niebla, A. T., & Sanchez Chunga, D. J. (2020). *Análisis de la obtención de fibras de celulosa a partir de raquis de banano mediante extracción tradicional y extracción acelerada* [bachelorThesis, Machala: Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15661>

Pongsuwan, C., Boonsuk, P., Sermwittayawong, D., Aiemcharoen, P., Mayakun, J., & Kaewtatip, K. (2022). Banana inflorescence waste fiber: An effective filler for starch-based bioplastics. *Industrial Crops and Products*, 180, 114731. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114731>

Qin, M., Chen, C., Song, B., Shen, M., Cao, W., Yang, H., Zeng, G., & Gong, J. (2021). A review of biodegradable plastics to biodegradable microplastics: Another ecological threat to soil environments? *Journal of Cleaner Production*, 312, 127816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127816>

Ranjan, C., Sarkhel, G., & Kumar, K. (2023). Efficacy of natural fibre reinforced biodegradable composite towards industrial products – An extensive review. *Materials Today: Proceedings*, 92, 1047-1054. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.689>

Rivera, P., Rodríguez, B., Castañeda Olivera, C. A., Aguinaga, D., & Benites, E. (2021). *Platos Biodegradables de Hojas de Plátano como una Alternativa Ecológica a los Productos de un Solo Uso (Biodegradable Banana Leaf Dishes*

as an Ecological Alternative to Single-use Products) (p. 1493).  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5217587>

Samir, A., Ashour, F. H., Hakim, A. A. A., & Bassyouni, M. (2022). Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications. *Npj Materials Degradation*, 6(1), 1-28. <https://doi.org/10.1038/s41529-022-00277-7>

Sawarkar, A. N., Kirti, N., Tagade, A., & Tekade, S. P. (2022). Bioethanol from various types of banana waste: A review. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101092. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101092>

Segarra Jiménez, M. P. (2022). *Catálogo de uso de los residuos de la planta de banano, economía circular y su potencial en el cambio de la industria bananera en el Ecuador* [bachelorThesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/4774>

Subash, M. chares, & Muthiah, P. (2021). Eco-friendly degumming of natural fibers for textile applications: A comprehensive review. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100304. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100304>

Vera Rodríguez, J. H., Torres Sánchez, S. T., Macías Rojas, H. A., Galarza Cabrera, J. Á., Piña Reinoso, L. E., Morán Cabrera, W. N., Rivera Vivar, L. A., & Cabrera Guaraca, Ó. M. (2021). Valoración nutricional de los residuos orgánicos de banano en el cantón La Troncal, Ecuador. *Revista Universitaria del Caribe*, 26(1), 78-86.

Villamar Mendoza, M., Contreras Coello, C. A., Cruz Correa, M. A., & Mendoza Sagñay, E. J. (2020). Elaboración de utensilios de bioplástico a base de la cáscara de plátano. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 67 (Mayo), 18.

Villanueva, V. A., Correa, C. D. A., & Bonisoli, L. (2020). Introducción de marca de banano orgánico en el mercado ecuatoriano. *INNOVA Research Journal*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.33890/innova.v5.n1.2020.1150>

- Alvarado, M. (2021). RESIDUOS DEL BANANO (*Musa paradisiaca*) como materia prima alternativa en la elaboración de papel. *Portal de revistas científicas UP*. doi:<https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v8n1a3>
- Borja, D. (2021). Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/platano para creación de partes automotrices: Revisión. *Polo del conocimiento*. doi:10.23857/pc.v6i6.2737
- Chavez, P., & Principe, S. (2019). PLATO BIODEGRADABLE A BASE DE HOJAS DE PLÁTANO. *UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA*.
- Flores, A. (2021). ECOPLATOS. FABRICACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE RESIDUOS DE LA PLATANERA. *Universidad de La Laguna*.
- Osorio, S. (2019). Aprovechamiento de cáscara de banano para la producción de un textil aplicado a productos de exportación. *Pontificia Universidad Javeriana*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/45500/Proyecto%20de%20Grado%20%20Aprovechamiento%20de%20c%C3%A1scara%20de%20banano.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Rojas, F. (2019). Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Energético y Bioactivo de la Cáscara de Plátano. *Información tecnológica*. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500011>
- Romero, M. (2022). Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular. *Instituto Tecnológico Metropolitano*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3442/344271354013/html/>
- Villamar, M. (2020). Elaboración de utensilios de bioplástico a base de la cáscara de plátano. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*.

# ANEXOS

**Anexo 1** Empaques biodegradables



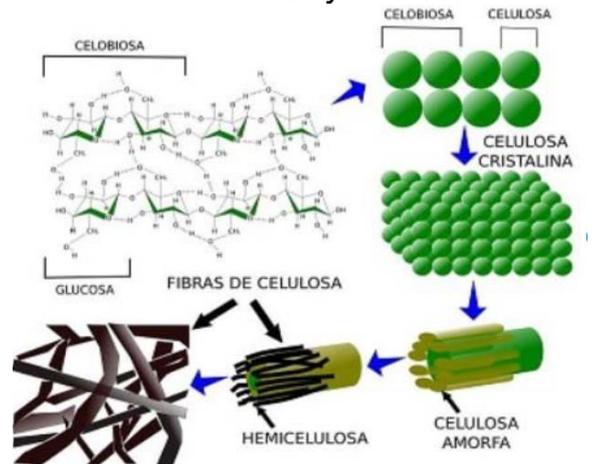
**Anexo 2** Residuo de la planta de banano



**Anexo 4** Bioplástico del pseudotallo del banano



**Anexo 3** Estructura de la hemicelulosa y celulosa



**Anexo 5** Papel a partir del pinzote de banano

**Anexo 6** platos a partir de hojas de banano



**Anexo 7** Pellets biodegradables a partir del pseudotallo del banano



**Anexo 8** fibra del pseudotallo para la obtención de papel



**Anexo 9** obtención de fibra natural del raquis para materiales de cartón



**Anexo 10** elaboraciones a partir la hoja del banano

