



**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EN EL CARMEN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**  
Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985



## **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**


**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Biopolímero a base del pseudotallo del plátano usado en empaques  
biodegradables”**

**AUTORA: MESIAS QUIIJE JOSSELYN ARELIS**

**TUTORA: Ing. TACURI TROYA ELIZABETH TELLI, Mg**

El Carmen, 21 de enero del 2023

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A).</b>	<b>CÓDIGO: PAT-01-F-010</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO.</b>	<b>REVISIÓN: 1</b> Página 2 de 76

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de la estudiante Mesías Quijije Josselyn Arelis, legalmente matriculado en la carrera de ingeniería agropecuaria, período 2021 (1)-2022 (1), cumpliendo el total de 440 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Biopolímero a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 05 de diciembre del 2023.

Lo certifico,

Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telli, Mg.

**Docente Tutor**

**Área:** Industria y producción

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

Biopolímero a base del pseudotallo del plátano usado en empaques  
biodegradables

**AUTORA:** Mesias Quijije Josselyn Arelis.

**TUTORA:** Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telli, Mg.

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERO AGROPECUARIA**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

**MIEMBRO** \_\_\_ Ing. Intriago Vera Janeth Virginia, Mg\_\_\_\_\_

**MIEMBRO** \_\_\_ Eco. Palacios Alcívar Elva Elizabeth, Mg\_\_\_\_\_

**MIEMBRO** \_\_\_ Ing. Zambrano Mendoza Myriam Elizabeth, Mg\_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico con todo amor y cariño primera mente a Dios ya que gracias a él he logrado a concluir mi carrera. A la Universidad que nos abrió sus puertas para ser mejores personas y buenos profesionales.

A mis padres, y en especial a mi maravillosa madre Quijije Herlinda por el apoyo incondicional y por sus sabios consejos para hacer de mí una mejor persona, de igual manera a mi padre Mesias Líder. A mi pareja Montes Jorge por su sacrificio y esfuerzo para ayudarme a ejercer mi carrera para nuestro futuro y por creer en mí.

A mi hija Montes Malena por ser fuente de mi motivación e inspiración para poderme superar cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor. Agradecerles también mis hermanos, sobrinos y a todos quienes han creído en mí, a todos mis compañeros e ingenieros por aquellos momentos bonitos que se vivió.

**Autora**

Mesías Quijije Josselyn Arelis

## **AGRADECIMIENTOS**

Principal mente agradezco a Dios quien me ha guiado y me ha dado fuerzas para seguir adelante agradezco también a la universidad a la cual me abrió las puertas para formarme y a todos los maestros que fueron participe de este proceso brindando sus enseñanzas y consejos para ser de mí una buena profesional.

Le agradezco a mi padre Mesías Líder y principal mente a mi madre Quijije Herlinda por sus sabios consejo por estar siempre conmigo y por su ayuda y apoyo incondicional a mis hermanos y a mi pareja Montes Jorge por su apoyo económico y esfuerzo y a mi hija Montes Malena que es mi fuente de motivación, agradezco a todas personas las cuales siempre estuvieron conmigo apoyándome y dándome fuerzas para seguir adelante.

**Autora**

Mesías Quijije Josselyn Arelis

## ÍNDICE

PORTADA.....	1
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
ÍNDICE.....	6
TABLAS.....	6
FIGURAS .....	10
ANEXOS .....	10
RESUMEN .....	12
ABSTRATC.....	13
INTRODUCCIÓN .....	13
1 MARCO TEÓRICO.....	17
1.1 Descripción morfoagronómica del plátano ( <i>Musa AAB</i> ) .....	17
1.1.1 Generalidades.....	17
1.1.2 Descripción botánica del plátano ( <i>Musa AAB</i> ).....	18
Planta de plátano ( <i>Musa AAB</i> ) y sus partes. ....	18
El plátano es una planta monocotiledónea.....	18
Nota: La parte externa o cortical del rizoma. Tomado de (Patricia, 2022).....	19
1.2 Características del Pseudotallo del Plátano ( <i>Musa AAB</i> ).....	23
1.2.1 Composición química .....	24
1.2.2 Producción de plátano ( <i>Musa AAB</i> ) en el Carmen .....	26
1.2.3 Contaminación ambiental por residuos agrícolas. ....	27
1.2.4 Impactos ambientales por mal manejo en la eliminación de residuos .....	27
1.2.5 Los beneficios de la gestión de residuos.....	28
1.2.6 La producción excesiva del plástico en el planeta .....	30
1.2.7 Historia de los polímeros. ....	30
1.2.8 Definición de polímeros.....	31

	7
1.2.9	Diferencia entre polímeros y biopolímero. ....31
1.2.10	Polimerización. ....33
1.2.11	Clasificación de polímeros.....34
1.2.12	Clasificaciones de los biopolímeros .....35
1.2.13	Empaques biodegradables.....35
1.2.14	Importancia de un empaque biodegradable. ....36
1.2.15	Ventajas y desventajas. ....38
1.3	Materiales naturales para empaques biodegradables. ....38
1.4	Degradación de los biopolímeros plásticos.....39
1.4.1	Propiedades que debe tener un envase biodegradable: .....40
2	Estado del arte.....44
3	Diagnóstico o estudio de campo .....46
3.1	Ubicación del ensayo. ....46
3.2	Características agroecológicas de la zona .....46
3.3	Variables en estudio .....46
3.3.1	Variables independientes .....46
3.3.2	Variables dependientes .....48
3.4	Característica de las Unidades Experimentales.....50
3.5	Tratamientos.....50
3.6	Diseño experimental.....51
3.6.1	Equipos de campo e instrumentos.....51
3.6.2	Obtención de la materia prima .....52
3.6.3	Selección del pseudotallo.....52
3.6.4	Lavado.....52
3.6.5	Picado.....52
3.6.6	Secado .....52
3.6.7	Pulverizado .....52
3.6.8	Dosificación y mezcla.....53

3.7	Manejo del ensayo para obtener un polímero a base del pseudotallo de plátano ( <i>Musa AAB</i> ).	53
3.7.1	Proceso .....	53
3.7.2	Proceso final.....	53
3.7.3	Análisis e interpretación de los resultados .....	53
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	58
4.1.	Permeabilidad.....	58
4.2.	Resistencia.....	59
4.3.	Dureza .....	60
4.4.	Elongación.....	61
	Conclusiones .....	63
	Recomendaciones .....	64
	Bibliografía .....	65



**TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Composición química del pseudotallo de plátano Musa AAB.....	24
<b>Tabla 2.</b> Contenido proximal del residuo en base húmeda y seca.....	25
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica del plátano.....	25
<b>Tabla 4.</b> Propiedades físicas de algunos envases con fines agrícolas.....	42
<b>Tabla 5.</b> Empresas mexicanas involucradas en la creación de envases biodegradables y cuya materia prima se basa en residuos agrícola.....	43
<b>Tabla 6.</b> Características meteorológicas presentadas en el ensayo. ....	46
<b>Tabla 7.</b> Disposición de los tratamientos. ....	50
<b>Tabla 8.</b> Esquema del ADEVA .....	51
<b>Tabla 9.</b> Resultados de permeabilidad en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.....	58

## FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa del Cantón El Carmen (Musa AAB) y sus partes.....	26
<i>Figura 2.</i> Resultados de la resistencia en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.....	19
<i>Figura 3.</i> Rizoma o bulbo .....	20
<i>Figura 4.</i> Tallo aéreo de la planta de plátano .....	20
<i>Figura 5.</i> Hojas.....	21
<i>Figura 6.</i> Flores.....	21
<i>Figura 7.</i> Inflorescencia .....	22
<i>Figura 8.</i> Racimo o manojo.....	22
<i>Figura 9.</i> Hoja cigarro .....	23
<i>Figura 10.</i> Pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables. ....	23
<i>Figura 11.</i> Diferentes polímeros fabricados a nivel industrial.....	24
<i>Figura 12.</i> Fuentes de los Polímeros y Biopolímeros .....	33
<i>Figura 13.</i> Sinergia de ambientes en la permeabilidad de los empaques .....	40
<i>Figura 14.</i> Dureza en tensión $N\ cm^2$ .....	41
<i>Figura 15.</i> flexibilidad de MPa .....	42
<i>Figura 14.</i> Pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables. ....	43
<i>Figura 15.</i> Diferentes polímeros fabricados a nivel industrial.....	53
<i>Figura 15</i> Permeabilidad .....	59
<i>Figura 16.</i> Resistencia.....	60
<i>Figura 17.</i> Dureza .....	61
<i>Figura 17.</i> Elongación.....	62

**ANEXOS**

<i>Anexo 1. ADEVA de la permeabilidad del polímero biodegradable. ....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 2. ADEVA de la resistencia del polímero en distintos tamices. ....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 3. ADEVA de la dureza. ....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 4. ADEVA de la elongación del biopolímero biodegradable.....</i>	<i>xii</i>
<i>Anexo 5. Proceso de tratamiento de los materiales.....</i>	<i>xiii</i>
<i>Anexo 6. Muestras obtenidas con repeticiones.....</i>	<i>xvi</i>
<i>Anexo 7. Toma de peso de las muestras obtenidas.....</i>	<i>xvi</i>
<i>Anexo 8. Biopolímeros biodegradables. ....</i>	<i>xvi</i>

## RESUMEN

Se desarrollo una investigación en la provincia de Manabí, cantón El Carmen, en la granja experimental “Rio Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 0°15'35"S, Longitud: -79°25'37"W y Altitud: 266 msnm, con el objetivo de diseñar un polímero biodegradable para empaques a base de pseudotallo del plátano bajo la utilización de diferentes tamices; para esto se estableció un diseño experimental cuadrado latino (DCL) con 3 tratamientos y 3 repeticiones en un total de 9 unidades experimentales (los tratamientos correspondieron a los tres tamices utilizados), la media obtenida entre los tratamientos fue comparada con la prueba de significancia de Tukey con el 5% de probabilidad. Los resultados analizados mostraron que los tratamientos no tuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto la permeabilidad, sin embargo, en las demás variables estudiadas se encontraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ); entre los resultados de resistencia se determinó que el tamiz de 200 que corresponden al tamaño de partícula de 74 ( $\mu\text{m}$ ) alcanzó el valor más alto con un nivel de 10,88 mientras que para la dureza el tamiz de 65 con partícula de 210 ( $\mu\text{m}$ ) presentó el valor más alto en este parámetro con 70,75 y para la elongación el tratamiento con el tamiz de 200 con partícula de 74 ( $\mu\text{m}$ ) tuvo la mayor valoración con un valor promedio de 19,53.

**Palabras claves:** Plátano, pseudotallo del plátano, empaque biodegradable, tamiz, elongación, resistencia, dureza, permeabilidad.

## ABSTRACT

An investigation was carried out in the province of Manabí, canton El Carmen, in the experimental farm "Rio Suma" belonging to the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí located at the following geographical coordinates: Latitude: 0°15'35"S, Longitude: -79°25'37"W and Altitude: 266 masl, with the objective of designing a biodegradable polymer for packaging based on banana pseudostem under the use of different sieves; For this, a Latin square experimental design (DCL) was established with 3 treatments and 3 repetitions in a total of 9 experimental units (the treatments corresponded to the three sieves used), the mean obtained between the treatments was compared with the significance test of Tukey with 5% chance. The results analyzed showed that the treatments did not have significant differences ( $p > 0.05$ ) in terms of permeability, however, statistical differences were found in the other variables studied ( $p < 0.05$ ); among the resistance results, it was determined that the 200 sieve that corresponds to a particle size of 74 ( $\mu\text{m}$ ) reached the highest value with a level of 10.88 while for hardness the 65 sieve with a 210 ( $\mu\text{m}$ ) particle ) presented the highest value in this parameter with 70.75 and for elongation the treatment with the 200 sieve with a 74 ( $\mu\text{m}$ ) particle had the highest value with an average value of 19.53.

Keywords: Banana, banana pseudostem, biodegradable packaging, sieve, elongation, resistance, hardness, permeability.

## INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país eminentemente agrícola, en los últimos años el cultivo del plátano (Musa AAB) ha incrementado convirtiéndose en un importante producto de exportación, la planta de plátano es un recurso natural que no es explotado eficientemente por el cultivador, ya que una vez que produce el racimo, la planta es cortada quedando como abono para la cosecha, al igual su cáscara que es considerada como desecho y el mal aprovechamiento de estos desechos agrícolas provoca contaminación de suelos, aguas subterráneas, proliferación de bacterias y enfermedades por su descomposición abierta sin ningún control, como también de la misma manera los productos plásticos son considerados como uno de las principales fuentes de residuos sólidos contaminantes que al descomponerse desprenden sustancias tóxicas al ambiente y a la salud humana, porque están elaborados a partir de combustibles fósiles derivados del petróleo y tardan años en degradarse.

Por tal motivo se plantea aprovechar los residuos del plátano (Musa AAB) en la siguiente investigación se hará el huso del Pseudotallo, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables de tal manera se puede aprovechar los residuos generados en el cultivo del plátano que ocasionan contaminación al medio ambiente, esta inquietud surge debido a que la generación de residuos agrícolas es inevitable, pero es de vital importancia el aprovechamiento de los mismos para que puedan ser utilizados de manera positiva, como materia prima para elaborar nuevas alternativas de uso que permitan sustituir la producción tradicional de los plásticos evitando el uso de químicos contaminantes y permitiendo contribuir así con el medio ambiente.

El cultivo de plátano (Musa AAB) en las regiones tropicales y subtropicales se ha posesionado como uno de los más importante a nivel mundial, esto debido a los créditos económicos que representa para los productores y personas que se dedican a esta actividad agrícola, sumado a que genera fuentes de empleos e ingresos económicos en los países desde donde se exportan (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014); esta importancia económica se produce al dinamismo del plátano en cuanto al precio del mercado, el cual se caracteriza por los constantes cambios que sufre cuando disminuye la producción, incrementando el valor del mismo (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca [MAGAP], 2018).

Esta cantidad de desperdicios producto del material vegetativo no utilizado para la exportación y venta, ha generado problemas de tipo sanitarios en los cultivos, por el

incremento de la población de picudo y otros agentes patógenos perjudiciales para las plantas, también ocasiona problemas ambientales en los casos donde los productores distribuyen estos desechos, los cuales son arrojados a fuentes hídricas o eliminados mediante la quema (Mazzeo et al., 2015).

Los residuos de las cosechas de plátano (*Musa AAB*) son en su mayoría hojas, pseudotallo y restos de fruto, las hojas y los pseudotallo contienen cantidades significativas de lignocelulosa, mientras que los residuos de frutas contienen grandes cantidades de oligoelementos; Estas propiedades hacen que los desechos sean sustratos efectivos para algunos basidiomicetos, especialmente hongos de pudrición blanca, que producen enzimas ligninolíticas capaces de degradar completamente la lignina, un polímero compuesto por alcohol p-hidroxicinámico, y metabolizar monómeros fenólicos en compuestos aromáticos como vainilla, ácido ferúlico y eugenol, todos estos metabolitos son importantes para las industrias alimentaria, farmacéutica y de pinturas. (MEJÍA G, 2005)

Para poder disminuir este impacto negativo al ambiente se vienen promoviendo y desarrollando alternativas para reducir, reciclar o reutilizar, pero sobre todo de busca reemplazar estos plásticos por bioplásticos compuestos por matrices biodegradables obtenidas de distintas fuentes naturales, los empaques biodegradables son de gran utilidad la cual se usan con frecuencia y esto genera gran cantidad de desecho debido a que posee una baja biodegradabilidad que afecta al medio ambiente ya que también son a base de petróleo. Como también ahí desperdicios de residuos agrícolas.

### **Objetivo General**

- Diseñar un polímero biodegradable para empaques a base de diferentes tamaños de partículas del pulverizado de pseudotallo del plátano *Musa AAB*.

### **Objetivos específicos**

- Analizar la resistencia de los polímeros biodegradables a partir del tamaño de las partículas del pulverizado de pseudotallo.
- Determinar la permeabilidad de los diferentes polímeros biodegradables obtenidos a partir del tamaño de las partículas del pulverizado de pseudotallo.
- Evaluar la dureza y elongación de los biopolímeros biodegradables obtenidos a partir del tamaño de las partículas del pulverizado de pseudotallo.

### **Hipótesis.**

- H1: Se obtendrá un polímero biodegradable a base del pseudotallo de plátano *Musa AAB*

## CAPÍTULO I

### 1 MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Descripción morfoagronómica del plátano (*Musa AAB*)

##### 1.1.1 Generalidades

El plátano es originario de las regiones tropicales húmedas del Sudeste de Asia, pertenece a la familia de las Musáceas, el plátano es un fruto que se produce y consume principalmente en los países en vía de desarrollo. En el comercio internacional sólo se transa el 1% de la producción mundial; En Estados Unidos y la Unión Europea son los principales importadores de plátano fresco. (Garcés, 2018).

El nombre científico (*Musa paradisiaca*) y los nombres comunes platanera, plátano, bananera o banano hacen referencia a un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, ambas derivadas hortícolamente de las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. variedades genéticamente puras de estas especies, y cuyos frutos se conocen como plátano, banana, banano, mínimo, cambur, topocho, maduro o guineo, en función de los cultivares específicos o de las regiones geográficas. Clasificada originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisiaca* en 1753, la especie tipo del género *Musa*, estudios posteriores concluyeron que la compleja taxonomía del género incluye varios híbridos de composición genética variable y un sistema estrictamente *sui generis* para explicar esta variación (Peralta, 2013)

El cultivo de plátano (*Musa AAB*) es importante por el aporte que genera en la socioeconomía y seguridad alimentaria de Ecuador, pues suministra alimentos ricos en energía a la mayor parte de la población. En Ecuador, el banano es un producto de exportación y fuente de empleo en diferentes regiones del país. Debido a la importancia de este cultivo, es necesario producir herramientas confiables para que el agricultor pueda manejar el cultivo de manera adecuada y rentable (Cedeño Zambrano & García Palma, 2022).

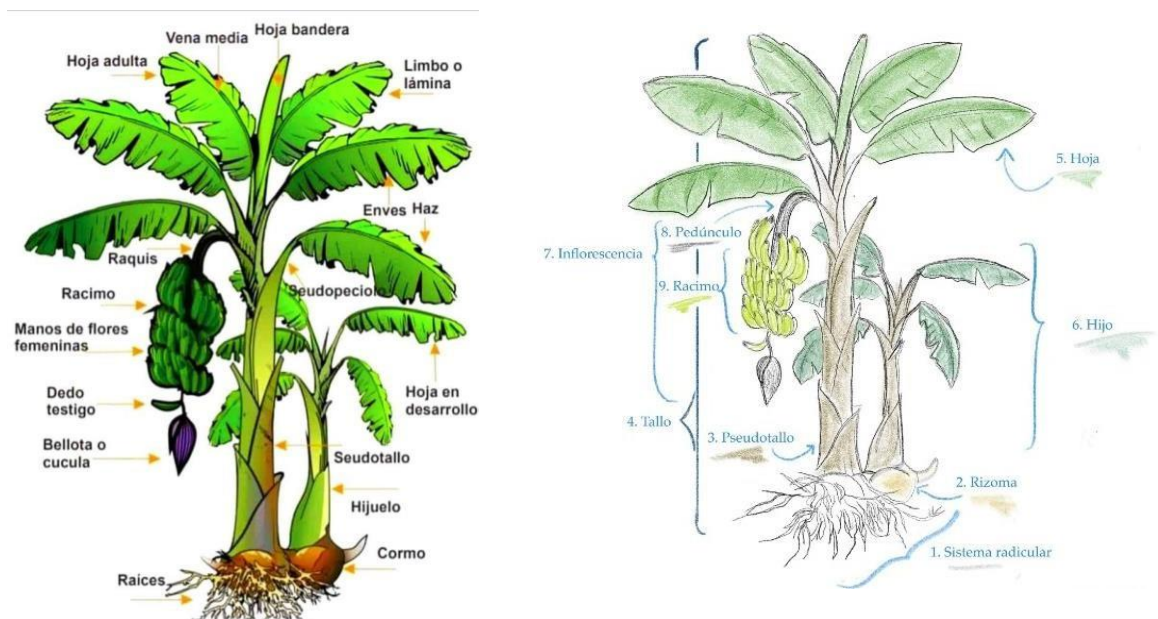


### 1.1.2 Descripción botánica del plátano (*Musa AAB*)

El plátano (*Musa AAB*) es una herbácea perenne gigante, con rizomas cortos y tallos expuestos, evidente de una combinación de vainas foliares, cónicas y de 3,5 a 7,5 m de altura, que terminan en un follaje (Medranda, 2019).

**Figura 1.**

**Planta de plátano (*Musa AAB*) y sus partes.**



**Nota:** El plátano es una planta monocotiledónea y junto con el banano es el cuarto cultivo más importante del mundo después de cereales como el maíz, el arroz y el trigo. Tomado de (Campirano, 11 de Agosto 2021)

Considerando que la producción de plantaciones es parte integral de la sostenibilidad de las fincas familiares y los mercados locales, contribuyendo a mantener la seguridad alimentaria en diferentes regiones del país, esta guía brinda recomendaciones de manejo para dicho producto.

Existen dos sistemas de producción para el cultivo del plátano, el primero corresponde a monocultivos dedicados a mercados de productos especializados, tanto nacionales como internacionales, propiedad de grandes empresas ubicadas principalmente en la región de Urabá, que se destaca por su participación exportadora del 5% (Benavides, 2020).

**1.1.3 En la parte del plátano (*Musa AAB*) se pueden distinguir las siguientes partes:**

### 1.1.3.1 Rizoma o bulbo:

Un tallo subterráneo con muchos sitios de crecimiento (meristemas) que dan lugar a pseudotallo, raíces y yemas vegetativas (Monsombite & Anel , 2019).

**Figura 2.**

#### Rizoma el verdadero tallo del banano



**Nota:** La parte externa o cortical del rizoma. Tomado de (Patricia, 2022)

### 1.1.3.2 Tallo:

Es responsable de absorber y conducir agua y transferir nutrientes del suelo a la planta, de igual forma la planta de banano tienen un sistema radicular primario y un sistema radicular adventicio, las raíces primarias se originan en la superficie del cilindro central del rizoma (ver más abajo) y las raíces secundarias y terciarias de las raíces primarias (Monsombite & Anel , 2019).

**Figura 3.**

#### Tallo aéreo de la planta de plátano



**Fuente** (Patricia, 2022)

### 1.1.3.3 Hojas:

Cuando son viejas se rompen desde luego de forma transversal bajo la influencia del viento de la laureola de la hoja sale, durante la floración, un escapo núbil de 5-6 cm de diámetro, finalizando por un gajo permanente de 1-2 m de longitud, este lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color colorado púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores (Mero, 2022).

**Figura 4.**

### Hojas



**Nota** las vainas de las hojas están dispuestas en forma helicoidal dentro del rizoma, por lo que al crecer conforman el pseudotallo., tomado de (Patricia, 2022)

### 1.1.3.6 Flores:

Flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, mínimo a estaminodio petaloide el gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero y la mayoría de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada articulación de flores reunidas en cada bractéola modo una articulación de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos, un régimen no puede portear más de 4 manos, menos en las variedades muy fructíferas, que pueden valer con 12-14 (Monsombite & Anel , 2019).

**Figura 5.**

### Inflorescencia



**Fuente** (Patricia, 2022)

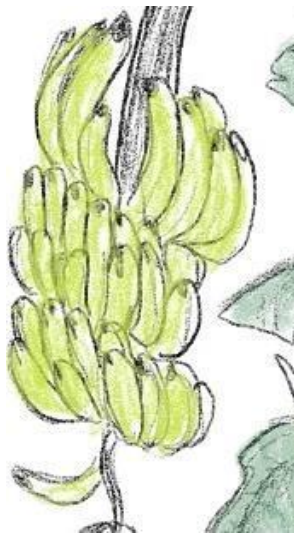
### 1.1.3.7 Fruto:

Bayas largas; Durante el desarrollo del fruto, se doblan geotropicalmente dependiendo del peso del fruto, esta reacción determina la forma de la uva los plátanos son polimórficos y pueden contener de 5 a 20 brazos, cada uno con 2 a 20 frutos de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo rojizo o rojo; Los plátanos comestibles son partenocarpos vegetativos, lo que significa que producen masa comestible sin polinización;

Los ovarios pronto se atrofian, pero pueden identificarse por la masa comestible y la partenocarpia y la infertilidad por cambios genéticos son mecanismos diferentes, al menos parcialmente independientes, la mayoría de los frutos comestibles de la familia Musaceae son estériles por varias razones, que incluyen la capacidad de hospedaje, la triploidía y, en diversos grados, genes específicos para cambios estructurales cromosómicos (Mero, 2022).

### Figura 6.

#### Racimo o manojo



**Nota.** Grupo de frutos que aparecen a lo largo del raquis. Los frutos individuales se agrupan en las manos, extraído de (Patricia, 2022)

### 1.1.3.8 Hoja cigarro:

Una hoja de cigarro, o candela, es una hoja recién germinada que se enrolla en un cilindro, esta hoja nueva, muy enrollada, es blanquecina y extremadamente quebradiza, aunque cambia de color al color verde normal y se vuelve menos quebradiza cuando se abre el horario de apertura de la revista varía según las condiciones climáticas; Si están

disponibles, el proceso de descarga puede tardar unos 7 días; de lo contrario, puede tardar entre 15 y 20 días la extensión en la punta de la hoja se marchita y cae después de la emergencia (Saúco, 2010)

**Figura 7.**

**Hoja cigarro**



**Nota** Emergen del centro del pseudotallo como hojas de cigarro, tomado de (Patricia, 2022)

**1.1.3.9 Hijo:**

Es un brote lateral que se desarrolla a partir de un rizoma que suele crecer muy cerca de la planta madre, también llamada planta madre, en español se le conoce como retoño, tallo, yema o cerro, cuando el bebé apenas sale del suelo, se le llama bebé.

Cuando ya ha crecido y tiene hojas verdaderas se le llama retoño. Morfológicamente, hay dos tipos de mimosa; La mimosa espada de hojas estrechas y rizoma grande) y la mimosa de hojas anchas y rizoma pequeño, los bebés de agua tienen una conexión débil con la planta madre y no se convierten en una planta fuerte el número de palos producidos varía según el tipo de variedad, un hijo elegido para reemplazar a la planta madre después de dar fruto se llama vástago (Saúco, 2010).

**Figura 8.**

**Brote**



**Tomado de.** (Patricia, 2022)

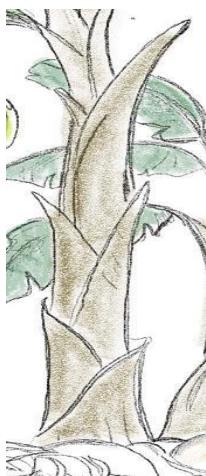
### 1.1.3.10 El pseudotallo:

Esta es la parte de la planta de plátano que parece un tallo, está formada por vainas de hojas muy finas y pequeñas, aunque el pseudotallo es muy carnoso y está compuesto principalmente de agua, es bastante potente y puede soportar gajo que pesa de 50 kg o más, Pseudotallo crece cuando las hojas aparecen una tras otra y alcanza su altura máxima cuando la inflorescencia aparece en la parte superior de la planta (INIBAP, 1996)

El pseudo tallo tiene una morfología única los haces de fibras están cubiertos por una membrana que no es de celulosa y constan de dos tipos de fibras: fibras primarias con un diámetro de 10-15  $\mu\text{m}$  y fibras estrechas con un diámetro de 3  $\mu\text{m}$ -  $\mu\text{m}$ . En las cáscaras de plátano no hay fibras primarias, las fibras estrechas parecen más tuberías que haces se cree que esta estructura, que nunca se había informado, facilita el transporte de agua en la pulpa (Pedraza, 2019).

#### Figura 9.

#### El pseudotallo:



**Nota** Está formada por conjunto de vainas foliares muy comprimidas y superpuestas, tomado de (Patricia, 2022)

## 1.2 Características del Pseudotallo del Plátano (Musa AAB)

El tallo del plátano (*Musa Paradisiaca* L.), cosechado luego de su vida útil, tuvo un peso total de 16.3 kg y una longitud de 2.7 m, con un diámetro inferior (unido al cormo) de 17 cm y superior de 11 cm. del tallo del plátano, 623 g fueron de materia descartable, 2.4 kg de tronco central y 13.3 kg pertenecieron a pseudotallo donde 12.8 kg fueron de residuo útil y 0.5 kg de fibra; el pseudotallo cortado en 4 secciones tuvo una cantidad de pencas entre 11 y

17 debido a que las penca disminuían hacia la parte superior del pseudotallo el peso de las pencas osciló entre 153 y 244 g, el contenido de humedad del pseudotallo fue de 91.81 % (S=0.68 %) semejante a 90 % y 90.75 % (Caldas Cortez , 2022).

### 1.2.1 Composición química

El contenido de humedad del pseudotallo de los plátanos frescos es de alrededor del 96% un plátano maduro contiene 70-7 ° de humedad, 1° de proteína, 0,3-0,5° de grasa, 20-30% de carbohidratos, 0,5° de fibra cruda, 3,5° de fibra dietética y 1% de ceniza.

La pulpa del plátano puede obtenerse el almidón con una pureza del 93% en base húmeda, los plátanos también son bastante ricos en minerales, entre los que destacan el potasio, el magnesio y el hierro; rico en potasio por lo que es uno de los frutos frescos más abundantes en cuanto a este mineral; solo los aguacates y los dátiles superan a los plátanos en potasio (GARCÍA VÁSQUEZ, 2017).

#### **Tabla 1.**

*Composición química del pseudotallo de plátano Musa AAB.*

<b>Indicador</b>	<b>Contenido</b>
Celulosa	40 – 50%
Hemicelulosa	25 – 35%
lignina	25 – 35%
Almidón	1 – 5%

**Nota.** En la tabla 1 describe los componentes químicos y los porcentajes de cada indicador del pseudotallo del plátano musa AA. Obtenida de (Jiménez, 2017).

El pseudotallo es el desecho mayoritario en la producción de plátano y este material nada más es utilizado como abono, ya que a nivel industrial no ha tenido ningún uso o aplicación este se considera una madera suave y está constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa, lignina y almidón (Jiménez, 2017).

Es útil conocer todo sobre el pseudotallo, por lo tanto, es importante saber sobre la composición química que contiene el pseudotallo como observamos en la tabla 1.

**Tabla 2.**

*Contenido proximal del residuo en base húmeda y seca.*

<b>Indicador</b>	<b>Residuo en b.h. (%)</b>	<b>Residuo en b.s. (%)</b>
Humedad	95.32 (0.36)	8.62 (0.5)
Celulosa		51.79 (2.25)
Ceniza		5.71 (0.36)
<b>Indicador</b>	<b>Residuo en b.h. (%)</b>	<b>Residuo en b.s. (%)</b>
Fibra Cruda		27.26 (0.05)

( ) =desviación estándar; b.h.=base húmeda; b.s.=base seca

**Nota.** En la tabla 2 refleja los residuos aproximal en base húmeda y seca. Obtenida de (Medranda, 2019)

**Tabla 3.**

*Clasificación taxonómica del plátano*

<b>Reino:</b>	<b>plantae</b>
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa
Especie:	Musa x paradisiaca L.

**Nota:** Taxonomía del plátano (*Musa AAB*) **Fuente:** (Anel, 2019).



### 1.2.2 Producción de plátano (*Musa AAB*) en el Carmen

La mayor área productora de banano se encuentra en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, la producción anual en Manabí representa aproximadamente el 45,10% respecto a la producción nacional de este cultivo y alrededor del 70% de la producción de la región Costa. Además, son el mayor exportador del producto a Estados Unidos y Europa (Beltrón et al., 2018).

Los productores de banano de la región de el Carmen tienen grandes ventajas sobre los productores de otras regiones del país, entre ellas pueden considerarse el clima y las condiciones del suelo que favorecen el cultivo; además la producción es generador permanente de empleo directo e indirecto; la demanda es tanto interna como externa; y hay tierra adecuada disponible para aumentar el cultivo si las perspectivas de demanda del producto son favorables.

**Figura 10.**

**Mapa del Cantón El Carmen (*Musa AAB*) y sus partes.**



**Nota.** Mapa de la producción de plátano (*Musa AAB*) en el Cantón El Carmen. Obtenido de (MEJÍA G, 2005)

Sin embargo, no todas estas fortalezas fueron aprovechadas en su totalidad, mostrando debilidades como: la delicada organización de los productores, que no les permitía beneficiarse de obras de infraestructura como caminos, mercados, compra de insumos, mejoramiento de la calidad del producto, el manejo adecuado de las labores agrícolas, los agroquímicos y el tratamiento postcosecha, así como la falta de motivación de los productores, fortalece a las organizaciones que necesitan impulsar los procesos de producción y comercialización . (Beltrón, 2018)

### **1.2.3 Contaminación ambiental por residuos agrícolas.**

La contaminación agrícola se refiere a los subproductos bióticos y abióticos de la agricultura que causan contaminación o degradación del medio ambiente y los ecosistemas circundantes, causando daños a las personas y sus intereses económicos como también la contaminación puede provenir de una variedad de fuentes, que van desde la contaminación del agua de origen puntual (desde un único punto de descarga) hasta Fuentes de contaminación más difusas a nivel de paisaje, también llamadas contaminación no puntual o contaminación difusa. Las prácticas de gestión juegan un papel fundamental en la cantidad y el impacto de estos contaminantes. Las prácticas de manejo van desde el manejo y la cría de animales hasta prácticas agrícolas globales como el manejo de pesticidas y fertilizantes (Mitloehner, 15 agosto 2022).

La contaminación del agua provocada por prácticas agrícolas insostenibles es una gran amenaza para la salud humana y los ecosistemas del planeta, y tanto los tomadores de decisiones como los agricultores suelen subestimar el problema.

Los contaminantes agrícolas de mayor preocupación para la salud humana son los patógenos del ganado, los pesticidas, los nitratos de las aguas subterráneas, los metales y los contaminantes emergentes, incluidos los antibióticos y los genes de resistencia a los antibióticos del ganado (Fao.org, 2022).

### **1.2.4 Impactos ambientales por mal manejo en la eliminación de residuos**

La agricultura produce constantemente grandes cantidades de desechos. Una parte de estos son reciclados para proteger el suelo y equilibrar los nutrientes orgánicos. Los desperdicios del procesamiento de hortalizas y frutas, restos de cultivos industriales como el arroz, la caña de azúcar, residuos de cosechas como pajas y malezas son otros de los desechos generados. (Linnet, 2022).

- Contaminación del aire:

La acumulación de grandes cantidades de residuos en el sector puede provocar una descomposición lenta y poco o ningún oxígeno. También se producen malos olores y gases contaminantes ( Cedeño Zambrano K. , 8 de Mayo 2019).

- Contaminación del agua:

Si no existe una capa impermeable que proteja y aisle el suelo, los fluidos absorbentes producidos por la descomposición y compactación de los residuos son lavados o filtrados a través del suelo. Pueden ingresar a las aguas subterráneas y contaminar el agua arrastrando desechos traídos por los ríos y asentándose en lagos y océanos ( Cedeño Zambrano K. , 8 de Mayo 2019).

- Degradación de los suelos:

La acumulación de desechos de diferentes fuentes se combina y provoca cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo. Este cambio reduce su fertilidad, aireación, retención de agua y porosidad. La acumulación inadecuada de residuos en lugares no autorizados también puede aumentar el riesgo de incendio ( Cedeño Zambrano K. , 8 de Mayo 2019)

- Alteración de los ecosistemas:

La capacidad de carga y regeneración del ecosistema se ve superada por la acumulación descontrolada de desechos. Esto afecta a los tipos de hábitat ya las especies que los componen. Un ejemplo de esto son los desechos que se esparcen por la resistencia de las corrientes oceánicas, muchos de los cuales se acumulan en el lecho marino, afectando la vida y las cadenas alimenticias ( Cedeño Zambrano K. , 8 de Mayo 2019)

### **1.2.5 Los beneficios de la gestión de residuos.**

- Reduce la huella ecológica

La huella ecológica es un indicador clave de la sostenibilidad del planeta porque mide el impacto ambiental de las actividades humanas, el principio general es el deseo de cuidar el medio ambiente por lo que tanto la industria como el gobierno deben encontrar procesos para concretar este objetivo.

Una buena política ambiental dentro y fuera de la empresa, en todos los procesos de producción y comercialización, fortalece la imagen de su empresa ante la sociedad y los consumidores y motiva a sus empleados (Farias Mendoza, 23 de Marzo 2021).

- Uso eficiente de recursos

Al implementar un sistema de gestión de residuos adecuado, las empresas pueden utilizar sus recursos de manera eficiente, es decir, consumir o utilizar recursos que son realmente necesarios. Se recomienda utilizar sistemas de reciclaje y valorización de residuos. Pues bien, se ha estimado que un producto nuevo fabricado con materiales reciclados tiene un 20% menos de emisiones que si estuviera fabricado con materiales nuevos. Esto permite que el modelo actual descarte materiales de un solo uso que se convierten en residuos que se siguen acumulando en vertederos (Farias Mendoza, 23 de Marzo 2021).

- Incrementa la vida útil de los sistemas de relleno sanitario

Debido a la mala gestión de los residuos, los vertederos se llenan sin control y se sobrecargan rápidamente. Como resultado, se construyen más vertederos y se acumulan desechos sin el mantenimiento adecuado, lo que genera grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

Una adecuada gestión de los residuos permite reducir la cantidad de residuos que se acumulan en los vertederos y prolongar su vida útil. Además, permite una gestión controlada de los residuos, lo que es muy beneficioso para el medio ambiente. (Farias Mendoza, 23 de Marzo 2021)

- Se protegen los recursos naturales

La correcta gestión de los residuos junto con el uso eficiente de los recursos permite la protección de los recursos naturales renovables y no renovables.

Esto se debe a que se abandona el actual modelo económico de consumo y disposición y se buscan alternativas más sostenibles. Aprovechar y revalorizar los residuos permite obtener materias primas que se pueden reutilizar sin dañar el medio ambiente. (Farias Mendoza, 23 de Marzo 2021).

- Reduce la contaminación

El manejo adecuado de los desechos reduce la contaminación ambiental simplemente porque menos desechos terminan afuera, lo que afecta la salud del suelo, el aire y el agua.

Por ejemplo, en Incinerox, el proceso de reciclaje y revalorización de los residuos de aguas aceitosas, aceites usados, hidrocarburos o sustancias similares se realiza durante un

proceso fisicoquímico, durante el cual gran parte del agua y los sólidos se separan de los residuos. (Farias Mendoza, 23 de Marzo 2021).

### **1.2.6 La producción excesiva del plástico en el planeta.**

Es debido al elevado uso que se da, la facilidad y versatilidad que tienen estos plásticos los hacen preferir al momento de su utilización, este exceso ha generado un problema ambiental de gran impacto, causando intranquilidad en la sociedad ya que estos son extremadamente persistentes en el ambiente, y su fácil fragmentación permite que los pequeños pedazos llamados micro plásticos se transporten rápidamente en las fuentes hídricas o entre otros sectores a lo cual esto genera mucha contaminación, por todos nosotros quienes hacemos uso de diferentes tipos de empaques, produciendo una excesiva contaminación por causa de los plástico que son altamente dañinos para nuestro ecosistema (Beltrón, 2018)

Los plásticos convencionales, que se producen a partir de derivados del petróleo, causan grandes problemas de contaminación ambiental porque no son biodegradables y siguen siendo contaminantes durante largos períodos de tiempo En este sentido, han surgido un gran número de estudios con el objetivo de obtener polímeros biodegradables con propiedades similares a las de los plásticos convencionales, que puedan sustituir a los polímeros en aplicaciones similares por sí solos (Castillo, 1997)

Actualmente se sufren altos niveles de contaminación alrededor del mundo a la cual se quiere realizar un biopolímero a base del pseudotallo del plátano para que este empaqué tenga menor grado de contaminación y se biodegrade de una forma más rápida a diferencia de otros empaques. Esto es importante ya que estamos ayudando al medio ambiente a dar posibles soluciones a los impactos ambientales que son generados por el plástico.

Se ha generado la necesidad de proponer método novedoso mediante procesos químicos y bioquímicos para la obtención de polímero, los mismos que sería una gran alternativa para disminuir la contaminación por desperdicios orgánicos, beneficiando a las plantaciones de banano, en cuanto a su producción de rechazo (Cruz, 2016)

### **1.2.7 Historia de los polímeros.**

Debido a que la mayoría de los científicos e investigadores de hoy en día están involucrados en la ciencia o tecnología de los polímeros, esta era se conoce como la era de

los polímeros. Aunque en realidad siempre vivió rodeado de ellos. Incluso en las llamadas Edades de Piedra, Bronce o Hierro, los polímeros eran más populares que los materiales que les dieron su nombre en ese momento porque eran la base de las plantas y los animales.

En la antigua Grecia toda la materia se clasificaba en animal, vegetal y mineral, los alquimistas valoraban los minerales, mientras que los artesanos medievales la consideraban materia real, animales y plantas, la mayoría de los cuales son polímeros y son vitales para la vida tal como la conocemos (Abigail, Abril 2016).

### **1.2.8 Definición de polímeros.**

Polímero es un concepto cuyo origen etimológico se encuentra en el idioma griego y hace referencia a algo que está compuesto por muchos componentes diferentes. Y así lo atestigua su origen etimológico. En exactitud, deriva del griego, únicamente de la suma de dos elementos como el prefijo "poli-", que parecido a "muchos", y el sustantivo "meros", que puede interpretar como "parte".

El proceso de polimerización puede proceder como una reacción en cadena o a través de muchos pasos o etapas diferentes. Dependiendo del mecanismo utilizado en el proceso, uno puede referirse alternativamente a polimerización por adición o polimerización por condensación (Pérez, 2015).

### **1.2.9 Diferencia entre polímeros y biopolímero.**

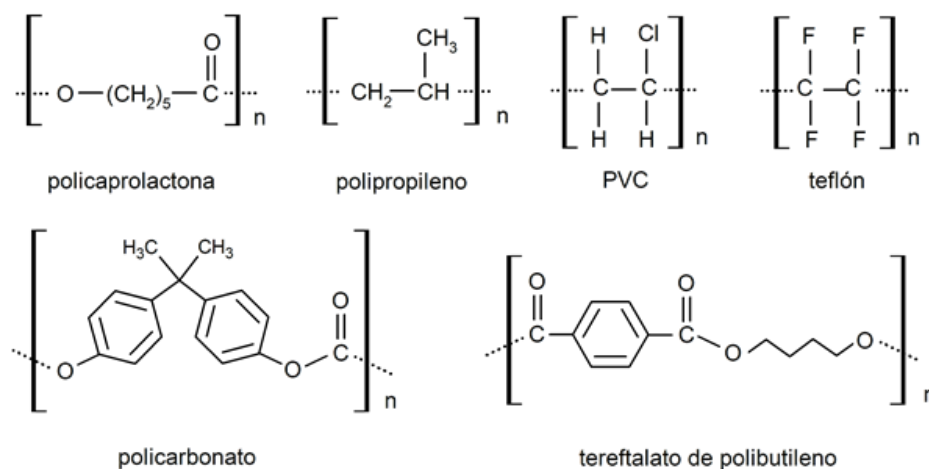
#### **1.2.9.1. Los polímeros.**

Son moléculas grandes que tienen la misma unidad estructural repetida una y otra vez. Estas unidades repetitivas representan monómeros. Estos monómeros están unidos entre sí por enlaces covalentes para formar un polímero. Tienen un prominente peso molecular y persistencia de más de 10.000 átomos. En el transcurso de síntesis (polimerización), se forman cadenas poliméricas más extensas.

Los polímeros sintéticos surgieron de la necesidad de encontrar una forma de imitar las propiedades de los polímeros naturales en cuanto a su estructura. Se fabrican mediante procesos de polimerización; esto se hace por adición o condensación, lo que da como resultado polímeros de cadena lineal o una macromolécula tridimensional

Figura 11.

### Diferentes polímeros fabricados a nivel industrial



**Nota.** Los polímeros son compuestos químicos que consisten en moléculas de cadena o moléculas ramificadas **Extraído de** (Abigail, Abril 2016).

#### 1.2.9.2. Los biopolímeros.

Estos son materiales poliméricos que se forman en los organismos vivos. Hay tres biopolímeros fundamentales en los sistemas vivos; polisacáridos, proteínas y polinucleótidos (ácidos nucleicos). La unidad fundamental de los polisacáridos son los monosacáridos (azúcares). Cuando dos monosacáridos se unen para formar un enlace glucosídico, se libera una molécula de agua. Por lo tanto, los polisacáridos son polímeros de condensación. Los polisacáridos juegan papeles estructurales y funcionales en los organismos. El glucógeno es un polisacárido de almacenamiento, entre tanto que la celulosa es un elemento de las paredes celulares de las células vegetales. La glucosa es el monómero del glucógeno y los polímeros de celulosa (Taylor, 2021).

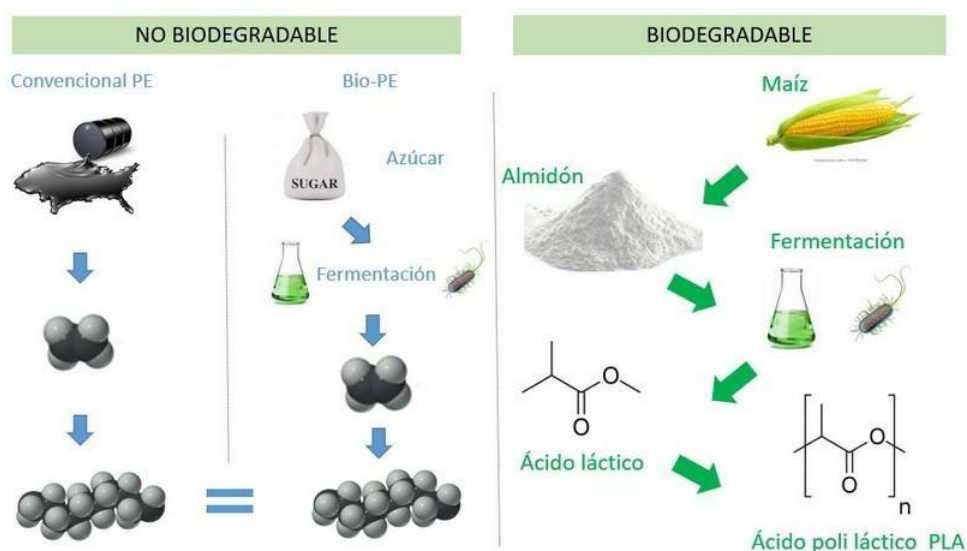
Actualmente, los llamados polímeros naturales o biopolímeros se consideran una alternativa a los plásticos de origen sintético. Sin duda, su uso reducirá la contaminación provocada por la eliminación del plástico debido al uso de materiales más respetuosos con el medio ambiente. Cabe señalar que el empaque está hecho de un agente formador de biopelícula que se destaca por su biodegradabilidad, lo que contribuye a la reducción de la contaminación, también tiene la capacidad de evitar la transformación. de los alimentos y la

capacidad de crear nuevos mercados para productos renovables de origen natural (Chuquimia Saydd & Salazar, octubre de 2019).

Una de las razones es que los polímeros naturales suelen ser renovables, ya que la naturaleza puede sintetizarlos durante la minería, pero esto se debe principalmente a la creciente necesidad de conservar y regular nuestros recursos y encontrar fuentes alternativas de producción propia, como el petróleo. Los biopolímeros, o polímeros naturales, son producidos por organismos vivo (Freire, 2018).

**Figura 12**

### Fuentes de los Polímeros y Biopolímeros



**Nota:** Son moléculas grandes que tienen la misma unidad estructural repetida una y otra vez.

Extraído de (Pérez, 2015).

#### 1.2.10 Polimerización.

Es un proceso químico en el que se combinan químicamente reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular), creando una molécula pesada, conocida como polímero, o macromoléculas de cadena lineal o tridimensional.

La polimerización ocurre a través de una variedad de mecanismos de reacción que varían en complejidad debido a los grupos funcionales presentes en monómero y su efecto estérico (ya sea que tengan cadenas laterales voluminosas o sean monómeros con rotación restringida.) puede afectar la polimerización (Mendieta Ceballos , 26 may 2021).



### 1.2.11 Clasificación de polímeros.

Los polímeros sintéticos son macromoléculas artificiales y se dividen según sus propiedades en dos categorías: termoplásticos y termorígidos. Los polímeros tienen propiedades muy bien definidas dependiendo de su tipo; en el pasado, los termoplásticos se caracterizaban por ablandarse o fundirse cuando se calentaban y generalmente eran solubles en solventes adecuados.

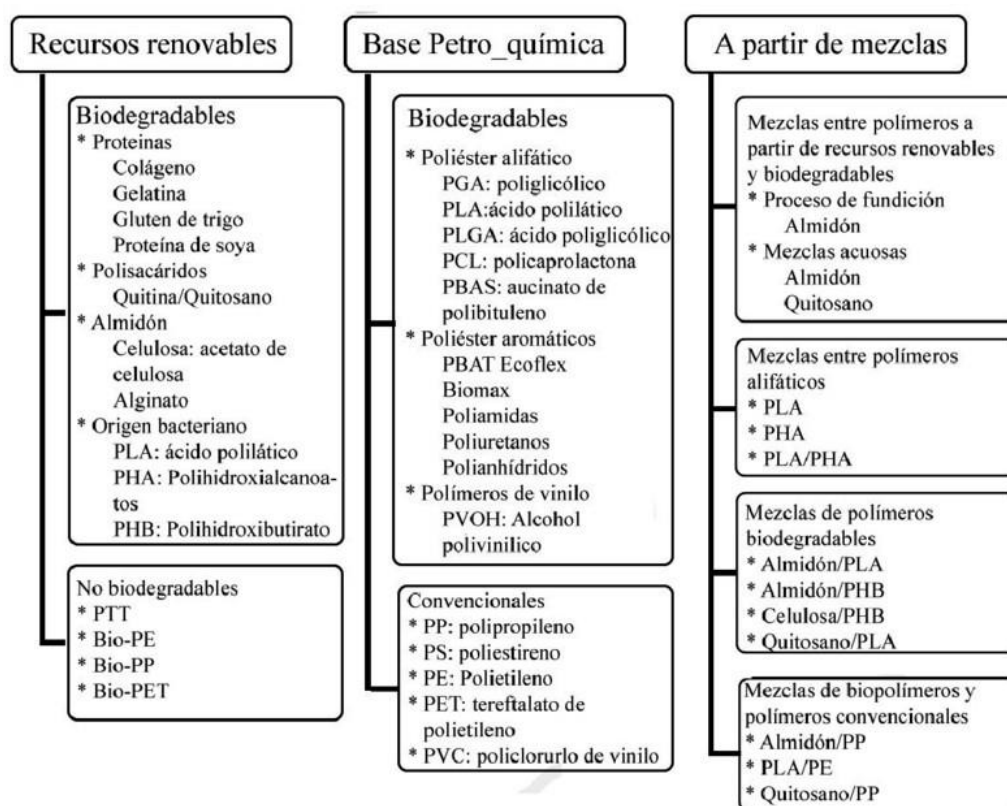
Por el contrario, el termorígidos se descompone cuando se calienta y no se puede derretir ni disolver (Franco, octubre de 2019).

El hombre crea polímeros sintéticos a partir de elementos naturales. Estos polímeros sintéticos se crean para funciones específicas y tienen las características para cumplirlas.

Clasificación de los biopolímeros.

**Tabla 4.**

#### Clasificación de los Polímeros y Biopolímeros



**Nota:** Todos los polímeros están hechos de unidades repetitivas llamadas monómeros. (Fernanda Noemi, 2009)

### **1.2.12 Mayormente las clasificaciones de los biopolímeros se realizan según su composición química, método de integración, influencia económica, entre otras entre otras.**

Los biopolímeros utilizados en envases biodegradables se producen de diferentes formas. Uno de los métodos de producción más comunes es extraerlos directamente de las plantas. El envasado a base de almidón es posiblemente el tipo más común de biopolímero producido con este método. Las plantas verdes como papas, maíz, arroz, etc. se estimulan y las moléculas de almidón se despoja directamente de ellas. Los biopolímeros de almidón se procesan, genera calor y diseñan en el envase final (Fernanda Noemi, 2009).

### **1.2.13 Empaques biodegradables.**

Los envases biodegradables están hechos de materias primas orgánicas, es decir, proviene de fuentes renovables, y cuando se convierte en residuo, se descompone al entrar en contacto con el medio ambiente.

En el proceso se convierten en biomasa y nutrientes, lo interesante es que no se necesita intervención humana. Por otra parte, también se conocen los envases compostables. En ellos, puedes hacer algo útil con tus materiales desechados, como abono orgánico. Además, por su efecto microbiológico, el proceso de descomposición es más rápido. Para que el contenedor se considere compostable, el material debe descomponerse en un 90% en 6 meses. Aunque existen pocos materiales biodegradables en el mercado, su producción debe seguir aumentando. Conozca por qué las empresas deben considerarlos y así promover efectos ambientales positivos (Montalvo Garcés , 2019)

Como dijeron Salazar y Ñahui, (2019) actualmente se están considerando como alternativa a los plásticos de origen sintético los denominados polímeros naturales o biopolímeros. Sin duda, su uso reducirá la contaminación provocada por el residuo plástico debido a esto se procederá al uso de materiales más respetuosos con el medio ambiente. Al usar biopolímeros natura contribuimos una ayuda al medio ambiente ya que evitamos un poco la contaminación excesiva ya sea en ríos, lagos, calles, entre otros lugares. Ya que, en un mundo globalizado como el nuestro, donde el consumismo es un accionar de cada día, se han hecho evidente la utilización de empaques plásticos como envolturas o recubrimientos de productos que compramos.

Como lo asegura diferentes actores en de las revistas unicordoba, (Sánchez Monge & Fernando, 2021) que se realizó un análisis bibliográfico sobre la base de varias investigaciones acerca de la obtención y aprovechamiento de biopolímeros a partir de los productos secundarios y residuos agroalimentarios provenientes del plátano. De esta manera, se establecieron métodos de extracción de almidón, se determinaron procesos para la obtención de bioplásticos y un estudio donde se estudiaron envases biodegradables utilizando como materia prima residuos de banano. De las partes anteriores, los residuos más utilizados para obtener almidón son: tallos, meristemas, corteza y hojas.

Según (Hernandez , Gil Kaima , & Caldas Cortez, 2022) los residuos orgánicos también ocasionan daños al medio ambiente ya que son una fuente de emisiones de metano y otros contaminantes de corta vida que favorecen al cambio climático.

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo del proyecto es diseñar un polímero biodegradable para empaques a base de pseudotallo del plátano. Para la elaboración del de la lámina para el empaque biodegradables se realizará con los siguientes reactivos agua, carragenina, cmc, sorbato de potasio, y el sustrato (pseudotallo). Después de esto las variables a medir serán las siguientes. permeabilidad, resistencia, dureza, elongación. Para luego de esto escoger el mejor tratamiento para el biopolímero a base del pseudotallo de plátano.

(Hernandez , Gil Kaima , & Caldas Cortez, 2022) anuncio que el desarrollo de materiales biopoliméricos continúa con un aumento mucho más rápido que los plásticos convencionales; esto demuestra una preocupación mundial por la disminución de emisión de gases de efecto invernadero y el aumento constante en el precio del petróleo. El uso de estos biopolímeros en distintas aplicaciones también ha aumentado para favorecer el desarrollo de nuevos materiales. Entre los biopolímeros más usados está el TPS que al ser mezclado con materiales lignocelulósicos como material de refuerzo permite mejorar sus propiedades mecánicas.

#### **1.2.14 Importancia de un empaque biodegradable.**

Los productos biodegradables son una alternativa para reducir la contaminación del ecosistema, debido a que el uso de envases plásticos elaborados a base de derivados del petróleo, como el polietileno, provoca problemas de salud al consumir alimentos y bebidas en este tipo de envase.

Los productos no biodegradables como plásticos, telas y materiales sintéticos tardan cientos de años en descomponerse, liberan sustancias tóxicas y son altamente contaminantes para el medio ambiente (Carlos Iván Riofrio Álvarez, 2019).

- No producen residuos

No contienen sustancias químicas nocivas para el medio ambiente, por lo que no se generan residuos, y al descomponerse no liberan sustancias nocivas que dejan una mayor huella de carbono. Estos son materiales que los microorganismos como bacterias, hongos y algas pueden descomponer en condiciones naturales en la biosfera sin intervención humana (Montalvo Garcés , 2019).

- Pueden reutilizarse

Cualquier sustancia que se descomponga de manera natural es menos nociva para el medio ambiente. Los productos biodegradables se reintegran a la tierra en condiciones adecuadas, sin componentes químicos, así que, la biodegradación posee la capacidad de reutilizar sustancias.

- Necesitan menos recursos para ser producidos

Al provenir de materias primas 100% renovables, su producción requiere menos energía. En los últimos años, también se ha optimizado el proceso de su creación para reducir precio.

- Aseguran calidad

Los envases o recipientes biodegradables, cuando se utilizan en alimentos, pueden prolongar su vida útil. Se consideran soluciones ambientales, garantizan calidad y salud. Además, no modifican el sabor y el olor de los alimentos.

- Son novedosos

Todos los días hay nuevas innovaciones en el mercado que mejoran el estado de los productos y promueven la protección del medio ambiente. Este es un requisito importante para la mayoría de los consumidores. Por tanto, las empresas deben ser ecológicas y ofrecer soluciones ecológicas si quieren seguir las preferencias de los clientes interesados en un consumo responsable, porque esta es la única opción de futuro (Montalvo Garcés , 2019).

### **1.2.15 Ventajas y desventajas.**

Los envases biodegradables son una alternativa muy prometedora al plástico que puede ayudar a aliviar los problemas a largo plazo asociados con el uso excesivo de plástico. Los envases biodegradables están hechos de materiales renovables en comparación con los plásticos a base de petróleo. Además, los biopolímeros se sintetizan en un proceso relativamente eficiente desde el punto de vista energético que requiere mucha menos energía que la producción de polímeros plásticos. Otra ventaja importante de los envases biodegradables es que no son tóxicos para la naturaleza ni para las personas.

De esta forma, son mucho más fáciles de desechar y no se acumulan con el tiempo como las masas plásticas. Finalmente, los biopolímeros nos ayudan a reducir nuestra dependencia del petróleo y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Este es probablemente el beneficio más importante de los envases biodegradables, ya que reduce el cambio climático, un problema global.

Aunque los envases biodegradables son muy positivos, no son perfectos y tienen algunas características negativas. Un problema que puede surgir con el uso a largo plazo de biopolímeros es que se puede requerir más material vegetal para sintetizar los biopolímeros.

Otro problema es que, dado que este es un proceso relativamente nuevo, tenemos que construir muchas plantas de procesamiento nuevas para producir estos biopolímeros. A menos que se desarrolle un método de síntesis más eficiente dentro de los próximos 50 años, necesitaremos más tierra para cultivar y obtener la biomasa necesaria para producir todos los biopolímeros que necesitamos. Otro problema es que, dado que este es un proceso relativamente nuevo, tenemos que construir muchas plantas de procesamiento nuevas para producir estos biopolímeros. (Fernanda Noemi, 2009).

### **1.3 Materiales naturales para empaques biodegradables.**

Hasta la fecha no se ha logrado la sustitución completa de los plásticos sintéticos por materiales biodegradables para la producción de envases, sin embargo, algunos polímeros sintéticos han sido reemplazados por otros naturales, en aplicaciones específicas. Estas sustituciones han permitido el desarrollo de productos con propiedades específicas relacionadas con propiedades de barrera, mecánicas y térmicas en ciertos envases como

películas, protectores, espumas, envases, discos, taza, cuchara, sachet, etc. (Héctor Villada, 2007)

La creciente producción de derivados del petróleo y el aumento del precio de este recurso no renovable han hecho que en los últimos siglos se haya demandado un producto alternativo y menos contaminante, siendo muchos los estudios que se han hecho para reducir las consecuencias negativas del uso del plástico, Desde cambiar su composición hasta utilizar otros productos similares como nuevas alternativas tecnológicas y de procesamiento, así surgió el bioplástico, producto de la evolución posterior con el fin de reducir los inconvenientes que la producción de este polímero trae al medio ambiente y a la humanidad. Este material biodegradable se obtiene principalmente de recursos renovables y en algunos casos sus propiedades son similares a las de los plásticos derivados del petróleo (Pizá, 18 de noviembre de 2017).

Los bioplásticos constituyen en la actualidad un campo de interés creciente en sectores industriales ya que todos los polímeros naturales basados en carbono, como el almidón, celulosa, lignina son abundantes y renovables, además los monómeros en los que se basan son biodegradables (Rosales A. d., Mayo –Abril 2016).

#### **1.4 Degradación de los biopolímeros plásticos.**

Los biopolímeros son macromoléculas sintéticas que en ocasiones se utilizan de forma ilegal en el campo de la medicina estética como rellenos tisulares, provocando una variedad de complicaciones sistémicas y locales que pueden manifestarse de forma inmediata o años después, pudiendo incluso poner en peligro la vida (Duarte, dic. 2016)

La biodegradación se refiere a la transformación y deterioro que se produce en los polímeros plásticos por la acción de enzimas y/o microorganismos como bacterias, hongos y algas; Esta es la principal ventaja que permite que los biopolímeros compitan con otros materiales como el vidrio y los metales.

Para que los materiales poliméricos se consideren biodegradables, es imprescindible que contengan grupos en la cadena principal que puedan ser fácilmente descompuestos por la acción de agentes externos de carácter físico o químico. La biodegradación puede ser parcial o completa (Ángeles, 19 de abril de 2016).

También conocidos como envases biodegradables, suelen estar fabricados con compuestos de origen vegetal como el almidón de maíz o el PLA, derivados del ácido láctico, que se descomponen en menos tiempo y además se pueden compostar, evitando que pasen mucho tiempo en la basura.

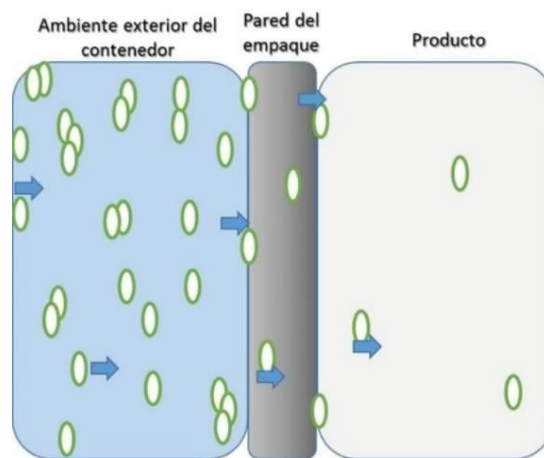
#### 1.4.1 Propiedades que debe tener un envase biodegradable:

- **Permeabilidad:** La permeabilidad se define como el paso de líquidos, gases o radiaciones a través de un material sólido. Esto significa que el polímero es permeable a la sustancia de bajo peso molecular.

Aunado a esto existen otras propiedades que debe tener un envase biodegradable debe soportar altas temperaturas para no deformarse. En la tabla 4 de continuación se mencionan las características de algunos envases agrícolas en función del material utilizado para su fabricación.

#### Figura 12.

#### Sinergia de ambientes en la permeabilidad de los empaques



**Nota.** Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna **Extraído de** (Montalvo Garcés , 2019)

- **Resistencia:** Un polímero tiene resistencia a la flexión si soporta la flexión de la siguiente manera: Hay otras resistencias de las que podemos hablar. Un polímero tiene resistencia a la torsión cuando se somete a una fuerza de torsión. También tiene resistencia al impacto.

**Tabla 4.**

*Propiedades físicas de algunos envases con fines agrícolas.*

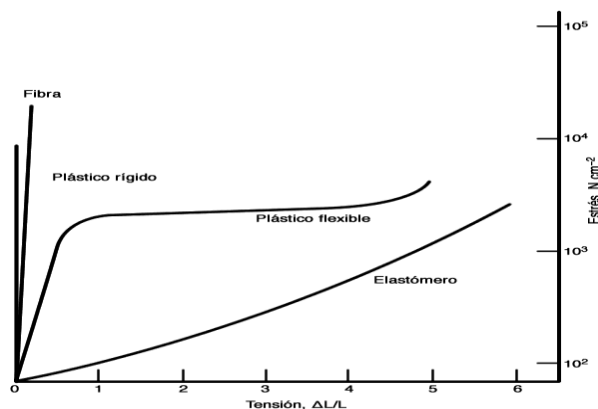
<b>Materiales</b>	<b>Estructura</b>	<b>Barrera De Gases, Aroma Y Sabor</b>	<b>Barrera De Luz</b>	<b>Hermeticidad</b>	<b>Resistencia Mecánica</b>
PET/PVC/ Polipropileno/Vidrio /Aluminio.	Rígidos	Impermeable	Claros	Herméticos (termosellados/ sachet)	Resistente
Cartón Polietileno PET.	Semi-rígidos	Semi Impermeable	Opacos	Propenso a figura	Débil
Polietileno/ Polipropileno/ PVA/LDPE/HDPE	Flexibles	Permeable	Intermedios	Propenso a figura	Débil

**Nota:** Características de algunos envases agrícolas en función del material utilizado para su fabricación. **Fuente:** (Rives-Castillo, Bautista-Baños, Correa-Pacheco, & Ventura-Aguilar, 2020)

- **Dureza:** La dureza es una medida de la resistencia a la compresión y penetración de un material plástico. Las mediciones de dureza pueden ser muy valiosas, especialmente cuando se comparan materiales similares. Las mediciones de dureza a menudo indican resistencia a los rayones, el desgaste y la abrasión.

**Figura 13.**

**Dureza en tensión  $N\ cm^2$**



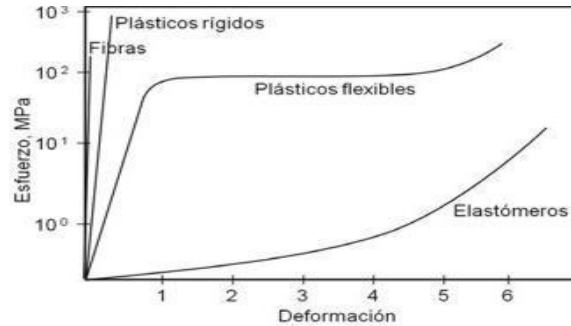
**Nota.** La prueba de dureza, como se aplica a la mayoría de los materiales, ha sido una prueba mecánica valiosa **Tomado de** (Héctor Villada, 2007)



- **Flexibilidad:** Se define como la capacidad de mover una articulación o conjuntos de articulaciones sin problemas a través de un rango completo de movimiento sin causar lesiones.

**Figura 14.**

**flexibilidad de MPa**



**Nota.** El plástico flexible ofrece una alta resistencia a ser rasgado. **Extraído de** (Carlos Iván Riofrio Álvarez, 2019).

- **Porosidad:** En las últimas dos décadas, los materiales porosos han cobrado un gran interés tanto a nivel industrial como a nivel científico, porque los poros y las cavidades que poseen en sus estructuras pueden alojar distintos tipos de moléculas, proporcionándoles potenciales aplicaciones en áreas como almacenamiento y separación de gases, intercambio iónico o catálisis, entre otras.

**Tabla 5.**

**Estructura macroscópicas y microscópicas de porosidades**

ESTRUCTURA	MACROSCÓPICA	Laminares	Según Porosidad	Densas	Microporosas
		Tubulares		Porosas	
	Fibras huecas		Macroporosas		
	MICROSCÓPICA	Según Configuración	Simétricas	Asimétricas	

**Elaborada por Fuente:** (Rives-Castillo, Bautista-Baños, Correa-Pacheco, & Ventura-Aguilar, 2020)

En la tabla 6, se muestra un resumen de las empresas mexicanas que están incursionando en la creación de biopolímeros a partir de residuos agrícolas.

**Tabla 6.**

*Empresas mexicanas involucradas en la creación de envases biodegradables y cuya materia prima se basa en residuos agrícola*

<b>Empresas</b>	<b>Residuos agrícolas utilizados</b>	<b>Envase</b>
Escoshell	Almidón de maíz, bagazo de caña y paja.	Bolsas, empaques, cubiertos, vasos y platos.
Bloface	Semilla de aguacate	Cajas.
Biosolutions	Fibra de agave	Empaques y bolsas.
Geco	Cascara de naranja	Bolsa y vasos
Biopal	Mucilago de nopal	Biopolímeros
BioCane	Bagazo de caña	Biopolímeros

**Nota:** Características de algunos envases agrícolas en función del material utilizado para su fabricación. **Fuente:** (Rives-Castillo, Bautista-Baños, Correa-Pacheco, & Ventura-Aguilar, 2020)

Los envases ecológicos se utilizan en distintos sectores, sin embargo, su principal mercado es el alimenticio. En primer lugar, buscan reducir el impacto sobre el medio ambiente, además, evita la transferencia de toxinas plásticas, por lo tanto, son empaques seguros. Podemos destacar que el periodo de descomposición es muy poco, comparado con los que están fabricados de resinas plásticas, de igual forma, muchos de ellos pueden ser usados como composta (Héctor Villada, 2007).

## CAPÍTULO II

### 2 ESTADO DEL ARTE

Como lo describe María Andreina Montoya Cedeño y talo Pedro Bello Moreira en el año 2022 en la elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano para elaborar bandejas biodegradables a escala de laboratorio, a partir de corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de maíz (*Zea mays*), este trabajo investigativo se realizaron 16 tratamientos donde las bandejas a base de cascara de plátano y almidón de maíz se analizaron mediante análisis físicos como capacidad de absorción de agua (CAA); Densidad (D); Color ( $L^*a^* b^*$ ); espesor y resistencia a la tensión. Así mismo se determinó las características del almidón de las cascara del plátano dando como resultado 42% de Humedad, 3.52 % de proteína y 0.26% de amilosa/Amilopectina, el mejor tratamiento en la capacidad de absorción y en la resistencia de la tensión en las bandejas biodegradables fue en A4B3 así lo asegura Emily Julissa Mendoza Cedeño

Como lo redacta Brenda Johana Salamanca Ruiz 2019 propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y hojas generados en el cultivo de plátano de la variedad Dominico Hartón, Laura Lucia Vera Guachetá 2019 establece que el material compuesto se clasifico en tres biomateriales, el primer material que se obtuvo fue el biopolímero, el cual no presento una buena consistencia en su estructura, de esta manera se aprovechó este residuo para la elaboración del segundo material compuesto que fue el biocomposito, donde el material que mejor se ajustó en las pruebas físicas y químicas tuvo una combinación del material vegetal y las bolsas de polietileno a una proporción de 45% Polietileno de Baja Densidad y 55% Materia vegetal; y finalmente, se realizó el bioplástico obtenido mediante el proceso de extracción de almidón por el método de centrifugación, ya que fue el método con mejores características en la calidad del almidón.

Como establece (Coello, 2017) con el tema evaluación de polímeros en pseudotallos de *Musa acuminata* AAA, *Musa sapientum* ABB y *Musa paradisiaca* AAB para elaboración de bioplástico, recolectaron muestras de 3 especies de, esto se realizó para conocer que especie tiene mayor contenido en celulosa y almidón para su posterior uso en la elaboración del bioplástico. Cada muestra (pseudotallo) se cortó en tres partes del pseudotallo, analizando cada uno de los materiales se demuestra que es posible obtener una membrana plástica a partir de polímeros presentes en pseudotallo de *M. acuminata* AAA y *M. sapientum* ABB, los

cuales presentaron propiedades físicas comparables con el control elaborado con almidón de maíz.

Como muestra Hamlet Pizá 2018 en el análisis experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la Cáscara de Plátano para el Diseño de una Línea de Producción Alterna para las Chifleras de Piura, Perú acompañado de Sophia Rolando 2018 que concluye que este proyecto tiene como objetivo principal realizar un análisis experimental de la producción de bioplástico a partir de la cáscara de plátano verde y el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de la región Piura, como resultado, el bioplástico a partir de cáscara de plátano puede adquirir distintas formas según el molde que lo contenga y composición dependiendo de los tipos y cantidades de insumos usados, por lo que puede aplicarse a distintos fines como sustituto en distintos campos de la industria del plástico, dependiendo de la temperatura de cocción de la mezcla y de la presión ejercida en ella.

Como asegura Mera Natalia en 2021 utilizaron como materias primas pseudotallos de plátano (*Musa acuminata* AAA y *Musa sapientum* ABB) para la obtención de biopolímeros (almidón y celulosa) Se utilizó el método de extrusión, con el cual se formó una película plástica, esta película se evaluó para determinar finalmente las propiedades mecánicas y ópticas la finalidad de caracterizar químicamente el producto y conocer las características de la combinación de polímeros. Los resultados obtenidos sugieren que el material obtenido cumple con características para ser una opción natural, abundante y económica para elaborar un bioplástico.

## CAPÍTULO III

### 3 DIAGNÓSTICO O ESTUDIO DE CAMPO

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

La presente investigación se realizó en la provincia de Manabí, en el cantón El Carmen, en la granja experimental “Rio Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 0°15'35"S, Longitud: -79°25'37"W y Altitud: 266 m.s.n.m.

#### 3.2 Características agroecológicas de la zona.

##### *Tabla 7.*

*Características meteorológicas presentadas en el ensayo.*

Características	El Carmen
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año <sup>-1</sup> )	1 026,2
Precipitación media anual (mm)	2 806
Altitud (msnm)	260

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

#### 3.3 Variables en estudio

##### 3.3.1 Variables independientes

- Pulverizado de pseudotallo de Plátano Musa AAB

##### 3.3.2 Variables dependientes

- Permeabilidad
- Resistencia
- Dureza
- Elongación

Tabla 8.

Operacionalización de las variables.

Variables	Conceptualización	Operacionalización
<b>Variable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización a baño maría con 600 ml de agua. Tamiz 200 con tamaño de partículas 74 (<math>\mu\text{m}</math>) y sustrato pseudotallo 0.25g 10 g. de Carragenina, 5 g. de gelatina sin sabor más 5 g. de Carboxil Metil Celulosa y como ultimo Sorbato de potasio 1g</li> </ul>	T1 tamiz 200 tamaño de partícula 74 ( $\mu\text{m}$ )
<b>Independiente:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización a baño maría con 600 ml de agua. Tamiz 65 con tamaño de partículas 210 (<math>\mu\text{m}</math>) y sustrato pseudotallo 0.25g 10 g. de Carragenina, 5 g. de gelatina sin sabor más 5 g. de Carboxil Metil Celulosa y Sorbato de potasio 1g</li> </ul>	T2 tamiz 65 tamaño de partícula 210 ( $\mu\text{m}$ )
<b>Tamaño de Partículas de pulverizado de Pseudotallo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realización a baño maría con 600 ml de agua. Tamiz 18 con tamaño de partículas 1.0 (<math>\mu\text{m}</math>) y sustrato pseudotallo 0.25g 10 g. de Carragenina, 5 g. de gelatina sin sabor más 5 g. de Carboxil Metil Celulosa y como ultimo Sorbato de potasio 1g</li> </ul>	T3 tamiz 18 tamaño de partícula 1.0 ( $\mu\text{m}$ )
<b>Variable</b>		Permeabilidad al vapor de agua (PVA)
<b>Dependiente:</b>	<b>Permeabilidad.</b> Permeabilidad al vapor de agua (PVA), 1ml agua destilada la celda se colocó en un desecador ubicado en el interior de una cámara de almacenamiento con condiciones controladas de 25° C. a la cual se tomaron tres pesos cada 2 horas.	PVAX10.11g/ms2Pa Gramos por metros cuadrados en fuerza

### **Resistencia.**

La resistencia se tomó en un texturómetro (Shimadzu, Japón), en lo cual este nos detallaba toda la información en el software Trapecio X de la resistencia de cada tratamiento, la lámina ingresada en el texturómetro tenía una medida de 3 cm de largo y 2 cm de ancho.

La resistencia se mide en la capacidad al resistir la tensión RT y se mide en Mpa

### **Dureza.**

Se midió la dureza de los diferentes tamaños de partículas en el texturómetro (Shimadzu, Japón), con una medida 3 cm de largo y 2 cm de ancho a la cual nos detallaba los resultados obtenidos en el software Trapecio X.

Dureza se mide en  $N\text{ cm}^2$

### **Elongación**

Herramienta usada fue texturómetro, de igual forma como en las dos variables ya informadas y con las mismas medidas 2 cm de ancho y 3cm de largo para evaluar la elongación de los diferentes tamaños de partículas

Elongación en (%)

## **3.3.2 Variables dependientes**

**Permeabilidad.** - La permeabilidad se define como el paso de líquidos, gases o radiaciones a través de un material sólido esto significa que el polímero es permeable a la sustancia de bajo peso molecular. Permeabilidad al vapor de agua (PVA), la determinación de la PVA se realizó de acuerdo con la norma E96–80ASTM (30) y Debeaufort et al., (31). Las muestras de los diferentes tratamientos de los tamices con sus tamaños de partículas se utilizaron para sellar un agujero en la parte superior de una celda de plástico que contenía 1ml agua destilada. La celda se colocó en un desecador ubicado en el interior de una cámara de almacenamiento con condiciones controladas de 25° C. a la cual se tomaron tres pesos cada 2 horas.

**Figura. 15****Permeabilidad al vapor de agua (desecador)**

**Nota.** Los biopolímeros se consideran materiales sustentables ya que son biodegradables.

**Tomado de** Mesias Josselyn 2022

**Resistencia.** - Un polímero tiene resistencia a la torsión si es resistente cuando es puesto bajo torsión también está la resistencia al impacto. En el laboratorio de las Ciencias Agropecuaria de Manta tomamos la resistencia en un texturómetro (Shimadzu, Japón), en lo cual este nos detallaba toda la información en el software Trapecio X de la resistencia de cada tratamiento, la lámina ingresada en el texturómetro tenía una medida de 3 cm de largo y 2 cm de ancho.

**Figura. 16****Texturómetro (Shimadzu, Japón)**

**Nota.** Las tres variables restantes fueron analizadas con el Texturómetro (Shimadzu, Japón) detallando la información en software Trapecio X **Tomado por** Mesias Josselyn 2022



**Dureza.** - La dureza es la medida de la resistencia de un material plástico a la compresión e indentación, las mediciones de dureza pueden ser muy valiosas, particularmente para comparar materiales similares. Las mediciones de dureza son a menudo indicativas de resistencia al rayado, desgaste y abrasión. En cuanto a esta variable también hicimos huso de la herramienta de laboratorio del texturómetro (Shimadzu, Japón), para evaluar los diferentes tamaños de partículas, con una medida 3 cm de largo y 2 cm de ancho a la cual nos detallaba los resultados obtenidos en el software Trapecio X.

**Elongación.** - La elongación (o alargamiento) es una magnitud que mide la capacidad que tiene el material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de su rotura. De igual manera hicimos huso del texturómetro, de igual forma como en las dos variables ya informadas y con las mismas medidas 2 cm de ancho y 3cm de largo para evaluar la elongación de los diferentes tamaños de partículas.

### 3.4 Característica de las Unidades Experimentales

Cada unidad experimental está conformada por las diferentes muestras de pseudotallo procesado bajo la aplicación del tamizado.

### 3.5 Tratamientos

#### *Tabla 9.*

*Disposición de los tratamientos.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Tamiz</b>	<b>Tamaño en micras</b>
T1	200	74 ( $\mu\text{m}$ )
T2	65	210 ( $\mu\text{m}$ )
T3	18	1,0 ( $\mu\text{m}$ )

**Elaborada por:** Mesias Josselyn (2023)

### 3.6 Diseño experimental

Se estableció un diseño de cuadrado latino (DCL) con 3 tratamientos y 3 repeticiones en un total de 9 unidades experimentales, la media obtenida entre los tratamientos fue comparadas con la prueba de significancia de Tukey con el 5% de probabilidad.

**Tabla 10.**

*Esquema del ADEVA*

<b>F.V.</b>		<b>gL</b>
Total	$(t * r) - 1$	8
Tratamiento	$t - 1$	2
Repetición	$r - 1$	2
Error Experimental	$(t - 1)(r - 1)$	4

#### 3.6.1 Equipos de campo e instrumentos

- Pseudotallo de plátano
- Carragenina
- Gelatina
- Carboxil Metil Celulosa
- Sorbato de potasio
- Balanza
- Tamiz
- Recipientes
- Horno
- Agua
- Texturometro
- Desecador
- Computadora
- Programa InfoStat versión 2018
- Prueba Tukey

### **3.6.2 Obtención de la materia prima**

### **3.6.3 Selección del pseudotallo**

Se procedió a revisar una plantación con plátano de la variedad *Musa* AAB establecida con 12 semanas desde la siembra, de esta se obtuvieron los pseudotallo utilizados para la transformación, ya que nuestra materia prima fue pseudotallo de plátano de la variedad barraganete, para la investigación se usaron 2Kg de pseudotallo la cual se obtuvo en la granja experimental “Rio Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud: 0°15'35"S, Longitud: -79°25'37"W y Altitud: 266 msnm, perteneciente a la provincia de Manabí, cantón El Carmen,

### **3.6.4 Lavado**

Este pseudotallo seleccionado se procedió a lavar con agua, esto con la finalidad de eliminar la suciedad que estuvo presente en el material a utilizar.

### **3.6.5 Picado**

Luego del lavado del material a utilizar se procedió a cortar el pseudotallo seleccionados en medidas de 1,5 cm con el objetivo de que se pudiera secar con mayor rapidez.

### **3.6.6 Secado**

Después del proceso de picado del pseudotallo se procedió a introducir el material vegetal al horno que se encuentra en el laboratorio de procesos de alimentos de la granja experimental “Rio Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, para secar todos los trozos picados de pseudotallo, cada dos minutos se realizaba la rotación para que no se quemaran y queden bien secos.

### **3.6.7 Pulverizado**

Una vez terminado el secado del material vegetal, se realizó el pulverizado de los residuos del pseudotallo con un molino de corona doméstico, este se hizo a medida de 1 mm.

### **3.6.8 Dosificación y mezcla**

Al terminar la pulverización se realizó a la dosificación según los tratamientos determinados considerando los porcentajes de pulverizado.

### **3.7 Manejo del ensayo para obtener un polímero a base del pseudotallo de plátano (*Musa AAB*).**

Este empaque biodegradable se realizó en granja experimental “Rio Suma” perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, los análisis realizados en el laboratorio de las Ciencias Agropecuaria de Manta

#### **3.7.1 Proceso**

Primeramente, realizamos a baño maría con 600 g de agua, como también tenemos listos nuestros reactivos siguientes que hicimos huso con las siguientes medidas 10 g. de Carragenina, 5 g. de gelatina sin sabor más 5 g. de Carboxil Metil Celulosa y como ante penúltimo Sorbato de potasio 1g. para que este no se biodegrade tan rápido y por último hicimos huso de nuestro producto principal el sustrato de Pseudotallo 0.25g de sustrato. Estas mismas medidas se usaron en los diferentes tratamientos.

#### **3.7.2 Proceso final**

Luego de tener todos los reactivos pesados y listos lo colocamos en el vaso de precipitación a baño maría, disolvemos bien hasta obtener la mezcla perfecta dejamos que la mezcla este a temperatura intermedia, para luego esparcirlo en un platico para que tengan un buen secado y eliminar el excedente de humedad.

Se dejaron secar por siete días para seguir con el siguiente proceso.

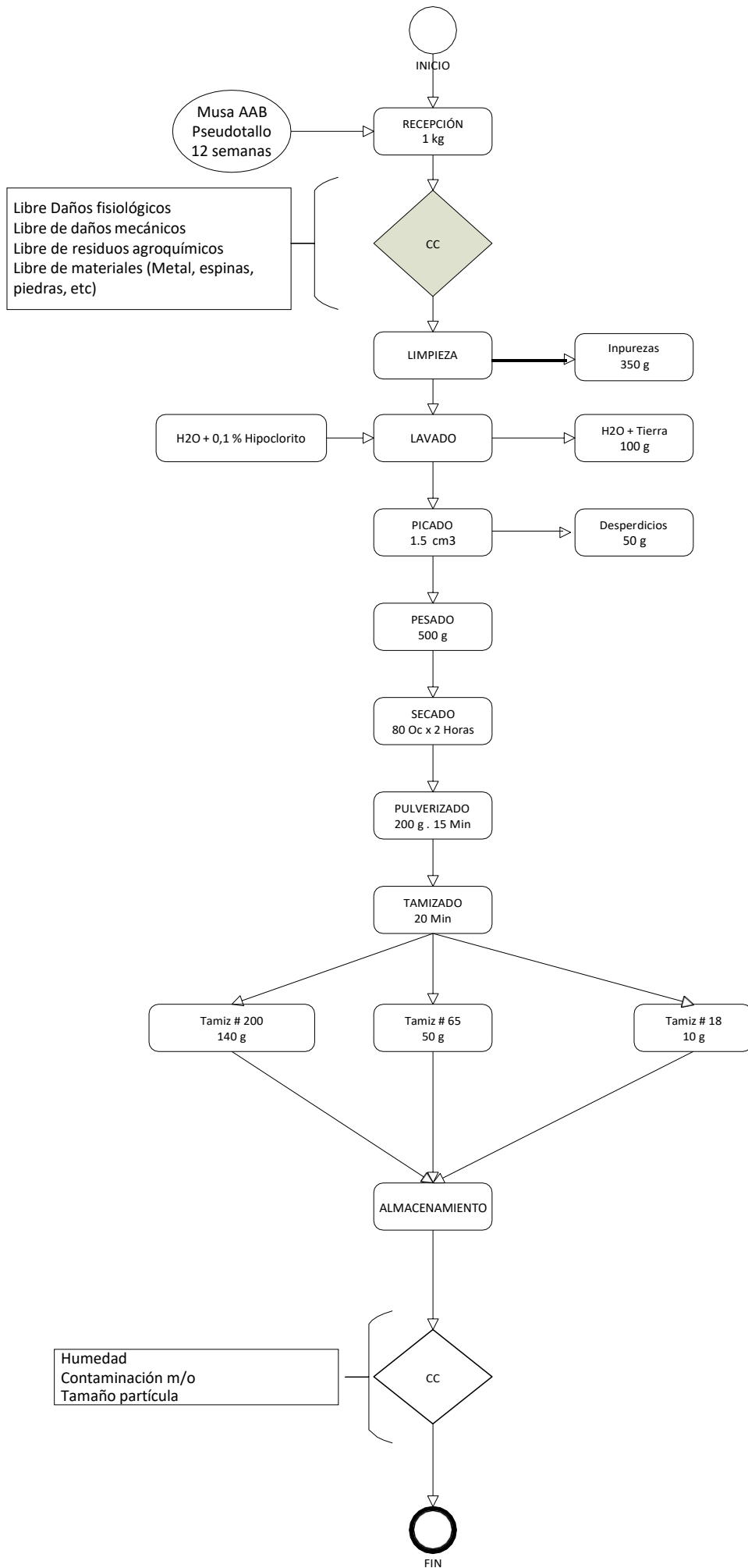
#### **3.7.3 Análisis e interpretación de los resultados**

Una vez concluido los ensayos se tomaron las muestras correspondientes y se enviaron los resultados al laboratorio de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí matriz Manta.

Luego de esto se procedió a evaluar los resultados para realizar el empaque a base del pseudotallo de plátano con el mejor tratamiento.

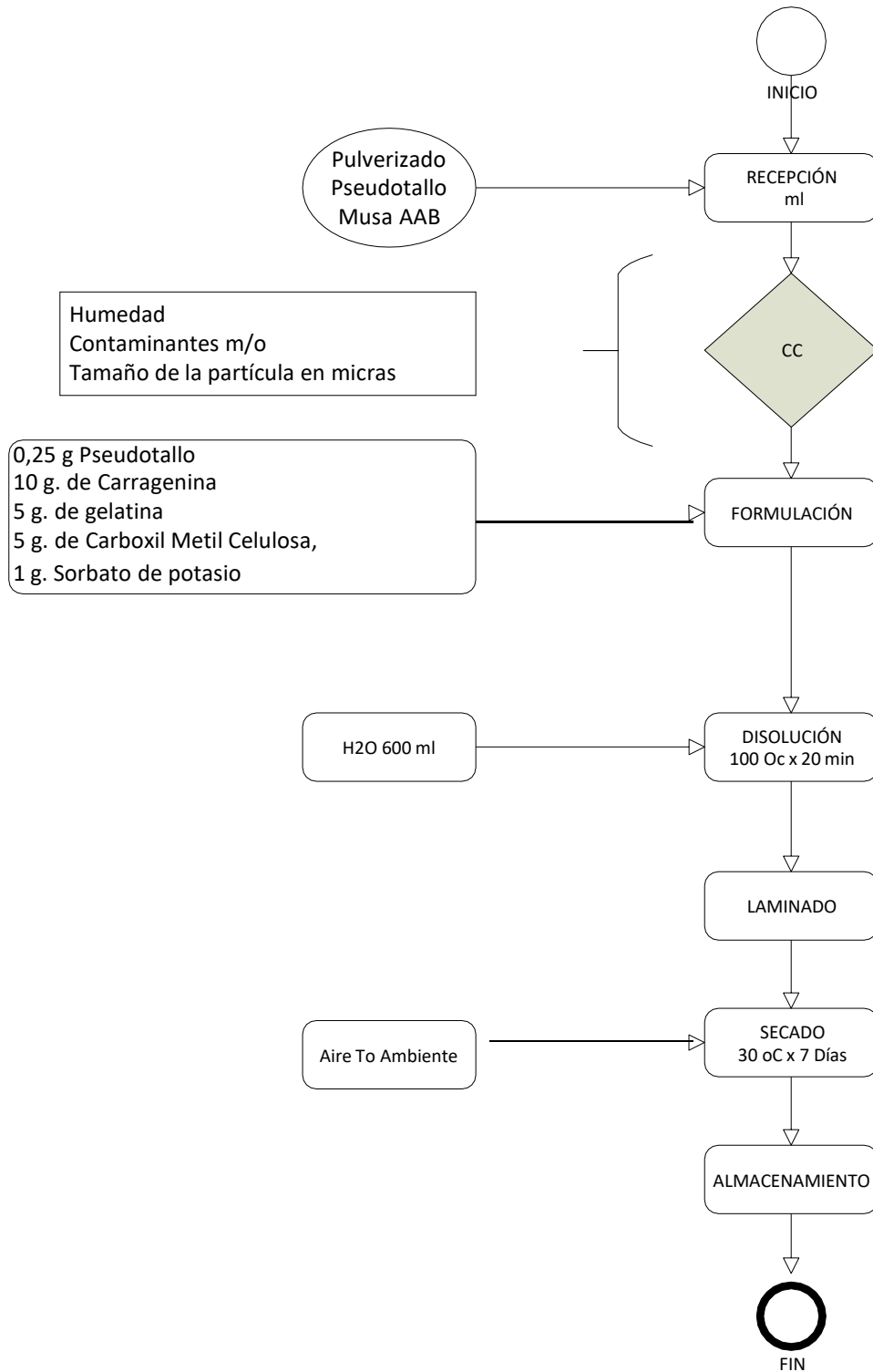
En esta investigación queremos disminuir este impacto negativo con el ambiente promoviendo el huso del empaque a base de pseudotallo de plátano, ya que hoy en día hay mucha contaminación tanto el mal uso del material agrícola como también sustancias inorgánicas, a la cual este tema me agrado mucho ya que podemos ir dando a conocer a la población de ir mejorando el ambiente con el huso de empaque biodegradable.

Figura 17. Diagrama de flujo de obtención del sustrato de pseudotallo

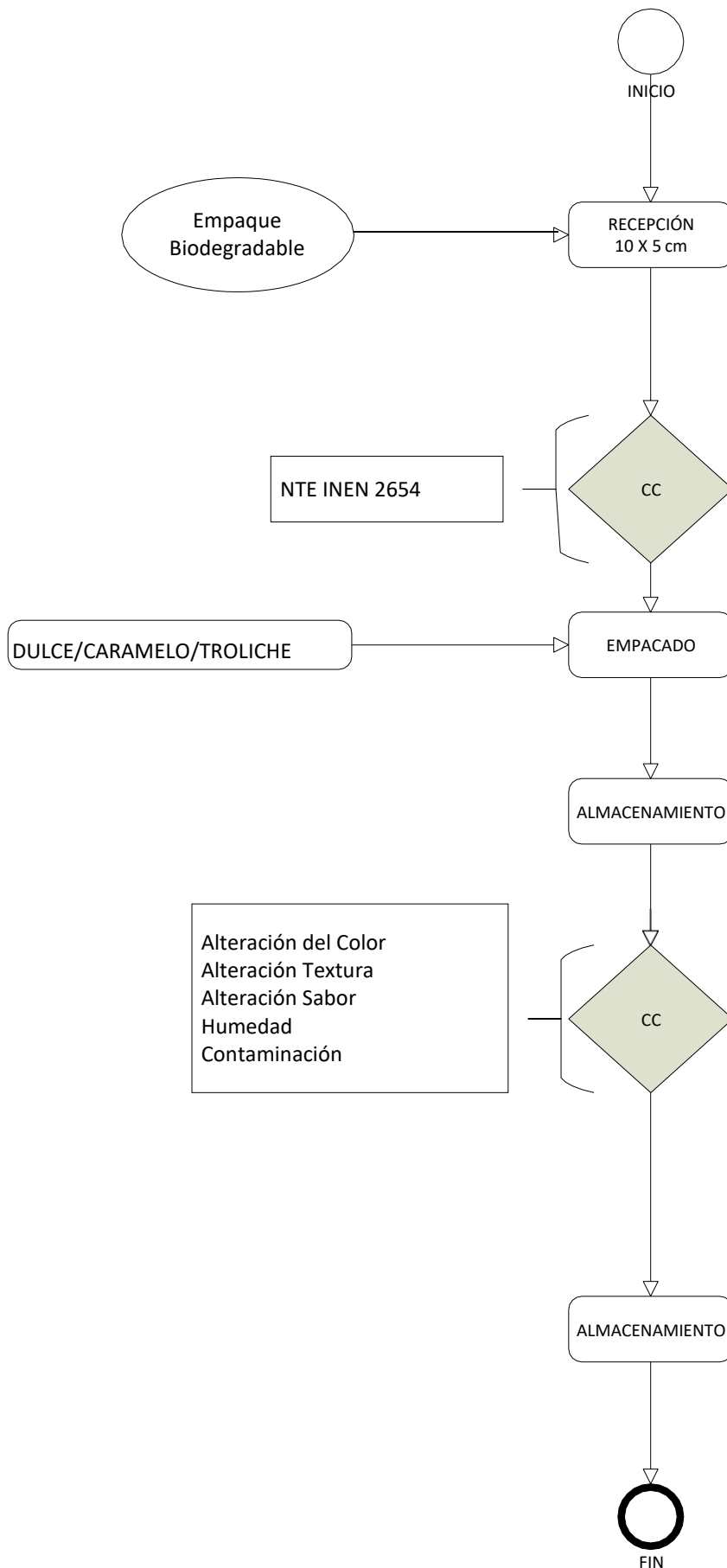


**Figura 18.**

**Diagrama de flujo de la obtención del empaqué biodegradable a base del pseudotallo del plátano.**



**Figura 19. Diagrama de flujo del empaqueo del caramelo troliche en el empaque biodegradable de pseudotallo.**





## CAPÍTULO III

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

- Permeabilidad
- Resistencia
- Dureza
- Elongación

De los tratamientos aplicados en la investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

#### 4.1. Permeabilidad

En relación con esta variable los tratamientos estudiados mostraron diferencias no significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias obtenidas, lo que muestra que el tamiz utilizado en el material vegetal procesado a partir del pseudotallo para la obtención del biopolímero no afecta a la permeabilidad del producto final del proceso, el coeficiente de variación en el análisis de la varianza llegó a 9,76%; el promedio reportado fue de 2,30 (Tabla 11).

#### *Tabla 11.*

*Resultados de permeabilidad en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.*

Tratamientos	Tamaño de partícula micras	Permeabilidad
T1 200	74 ( $\mu\text{m}$ )	2,45a
T2 65	210 ( $\mu\text{m}$ )	2,35a
T3 18	1.0 ( $\mu\text{m}$ )	2,09a
Promedio		2,30

La permeabilidad es concebida como la capacidad de paso de sustancias líquidas u otras como gaseosas o radiaciones a través de algún material sólido (Mexpolimeros, 2022); Núñez y De la Rosa, (2014) realizaron una investigación denominada con la finalidad de obtener una película de bioplástico a base del colágeno de las patas de pollo, en el que se determinó que la

permeabilidad del material es una variable importante a considerar en la calidad, en esta investigación la concentración de gelatina influye directamente en la permeabilidad.

Esta variabilidad en los diferentes resultados entre las investigaciones se da ya que Pizá et al., (2018) explica que los biopolímeros utilizados a base de materiales vegetales tendrán diferentes características y propiedades de acuerdo al tipo de vegetal utilizado, lo que implicará el desarrollo de muchas investigaciones con ciertas variables que permitan determinar el producto con mejores condiciones.

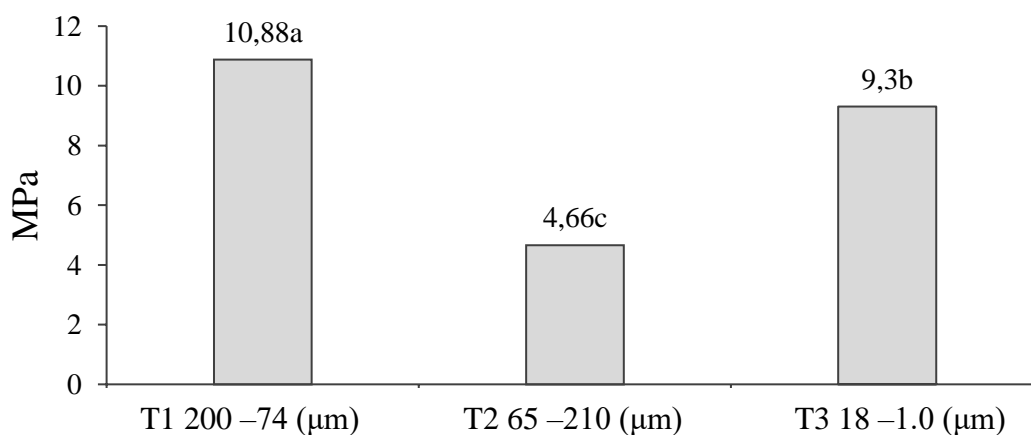
#### 4.2. Resistencia

En cuanto a la resistencia del biopolímero el análisis de variancia encontró diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los promedios de los tratamientos estudiados, lo que implica que el tamiz utilizado en el tamizaje del material vegetal influye directamente en la resistencia del material, el coeficiente de variación reportado para esta variable según el ADEVA fue del 2,68%.

Las medias obtenidas indican que el tamiz 200 que corresponden al tamaño de partícula de 74 ( $\mu\text{m}$ ) alcanzó el nivel más alto de resistencia, como muestra en la figura alcanzando un promedio de 10,88 seguido del tamiz 18 con el tamaño de partícula de 1.0 ( $\mu\text{m}$ ) con un promedio de 9,3 mientras que la medida 65 con partícula de 210 ( $\mu\text{m}$ ) fue el que reportó menor valor en la resistencia de los materiales.

#### *Figura 20.*

*Resultados de la resistencia en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.*



En el experimento en que se buscó determinar la utilización del pseudotallo más almidon de maíz para obtener platos biodegradables, se determinó que la resistencia de los materiales incrementaba en relación con la presencia de fibras lignocelulósicas, la misma que ayudó a mejorar otras características de los productos obtenidos al finalizar la investigación (Caldas y Hernández, 2022), sin embargo, en el estudio de Núñez y De la Rosa, (2014) se determinó que la resistencia y elasticidad varían en proporción a los contenidos de gelatina y de plastificantes empleados en las mezclas.

En la investigación de García, (2017) en el que se planteó determinar la concentración ideal de ácido acético-glicerol para la elaboración de materiales plásticos con almidon de cáscara de plátano, en la cual se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en la misma se comprobó que a mayor uso del ácido acético-glicerol la resistencia a la tensión a la rotura se incrementa, alcanzando valores de 3,81 MPa en dosis de 7 mL de ácido.

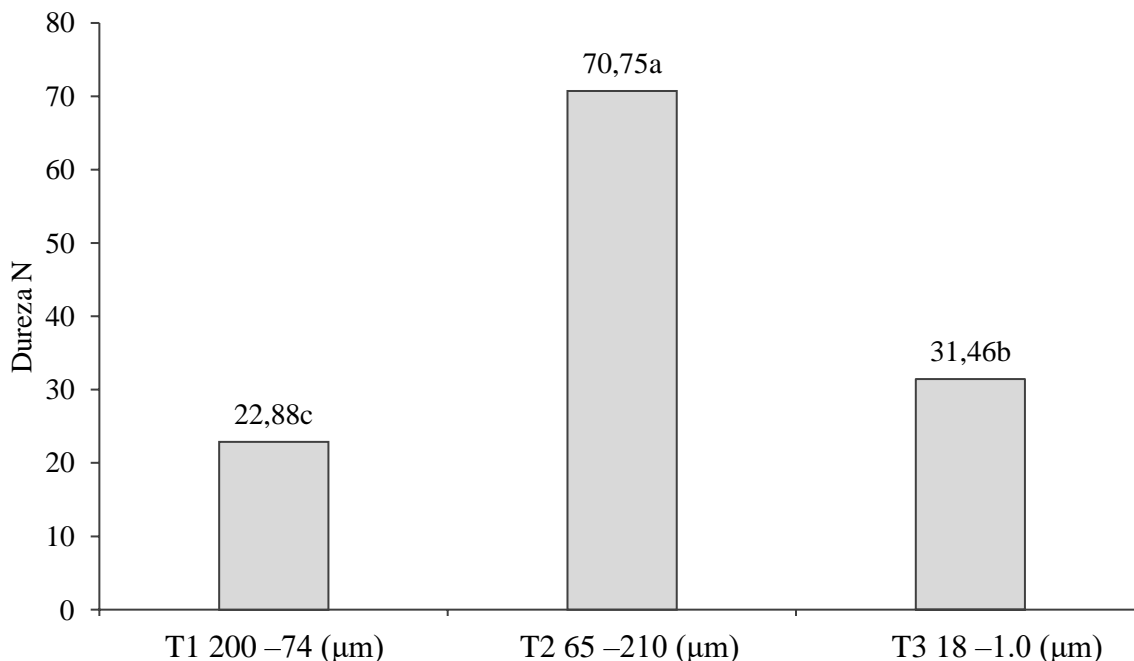
### **4.3. Dureza**

En esta variable el análisis estadístico determinó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la media de los tratamientos establecidos en la investigación, esto muestra que la medida del tamiz utilizado en el proceso de obtención del biopolímero a partir del pseudotallo influye en la dureza del producto final obtenido, el coeficiente de variación en esta variable alcanzó un valor de 2,98%.

A diferencia de la resistencia, el tratamiento del tamiz con medida de 65 con partícula de 210 ( $\mu\text{m}$ ) obtuvo el valor más alto en cuanto a la dureza con una media de 70,75 seguido del tratamiento 18 con el tamaño de partícula de 1.0 ( $\mu\text{m}$ ) con un promedio de 31,46 y por último con apenas 22,88 de dureza el tratamiento 200 que corresponden al tamaño de partícula de 74 ( $\mu\text{m}$ )

**Figura 21.**

*Resultados de la dureza en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.*



Caldas y Hernández, (2022) definen la dureza como la oposición de los materiales al momento en el que se modifica su estructura, ya sea por rayado, penetración o abración; entre las conclusiones establecidas en su investigación, estos autores manifiestan que a mayor cantidad de fibra en el material se puede incrementar la dureza del mismo; este es el objetivo de transformar los materiales vegetales en plásticos biodegradables, alcanzar mayor índice de dureza, sin embargo, al obtener mayor dureza se disminuye gradualmente el alargamiento (Núñez y De la Rosa, 2014).

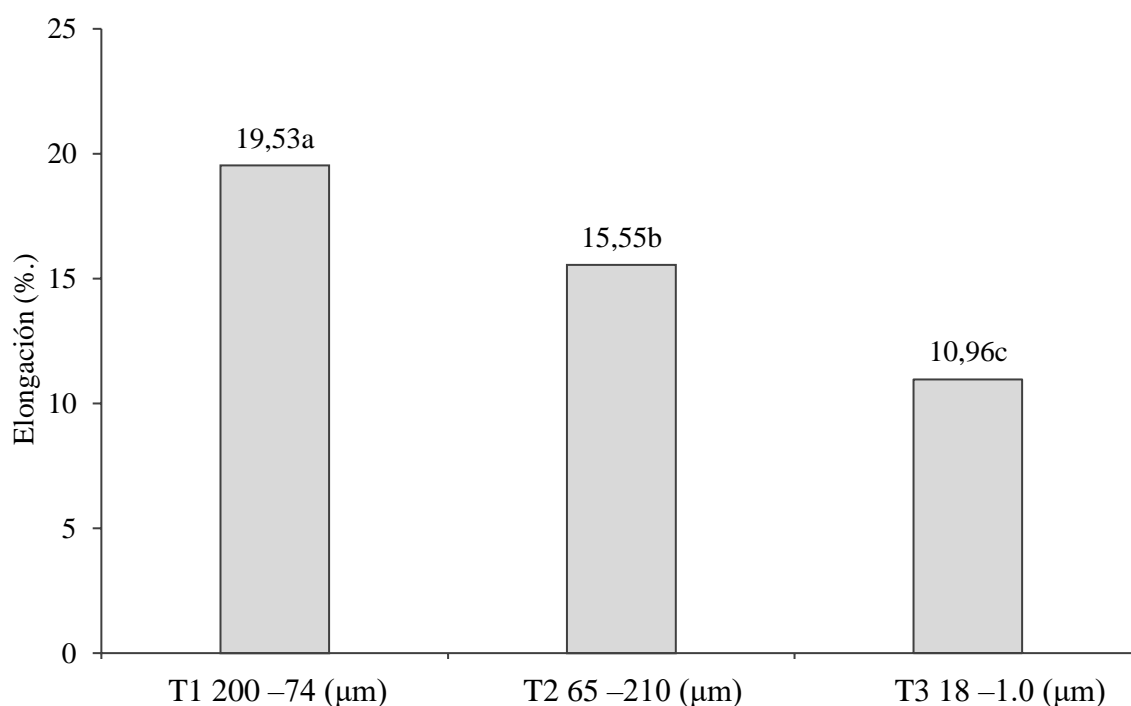
#### **4.4. Elongación**

En este parámetro las muestras analizadas estadísticamente reportaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre la media de los tratamientos aplicados en la investigación, esto indica que el tamaño del tamiz y el tamaño de las partículas del material vegetal, influyen directamente en la elongación obtenida de los biopolímeros, el coeficiente de variación en esta variable alcanzó un valor de 7,69%.

Las medias obtenidas indican que el tamiz 200 que corresponden al tamaño de partícula de 74 ( $\mu\text{m}$ ) alcanzó el nivel más alto de elongación, como muestra en la figura alcanzando un promedio de 19,53 seguido del tamiz 65 con el tamaño de partícula de 210 ( $\mu\text{m}$ ) con 15,55 y quedando como último lugar el tamiz 18 con 1.0 ( $\mu\text{m}$ ) con un promedio de 10,96

**Figura 22.**

*Resultados de la elongación en la obtención de biopolímeros a base del pseudotallo del plátano usado en empaques biodegradables.*



Según lo observado en la figura 1 el tratamiento 1 alcanzó el valor más elevado en este parámetro, mientras que para los demás tratamientos el valor obtenido disminuye consecutivamente; según Villada *et al.*, (2008) la elongación incrementa cuando la concentración del producto plastificante aumenta e influye en la viscoelástica, aunque en productos con alto contenido de amilosa la elongación disminuye considerablemente.

## CONCLUSIONES

Permeabilidad al vapor de agua (PVA), la determinación de la PVA se realizó de acuerdo con la norma E96–80ASTM (30) y Debeaufort et al., (31). Las muestras de los diferentes tratamientos de los tamices con sus tamaños de partículas se utilizaron para sellar un agujero en la parte superior de una celda de plástico que contenía 1ml agua destilada. La celda se colocó en un desecador ubicado en el interior de una cámara de almacenamiento con condiciones controladas de 25° C. a la cual se tomaron tres pesos cada 2 horas.

A diferencia de las tres variables restantes resistencias, dureza y elongación se hizo uso de un texturómetro (Shimadzu, Japón), en lo cual este nos detallaba toda la información en el software Trapecio X, la lámina ingresada en el texturómetro tenía una medida de 3 cm de largo y 2 cm de ancho.

En relación con la permeabilidad se concluye que los tamaños del tamiz y las partículas no inciden en el nivel de permeabilidad del biopolímero degradable,

Para la resistencia el tamiz con 200 con el tamaño de partícula 74 ( $\mu\text{m}$ ) alcanzó el valor más alto en este parámetro con un nivel de 10,88 mientras que el tamiz intermedio de 65 con el tamaño de partícula 210 ( $\mu\text{m}$ ) fue el de menor valor en esta variable.

En relación con la dureza y elongación el tratamiento con el tamiz de 65 con el tamaño de partícula 210 ( $\mu\text{m}$ ) presentó la mayor dureza, mientras que el tamiz con 200 tuvo la mayor elongación, y el tamiz 18 con el tamaño de partícula 1.0 ( $\mu\text{m}$ ) fue el de menor elongación.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar otras partes vegetativas del plátano musa AAB y comparar con la investigación realizada, como también analizar la vida útil y hacer un análisis bromatológico del biopolímero.

Se recomienda utilizar otras variedades de musáceas y sus partes vegetativas. En relación con la permeabilidad no existe un tratamiento con mejores características en cuanto al uso del tamizaje

En la variable resistencia se recomienda el uso del tamiz 200 con el tamaño de partícula 74 ( $\mu\text{m}$ ) ya que es el que presenta mayor resistencia entre los tratamientos.

Se recomienda la utilización de del tamiz 65 con el tamaño de partícula 210 ( $\mu\text{m}$ ) para obtener una mayor dureza entre los polímeros biodegradables, sin embargo, para una mayor elongación se sugiere el uso del tamiz 200 con partícula 74 ( $\mu\text{m}$ )

## Bibliografía

- Cedeño Zambrano, K. (8 de Mayo de 8 de Mayo 2019). *4 impactos ambientales de un mal manejo de residuos*. Obtenido de Google: <https://www.voltachile.cl/4-impactos-ambientales-de-un-mal-manejo-de-residuos/>
- Anel, L. (2019). Caracterización botánica y evaluación preliminar del rendimiento en tres ecotipos de *Musa paradisiaca* L. Obtenido de <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3601/AGRONOMIA%20-%20Liz%20Anel%20Marisol%20Mozombite%20Tello.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Species2000%2C%20el%20pl%C3%A1tano%20est%C3%A1%20clasificado,%3A%20Musa%20Especie%3A%20paradisiaca%20L.>
- Ángeles, A. d. (19 de abril de 2016). *Obtención de biopolímero plástico*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, NICARAGUA.
- Beltrón, C. C. (Agosto de 2018). EL FORTALECIMIENTO DE LA COMERCIALIZACIÓN DEL PLÁTANO MEDIANTE FORMAS ASOCIATIVAS. CASO DE ESTUDIO EL CANTÓN EL CARMEN DE LA PROVINCIA DE MANABÍ. Obtenido de Google: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/08/comercializacion-platano-ecuador.html#:~:text=La%20mayor%20%C3%A1rea%20para%20cultivos,producci%C3%B3n%20de%20la%20regi%C3%B3n%20Costa.>
- Benavides, M. M. (2020). *Plátano (Musa AAB)*. Bogotá.
- Caldas Cortez , L. (MARZO de 2022). *EVALUACIÓN DEL USO DEL PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CON ALMIDÓN DE MAÍZ TERMOPLÁSTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES*". Obtenido de Google: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60193/1/BINGQ-IQ-22P12.pdf>
- Campirano. (11 de Agosto 2021). *Morfología del plátano*. Obtenido de Morfología de platano: <https://www.facebook.com/100921071987263/posts/209425464470156/>



Carlos Iván Riofrio Álvarez, C. M. (Junio de 2019). *IMPORTANCIA DE PRODUCTOS BIODEGRADABLES EN ECUADOR*. Obtenido de Google: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/productos-biodegradables-ecuador.html#:~:text=Los%20productos%20biodegradables%20representan%20una,e n%20este%20tipo%20de%20envases.>

Castillo, R. (1997). *BIOPLÁSTICO A BASE DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO*.

Cedeño Zambrano, J. R., & García Palma, J. V. (01 de marzo de 2022). [lagranja.ups.edu.ec](https://lagranja.ups.edu.ec). Obtenido de Google: [https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/fertilizante\\_platano\\_esp.pdf](https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/fertilizante_platano_esp.pdf)

Chuquimia Saydd , K., & Salazar, J. (octubre de 2019). “*Análisis Potencial de Productos Biopoliméricos como Materia Prima para Elaborar Empaques Biodegradables*”. Arequipa. Obtenido de [https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16110/1/SALAZAR\\_CHUQUIMIA\\_SAY.pdf](https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16110/1/SALAZAR_CHUQUIMIA_SAY.pdf)

Cruz, A. S. (2016). *Extracción de almidón a partir de residuos de banano*. Coloma.

Duarte, A. (dic. 2016). *Complicación tardía tras infiltración de biopolímeros en glúteos*. Ciudad de México,.

Fao.org. (19 de Junio de 2022). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. Obtenido de Google: <https://www.fao.org/news/story/es/item/1141818/icode/>

Farias Mendoza, D. (23 de Marzo de 23 de Marzo 2021). 5 BENEFICIOS DE UNA ADECUADA GESTIÓN DE RESIDUOS PARA EL MEDIO AMBIENTE. En *Incinerox*. Obtenido de Google: <https://incinerox.com.ec/5-beneficios-de-una-adeuada-gestion-de-residuos-para-el-medio-ambiente/>

Fernanda Noemi, C. C. (2009). *Tipos de polimeros*. Obtenido de Google:  
<https://www.desjardin.fr/es/blog/what-is-biodegradable-packaging>

Franco, J. A. (octubre de 2019). “*Análisis Potencial de Productos Biopoliméricos como Materia Prima para Elaborar Empaques Biodegradables*”. Arequipa,: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Obtenido de  
[https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16110/1/SALAZAR\\_CHUQUIMIA\\_SAY.pdf](https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16110/1/SALAZAR_CHUQUIMIA_SAY.pdf)

Freire, M. A. (Octubre de 2018). “Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de. Obtenido de  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16241/1/UPS-CT007893.pdf>

Garcés, F. (2 de Abril de 2018). El Productor. Obtenido de  
<https://elproductor.com/2018/04/manejo-del-cultivo-de-platano/>

GARCÍA VÁSQUEZ, I. (2017). DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ÁCIDO ACÉTICO-GLICEROL EN LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CASACARA DE PLATABNO. *CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ÁCIDO ACÉTICO-GLICEROL EN LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CASACARA DE PLATABNO*. Obtenido de Google.com.:  
<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3626/000003196T.pdf?sequence=3&isAllowed=>

Héctor Villada. (25 de Julio de 2007). BIOPOLÍMEROS NATURALES USADOS EN EMPAQUES BIODEGRADABLE. Obtenido de Google.com.:  
<file:///C:/Users/JORGE/Desktop/Ing.%20salcan/Dialnet-BiopolimerosNaturalesUsadosEnEmpaquesBiodegradable-5002436.pdf>

- Hernandez , A., Gil Kaima , S., & Caldas Cortez, A. (MARZO de 2022). *EVALUACIÓN DEL USO DEL PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CON ALMIDÓN DE MAÍZ TERMOPLÁSTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES*". Obtenido de google: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60193/1/BINGQ-IQ-22P12.pdf>
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología*. Obtenido de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- INIBAP, M. (1996). Pseudotallo del plátano. Obtenido de Google.com.
- Jiménez, C. (2017). *Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica Centro de Investigaciones Agronomicas. Obtenido de Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico: [https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1586/1/100000058414\\_documento.pdf](https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1586/1/100000058414_documento.pdf)
- Linet, H. G. (MARZO de 2022). "*EVALUACIÓN DEL USO DEL PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CON MIDÓN DE MAÍZ TERMOPLÁSTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PLATOS BIODEGRADABLES*". Obtenido de Google.com.: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60193/1/BINGQ-IQ-22P12.pdf>
- Medranda, A. (2019). MORFOLOGÍA Y TAXONOMÍA. Obtenido de Google.com.: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_platano\\_banano\\_.asp#:~:text=Son%20hojas%20grandes%2C%20verdes%20y,un%20poco%20ondulado%20y%20glabro.](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano_banano_.asp#:~:text=Son%20hojas%20grandes%2C%20verdes%20y,un%20poco%20ondulado%20y%20glabro.)

- MEJÍA G, A. (2005). UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE PLÁTANO PARA LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS POR FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO CON EL HONGO. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, Volumen 12 número 2, págs. 13-20. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v12n2/v12n2a02.pdf>
- Mendieta Ceballos , D. (26 may 2021). Polimerización. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Polimerizaci%C3%B3n>
- Mero, J. (2022). EL CULTIVO DEL PLÁTANO. En *Infoagro*. Obtenido de Google: [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm)
- Mitloehner, K. (15 de Agosto de 15 agosto 2022). *Contaminación agrícola*. Obtenido de Google: [https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_agr%C3%ADcola](https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_agr%C3%ADcola)
- Monsombite, L., & Anel , M. (2019). Caracterización botánica y evaluación preliminar del rendimiento en tres. Obtenido de Google: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3601/AGRONOMIA%20-%20Liz%20Anel%20Marisol%20Mozombite%20Tello.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montalvo Garcés , M. (15 de Noviembre de 2019). QUÉ SON LOS EMPAQUES BIODEGRADABLES Y POR QUÉ LAS EMPRESAS DEBERÍAN CONSIDERARLOS. *Edecasa*. Obtenido de <https://www.edecasa.com/blog/que-son-los-empaques-biodegradables-y-por-que-las-empresas-deberian-considerarlos>
- Pedraza, C. G. (Abril de 2019). CARACTERIZACIÓN DE LA FIBRA DEL PSEUDO TALLO DE PLÁTANO COMO REFUERZO Y DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO PARA FABRICACIÓN DE TEJAS. Obtenido de Google.com.: [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT\\_1401.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT_1401.pdf)

- Peralta, L. (2013). *wikipedia*. Obtenido de *wikipedia*.:  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Musa\\_%C3%97\\_paradisiaca](https://es.wikipedia.org/wiki/Musa_%C3%97_paradisiaca)
- Pérez, J. (2015). *DEFINICIÓN DE POLÍMEROS*.
- Pizá, H. (18 de noviembre de 2017). *ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO PARA EL DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN ALTERNA PARA LAS CHIFLERAS DE PIURA*. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bioplastico.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf)
- Rives-Castillo, S. C., Bautista-Baños, S., Correa-Pacheco, Z. N., & Ventura-Aguilar, R. I. (30 de Junio de 2020). Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas. *Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 21(1, 2020). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/813/81363356002/81363356002.pdf>
- Rosales, A. (Abril 2016). *Obtención de un biopolímero plástico a partir d almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua*. Managua,.
- Rosales, A. d. (Mayo –Abril 2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua*, . Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Sánchez Monge , F., & Fernando, M. (2021). *Estado del arte de bioplástico proveniente de los residuos agroindustriales del plátano (musa paradisiaca), para la producción de envases biodegradables*. Obtenido de [x.php/rii/article/view/2416](https://x.php/rii/article/view/2416)

- Saúco, R. (2010). Morfología de la planta del banano (*Musa spp.*). En *Morfología de la planta del banano (Musa spp.)*. Obtenido de [https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano#:~:text=E1%20tallo%20verdadero%20del%20banano,la%20inflorescencia%20\(ver%20abajo\)](https://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano#:~:text=E1%20tallo%20verdadero%20del%20banano,la%20inflorescencia%20(ver%20abajo).).
- Taylor, E. (7 de Agosto de 2021). strephonsays. Obtenido de Google: <https://es.strephonsays.com/polymer-and-vs-biopolymer-11005>
- Técnicos, A. (2019). *Google.com*. Obtenido de Google.com.: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_platano\\_banano\\_.asp#:~:text=Son%20hojas%20grandes%2C%20verdes%20y,un%20poco%20ondulado%20y%20glabro.](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano_banano_.asp#:~:text=Son%20hojas%20grandes%2C%20verdes%20y,un%20poco%20ondulado%20y%20glabro.)

## ANEXOS

*Anexo 1. ADEVA de la permeabilidad del polímero biodegradable.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	0,08	2	0,04	0,78	0,5182	ns
Tratamientos	0,21	2	0,1	2,08	0,2401	ns
Error	0,2	4	0,05			
Total	0,49	8				
CV:	9,76%					

*Anexo 2. ADEVA de la resistencia del polímero en distintos tamices.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	1,36	2	0,68	13,85	0,0159	*
Tratamientos	62,68	2	31,34	638,33	<0,0001	**
Error	0,2	4	0,05			
Total	64,23	8				
CV:	2,68%					

*Anexo 3. ADEVA de la dureza.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	2,53	2	1,27	0,82	0,5019	ns
Tratamientos	3908,81	2	1954,41	1269,49	<0,0001	**
Error	6,16	4	1,54			
Total	3917,5	8				
CV:	2,98%					

*Anexo 4. ADEVA de la elongación del biopolímero biodegradable.*

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Repetición	5,7	2	2,85	1,91	0,2615	ns
Tratamientos	110,43	2	55,22	37,04	0,0026	**
Error	5,96	4	1,49			
Total	122,09	8				
CV:	7,96%					

*Anexo 5. Tamices que se usaron en la investigación*

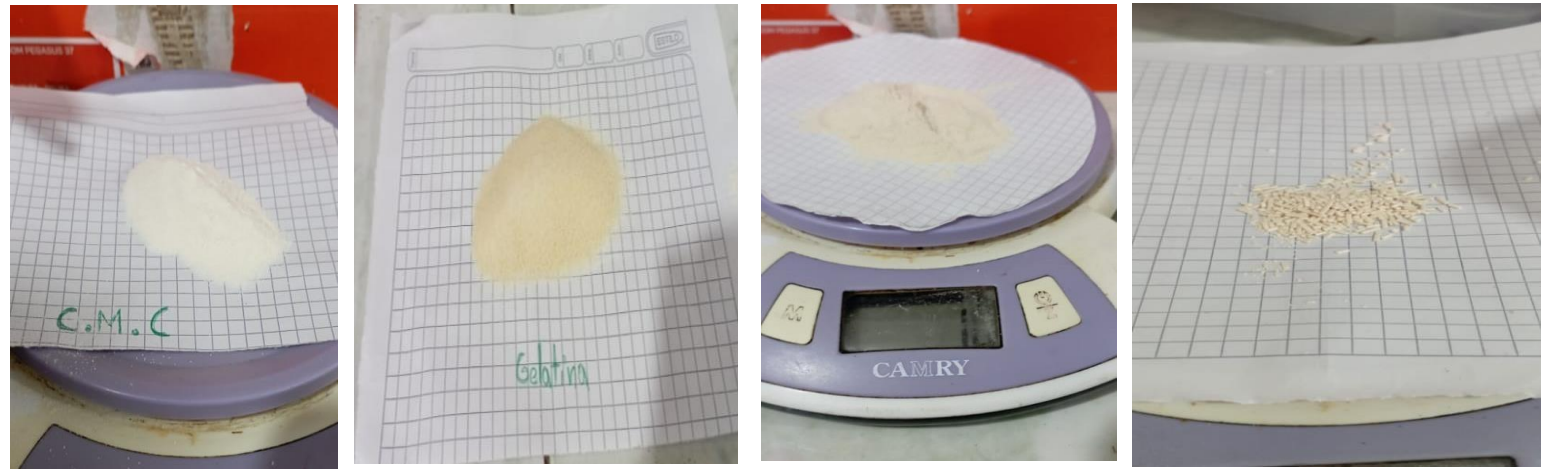


*Anexo 6. Tratamientos de pseudotallo de plátano (Musa AAB)*





*Anexo 7. Diferentes reactivos (Carboxil Metil Celulosa, Gelatina, Carragenina, Sorbato de potasio)*



*Anexo 8. Mezcala de los diferentes reactivos*



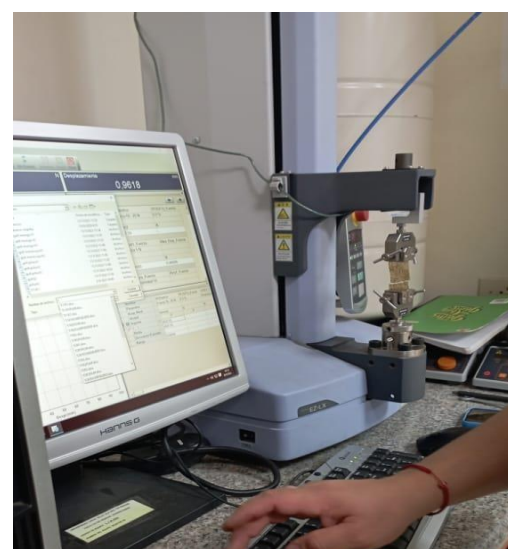
*Anexo 9. Secado de las laminas*



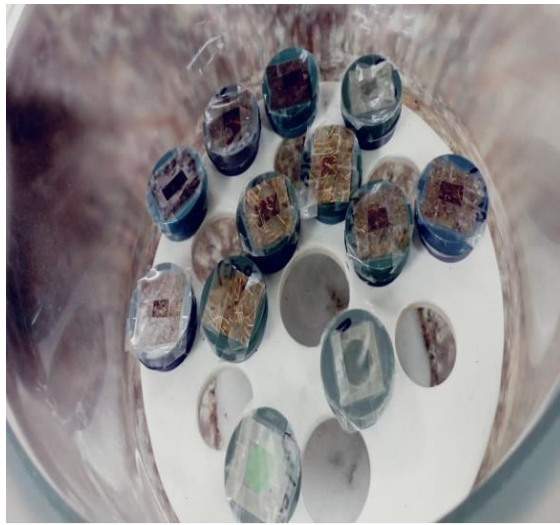
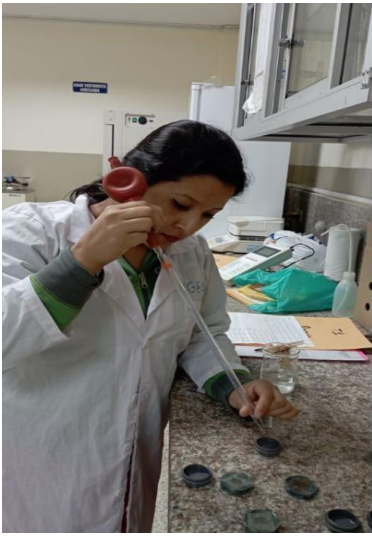
*Anexo 10. Tratamientos y repeticiones de las láminas de plátano Musa AAB lista para analizarlas en el laboratorio*



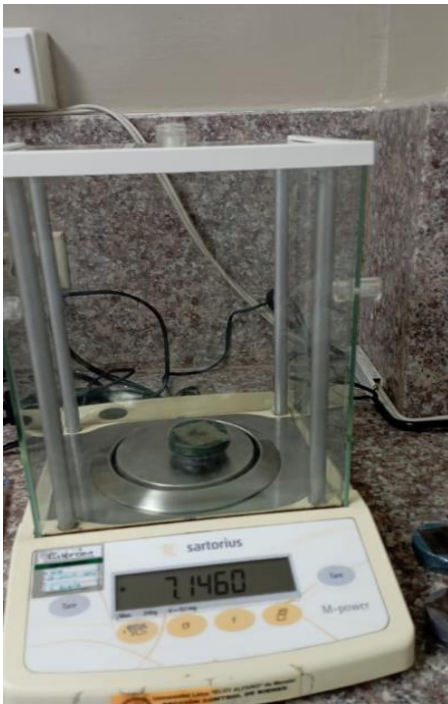
*Anexo 11. Midiendo los diferentes tipos de variables (resistencia, dureza, elongación)*



Anexo12. Prueba de permeabilidad



Anexo 13. Toma de peso de las muestras obtenidas.



Anexo 14. Muestras obtenidas con repeticiones.



Anexo 15. Empaque de pseudotallo de plátano



Anexo 16. Empacado del troliche

