



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE  
PLÁTANO DE SEDA (*Musa paradisiaca*) Y PLÁTANO ROJO (*Musa  
acuminata*) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS  
ALIMENTICIOS**

**Trabajo de Titulación:**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO

**DIRECTOR:** ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS MSc.

**Riobamba-Ecuador**

**2021**

**©2021, Veronica Elizabeth Maliza Chango**

Se Autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Veronica Elizabeth Maliza Chango, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de abril de 2021.

**Veronica Elizabeth Maliza Chango**

**180457305-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Investigación, **SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA (*Musa paradisiaca*) Y PLÁTANO ROJO (*Musa acuminata*) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS** realizado por la señorita: VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembro del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2021-04-09
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	_____	2021-04-09
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina Ph.D. <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	_____	2021-04-09

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo va dirigido en primer lugar a Dios quien me ha proporcionado la sabiduría e inteligencia suficiente, a mis padres y hermanos quienes han sido el pilar fundamental para cumplir con mis objetivos y metas propuestas, depositando su confianza entera durante toda la carrera y apoyándome económica y emocionalmente.

Veronica

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1 Idenificación del problema.....	3
1.2 Justificación de la investigación.....	3
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 <i>General</i> .....	4
1.3.2 <i>Específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. MARCO METODOLÓGICO.....	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2 Marco Conceptual o Glosario.....	7
2.2.1 <i>Frutas..</i> .....	7
2.2.1.1 <i>Plátano</i> .....	7
2.2.2 <i>Bioplástico</i> .....	13
2.2.2.1 <i>Almidón</i> .....	14

2.2.2.2	<i>Ácido acético</i>	14
2.2.2.3	<i>Agua destilada</i>	15
2.2.2.4	<i>Glicerol</i>	15
<b>2.3</b>	<b>Planteamiento de las Hipótesis</b>	<b>16</b>
2.3.1	<i>Hipótesis General</i>	16
2.3.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	16
<b>2.4</b>	<b>Identificación de Variables</b>	<b>17</b>
2.4.1	<i>Variables Independientes</i>	17
2.4.2	<i>Variables Dependientes</i>	17
<b>2.5</b>	<b>Operacionalización de Variables</b>	<b>17</b>
<b>2.6</b>	<b>Matriz de Consistencia</b>	<b>18</b>
<b>2.7</b>	<b>Tipo y Diseño de Investigación</b>	<b>20</b>
<b>2.8</b>	<b>Unidad de Análisis</b>	<b>20</b>
<b>2.9</b>	<b>Población de Estudio</b>	<b>20</b>
<b>2.10</b>	<b>Tamaño de Muestra</b>	<b>20</b>
<b>2.11</b>	<b>Selección de muestra</b>	<b>20</b>
<b>2.12</b>	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b>	<b>21</b>
2.12.1	<i>Extracción del Almidón</i>	21
2.12.1.1	<i>Técnicas de extracción del almidón de plátano seda y plátano rojo</i>	21
2.12.1.2	<i>Métodos de ensayo para la caracterización fisicoquímica del almidón</i>	23
2.12.2	<i>Obtención de Bioplástico</i>	31
2.12.2.1	<i>Proceso de obtención de bioplástico a partir de almidón de plátano seda y rojo</i>	32
2.12.2.2	<i>Técnicas de caracterización fisicoquímica del bioplástico de almidón de plátano seda y rojo</i>	34

### CAPÍTULO III

<b>3</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>Datos obtenidos de los ensayos del plátano seda y plátano rojo</b> .....	<b>38</b>
<b>3.1.1</b>	<b><i>Variables utilizadas para el cálculo del rendimiento del almidón</i></b> .....	<b>38</b>
<b>3.1.2</b>	<b><i>Pruebas físico-químicos para el almidón de plátano seda y rojo</i></b> .....	<b>44</b>
3.1.2.1	<i>Densidad aparente</i> .....	44
3.1.2.2	<i>Sensibilidad</i> .....	44
3.1.2.3	<i>Solubilidad</i> .....	44
3.1.2.4	<i>pH</i> .....	45
3.1.2.5	<i>Temperatura de gelatinización</i> .....	45
3.1.2.6	<i>Viscosidad</i> .....	45
3.1.2.7	<i>Contenido de humedad y materia seca</i> .....	46
3.1.2.8	<i>Distribución del tamaño de gránulo</i> .....	46
3.1.2.9	<i>Contenido de ceniza</i> .....	46
3.1.2.10	<i>Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento</i> ..	47
3.1.2.11	<i>Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de plátano seda y plátano rojo</i> ....	47
3.1.2.12	<i>Análisis microbiológicos del almidón</i> .....	47
<b>3.2</b>	<b>Resultados de la elaboración del bioplástico</b> .....	<b>48</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Análisis físicos del bioplástico obtenido</i></b> .....	<b>48</b>
3.2.1.1	<i>Ensayos previos en la obtención de las láminas de bioplástico</i> .....	48
<b>3.2.2</b>	<b><i>Cálculos realizados a las pruebas de bioplástico de plátano seda y rojo</i></b> .....	<b>51</b>
3.2.2.1	<i>Cálculo de la prueba de humedad</i> .....	51
3.2.2.2	<i>Cálculo de la prueba de solubilidad</i> .....	51
3.2.2.3	<i>Cálculo de la prueba de permeabilidad de vapor de agua</i> .....	52
3.2.2.4	<i>Cálculo de la prueba de biodegradabilidad</i> .....	52
<b>3.2.3</b>	<b><i>Resultados de la caracterización físico-química y mecánica del bioplástico</i></b> .....	<b>53</b>

3.2.3.1	<i>Prueba de espesor</i> .....	53
3.2.3.2	<i>Prueba de humedad</i> .....	54
3.2.3.3	<i>Prueba de solubilidad en el agua</i> .....	55
3.2.3.4	<i>Prueba de permeabilidad al vapor de agua</i> .....	55
3.2.3.5	<i>Pruebas mecánicas de tracción</i> .....	57
3.2.3.6	<i>Prueba de biodegradabilidad</i> .....	58
<b>3.3</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>64</b>
<b>3.4</b>	<b>Prueba de hipótesis</b> .....	<b>67</b>
3.4.1	<i>Hipótesis 1</i> .....	67
3.4.2	<i>Hipótesis 2</i> .....	67
3.4.3	<i>Hipótesis 3</i> .....	67
3.4.4	<i>Hipótesis 4</i> .....	68
3.4.5	<i>Hipótesis 5</i> .....	68
3.4.6	<i>Hipótesis 6</i> .....	68
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>69</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>70</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Taxonomía del plátano seda ( <i>Musa paradisiaca</i> ).....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Valor nutricional del plátano seda ( <i>Musa paradisiaca</i> ).....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Taxonomía del plátano rojo ( <i>Musa acuminata</i> ) .....	10
<b>Tabla 4-2:</b>	Valor nutricional del plátano rojo ( <i>Musa acuminata</i> ) .....	10
<b>Tabla 5-2:</b>	Operacionalización de variables.....	17
<b>Tabla 6-2:</b>	Matriz de Consistencia.....	18
<b>Tabla 7-2:</b>	Técnica de extracción de almidón de plátano seda y plátano rojo .....	22
<b>Tabla 8-2:</b>	Densidad aparente para el almidón de plátano seda y rojo .....	23
<b>Tabla 9-2:</b>	Sensibilidad para el almidón de plátano seda y rojo.....	24
<b>Tabla 10-2:</b>	Solubilidad para el almidón de plátano seda y rojo .....	24
<b>Tabla 11-2:</b>	pH para el almidón de plátano seda y rojo .....	25
<b>Tabla 12-2:</b>	Temperatura de gelatinización para el almidón de plátano seda y rojo .....	26
<b>Tabla 13-2:</b>	Viscosidad para el almidón de plátano seda y rojo.....	26
<b>Tabla 14-2:</b>	Contenido de humedad y materia seca para el almidón de plátano seda y rojo .....	27
<b>Tabla 15-2:</b>	Distribución de tamaño de gránulo para el almidón de plátano seda y rojo .....	28
<b>Tabla 16-2:</b>	Contenido de ceniza para el almidón de plátano seda y rojo .....	29
<b>Tabla 17-2:</b>	IAA, ISA y PH para el almidón de plátano seda y rojo.....	29
<b>Tabla 18-2:</b>	Concentraciones de variables y constantes para la obtención de bioplástico.....	31
<b>Tabla 19-2:</b>	Técnica de obtención de bioplástico a partir de almidón de plátano seda y rojo .....	32
<b>Tabla 20-2:</b>	Técnica de espesor del bioplástico .....	34
<b>Tabla 21-2:</b>	Técnica de humedad del bioplástico .....	34
<b>Tabla 22-2:</b>	Técnica de solubilidad en el agua del bioplástico .....	35
<b>Tabla 23-2:</b>	Técnica de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico.....	36
<b>Tabla 24-2:</b>	Técnica de biodegradabilidad del bioplástico .....	37
<b>Tabla 25-2:</b>	Técnica de prueba mecánica de tracción del bioplástico .....	37
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos analizados al plátano seda y rojo.....	38
<b>Tabla 2-3:</b>	Características organolépticas del plátano seda y rojo .....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Características organolépticas del almidón de plátano seda y rojo .....	38
<b>Tabla 4-3:</b>	Variables utilizadas para la extracción del almidón .....	38

<b>Tabla 5-3:</b>	Resultados del rendimiento de la extracción del almidón de plátano seda. ....	39
<b>Tabla 6-3:</b>	Resultados del rendimiento de la extracción del almidón de plátano rojo. ....	40
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón de plátano seda. ....	41
<b>Tabla 8-3:</b>	Resultado del valor HSD del almidón de plátano seda. ....	41
<b>Tabla 9-3:</b>	Análisis Tukey del rendimiento obtenido del almidón de plátano seda. ....	41
<b>Tabla 10-3:</b>	Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón de plátano rojo. ....	42
<b>Tabla 11-3:</b>	Resultado del valor HSD del almidón de plátano rojo. ....	43
<b>Tabla 12-3:</b>	Análisis Tukey del rendimiento obtenido del almidón de plátano rojo. ....	43
<b>Tabla 13-3:</b>	Resultados obtenidos de la densidad aparente del almidón. ....	44
<b>Tabla 14-3:</b>	Resultados obtenidos de sensibilidad del almidón. ....	44
<b>Tabla 15-3:</b>	Resultados obtenidos de solubilidad del almidón. ....	44
<b>Tabla 16-3:</b>	Resultados obtenidos de pH del almidón. ....	45
<b>Tabla 17-3:</b>	Resultados obtenidos de temperatura de gelatinización del almidón. ....	45
<b>Tabla 18-3:</b>	Resultados obtenidos de viscosidad del almidón. ....	45
<b>Tabla 19-3:</b>	Resultados obtenidos de humedad y materia seca del almidón. ....	46
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados obtenidos de tamaño de gránulo del almidón. ....	46
<b>Tabla 21-3:</b>	Resultados obtenidos de contenido de ceniza del almidón. ....	46
<b>Tabla 22-3:</b>	Resultados de IAA, PH, ISA del almidón. ....	47
<b>Tabla 23-3:</b>	Resultados obtenidos de prueba de amilosa y amilopectina del almidón. ....	47
<b>Tabla 24-3:</b>	Resultados microbiológicos del almidón. ....	47
<b>Tabla 25-3:</b>	Análisis físico-químico y microbiológico del almidón de plátano seda y rojo. ....	48
<b>Tabla 26-3:</b>	Cantidades utilizadas en la elaboración de las láminas de bioplástico. ....	48
<b>Tabla 27-3:</b>	Ensayos previos para la elaboración de bioplástico de plátano seda. ....	49
<b>Tabla 28-3:</b>	Ensayos previos para la elaboración de bioplástico de plátano rojo. ....	50
<b>Tabla 29-3:</b>	Resultados de espesor de bioplástico de plátano seda. ....	53
<b>Tabla 30-3:</b>	Resultados de espesor de bioplástico de plátano rojo. ....	53
<b>Tabla 31-3:</b>	Resultados de humedad del bioplástico. ....	54
<b>Tabla 32-3:</b>	Resultados de solubilidad en el agua del bioplástico. ....	55
<b>Tabla 33-3:</b>	Datos para permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano seda. ....	56
<b>Tabla 34-3:</b>	Datos para permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano rojo. ....	56
<b>Tabla 35-3:</b>	Resultados de WVTR de agua del bioplástico de plátano seda. ....	56

<b>Tabla 36-3:</b>	Resultados de WVTR de agua del bioplástico de plátano rojo .....	56
<b>Tabla 37-3:</b>	Resultados de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano seda.....	57
<b>Tabla 38-3:</b>	Resultados de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano rojo .....	57
<b>Tabla 39-3:</b>	Resultados de pruebas mecánicas de tracción de bioplástico de plátano seda.....	57
<b>Tabla 40-3:</b>	Resultados de pruebas mecánicas de tracción de bioplástico de plátano rojo.....	58
<b>Tabla 41-3:</b>	Resultados de biodegradabilidad aerobia de bioplástico de plátano seda .....	58
<b>Tabla 42-3:</b>	Resultados de biodegradabilidad anaerobia de bioplástico de plátano seda .....	59
<b>Tabla 43-3:</b>	Resultados de biodegradabilidad aerobia de bioplástico de plátano rojo.....	61
<b>Tabla 44-3:</b>	Resultados de biodegradabilidad anaerobia de bioplástico de plátano rojo.....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Plátano Seda ( <i>Musa paradisiaca</i> ).....	8
<b>Figura 2-2:</b> Plátano Rojo ( <i>Musa acuminata</i> ).....	9
<b>Figura 3-2:</b> Diagrama de flujo para la extracción del almidón de plátano seda y rojo.....	21
<b>Figura 4-2:</b> Diseño factorial $2^k$ para obtención de bioplástico de plátano seda y rojo. ....	31
<b>Figura 5-2:</b> Diagrama de flujo para la obtención de bioplástico.....	33
<b>Figura 1-3:</b> Bioplástico de almidón de plátano seda.....	49
<b>Figura 2-3:</b> Bioplástico de almidón de plátano rojo .....	50
<b>Figura 3-3:</b> Biodegradabilidad del bioplástico de plátano seda (7 días) .....	60
<b>Figura 4-3:</b> Biodegradabilidad del bioplástico de plátano seda (15 días) .....	61
<b>Figura 5-3:</b> Biodegradabilidad del bioplástico de plátano rojo (7 días).....	63
<b>Figura 6-3:</b> Biodegradabilidad del bioplástico de plátano rojo (15 días).....	64

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-3:</b>	Espesor de los bioplásticos de plátano seda y rojo .....	54
<b>Gráfica 2-3:</b>	Humedad de los bioplásticos de plátano seda y rojo .....	54
<b>Gráfica 3-3:</b>	Solubilidad de los bioplásticos de plátano seda y rojo .....	55
<b>Gráfica 4-3:</b>	Biodegradabilidad aerobia de los bioplásticos de plátano seda .....	58
<b>Gráfica 5-3:</b>	Biodegradabilidad anaerobia de los bioplásticos de plátano seda .....	59
<b>Gráfica 6-3:</b>	Biodegradabilidad aerobia de los bioplásticos de plátano rojo .....	62
<b>Gráfica 7-3:</b>	Biodegradabilidad anaerobia de los bioplásticos de plátano rojo .....	62
<b>Gráfica 8-3:</b>	Rendimiento del almidón de plátano seda y plátano rojo .....	67

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA

**ANEXO B:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO ROJO

**ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA Y ROJO

**ANEXO D:** ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y ROJO

**ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y ROJO

**ANEXO F:** PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN

**ANEXO G:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN

**ANEXO H:** RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN

**ANEXO I:** PRUEBAS MECÁNICAS DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA

**ANEXO J:** PRUEBAS MECÁNICAS DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO ROJO

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>APR:</b>	Almidón de plátano rojo
<b>APS:</b>	Almidón de plátano seda
<b>CA:</b>	Concentración del almidón
<b>CP:</b>	Concentración del plastificante
<b>DAAE:</b>	Densidad aparente de almidón empacado
<b>DAAS:</b>	Densidad aparente de almidón suelto
<b>DE:</b>	Diseño experimental
<b>HDS:</b>	Diferencia honestamente significativa
<b>HR:</b>	Humedad relativa
<b>IAA:</b>	Índice de absorción de agua
<b>ISA:</b>	Índice de solubilidad en agua
<b>Mse:</b>	Cuadrado del error medio
<b>n:</b>	Tamaño de muestra de cada uno de los grupos
<b>PH:</b>	Poder de hinchamiento
<b>PPS:</b>	Bioplástico de plátano seda
<b>PPR:</b>	Bioplástico de plátano rojo
<b>R:</b>	Repetición
<b>RPM:</b>	Revoluciones por minuto
<b>T:</b>	Tratamiento
<b>t:</b>	tiempo
<b>TPPR:</b>	Tratamiento de bioplástico de plátano rojo
<b>TPPS:</b>	Tratamiento de bioplástico de plátano seda

**WVP:** Permeabilidad de vapor de agua

**WVTR:** Tasa de transmisión de vapor de agua

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue sintetizar bioplástico a partir del almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) para uso como envolturas en productos alimenticios para lo cual, se obtuvo el almidón por el método húmedo licuando la pulpa de cada plátano por separado con agua purificada, para ello se realizaron 6 tratamientos con 4 repeticiones, utilizando dos variables: velocidad y tiempo, identificando de cuál de ellos se obtuvo el rendimiento más alto, siendo para el almidón de plátano seda 11,24% tratamiento cinco (T5) y para el almidón de plátano rojo 10,26% tratamiento seis (T6), posteriormente se realizó la caracterización físico-química y microbiológica de los almidones. En lo relacionado a la síntesis del bioplástico se utilizó el análisis factorial  $2^k$  con dos concentraciones para el almidón (4,10%; 5,88%), dos concentraciones para la glicerina (2,58%; 4,94%); manteniendo constante el agua destilada y el vinagre, la mezcla de estos componentes se las realizó a la temperatura de gelatinización, luego se dejó secar a 60°C en una estufa por 7 horas, resultado del cual se obtuvo la formación de láminas de bioplástico con una coloración café transparente y un espesor 0,2 mm. A continuación, se realizó la caracterización físico-química y mecánica de los bioplásticos, mismo que determinó el óptimo siendo el tratamiento tres (T3) con los siguientes resultados: humedad del tratamiento tres de bioplástico plátano seda (T3PPS) 15,12% y tratamiento tres de bioplástico plátano rojo (T3PPR) 13,32%; solubilidad T3PPS (8,81%) y T3PPR (14,29%); la caracterización mecánica de las láminas obtenidas presentó un porcentaje de elongación T3PPS (40,63%) y T3PPR (45,83%); además de una biodegradabilidad de 50 días en medio aerobio y en medio anaerobio 94 días aproximadamente, para los dos bioplásticos. Es recomendable controlar el tiempo de secado del bioplástico para así mejorar sus características físicas.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <PLÁTANO SEDA (*Musa paradisiaca*)>, <PLÁTANO ROJO (*Musa acuminata*)>, <PULPA>, <PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO>, <AMILOSA>, <BIOPLÁSTICO>, <ELONGACIÓN>, <BIODEGRADABILIDAD>



0684-DBRAI-UPT-2021

## ABSTRACT

The objective of this research was to synthesize bioplastic from the starch of the pulp of the Seda banana (*Musa paradisiaca*) and the red banana (*Musa acuminata*) for use as wrappers in food products, for which starch was obtained by the wet method by liquefying the pulp of each banana separately with purified water, for this, 6 treatments with 4 repetitions were carried out, using two variables: speed and time, identifying in which of them the highest performance was obtained. Thus, the following values were obtained for the silk banana starch 11.24% treatment five (T5) and the red banana starch 10.26% treatment six (T6). Subsequently, the physical-chemical and microbiological characterization of the starches was carried out. Regarding the synthesis of the bioplastic, the 2k factor analysis was used with two concentrations for starch (4.10%; 5.88%), two concentrations for glycerine (2.58%, 4.94%), keeping distilled water and vinegar constant, the mixture of these components was carried out at gelatinization temperature, then it was left to dry at 60 ° C in an oven for 7 hours, the result was the formation of bioplastic sheets with a transparent brown colour and a thickness of 0.2 mm. Next, the physical-chemical and mechanical characterization of the bioplastics was carried out, treatment three (T3) was the most optimal with the following results: humidity of treatment three of bioplastic banana silk (T3PPS) 15.12% and treatment three of red banana bioplastic (T3PPR) 13.32%; solubility T3PPS (8.81%) and T3PPR (14.29%); the mechanical characterization of the obtained sheets showed a percentage of elongation T3PPS (40.63%) and T3PPR (45.83%); in addition to the biodegradability of 50 days in anaerobic medium and an anaerobic medium, approximately 94 days, for the two bioplastics. It is recommended to control the drying time of the bioplastic to improve its physical characteristics.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <SEDA BANANA (*Musa paradisiaca*)>, <RED BANANA (*Musa acuminata*)>, <PULP>, <ENZYMATIC BROWN>, <AMYLOSE>, <BIOPLASTIC>, <ELONGATION>, <BIODEGRADABILITY>

## INTRODUCCIÓN

Los plásticos convencionales son aquellos sintetizados por el hombre y algunos por lo general derivan del petróleo. Al pasar el tiempo por su uso excesivo en diversas áreas industriales han ido causando graves problemas como es la contaminación ambiental, perjudicando la salud del ser humano por las diminutas partículas que estos generan al ser desechados; también perjudican el hábitat de diversas especies de animales e incluso causan la muerte, debido a que los microplásticos causan severos daños en su sistema digestivo, estos problemas se dan debido a que, tardan cientos de años en descomponerse, además de no eliminarse totalmente del planeta ya que estos solo disminuirán su estructura molecular (ROYTE, 2019). Cabe recalcar que se ha llevado a cabo el plan de reciclarlos, pero estos representan un grave problema ya que algunos no pueden ser reutilizados, por el hecho de ser tóxicos ya que provienen de productos como por ejemplo los fertilizantes.

Durante los últimos años se han realizado gran variedad de investigaciones enfocadas en los bioplásticos, mismos que presentan características similares a los plásticos convencionales es decir que son resistentes y rígidos, con la única diferencia que los mencionados inicialmente se van a degradar al ser depositados en la tierra o agua, donde los microorganismos presentes en el ambiente van a degradarlos.

Los bioplásticos son elaborados a partir de almidón de diversos tubérculos y frutos en estado de inmadurez, los cuales son una alternativa para combatir el impacto ambiental que ha ido aumentando al pasar los años, ya que estos se degradarán en aproximadamente 6 meses (Brito et al., 2020: p. 985).

Ecuador es el país mayoritario en cultivar plátano o banano de alta calidad, se cosecha con facilidad durante todo el año especialmente la costa es el lugar idóneo para cultivarlo ya que tiene excelentes condiciones climáticas. El auge bananero fue extremadamente bueno ya que generó diversas plazas de empleo y negocios, involucrando a una gran variedad de familias. Cabe recalcar que existe una gran variedad de plátanos en el país entre los más conocidos se tiene Cavendish, Orito y Banano, teniendo en consideración que el Cavendish es el fruto que se exporta a países extranjeros (Palomeque, 2015, pp. 2-5).

En esta investigación se utilizó el plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) para obtener el almidón dando un rendimiento de 11,24% y 10,26% respectivamente por el método húmedo, el cual consistió en la selección de los plátanos, los cuales deben estar inmaduros debido al mayor contenido de almidón; luego se realizó un tratamiento químico que sirve para evitar el

pardeamiento enzimático; a continuación se licua, liberando los gránulos de almidón; después se realiza el proceso de filtrado, sedimentado y decantado; posteriormente fue secado en una estufa de vacío a 45°C y finalmente tamizado para su respectiva caracterización físico-química (Brito, H., 2000, p. 6). Para la síntesis del bioplástico se utilizó glicerina, almidón, vinagre y agua destilada, todos estos aditivos fueron mezclados hasta llegar a la temperatura de gelatinización, luego se llevó al proceso de moldeo y secado a una temperatura de 60°C.

Al realizar todos los procedimientos se definió que el tratamiento tres es el más óptimo para el uso como envolturas de productos alimenticios, de acuerdo a la caracterización físico-química, pruebas mecánicas y de biodegradabilidad.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1 Idenificación del problema

Al transcurrir el tiempo los plásticos han ido tomando lugar en el planeta. Según Pino (2016), da a conocer un promedio de tiempo de degradación de los plásticos entre 400 y 1000 años. En definitiva, la eliminación de los plásticos representa un grave problema ambiental, mismos que contaminan el suelo, aire, agua; amenazando a especies sus hábitats e incluso causando problemas a la salud humana (Pino, 2016, p. 18).

En la actualidad se han presentado varias investigaciones de elaboración de bioplásticos a partir de recursos naturales renovables para alimentos que son 100% degradables, ayudando a reducir tanto las emisiones de dióxido de carbono como el calentamiento global, presentando características similares al plástico convencional siendo resistentes y versátiles (Matta, 2009, p. 12).

Estos bioplásticos se usan en diversos sectores como es la agricultura, industria textil, medicina y sobre todo en el mercado de embalajes y envases de alimentos.

De acuerdo con Meza (2016) los polímeros biodegradables se pueden clasificar a partir de su proceso de fabricación: polímeros extraídos directamente de biomasa-polisacáridos como almidón y celulosa; polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables; polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente. Un bioplástico es denominado así por su función de procedencia a partir de materias primas naturales (Meza, 2016, p. 14).

Mediante un previo análisis, se ha observado una gran variedad de productos agrícolas en el Ecuador como el banano, café, cacao, etc. Productos que han sido usados especialmente para la alimentación y exportación, olvidando que dichos productos poseen potencial industrial.

#### 1.2 Justificación de la investigación

Se ha investigado alternativas que reemplacen al plástico sintético o convencional que comúnmente se usa, porque con el pasar del tiempo ha ido aumentando la contaminación ambiental, en especial

perjudicando a los animales y el ser humano, modo por el cual se ha hecho un análisis de usar productos agrícolas renovables e incluso frutas en estado de inmadurez. El bioplástico presenta oportunidades para mejorar la sostenibilidad de los productos, la economía del país y de todo el mundo. Entre las ventajas ambientales de los bioplásticos es que contaminan menos, es decir reducen el consumo de recursos fósiles y de las emisiones de gases de efecto invernadero en el caso de plásticos de origen renovable.

El objetivo principal del bioplástico es sustituir los plásticos convencionales para reducir la contaminación ambiental y gracias a su uso los restos de bioplásticos que terminen en el suelo, aire y agua de todo el mundo se degraden de forma natural por el contacto con el agua, tierra y los agentes climáticos.

Por tales motivos se ha visto la necesidad de buscar alternativas de materia prima para la elaboración de bioplásticos, este estudio se centrará en investigar la factibilidad de la síntesis de bioplástico a partir de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) teniendo en consideración el rendimiento del proceso de obtención de cada uno de los almidones para uso como envolturas en la industria alimenticia.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

#### ***1.3.1 General***

- Sintetizar bioplástico a partir del almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) para el uso como envolturas en productos alimenticios.

#### ***1.3.2 Especificos***

- Extraer almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) variando la velocidad y el tiempo de trituración por vía húmeda.
- Determinar el rendimiento de los almidones extraídos de los dos tipos de plátano.
- Realizar la caracterización del almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) utilizando los métodos de ensayo: pH, humedad, cenizas, y temperatura de gelatinización.

- Obtener bioplásticos a nivel de laboratorio con diferentes formulaciones utilizando el almidón de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*).
- Caracterizar los bioplásticos obtenidos conociendo así el bioplástico óptimo, mediante los métodos de ensayo: humedad, solubilidad y pruebas mecánicas de tracción de láminas de plásticas delgadas (porcentaje de elongación).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Antecedentes de la Investigación

Mediante un análisis se observa gran variedad de investigaciones realizadas en el campo de los plásticos biodegradables. Diversidad de materia prima es tomado en consideración como materia prima para dicha zona industrial, sin embargo, al presentarse una infinidad de estudios no se ha realizado un análisis de todas las fuentes posibles, considerando de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*), los estudios que se han llevado a cabo están enfocados en el aprovechamiento de los desechos es decir la cáscara, entonces se ha visto que existen muy pocas investigaciones que realicen estudios centrados en la pulpa de la fruta por lo que tomara como un apoyo las investigaciones que se centren en la fruta. Mismos que serán mencionados a continuación:

**RENDIMIENTO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE FRUTOS DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*).** ESTUDIO EN PLANTA PILOTO: Dicho estudio esta basado en la extracción del almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) en estado inmaduro teniendo en consideración el rendimiento del proceso de aislamiento del almidón en que se utilizó ácido cítrico para evitar que se oxide la pulpa, para la extracción del almidón se utilizo una licuadora convencional proceso por el cual se liberan los gránulos de almidón, luego son cribados por las mallas de 20, 40, 100 200 U.S. después pasan al proceso de centrifugación en el cual se van a tener dos fases el líquido sobrenadante y la pasta que es el almidón, finalmente el almidón es secado en una estufa de recirculación de aire de 40-45°C. En esta investigación se observa que en el proceso de aislamiento se recupera gran cantidad de almidón, este se realizó a escala de laboratorio utilizando 5 lotes de plátano con diferentes pesos. Como punto importante se tiene que los diferentes lotes estudiados presento los siguientes valores 63,4 y 65,3 % de almidón ( Flores et al., 2004, pp. 87-90).

**BIOPLÁSTICO A BASE DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO:** Esta investigación tiene como objetivo elaborar bioplástico a partir de los residuos del plátano es decir la cáscara del plátano, un factor importante en la obtención del almidón es evitar el pardeamiento enzimático entonces las cáscaras se sumergen en jugo de naranja agria, una vez obtenido el almidón se procedió a elaborar el bioplástico con almidón, agua, vinagre y glicerina. El bioplástico obtenido presento propiedades físicas, químicas y ecológicas adecuadas. Además cabe recalcar que estos bioplásticos elaborados

presentaban buenas propiedades mecánicas, como es flexibilidad y la resistencia. Un factor negativo que presento fue el secado del bioplástico debido a que se secó al ambiente y por las condiciones térmicas el bioplástico se tornó corrugado presentando una mala apariencia (Castillo et al., 2015, pp. 35-37).

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LA HARINA DE BANANO (*Musa acuminata* AAA) DE RECHAZO EN EL DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES:** Se enfoca en la caracterización fisicoquímica y funcional de la harina de banano (*Musa acuminata* AAA) En este trabajo se para la caracterización física se consideran el peso, diámetro y longitud del plátano, mientras que para la caracterización química se tiene los sólidos solubles, pH, acidez. El factor importante de esta investigación es el aislamiento del almidón del plátano el cual consiste en colocar la fruta cortada en la solución de metabisulfito de sodio 0,5% para evitar la oxidación y obtener la harina de color blanco, misma que ayudará a la apariencia del bioplástico (Ortega, 2016, pp. 27-41).

## **2.2 Marco Conceptual o Glosario**

### **2.2.1 Frutas**

Son frutos comestibles de diversas plantas cultivadas (RAE, 2020), estas presentan grandes propiedades nutritivas como vitaminas y minerales (LICATA, 2019). Las principales frutas que se cultivan en el Ecuador son plátanos, melones, piñas, frutillas, mangos, duraznos, manzanas, uvas, ciruelas, aguacates, papayas, kiwis, guayabas, etc (Salazar, 2020, p. 65). Siendo el plátano una fruta tradicional de exportación.

#### **2.2.1.1 Plátano**

Es un fruto comestible de forma alargada y curva, la pulpa es de color blanco contenida de glucosa, dextrosa y sacarosa (Molina, 2019, p. 93). Por su contenido nutricional son empleados en el campo industrial debido a que poseen componentes eficientes como es el almidón (Moreira, 2013, p. 17).

- ✓ Plátano seda (*Musa paradisiaca*)



**Figura 1-2:** Plátano Seda (*Musa paradisiaca*)

**Realizado por:** Maliza, Veronica. 2021

Es un fruto rico en hidratos de carbono, de forma alargada curva, en estado inmaduro presenta un color verde intenso, mientras que si esta maduro presenta un color amarillo intenso. Además, esta constituido de almidones y taninos ya sea en estado maduro o inmaduro, también es buena fuente de vitamina A, B1, B2 y C (Reynoso, 2019, p. 4).

- Taxonomía del plátano seda

**Tabla 1-2:** Taxonomía del plátano seda (*Musa paradisiaca*)

No.	Características	
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Liliopsida
4	Orden	Zingiberales
5	Familia	Musaceae
6	Género	<i>Musa</i>
7	Especie	<i>Paradisiaca</i>

**Fuente:** ( Álvarez, 2018, p. 6)

**Realizado por:** Maliza, Veronica, 2021

- Características fisicoquímicas

**Tabla 2-2:** Valor nutricional del plátano seda (*Musa paradisiaca*)

Composición nutricional por cada 100 g			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Agua	G	74,20
2	Calorías	Kcal	92,00
3	Grasa	Mg	0,48
4	Proteína	G	1,03
5	Hidratos de Carbono	G	23,43
6	Fibra	G	2,40
7	Potasio	Mg	396,00
8	Fósforo	Mg	20,00
9	Hierro	Mg	0,31
10	Sodio	Mg	1,00
11	Magnesio	Mg	29,00
12	Calcio	Mg	6,00
13	Zinc	Mg	0,16
14	Selenio	Mg	1,10
15	Vitamina C	Mg	9,10
16	Vitamina A	UI	81,00
17	Vitamina B1	Mg	0,045
18	Vitamina B2	Mg	0,10
19	Vitamina E	Mg	0,27
20	Niacina	Mg	0,54

Fuente: ( Carballido, 2015, p. 2)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

- ✓ Plátano Rojo (*Musa acuminata*)



**Figura 2-2:** Plátano Rojo (*Musa acuminata*)

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

Pertenece a la familia de las musáceas, este es reconocido por su color rojizo-marrón, sabor delicioso parecido al de la frambuesa, también es rica en hidratos de carbono, minerales como el potasio y

vitaminas como la B6. originario de Ecuador. Generalmente este es utilizado en el área de repostería, elaboración de zumos (20 minutos, 2020).

- Taxonomía del plátano rojo

**Tabla 3-2:** Taxonomía del plátano rojo (*Musa acuminata*)

No.	Características	
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Liliopsida
4	Orden	Zingiberales
5	Familia	Musaceae
6	Género	<i>Musa</i>
7	Especie	<i>Acuminata</i>

Fuente: (Romero.A & Gutierrez,M, 2018, p. 23)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

- Características fisicoquímicas

**Tabla 4-2:** Valor nutricional del plátano rojo (*Musa acuminata*)

Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Energía	kcal	94,00
2	Proteínas	g	1,20
3	Hidratos de Carbono	g	20,00
4	Lípidos totales	g	0,30
5	AG saturados	g	0,11
6	AG monoinsaturados	g	0,04
7	AG poliinsaturados	g	0,09
8	Colesterol	g	0,00
9	Hidratos de Carbono	g	20,00
10	Fibra	g	3,40
11	Agua	g	75,10
12	Calcio	mg	9,00
13	Hierro	mg	0,60
14	Yodo	µg	2,00
15	Magnesio	mg	38,00
16	Zinc	mg	0,23

17	Sodio	mg	1,00
18	Potasio	mg	350,00
19	Fósforo	mg	28,00
20	Selenio	µg	1,00
21	Tiamina	mg	0,06
22	Riboflavina	mg	0,07
23	Equivalentes de niacina	mg	0,8
24	Vitamina B6	mg	0,51
25	Folatos	µg	22
26	Vitamina B12	µg	0
27	Vitamina C	mg	10
28	Vitamina A	µg	18
29	Vitamina D	µg	0
30	Vitamina E	mg	0,2

**Fuente:** (Romero.A & Gutierrez,M, 2018, p. 25)

**Realizado por:** Maliza, Veronica, 2021

✓ Morfología de la planta

- Planta

Herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas (Ecuared, 2018, p. 105).

- Rizoma o bulbo

Tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemos) que dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas. Sistema radicular: posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm (Ecuared, 2018, p. 105).

- Raíz

Son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Ecuared, 2018, p. 105).

- Tallo

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del

rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo (Ecuared, 2018, p. 105).

- Hojas

se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho, creciendo en altura y formando los semilimbos. La hoja se forma en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un pecíolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el pecíolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores (Ecuared, 2018, p. 105).

- Flores

Flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14 (Ecuared, 2018, p. 106).

- Fruto

Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes. La mayoría de los frutos de la familia de las Musáceas

comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y cambios estructurales cromosómicos, en distintos grados (EcuRed, 2018, p. 106).

✓ *Exigencias del cultivo*

- Suelo

El banano exige un clima cálido y una constante humedad en el aire. Necesita una temperatura media de 26-27 °C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 30 a 31° norte o sur y de los 1 a los 2 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables. El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18 °C, produciéndose daños a temperaturas menores de 13 °C y mayores de 45 °C (EcuRed, 2018, p. 106).

- Clima

Los suelos aptos para el desarrollo del cultivo del banano son aquellos que presentan una textura franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo limosa y franco limosa, debiendo ser, además, fértiles, permeables, profundos (1,2-1,5 m), bien drenados y ricos especialmente en materias nitrogenadas. El cultivo del banano prefiere, sin embargo, suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos, o los obtenidos por la roturación de los bosques, susceptibles de riego en verano, pero que no retengan agua en invierno (EcuRed, 2018, p. 107).

La platanera tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4,5-8, siendo el óptimo 6,5. Por otra parte, los plátanos se desarrollan mejor en suelos planos, con pendientes del 0-1% (EcuRed, 2018, p. 107).

### **2.2.2 Bioplástico**

Son compuestos de alto peso molecular que pueden ser producidos a partir de fuentes naturales, algunas de estas fuentes son: cultivos de poliésteres microbianos, de almidón, celulosa, entre otros. El almidón es una de las principales materias primas consideradas para este tipo de producto, debido a su alta disponibilidad, bajo costo, carácter renovable, biodegradabilidad y competitividad económicamente en relación al petróleo (Avellán et al., 2019, pp. 1-11).

### 2.2.2.1 *Almidón*

Es un polisacárido complejo, que se encuentra en forma de gránulos, con distintos tamaños entre sí, composición química y características físicas, que difieren según el origen del cual proviene. Es una estructura semicristalina compleja y altamente organizada, compuesta por polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina, encontrándose la síntesis del componente amilosa dentro de la matriz de amilopectina. Desde la perspectiva de su utilización como material polimérico, se pueden distinguir dos usos distintos: como matriz polimérica en forma de almidón termoplástico y como nanocarga en forma de nanocristales (Avellán et al., 2019, pp. 1-11).

#### ✓ *Componentes del almidón*

- **Amilosa**

Polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4), en el cual algunos enlaces  $\alpha$  (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (Hernández et al., 2008, p. 718).

- **Amilopectina**

Polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y en un 4-6% con uniones  $\alpha$  (1-6). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (Hernández et al., 2008, p. 718).

### 2.2.2.2 *Ácido acético*

Líquido incoloro con un olor característico (vinagre), su peso molecular es 60, en cuanto a la solubilidad este es miscible en agua. Este se usa en la fabricación del monómero de acetato de vinilo mismo que es usado para emulsiones como resinas de base para pinturas, adhesivos, revestimientos de papel, etc.; como solvente en el proceso de fabricación del ácido tereftálico que se usa para hacer botellas; además se usa como aditivo de alimentos y piensos dando lugar a la conservación de encurtidos, coagulante del látex (INSST, 2018, pp. 1-2).

### 2.2.2.3 *Agua destilada*

Es una especie de agua tratada, libre de microorganismos y contaminantes como sales minerales que usualmente están presentes en ella, como fluoruros y otros electrolitos. Está compuesta de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Este tipo de agua generalmente se usa en laboratorios para preparar mezclas que exigen la pureza y propiedades del agua ( Raffino, 2020. p 57).

### 2.2.2.4 *Glicerol*

Su nombre comercial es glicerina. Presenta características como inodoro, incoloro, viscoso y tiende a ser un poco dulce, este es altamente flexible. Se usa para preparados médicos y farmacéuticos, como laxantes, humectantes, en los jarabes para la tos, además se usa en el área de cosmetología (Lafuente, 2017, p. 6). El glicerol se encuentra en todos los tipos de aceites, por ende estarán en las grasas animales o vegetales teniendo en cuenta que deben estar asociados a otros ácidos grasos como el oleico o esteárico (Ecuared, 2018, p. 200).

## **2.3 Planteamiento de las Hipótesis**

### **2.3.1 Hipótesis General**

- El almidón obtenido de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*), sirve como materia prima en la elaboración de bioplásticos.

### **2.3.2 Hipótesis Específicas**

- Es posible extraer diferente cantidad de almidón al variar la velocidad y tiempo de trituración por vía húmeda.
- La determinación del rendimiento de la extracción de los almidones, indica la materia prima que contiene mayor cantidad de almidón.
- La caracterización de los almidones permite determinar que los mismos pueden ser utilizados para la elaboración de bioplásticos.
- La preparación de bioplásticos utilizando diferentes formulaciones, permiten obtener productos de diferentes características.
- Mediante la caracterización de los bioplásticos obtenidos a partir del plátano seda y plátano rojo se determinará si cumplen con las características de envolturas biodegradables.

## 2.4 Identificación de Variables

### 2.4.1 Variables Independientes

- Temperatura
- Tiempo

### 2.4.2 Variables Dependientes

- Biodegradabilidad
- Resistencia
- Espesor
- Solubilidad
- Rendimiento

## 2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 5-2: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADOR	RANGO	INSTRUMENTO
<b>Temperatura</b>	Temperatura a la cual se agita la mezcla de aditivos para elaborar bioplástico.	Grados Celsius (°C)	65-80	Termómetro
	Temperatura de secado del bioplástico en la estufa de vacío.	Grados Celsius (°C)	40-50	Estufa de vacío
<b>Tiempo</b>	Tiempo de secado del bioplástico en la estufa de vacío.	Horas (h)	23-24	Cronómetro
<b>Rendimiento</b>	Rendimiento de la materia prima para la extracción del almidón.	Porcentaje	40-100	Balanza analítica

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

## 2.6 Matriz de Consistencia

**Tabla 6-2:** Matriz de Consistencia

<p><b>TEMA:</b> “SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO SEDA (<i>Musa paradisiaca</i>) Y PLÁTANO ROJO (<i>Musa acuminata</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.”</p>	<p><b>ASPECTOS GENERALES</b></p>	<p><b>Problema</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El uso de plásticos generan un alto nivel de contaminación por lo que es necesario reemplazarlos por opciones que no representen una amenaza al ambiente</li> </ul>
		<p><b>Objetivo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sintetizar bioplástico a partir del almidón de la pulpa de plátano seda (<i>Musa paradisiaca</i>) y plátano rojo (<i>Musa acuminata</i>) para uso como envolturas en productos alimenticios.</li> </ul>
		<p><b>Hipótesis</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El almidón obtenido de la pulpa de plátano seda (<i>Musa paradisiaca</i>) y plátano rojo (<i>Musa acuminata</i>), sirve como materia prima en la elaboración de bioplásticos.</li> </ul>
	<p><b>ASPECTOS ESPECÍFICOS</b></p>	<p><b>Problemas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo se obtendrá la materia prima para el bioplástico a partir del plátano seda y plátano rojo?</li> <li>¿Cuál de los dos tipos de plátano presenta mayor porcentaje de rendimiento en la extracción del almidón?</li> <li>¿El almidón cumple con los parámetros establecidos en la norma vigente?</li> <li>¿Cuál es la formulación ideal para la elaboración de las láminas de bioplástico?</li> <li>¿Los bioplásticos obtenidos cumplen con la norma vigente?</li> </ul>
		<p><b>Objetivos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extraer almidón de la pulpa de plátano seda (<i>Musa paradisiaca</i>) y plátano rojo (<i>Musa acuminata</i>) variando la velocidad y el tiempo de trituración por vía húmeda.</li> <li>Determinar el rendimiento de los almidones extraídos de los dos tipos de plátano.</li> <li>Realizar la caracterización del almidón de la pulpa de plátano seda (<i>Musa paradisiaca</i>) y plátano rojo (<i>Musa acuminata</i>) utilizando los métodos de ensayo: pH, humedad, cenizas, y temperatura de gelatinización.</li> <li>Obtener bioplásticos a nivel de laboratorio con diferentes formulaciones utilizando el almidón de plátano seda (<i>Musa paradisiaca</i>) y plátano rojo (<i>Musa acuminata</i>).</li> <li>Caracterizar los bioplásticos obtenidos conociendo así el bioplástico óptimo, mediante los métodos de ensayo: humedad, solubilidad y pruebas mecánicas de tracción de láminas de plásticas delgadas (porcentaje de elongación).</li> </ul>
		<p><b>Hipótesis</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Es posible extraer diferente cantidad de almidón al variar la velocidad y tiempo de trituración por vía húmeda.</li> <li>La determinación del rendimiento de la extracción de los almidones, indica la materia prima que contiene mayor cantidad de almidón.</li> <li>La caracterización de los almidones permite determinar que los mismos pueden ser utilizados para la elaboración de bioplásticos.</li> <li>La preparación de bioplásticos utilizando diferentes formulaciones, permiten obtener productos de diferentes características.</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>Mediante la caracterización de los bioplásticos obtenidos a partir del plátano seda y plátano rojo se determinará si cumplen con las características de envolturas biodegradables.</li> </ul>
		<b>Variables</b>	<p>Variable Independiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura</li> <li>Tiempo</li> </ul> <p>Variable Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Biodegradabilidad</li> <li>Resistencia</li> <li>Espesor</li> <li>Solubilidad</li> <li>Rendimiento</li> </ul>
		<b>Técnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de almidón por vía húmeda.</li> <li>Medición del tiempo de secado.</li> <li>Caracterización del almidón (NTE INEN 1456).</li> <li>Caracterización del bioplástico (NTE INEN 2635).</li> </ul>

**Realizado por:** Maliza, Veronica, 2021

## **2.7 Tipo y Diseño de Investigación**

Esta investigación se llevó a cabo utilizando el método experimental, Análisis Factorial  $2^k$ , tanto para la obtención del almidón como del bioplástico de plátano seda y rojo. Para el primero se realizó 6 tratamientos, en los cuales se variaron la velocidad de la licuadora y el tiempo de trituración. Para el segundo se desarrollaron 4 tratamientos, manteniendo constante la concentración de agua destilada y vinagre, además variando la concentración del almidón y glicerina. Este análisis ayudó a determinar el método más eficiente para obtener el almidón y las cantidades óptimas para la elaboración de las láminas de bioplástico.

## **2.8 Unidad de Análisis**

En esta investigación se trabaja con dos unidades de análisis como son plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*), a los cuales se les procede extraer el almidón el almidón como materia prima para la síntesis del bioplástico.

## **2.9 Población de Estudio**

La población de estudio para esta investigación corresponde a los vendedores de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) que residen en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, los mercados visitados fueron: Mayorista, Primera de Mayo y Modelo entre los cuales el mejor fue “Primera de Mayo”, ya que disponía de los dos tipos de plátano a un precio accesible, de buenas características físicas y cantidades suficientes para trabajar la síntesis de bioplástico.

## **2.10 Tamaño de Muestra**

Para el tamaño de muestra en esta investigación, se adquirió 3 kilogramos tanto de plátano seda (*Musa paradisiaca*) como de plátano rojo (*Musa acuminata*), estas frutas fueron adquiridas en el mercado “Primera de Mayo” de la ciudad de Ambato, estos plátanos presentaron el estado de madurez preciso para un buen rendimiento en la extracción del almidón, además de proporcionar excelentes características como color, sabor, textura externa e interna, tamaño, etc, para la obtención del almidón y su posterior síntesis en láminas de bioplástico.

## **2.11 Selección de muestra**

La muestra estudiada fue obtenida por un muestreo aleatorio simple, es decir se obtuvieron los plátanos en diversos mercados de la ciudad de Ambato, debido a que todos tenían la misma probabilidad de ser seleccionados, sin embargo el mejor mercado fue “Primera de Mayo” ya que

además de la disposición de materia prima, la extracción del almidón tuvo un mejor rendimiento y por lo tanto esto favoreció a la síntesis del bioplástico.

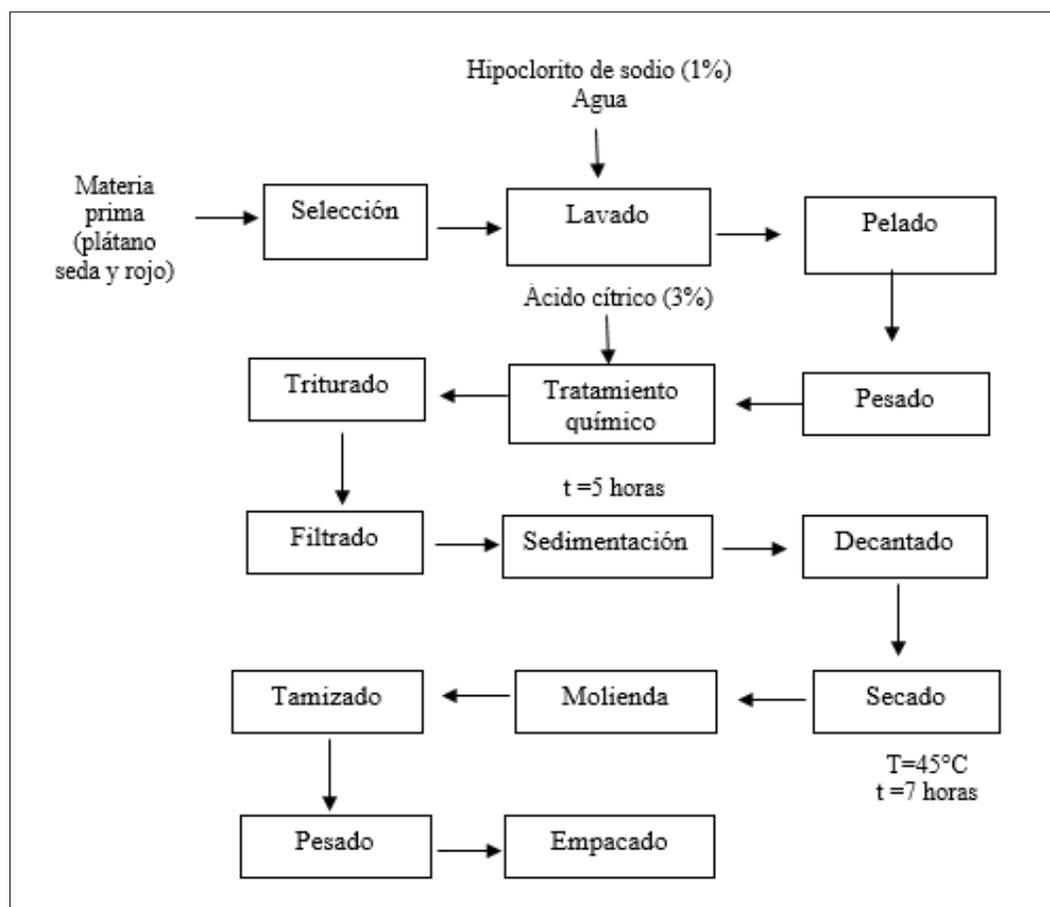
## 2.12 Técnicas de Recolección de Datos

La investigación presente se basará en documentos o publicaciones de revistas científicas, que traten una temática semejante. Pero también, se obtuvieron datos de forma experimental en el laboratorio lo que ayudó a obtener el procedimiento de extracción de almidón y elaboración del bioplástico.

### 2.12.1 Extracción del Almidón

La extracción del almidón se realizó mediante el diseño factorial factorial  $2^k$  a partir de dos variables el tiempo y la velocidad obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones.

#### 2.12.1.1 Técnicas de extracción del almidón de plátano seda y plátano rojo



**Figura 3-2:** Diagrama de flujo para la extracción del almidón de plátano seda y rojo.

Realizado por: Maliza, Verónica. 2021

**Tabla 7-2:** Técnica de extracción de almidón de plátano seda y plátano rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licuadora</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Balanza digital</li> <li>• Probetas</li> <li>• Espátula</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Recipientes de plástico</li> <li>• Mallas nylon</li> <li>• Colador</li> <li>• Estufa de vacío</li> <li>• Bandejas de aluminio</li> <li>• Fundas ziploc</li> <li>• Mortero y pistilo</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Torre de tamices</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Plátano seda</li> <li>• Plátano rojo</li> <li>• Ácido cítrico</li> <li>• Hipoclorito de sodio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de la materia prima (plátano seda y rojo); los frutos deben ser inmaduros por su alto contenido de almidón.</li> <li>• Lavado y desinfección de los plátanos en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 15 minutos, eliminando tierra y todo tipo de impurezas (Mazzeo, et al, 2008).</li> <li>• Pelado y pesado de los plátanos, mismos que serán sumergidos inmediatamente en una solución de ácido cítrico al 3% durante 10 minutos para evitar el pardeamiento enzimático (tratamiento químico) (Mazzeo, et al, 2008).</li> <li>• Alimentar la licuadora con 200 gramos de plátano y 800 ml de agua purificada y licuar por un determinado tiempo y velocidad facilitando la liberación de los gránulos de almidón y separándolo de aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes como la fibra y proteína.</li> <li>• Filtrado, se realizó con la ayuda de una malla nylon y se lavó la mezcla hasta obtener el agua casi transparente aprovechando todo el almidón presente (Brito, 2019).</li> <li>• Sedimentación, durante 5 horas con la finalidad de separar el almidón por efecto de la gravedad (Brito, 2019).</li> <li>• Decantado, separación del líquido sobrenadante del almidón (Brito, 2019).</li> <li>• Secado del almidón en una estufa de vacío a 45°C durante 7 horas (Brito, 2019).</li> <li>• Molienda mediante el uso de un mortero y pistilo y para tamizado se usa una torre de tamices (Brito, 2019).</li> <li>• Pesado del almidón para obtener el rendimiento del mismo.</li> <li>• Finalmente se empaca el almidón en fundas ziploc para evitar la humedad (Brito, 2019).</li> </ul>	<p>(Mazzeo, et al., 2008, pp. 61-62)</p> <p>(Brito, et al, 2019, pp. 203-204)</p>

Fuente: (Mazzeo, et al., 2008, pp. 61-62), (Brito, et al, 2019, pp. 203-204)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

2.12.1.2 Métodos de ensayo para la caracterización físicoquímica del almidón

**Tabla 8-2:** Densidad aparente para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Probeta graduada de 25 mL.</li> <li>• Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda.</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<p><b>Densidad aparente del almidón suelto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar la probeta vacía.</li> <li>• Adicionar el almidón a la probeta de 25 mL hasta que alcance el volumen graduado.</li> </ul> <p><b>Densidad aparente del almidón empacada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante movimientos de vibración compactar el almidón hasta que alcance el valor mínimo.</li> <li>• Medir el volumen de la muestra empacada.</li> <li>• Pesar la probeta con el almidón empacado.</li> </ul>	<p>Se realizó con 3 repeticiones para encontrar la densidad, a continuación la fórmula:</p> <p><b>Ecuación 1-2:</b> Densidad aparente con almidón suelto</p> $DAAS\left(\frac{g}{mL}\right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) (g)] - \text{peso probeta vacía} (g)}{\text{volumen de la probeta} (mL)}$ <p><b>Ecuación 2-2:</b> Densidad aparente con almidón empacado</p> $DAAE\left(\frac{g}{mL}\right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón empacado}) (g)] - \text{peso probeta vacía} (g)}{\text{volumen de la probeta} (mL)}$	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007, p. 65).</p>

Fuente: (FAO, 2007, p. 65).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 9-2:** Sensibilidad para el almidón de plátano seda y rojo

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Sustancias y reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Fórmula de cálculo</b>	<b>Método de Ensayo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza analítica</li> <li>Vaso de precipitación de 25 y 250 mL.</li> <li>Calentador de placa</li> <li>Varilla de agitación</li> <li>Probeta graduada de 200 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua destilada</li> <li>Almidón de plátano seda</li> <li>Almidón de plátano rojo</li> <li>Solución de Iodo 0,1 N</li> <li>Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N.</li> <li>Ioduro de potasio R.A.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesar 1g de almidón en un vaso de precipitación de 25 mL, posteriormente disolver en 5mL de agua destilada.</li> <li>Transferir totalmente la suspensión en 200 mL de agua hirviendo.</li> <li>Enfríar y añadir 5mL de esta solución a 100 mL de agua conteniendo 50 mg de Ioduro de potasio. Añadir 0,05 mL de solución de Iodo 0,1 N y luego 1 mL de tiosulfato de sodio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medición cualitativa</li> </ul>	<p>INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO (INEN, 2012, p. 4).</p>

Fuente: (INEN, 2012, p. 4).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 10-2:** Solubilidad para el almidón de plátano seda y rojo

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Sustancias y reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Fórmula de cálculo</b>	<b>Método de Ensayo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza analítica</li> <li>Vaso de precipitación de 25 y 250 mL</li> <li>Agitador de vidrio</li> <li>Calentador de placa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua destilada</li> <li>Almidón de plátano seda</li> <li>Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En un vaso de precipitación de 25 mL pesar 2g de muestra, añadir 5 mL de agua fría y agitar.</li> <li>Transferir totalmente la suspensión sobre 100 mL de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación 200 mL, continuar la ebullición por aproximadamente de 2 min.</li> <li>Guardar la solución para determinación de pH.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Medición cualitativa</li> </ul>	<p>INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO (INEN, 2012, p. 1).</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probeta graduada de 100 mL.</li> </ul>				
---	--	--	--	--

Fuente: (INEN, 2012, p. 1)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 11-2:** pH para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH-metro</li> <li>• Agitador de vidrio</li> <li>• Tubos centrífuga</li> <li>• Vasos de precipitación</li> <li>• Agitador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución tampón 0,05 molal de fosfato pH 7,0</li> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 5g de la muestra de almidón y diluir en 25 mL de agua destilada.</li> <li>• Agitar durante 30 minutos.</li> <li>• Filtrar la suspensión hasta obtener un volumen de 10 mL</li> <li>• Normalizar el medidor pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esa temperatura.</li> <li>• Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón.</li> <li>• Con el control correspondiente retornar al equipo a su posición de reposo.</li> <li>• Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente.</li> <li>• Sumergir los electrodos en la solución.</li> <li>• Accionar el control de lectura y leer el pH.</li> </ul>	<p>Para el análisis del pH se realizó mediante 3 repeticiones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición directa</li> </ul>	<p>INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO (INEN, 2012, pp. 1-2).</p>

Fuente: INEN, 2012, pp. 1-2).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 12-2:** Temperatura de gelatinización para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Plancha de calentamiento</li> <li>• Vasos de precipitación de 100 y 250 mL</li> <li>• Frascos volumétricos de 100 mL</li> <li>• Pinzas de acero inoxidable</li> <li>• Termómetro con escala de 0-100°C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 5 g de la muestra de almidón en agua destilada y aforar hasta 50 mL.</li> <li>• Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85°C.</li> <li>• Introducir la solución a baño maria.</li> <li>• Agitar constantemente la suspensión de almidón con el termómetro hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.</li> <li>• Leer la temperatura de gelatinización.</li> </ul>	<p>Para el análisis de temperatura de gelatinización se realizó mediante 3 repeticiones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición directa</li> </ul>	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007, p. 72).</p>

Fuente: (FAO, 2007, p. 72).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 13-2:** Viscosidad para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Viscosímetro</li> <li>• Baño de agua con</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 25,0 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición directa</li> </ul>	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca</p>

temperatura constante <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balón volumétrico de 500 mL</li> <li>• Vaso de precipitado de vidrio de 1000 mL</li> <li>• Plancha con agitador</li> <li>• Magneto</li> <li>• Termómetro</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la suspensión en un vaso de precipitado de 1000 mL y calentar con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos).</li> <li>• Enfriar el gel hasta 25°C y tomar una alícuota de 15 mL.</li> <li>• Medir la viscosidad a 25°C, con una velocidad de 10 RPM.</li> </ul>		(FAO, 2007, p. 66).
--	--	--	--	---------------------

Fuente: (FAO, 2007, p. 66).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 14-2:** Contenido de humedad y materia seca para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Crisoles plásticos o de vidrio</li> <li>• Horno con temperatura constante y ventilación forzada</li> <li>• Desecador con un agente de secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80°C .</li> <li>• Pesar el crisol vacío entre 20-30 g de la muestra de almidón .</li> <li>• Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80°C, durante 24 horas.</li> <li>• Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca.</li> </ul>	<p>Para el ensayo de humedad se realizan mediante 3 repeticiones:</p> <p><b>Ecuación 3-2:</b> Contenido de humedad</p> $\% \text{humedad} = \frac{\text{Crisol con almidón (g)} - \text{Crisol con almidón seco (g)}}{\text{Crisol con almidón (g)} - \text{Crisol tarado (g)}} \times 100$ <p><b>Ecuación 4-2:</b> Contenido de materia seca</p> $\% \text{materia seca} = 100 - (\% \text{humedad})$	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007, p. 62).</p>

Fuente: (FAO, 2007, p. 62).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 15-2:** Distribución de tamaño de gránulo para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torre de tamices</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Balanza digital</li> <li>• Brocha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios.</li> <li>• Pesar 100 g de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices.</li> <li>• Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos)</li> <li>• Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante.</li> <li>• Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón.</li> </ul>	<p><b>Ecuación 5-2:</b> Distribución del tamaño de gránulo</p> $PNI = (\text{peso tamiz} + \text{fracción de almidón}) - \text{peso de cada tamiz vacío}$ $\text{Gran total} = \Sigma \text{ pesos netos individuales}$ <p><b>Donde:</b> PNI: peso neto individual</p>	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007, p. 61).</p>

Fuente: (FAO, 2007, p. 61).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 16-2:** Contenido de ceniza para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Crisoles de porcelana</li> <li>• Desecador</li> <li>• Mufla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar aproximadamente 5 g de almidón en un crisol de porcelana, mismo que antes ha sido lavado, secado en una estufa y pesado.</li> <li>• Colocar el crisol de porcelana con la muestra de almidón en la mufla a 550°C durante 24 horas.</li> <li>• Enfriar las muestras en un desecador hasta tener peso constante.</li> <li>• Pesa el crisol con las muestras calcinadas y calcular la cantidad de cenizas.</li> <li>• Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales.</li> </ul>	<p>Para este ensayo se realiza con 3 repeticiones:</p> <p><b>Ecuación 6-2:</b> Contenido de ceniza</p> $\% \text{ ceniza} = \frac{\text{cenizas(g)} - (\text{ceniza (g)} - \text{crisol vacío(g)})}{\text{muestra(g)}} \times 100$	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007, p. 91).</p>

Fuente: (FAO, 2007, p. 91).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 17-2:** IAA, ISA y PH para el almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Centrífuga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C.</li> <li>• Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y</li> </ul>	<p><b>Ecuación 7-2:</b> Índice de absorción de agua</p> $IAA = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)bs}}$	<p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baño con calentamiento constante</li> <li>• Tubos centrífuga plásticos de 50 mL</li> <li>• Vasos de precipitación de vidrio de 50 mL</li> <li>• Horno con temperatura constante</li> <li>• Pipeta volumétrica de 10 mL</li> <li>• Pipeteador de 30 mL</li> </ul>		<p>agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.</li> <li>• Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.</li> <li>• Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.</li> <li>• Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado).</li> <li>• Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.</li> <li>• Pesar el tubo de centrífuga con el gel.</li> <li>• Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.</li> </ul>	<p><b>Ecuación 8-2:</b> Índice de solubilidad en agua</p> $ISA = \frac{\text{peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{peso muestra (g)}bs}$ <p><b>Ecuación 9-2:</b> Poder de hinchamiento</p> $PH = \frac{\text{peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}bs - \text{peso solubles (g)}}$	<p>(FAO, 2007, p. 73).</p>
---	--	--	---	----------------------------

Fuente: (FAO, 2007, p. 73).

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

### 2.12.2 Obtención de Bioplástico

Para la obtención de bioplástico se empleó el diseño factorial  $2^k$ , en donde el 2 corresponde a la concentración del almidón del plátano y la glicerina (plastificante) y k corresponde al número de repeticiones que se van a realizar a nivel de laboratorio, teniendo como resultado 16 pruebas con 4 tratamientos. Además se realizará su caracterización fisicoquímica y pruebas mecánicas de tracción de láminas de plástico fino.

CA (%)	$DE=2^k$		
5,88			Límite alto
4,1			Límite bajo
	2,58	4,94	CP (%)
	Límite bajo	Límite alto	

**Figura 4-2:** Diseño factorial  $2^k$  para obtención de bioplástico de plátano seda y rojo.

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

A continuación se da a conocer las variables y constantes obtenidas para elaborar el bioplástico a través del diseño factorial  $2^k$ .

**Tabla 18-2:** Concentraciones de variables y constantes para la obtención de bioplástico

No.	CONDICIONES	ADITIVOS	% (P/P)	
1	Variables	Almidón	4,102	5,88
		Glicerina	2,584	4,94
2	Contantes	Agua destilada	71,79	68,61
		Vinagre	21,52	20,51

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

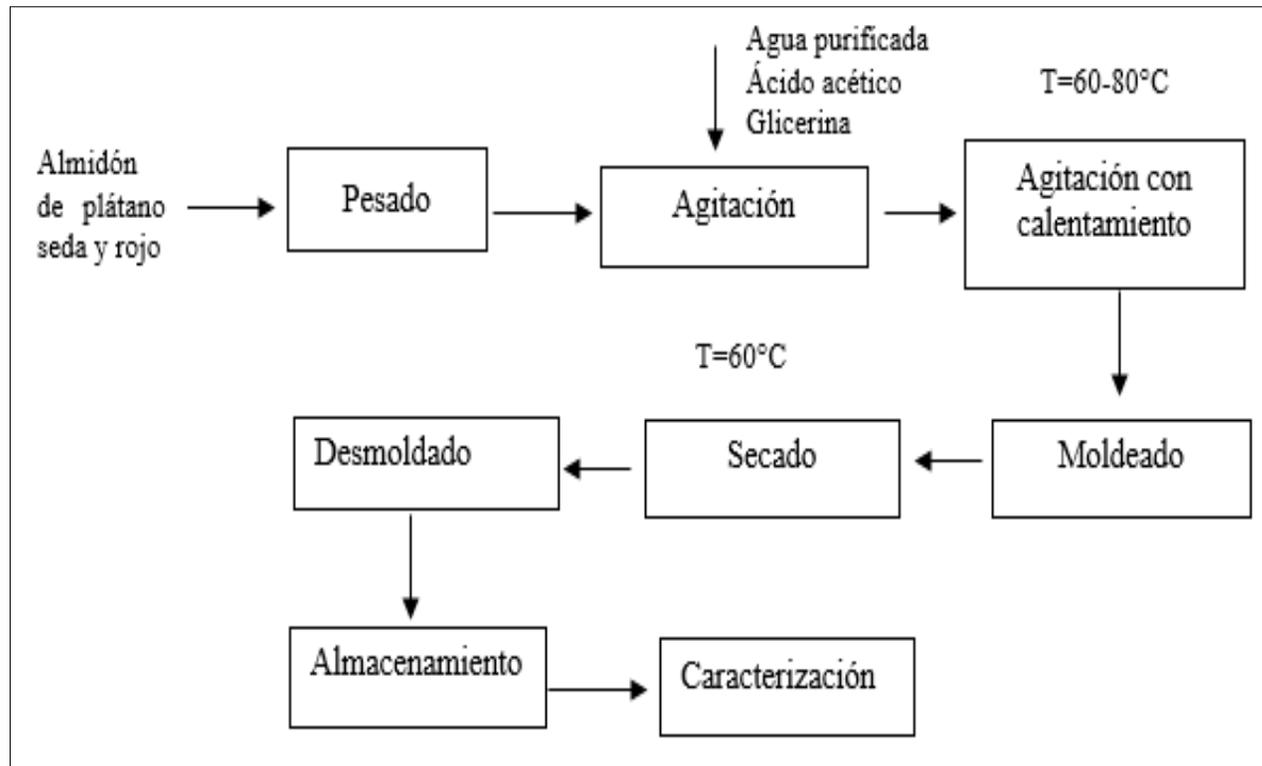
2.12.2.1 *Proceso de obtención de bioplástico a partir de almidón de plátano seda y rojo*

**Tabla 19-2:** Técnica de obtención de bioplástico a partir de almidón de plátano seda y rojo

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Malla de asbesto</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Probetas graduadas</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Cajas Petri o Moldes de vidrio</li> <li>• Pinza de acero inoxidable</li> <li>• Vasos de precipitación de 250 mL</li> <li>• Estufa de vacío</li> <li>• Espátula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de plátano seda</li> <li>• Almidón de plátano rojo</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Vinagre</li> <li>• Glicerina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 12 gramos de almidón de plátano seda y plátano rojo, colocando en diferentes vasos de precipitación de 250 mL.</li> <li>• Medir 8 mL de glicerina, 40 mL de ácido acético y 140 mL de agua destilada.</li> <li>• Adicionar 140 mL de agua destilada.</li> <li>• A baño maría agitar la suspensión de almidón.</li> <li>• Con agitación constante agregar los aditivos como la glicerina y vinagre cuando llegue a la temperatura de 60 °C.</li> <li>• Agitar con calentamiento en baño maría hasta la temperatura de 78-79 °C (temperatura de gelatinización) y mantenerla por 15 minutos.</li> <li>• Vaciar la mezcla viscosa en los moldes en este caso en las cajas Petri.</li> <li>• Secar en una estufa a 60 °C por el lapso de 7 a 8 horas.</li> <li>• Desmoldar con facilidad.</li> <li>• Caracterizar las láminas de bioplástico.</li> </ul>	<p>(Tarapuz, A. &amp; Suárez, J., 2019, pp. 64-65)</p>

**Fuente:** (Tarapuz, A. & Suárez, J., 2019, pp. 64-65)

**Realizado por:** Maliza, Veronica, 2021



**Figura 5-2:** Diagrama de flujo para la obtención de bioplástico

Realizado por: Maliza, Verónica. 2021

2.12.2.2 Técnicas de caracterización fisicoquímica del bioplástico de almidón de plátano seda y rojo

**Tabla 20-2:** Técnica de espesor del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calibrador digital</li> <li>• Tijeras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar 10 muestras de láminas de bioplástico de 2,5 cm × 2,5cm por cada tratamiento.</li> <li>• Medir con el espesor con el calibrador digital</li> <li>• Reportar resultados y hacer el promedio de las medidas tomadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medición directa</li> </ul>	Basado en la investigación “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador” (Escobar et al., 2009, p.34).

Fuente: (Escobar et al., 2009, p.34)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 21-2:** Técnica de humedad del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Estufa de vacío</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar y secar los crisoles y cápsulas en una estufa a 105 °C durante 2 horas.</li> <li>• Enfríar y pesar los crisoles vacíos.</li> </ul>	En este ensayo se realizaron 2 repeticiones: <b>Ecuación 10-2 :</b> Porcentaje de humedad	Basado en la investigación “Películas biodegradables y comestibles

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crisol de porcelana</li> <li>• Cápsulas de porcelana</li> <li>• Pinza de acero inoxidable</li> <li>• Desecador</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesarse los crisoles contenidos de las muestras de bioplástico.</li> <li>• Colocar los crisoles con las muestras de bioplástico en la estufa a 105 °C durante 24 horas.</li> <li>• Pesarse los crisoles con las muestras de bioplástico secos.</li> </ul>	$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i (g) - P_f (g)}{P_f (g)} \times 100$ <p><b>Donde:</b>          Pi: Peso inicial del crisol con las muestras de bioplástico.          Pf: Peso final del crisol con las muestras de bioplástico seco.</p>	desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador” (Escobar et al., 2009, p.34).
--	--	--	---	---

Fuente: (Escobar et al., 2009, p.34)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 22-2:** Técnica de solubilidad en el agua del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Agitador</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Estufa de vacío</li> <li>• Papel filtro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortar las muestras de bioplástico en cuadros de 2,5 cm × 2,5 cm.</li> <li>• Medir 80 mL de agua destilada y sumergir las muestras de bioplástico.</li> <li>• Agitar durante 1 hora a 100RPM.</li> <li>• Filtrar y colocar en la estufa a 40 °C hasta que este seco.</li> <li>• Pesarse las muestras de bioplástico secas, para posteriormente colocar en la estufa a 105 °C y seguir pesando hasta que tenga un peso constante.</li> </ul>	<p>En este ensayo se realizaron 2 repeticiones:</p> <p><b>Ecuación 11-2:</b> Porcentaje de solubilidad en el agua</p> $\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{muestra inicial seca (g)} - \text{muestra final seca (g)}}{\text{muestra inicial seca (g)}} \times 100$	Basado en la investigación “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador” (Escobar et al., 2009, p.34).

Fuente: (Escobar et al., 2009, p.34)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 23-2:** Técnica de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Calibrador</li> <li>• Cinta adhesiva</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cloruro de sodio</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Sílica gel activada</li> <li>• Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar muestras de bioplástico de 2,5 cm × 2,5 cm.</li> <li>• Activar la sílica gel a 200 °C durante 24 horas.</li> <li>• Llenar los tubos de ensayo de sílica gel aproximadamente 10 cm de altura, luego colocar las muestras de bioplástico cubriendo la boca del tubo de ensayo y sellar herméticamente.</li> <li>• Una vez sellados pesar y colocar en un desecador equilibrado contenido de una solución saturada de NaCl.</li> <li>• Pesar los tubos de ensayo cada hora durante seis horas consecutivas.</li> </ul>	<p>En este ensayo se realizaron 2 repeticiones:</p> <p><b>Ecuación 12-2:</b> Tasa de transmisión de vapor agua (g/h*m<sup>2</sup>)</p> $WVRT = \frac{D \left( \frac{g}{t(h)} \right)}{a (m)}$ <p><b>Donde:</b></p> <p>WVTR: tasa de transmisión de vapor de agua  D: peso ganado del desecante  a: área del bioplástico  t: tiempo de la prueba</p> <p><b>Ecuación 13-2:</b> Permeabilidad de vapor de agua (g/h*m*MPa)</p> $WVP = \frac{WVRT \times e}{\Delta p}$ $\Delta p = S'(HR2 - HR1)$ <p><b>Donde:</b></p> <p>WVP: permeabilidad de vapor de agua  S': presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (T=21°C)  HR2: humedad relativa de la cámara con solución de NaCl saturada (HR2=75%)  HR1: humedad relativa en el interior de la celda (HR1=0%)  e: espesor de la lámina de bioplástico</p>	<p>ASTM D1653-93  Métodos de prueba estándar para Transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánico (ASTM D1653-93, 1999, pp. 3-4).</p>

Fuente: (ASTM D1653-93, 1999, pp. 3-4)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 24-2:** Técnica de biodegradabilidad del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza analítica</li> <li>Vasos plásticos de 1 L</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo</li> <li>Tierra fértil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recortar las muestras de bioplástico en láminas de 2,5 cm × 2,5 cm.</li> <li>Medir el pH de la tierra.</li> <li>Colocar las muestras de bioplástico en la tierra a 10 cm de profundidad para condiciones anaerobias y 2 cm de profundidad para condiciones aerobias.</li> <li>Evaluar la pérdida de peso después de 7 y 15 días.</li> </ul>	<p><b>Ecuación 14-2:</b> Porcentaje de biodegradabilidad</p> $\% \text{ pérdida de peso} = \frac{\text{Pis (g)} - \text{Pfs (g)}}{\text{Pis (g)}} \times 100$ <p><b>Donde:</b>  Pis: Peso inicial seco del bioplástico  Pfs: Peso final seco del bioplástico</p>	<p>Ensayo basado en la investigación “Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de camarón (<i>L.vannamei</i>)” (Sabino et al., 2010, p. 57).</p>

Fuente: (Sabino et al., 2010, p. 57)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 25-2:** Técnica de prueba mecánica de tracción del bioplástico

Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Método de Ensayo
Máquina universal de pruebas de tracción	Láminas de bioplástico de plátano seda y rojo	En base a la Norma INEN 2635 Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas de plástico finas, se realizan las pruebas usando la máquina universal de pruebas de tracción la que consiste en aplicar un fuerza a la probeta hasta que esta se rompa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultados del laboratorio</li> </ul>	INEN 2635:2012 MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS (INEN 2635:2012, 2012, p. 7).

Fuente:( INEN 2635:2012, 2012, p. 7)

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Datos obtenidos de los ensayos del plátano seda y plátano rojo

**Tabla 1-3:** Datos analizados al plátano seda y rojo

No.	PLÁTANO SEDA			PLÁTANO ROJO		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	134,83	19,80	5,75	137,25	16,91	6,52
2	124,05	18,57	5,55	132,38	17,52	6,45
3	132,08	20,34	5,70	145,83	16,11	6,15
4	135,22	19,57	5,60	143,29	15,65	6,55
5	137,87	18,74	5,95	139,73	15,53	6,36
<b>PROMEDIO</b>	<b>132,81</b>	<b>19,40</b>	<b>5,71</b>	<b>139,70</b>	<b>16,34</b>	<b>6,41</b>

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 2-3:** Características organolépticas del plátano seda y rojo

No.	PARÁMETRO	PLÁTANO	
		SEDA	ROJO
1	Olor	Característico	Dulce
2	Sabor	Insípido	Insípido
3	Color	Verde	Rojo
4	Textura interna	Rugosa	Rugosa
5	Textura externa	Dura	Dura

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 3-3:** Características organolépticas del almidón de plátano seda y rojo

No.	PARÁMETRO	ALMIDÓN	
		PLÁTANO SEDA	PLÁTANO ROJO
1	Olor	Inoloro	Inoloro
2	Sabor	Insípido	Insípido
3	Color	Beige	Beige
4	Textura	Granular	Granular

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

#### 3.1.1 Variables utilizadas para el cálculo del rendimiento del almidón

**Tabla 4-3:** Variables utilizadas para la extracción del almidón

VARIABLES			
RPM(revoluciones por minuto)	6800	20000	
Tiempo(segundos)	30	60	90

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 5-3:** Resultados del rendimiento de la extracción del almidón de plátano seda.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)	
					PLÁTANO SEDA (g)	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
1	T1	RPM 1 : t1	R1	800	200	3,09	2,79	11,17	1,55	1,40	5
2			R2			2,88			1,44		
3			R3			2,43			1,21		
4			R4			2,77			1,38		
5	T2	RPM 1 : t2	R1			7,08	7,34	29,37	3,54	3,67	6
6			R2			7,83			3,92		
7			R3			7,29			3,65		
8			R4			7,16			3,58		
9	T3	RPM 1 : t3	R1			13,20	12,84	51,35	6,60	6,42	7
10			R2			13,52			6,76		
11			R3			12,60			6,30		
12			R4			12,04			6,02		
13	T4	RPM 2 : t1	R1			6,01	6,12	24,49	3,00	3,06	6
14			R2			6,25			3,12		
15			R3			5,28			2,64		
16			R4			6,96			3,48		
17	T5	RPM 2 : t2	R1			16,51	16,16	64,62	8,25	8,08	7
18			R2			16,28			8,14		
19			R3			16,60			8,30		
20			R4			15,22			7,61		
21	T6	RPM 2 : t3	R1			22,97	22,47	89,89	11,48	11,24	7
22			R2			21,15			10,57		
23			R3			22,83			11,41		
24			R4			22,95			11,47		

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 6-3:** Resultados del rendimiento de la extracción del almidón de plátano rojo.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)	
					PLÁTANO ROJO (g)	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
1	T1	RPM 1 : t1	R1	800	200	6,33	6,44	25,75	3,17	3,22	6
2			R2			6,27			3,13		
3			R3			6,44			3,22		
4			R4			6,71			3,35		
5	T2	RPM 1 : t2	R1			15,08	15,11	60,45	7,54	7,56	7
6			R2			15,13			7,57		
7			R3			14,61			7,30		
8			R4			15,63			7,81		
9	T3	RPM 1 : t3	R1			17,32	17,23	68,94	8,66	8,62	7
10			R2			17,38			8,69		
11			R3			16,61			8,30		
12			R4			17,63			8,81		
13	T4	RPM 2 : t1	R1			6,19	6,58	26,33	3,10	3,29	6
14			R2			6,61			3,30		
15			R3			6,82			3,41		
16			R4			6,72			3,36		
17	T5	RPM 2 : t2	R1			20,28	20,52	82,07	10,14	10,26	7
18			R2			19,47			9,73		
19			R3			21,81			10,91		
20			R4			20,50			10,25		
21	T6	RPM 2 : t3	R1			17,97	17,70	70,82	8,98	8,85	7
22			R2			18,01			9,00		
23			R3			17,50			8,75		
24			R4			17,34			8,67		

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 7-3:** Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón de plátano seda.

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Muestra	78,91626667	1	78,91626667	825,6039057	1,71669E-16	4,413873419	
Columnas	174,815725	2	87,4078625	914,4410363	7,93414E-19	3,554557146	
Interacción	11,71250833	2	5,856254167	61,26678969	9,27751E-09	3,554557146	
Dentro del grupo	1,72055	18	0,095586111				
<b>Total</b>	<b>267,16505</b>	<b>23</b>					

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

Existe diferencia significativa entre los tratamientos de extracción del almidón de plátano seda.

**Tabla 8-3:** Resultado del valor HSD del almidón de plátano seda

<b>HSD</b>	0,694
<b>Multiplicador</b>	4,49
<b>Mse</b>	0,096
<b>N</b>	4

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 9-3:** Análisis Tukey del rendimiento obtenido del almidón de plátano seda

<b>Tratamientos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
<b>T1</b>		-2,278	-5,025	-1,665	-6,68	-9,838

<b>T2</b>			-2,748	<b>0,613</b>	-4,402	-7,561
<b>T3</b>				3,36	-1,655	-4,813
<b>T4</b>					-5,015	-8,173
<b>T5</b>						-3,158
<b>T6</b>						

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

La tabla 9-3 muestra que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos, excepto entre el tratamiento T2 y T4, debido a que el encontrado de acuerdo al análisis de Tukey, es inferior al valor de la diferencia honestamente significativa.

**Tabla 10-3:** Análisis de varianza del rendimiento obtenido del almidón de plátano rojo.

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Muestra	6,050104167	1	6,050104167	94,0410397	1,42986E-08	4,413873419	
Columnas	165,2528583	2	82,62642917	1284,320913	3,82671E-20	3,554557146	
Interacción	8,678608333	2	4,339304167	67,44886768	4,34353E-09	3,554557146	
Dentro del grupo	1,158025	18	0,064334722				
Total	181,1395958	23					

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

Existe diferencia significativa entre los tratamientos de extracción del almidón de plátano rojo.

**Tabla 11-3:** Resultado del valor HDS del almidón de plátano rojo

<b>HSD</b>	<b>0,569</b>
<b>Multiplicador</b>	4,49
<b>Mse</b>	0,064
<b>N</b>	4

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 12-3:** Análisis Tukey del rendimiento obtenido del almidón de plátano rojo

<b>Tratamientos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>
<b>T1</b>		-4,3375	-5,3975	<b>-0,075</b>	-7,0405	-5,6325
<b>T2</b>			-1,06	4,2625	-2,703	-1,295
<b>T3</b>				5,3225	-1,643	<b>-0,235</b>
<b>T4</b>					-6,9655	-5,5575
<b>T5</b>						1,408
<b>T6</b>						

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

La tabla 12-3 indica que existe diferencia significativa entre todos los tratamientos, excepto entre los tratamientos T1-T4 y T3-T6, debido a que el valor encontrado en base al análisis de Tukey, es menor al valor de la diferencia honestamente significativa.

### 3.1.2 Pruebas físico-químicos para el almidón de plátano seda y rojo

#### 3.1.2.1 Densidad aparente

**Tabla 13-3:** Resultados obtenidos de la densidad aparente del almidón

No.	Muestra	Densidad aparente con almidón suelto (g/mL)	Promedio DAAS (g/mL)	Incertidumbre U K=2	Densidad aparente con almidón empacado (g/mL)	Promedio DAAE (g/mL)	Incertidumbre U K=2
1	APS1	0,43	<b>0,45</b>	<b>± 0.06</b>	0,72	<b>0,71</b>	<b>± 0.10</b>
2	APS2	0,45			0,71		
3	APS3	0,46			0,7		
4	APR1	0,54	<b>0,54</b>	<b>± 0.08</b>	0,76	<b>0,77</b>	<b>± 0.11</b>
5	APR2	0,54			0,77		
6	APR3	0,56			0,77		

**Realizado por:** Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

\*Incertidumbres, realizado por: Álvarez, Mauricio, 2021

En la Tabla 13-3 se evidencia los resultados de la densidad aparente del almidón de plátano seda y plátano rojo con valores de (0,58g/mL y 0,68 g/mL) respectivamente, obtenidos del promedio entre la densidad aparente suelta con la densidad aparente empacada. Según (FAO, 2007, p. 65) dice que el valor de referencia es 1,560 g/mL, haciendo comparación con los valores obtenidos en los ensayos, no están dentro del valor de referencia.

#### 3.1.2.2 Sensibilidad

**Tabla 14-3:** Resultados obtenidos de sensibilidad del almidón

No.	Muestra	Opalescencia
1	APS	Positivo
2	APR	Positivo

**Realizado por:** Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

#### 3.1.2.3 Solubilidad

**Tabla 15-3:** Resultados obtenidos de solubilidad del almidón

No.	Muestra	Opalescencia
1	APS	Si
2	APR	Si

**Realizado por:** Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

### 3.1.2.4 pH

**Tabla 16-3:** Resultados obtenidos de pH del almidón

No.	Muestra	pH	Promedio pH
1	APS1	5,94	5,93
2	APS2	5,93	
3	APS3	5,92	
4	APR1	5,21	5,24
5	APR2	5,28	
6	APR3	5,22	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

### 3.1.2.5 Temperatura de gelatinización

**Tabla 17-3:** Resultados obtenidos de temperatura de gelatinización del almidón

No.	Muestra	Temperatura de gelatinización (°C)	Promedio temperatura de gelatinización (°C)
1	APS1	78	78,33
2	APS2	79	
3	APS3	78	
4	APR1	76	76,00
5	APR2	78	
6	APR3	74	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

De acuerdo a la investigación Mecanismo de Gelatinización del Almidón Nativo de Banano Exportable del Ecuador, la temperatura de gelatinización del almidón de plátano es 79,6 °C (Martínez, et al, 2015, p. 19), haciendo comparación con los valores sometidos a prueba, estos están próximos a los valores establecidos por la investigación.

### 3.1.2.6 Viscosidad

**Tabla 18-3:** Resultados obtenidos de viscosidad del almidón

No.	Muestra	Viscosidad (cP)	Aguja	RPM
1	APS	133	SPL2	70
2	APR	157	SPL2	70

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

### 3.1.2.7 Contenido de humedad y materia seca

**Tabla 19-3:** Resultados obtenidos de humedad y materia seca del almidón

No.	% Humedad	Promedio ( % humedad)	% Materia seca	Promedio (% materia seca)	Incertidumbre U K=2
1	11,36	<b>11,11</b>	88,642	<b>88,89</b>	<b>± 3,56</b>
2	10,92		89,084		
3	11,06		88,944		
4	10,36	<b>11,07</b>	89,644	<b>88,93</b>	<b>± 3,56</b>
5	11,21		88,785		
6	11,64		88,359		

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

\*Incertidumbres, realizado por: Álvarez, Mauricio, 2021

### 3.1.2.8 Distribución del tamaño de gránulo

**Tabla 20-3:** Resultados obtenidos de tamaño de gránulo del almidón

No.	Tamiz (µm)	% APS	% APR
1	300	8,36	1,58
2	150	7,5	1,91
3	106	5,25	3,37
4	53	23,9	59,68
5	38	43,79	29,83
6	Fondo	11,18	3,62
7	<b>Total</b>	<b>99,98</b>	<b>99,99</b>

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

La mayor cantidad de los gránulos de almidón tanto del plátano seda como del plátano rojo quedaron en los tamices 53 µm, 38 µm y fondo, en conjunto representan una fracción del 87% y 93,13% respectivamente, sin embargo, FAO dice que del 95-100% del almidón deben pasar por la malla 106 µm (FAO, 2007, p. 61), por lo tanto los valores obtenidos no son óptimos.

### 3.1.2.9 Contenido de ceniza

**Tabla 21-3:** Resultados obtenidos de contenido de ceniza del almidón

No.	% Ceniza	Promedio (% ceniza)	Incertidumbre U K=2
1	0,11	<b>0,11</b>	<b>± 0,01</b>
2	0,11		
3	0,12		
4	0,12	<b>0,11</b>	<b>± 0,01</b>
5	0,12		
6	0,10		

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

\*Incertidumbres, realizado por: Álvarez, Mauricio, 2021

### 3.1.2.10 Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

**Tabla 22-3:** Resultados de IAA, PH, ISA del almidón

No	IAA (g gel/ g muestra)	Promedio IAA (g gel/ g muestra)	PH	Promedio PH	ISA	Promedio ISA (%)
1	7,44	6,52	7,59	6,68	4,2	5,1
2	5,44		5,55		4,05	
3	6,68		6,91		7,06	
4	5,08	6,61	5,23	6,79	6,34	5,9
5	7,77		8,01		6,99	
6	6,97		7,11		4,44	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

### 3.1.2.11 Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de plátano seda y plátano rojo

**Tabla 23-3:** Resultados obtenidos de prueba de amilosa y amilopectina del almidón

No.	Muestra	% Amilosa	% Amilopectina
1	APS	35,97	64,03
2	APR	35,6	64,4

Fuente: INIAP 2021

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

Los valores de amilosa en el plátano seda y rojo, son 35,97 % y 35,6 respectivamente, valores que se encuentran por encima del valor estándar establecido por FAO (2007, p. 202) cuyo resultado depende de la especie de plátano y el método de extracción, sin embargo según (Rivas et al., 2008, p. 492) Caracterización Morfológica, Molecular del Almidón del Plátano Oxidado y Lintnerizado, establece el contenido de amilosa nativo, oxidado y lintnerizado los cuales son; 36,39, 38,48 y 44,20% respectivamente, lo que indica que los valores obtenidos están próximos a los del estudio mencionado. Mientras que los valores de amilpectina son obtenidos a partir de la diferencia entre el 100% y el contenido de amilosa ( Hernández et al., 2008, p. 720).

### 3.1.2.12 Análisis microbiológicos del almidón

**Tabla 24-3:** Resultados microbiológicos del almidón

No.	Muestra	Coliformes totales	Mohos y levaduras	Coliformes Fecales
1	APS	2000	0	0
2	APR	0	0	0

Fuente: Laboratorio de Biotecnología

Realizado por: Maliza, Veronica, 2021

**Tabla 25-3:** Análisis físico-químico y microbiológico del almidón de plátano seda y rojo

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR APS	VALOR APR	ESTÁNDAR	MÉTODO DE ENSAYO
1	pH	Adimensional	5,93	5,24	5,0-7,0	FAO
2	Temperatura de gelatinización	°C	78,33	76,00	57,5 -70	FAO
3	Viscosidad	Cp	133	157	840-1500	FAO
4	Contenido de humedad	%	11,11	11,07	10-13	FAO
5	Contenido de materia seca	%	88,89	88,93	87-90	FAO
6	Contenido de ceniza	%	0,11	0,11	0,12	INEN 1456
7	Amilosa	%	35,97	35,6	17-24	FAO
8	Amilopectina	%	64,03	64,4	76-83	FAO
9	<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	0	0	<10	FAO

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

### 3.2 Resultados de la elaboración del bioplástico

**Tabla 26-3:** Cantidades utilizadas en la elaboración de las láminas de bioplástico

No.	Condiciones	PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	
1	Variables	Almidón	g	8	12
2		Glicerina	mL	4	8
3	Constantes	Vinagre	mL	10	10
4		Agua destilada	mL	140	140

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

#### 3.2.1 Análisis físicos del bioplástico obtenido

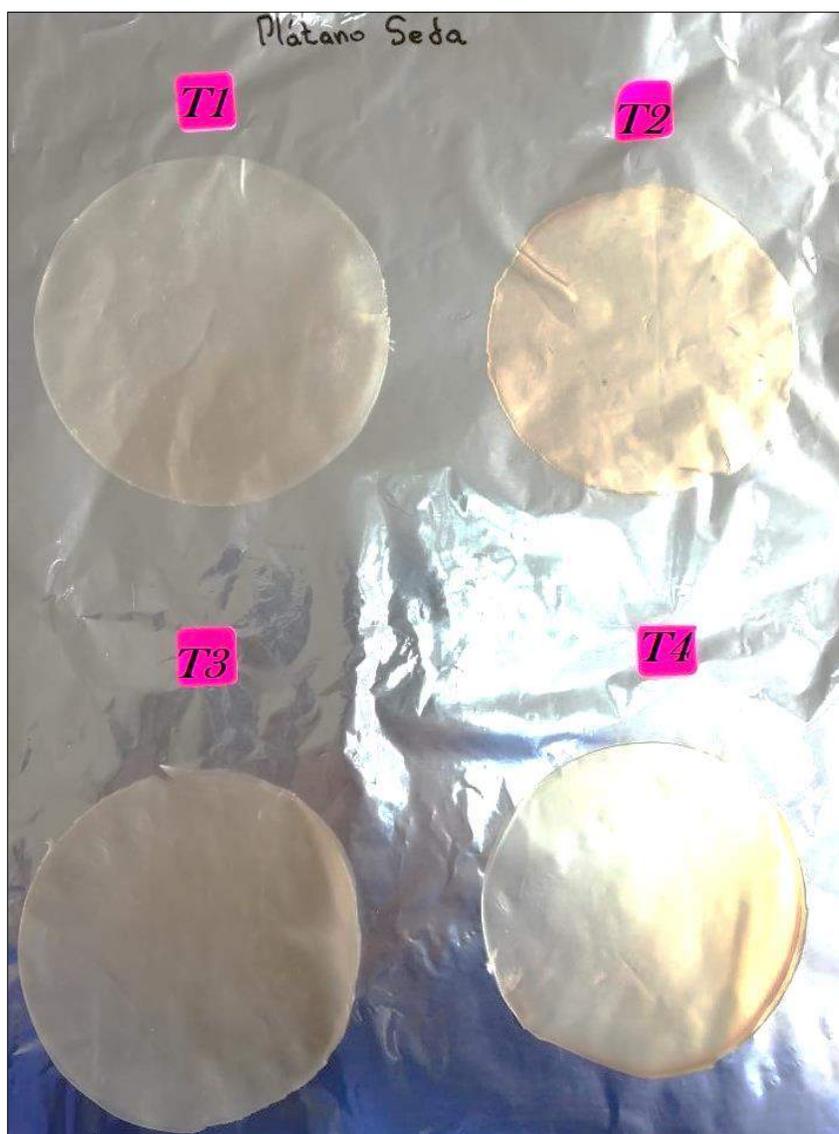
##### 3.2.1.1 Ensayos previos en la obtención de las láminas de bioplástico

En la siguiente tabla se da a conocer las concentraciones utilizadas para la elaboración de las láminas de bioplástico mismas que se llevaron a cabo por el método casting , los cuales fueron moldeadas en cajas Petri y para las láminas A4 se utilizó un molde de 22 cm x 30 cm.

**Tabla 27-3:** Ensayos previos para la elaboración de bioplástico de plátano seda

No.	Tratamiento	Almidón (%)	Glicerina (%)	Forma película	Facilidad de moldeo	Transparencia	Estabilidad
1	T1PPS	4,102	2,584	SI	SI	Café transparente	No
2	T2PPS	4,102	4,94	SI	SI	Café transparente	SI
3	T3PP3	5,88	2,584	SI	SI	Café transparente	SI
4	T4PPS	5,88	4,94	SI	SI	Café transparente	SI

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021



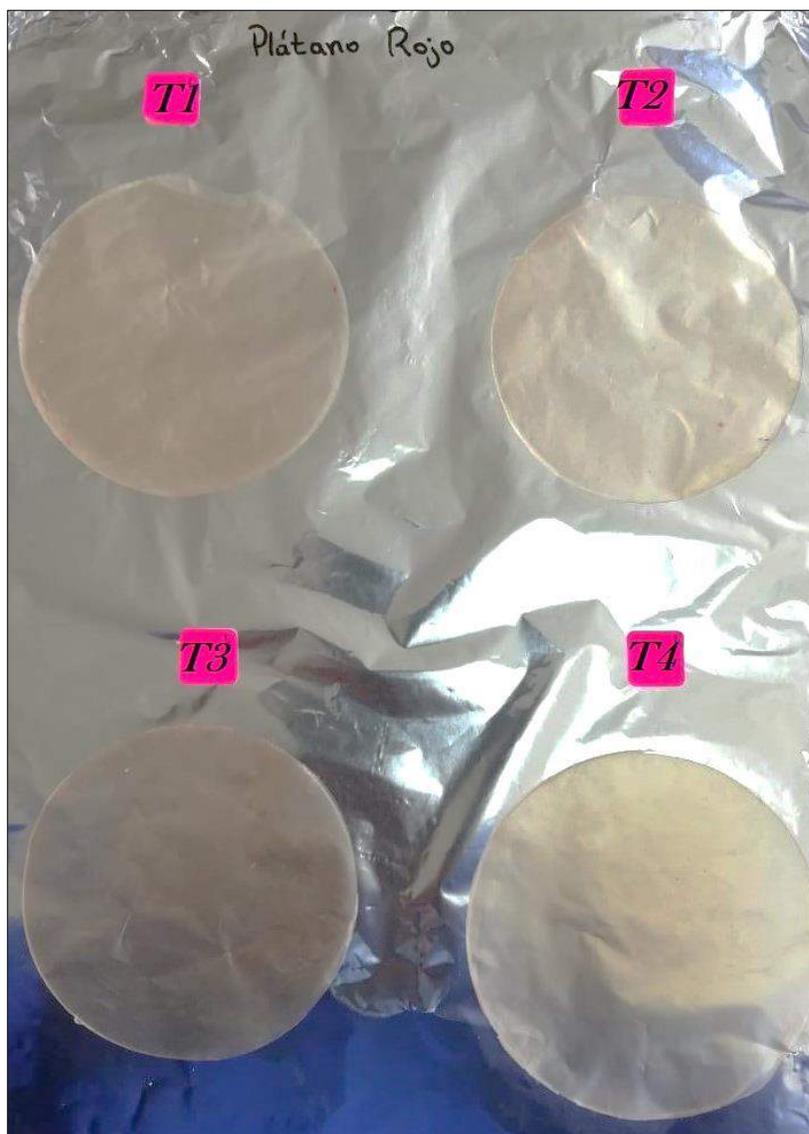
**Figura 1-3:** Bioplástico de almidón de plátano seda

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

**Tabla 28-3:** Ensayos previos para la elaboración de bioplástico de plátano rojo

No.	Tratamiento	Almidón (%)	Glicerina (%)	Forma película	Facilidad de moldeo	Transparencia	Estabilidad
1	T1PPS	4,102	2,584	SI	SI	Café transparente	SI
2	T2PPS	4,102	4,94	SI	SI	Café transparente	SI
3	T3PP3	5,88	2,584	SI	SI	Café transparente	SI
4	T4PPS	5,88	4,94	SI	SI	Café transparente	SI

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021



**Figura 2-3:** Bioplástico de almidón de plátano rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

Como se puede observar en la Figura 1-3 y Figura 2-3, la formación de los bioplásticos se dieron de manera correcta en todos los tratamientos, el T2 el efecto negativo fue el aspecto pegajoso debido a la alta cantidad de glicerina que se agregó, mismo que no le permite secarse completamente haciendola débil a la lámina.

### 3.2.2 Cálculos realizados a las pruebas de bioplástico de plátano seda y rojo

#### 3.2.2.1 Cálculo de la prueba de humedad

La prueba se realizó con 2 repeticiones, en el cual se reportó el promedio de cada tratamiento de las muestras del bioplástico de plátano seda y rojo.

A continuación se tiene la Ecuación 10-2 para el cálculo del porcentaje de humedad de la muestra T1PPS-R1:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i \text{ (g)} - P_f \text{ (g)}}{P_f \text{ (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(36,86 - 36,8) \text{ g}}{36,8 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 0,17$$

#### 3.2.2.2 Cálculo de la prueba de solubilidad

La prueba de solubilidad se realizó con 2 repeticiones, en el cual se reportó el promedio de cada tratamiento de las muestras del bioplástico de plátano seda y rojo.

A continuación, se tiene la Ecuación 11-2 para el cálculo del porcentaje de solubilidad de la muestra T1PPS-R1:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{muestra inicial seca (g)} - \text{muestra final seca (g)}}{\text{muestra inicial seca (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{(0,085 - 0,077) \text{ g}}{0,085 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 9,41$$

### 3.2.2.3 Cálculo de la prueba de permeabilidad de vapor de agua

En la prueba de tasa de transmisión de vapor de agua y permeabilidad de vapor de agua se consideraron 2 cortes de láminas de bioplástico, para el cálculo se considera la muestra T1PPS-R1 tomando en cuenta la Ecuación 12-2 y Ecuación 13-2.

$$WVRT = \frac{\frac{D (g)}{t (h)}}{a (m)}$$

$$WVRT = \frac{0,002 g}{333,29 m}$$

$$WVRT = 7,20E - 06 \frac{g}{h * m^2}$$

$$WVP = \frac{WVRT * e}{\Delta p}$$

$$WVP = \frac{7,20E - 06 \frac{g}{h * m^2} * 0,002m}{0,1866MPa}$$

$$WVP = 7,72E - 08 \frac{g}{h * m * MPa}$$

$$\Delta p = S'(HR2 - HR1)$$

$$\Delta p = 0,002488 MPa (75 - 0)\%$$

$$\Delta p = 0,1866MPa$$

### 3.2.2.4 Cálculo de la prueba de biodegradabilidad

En esta prueba se toma una muestra de bioplástico de 2,5 cm × 2,5 cm, mismos que fueron enterrados en una profundidad de 10 cm para la prueba anaerobia y 2 cm para la prueba aerobia, estas fueron desenterradas cada 7 días para tomar su peso durante 15 días, como cálculo demostrativo se ha tomado a la muestra T1PPS-R1 a los dos días, considerando la Ecuación 14-2.

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{Pis (g) - Pfs (g)}{Pis (g)} \times 100$$

$$\% \text{ pérdida de peso} = \frac{(0,2 - 0,16) g}{0,2 g} \times 100$$

$$\% \text{ pérdida de peso} = 18,69$$

### 3.2.3 Resultados de la caracterización físico-química y mecánica del bioplástico

#### 3.2.3.1 Prueba de espesor

**Tabla 29-3:** Resultados de espesor de bioplástico de plátano seda

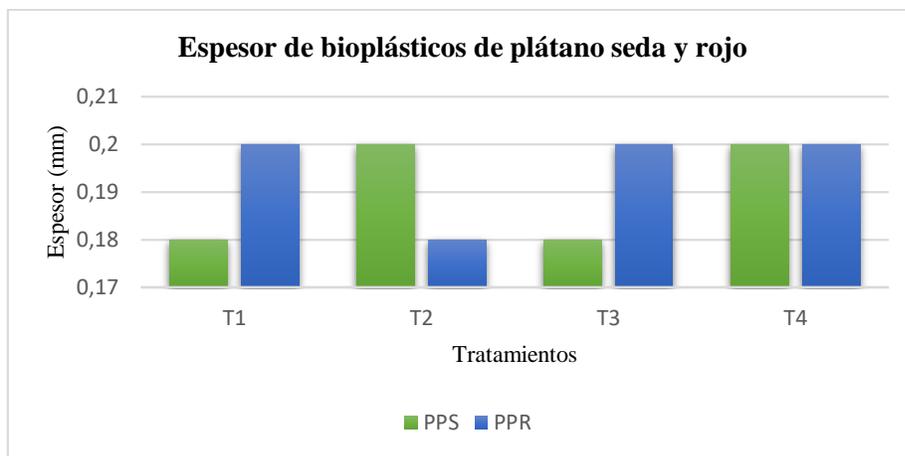
No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)	PROMEDIO (mm)
1	T1PPS	CA1 : CP1	R1	0,1	<b>0,18</b>
2			R2	0,2	
3			R3	0,2	
4			R4	0,2	
5	T2PPS	CA1 : CP2	R1	0,2	<b>0,2</b>
6			R2	0,2	
7			R3	0,2	
8			R4	0,2	
9	T3PPS	CA2 : CP1	R1	0,2	<b>0,18</b>
10			R2	0,2	
11			R3	0,2	
12			R4	0,1	
13	T4PPS	CA2 : CP2	R1	0,2	<b>0,2</b>
14			R2	0,2	
15			R3	0,2	
16			R4	0,2	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 30-3:** Resultados de espesor de bioplástico de plátano rojo

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)	PROMEDIO (mm)
1	T1PPR	CA1 : CP1	R1	0,2	<b>0,2</b>
2			R2	0,2	
3			R3	0,2	
4			R4	0,2	
5	T2PPR	CA1 : CP2	R1	0,2	<b>0,18</b>
6			R2	0,2	
7			R3	0,2	
8			R4	0,1	
9	T3PPR	CA2 : CP1	R1	0,2	<b>0,2</b>
10			R2	0,2	
11			R3	0,2	
12			R4	0,2	
13	T4PPR	CA2 : CP2	R1	0,2	<b>0,2</b>
14			R2	0,2	
15			R3	0,2	
16			R4	0,2	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021



**Gráfica 1-3:** Espesor de los bioplásticos de plátano seda y rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

En la Gráfica 1-3 se representa los valores de espesor de cada tratamientos en el cual se compara y se observa que los bioplásticos de los dos tipos de plátano son similares.

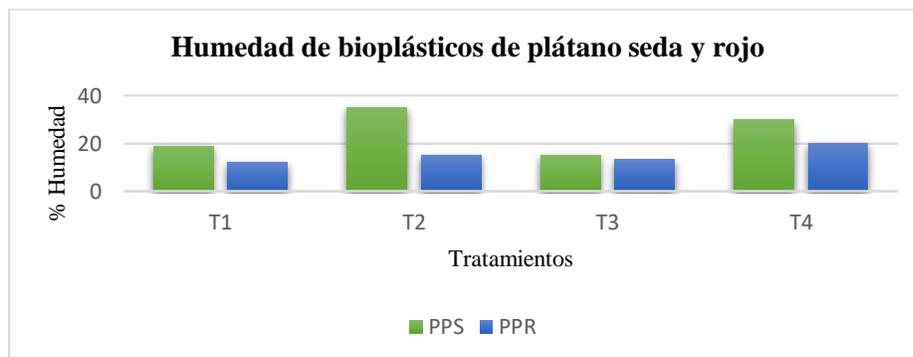
### 3.2.3.2 Prueba de humedad

**Tabla 31-3:** Resultados de humedad del bioplástico

No.	Tratamiento	Repetición	% Humedad (PPS)	Promedio (PPS)	Incertidumbre U K=2	% Humedad (PPR)	Promedio (PPR)	Incertidumbre U K=2
1	T1	R1	17,25	18,86	± 0,94	14,3	12,07	± 0,6
2		R2	20,47			9,85		
4	T2	R1	32,13	35,03	± 1,75	14,7	15,35	± 0,77
5		R2	37,92			15,99		
6	T3	R1	16,33	15,12	± 0,76	16,39	13,32	± 0,67
7		R2	13,9			10,24		
8	T4	R1	34,79	29,75	± 1,49	23,58	20,2	± 1,01
9		R2	24,71			16,81		

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

\*Incertidumbres, realizado por: Álvarez, Mauricio, 2021



**Gráfica 2-3:** Humedad de los bioplásticos de plátano seda y rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

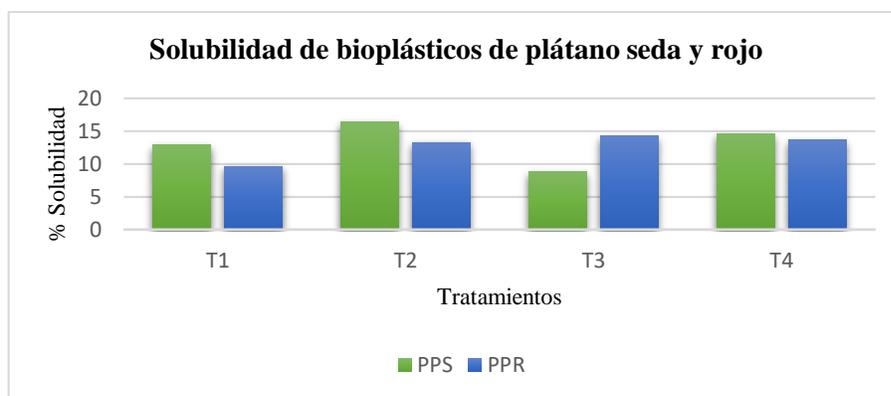
La Gráfica 2-3 representa el porcentaje de humedad de los bioplásticos en cada tratamiento que se realizó, además se compara y se observa que existe mayor porcentaje de humedad en el bioplástico de plátano seda en los tratamientos T2PPS y T4PPS y en el bioplástico de plátano rojo existe mayor humedad en la muestra T4PPR.

### 3.2.3.3 Prueba de solubilidad en el agua

**Tabla 32-3:** Resultados de solubilidad en el agua del bioplástico

No.	Tratamiento	Repetición	% Solubilidad (PPS)	Promedio (PPS)	% Solubilidad (PPR)	Promedio (PPR)
1	T1	R1	9,41	<b>12,90</b>	8,75	<b>9,66</b>
2		R2	16,39		10,58	
4	T2	R1	23,33	<b>16,35</b>	14,06	<b>13,28</b>
5		R2	9,38		12,50	
6	T3	R1	8,86	<b>8,81</b>	19,75	<b>14,29</b>
7		R2	8,75		8,82	
8	T4	R1	13,33	<b>14,59</b>	15,13	<b>13,61</b>
9		R2	15,85		12,09	

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021



**Gráfica 3-3:** Solubilidad de los bioplásticos de plátano seda y rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

### 3.2.3.4 Prueba de permeabilidad al vapor de agua

La siguiente prueba se realizó por duplicado, en la Tabla 33-3 y Tabla 34-3 se muestran los datos recolectados de los tubos de ensayo sellados con las láminas de bioplástico de 2,5 cm × 2,5 cm contenidos con sílica gel previamente activada, mismos que fueron colocados en un ambiente húmedo durante 6 horas.

**Tabla 33-3:** Datos para permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano seda

No.	Tratamiento	Repetición	Peso inicial (g)	Tiempo(horas)					
				1	2	3	4	5	6
1	T1PPS	R1	31,17	31,18	31,18	31,18	31,19	31,19	31,19
2		R2	30,89	30,89	30,89	30,89	30,90	30,90	30,90
3	T2PPS	R1	31,78	31,78	31,79	31,79	31,79	31,79	31,79
4		R2	31,19	31,19	31,19	31,19	31,20	31,20	31,20
5	T3PPS	R1	31,44	31,44	31,45	31,45	31,45	31,45	31,45
6		R2	31,32	31,33	31,33	31,33	31,34	31,34	31,34
7	T4PPS	R1	31,59	31,59	31,59	31,59	31,60	31,60	31,60
8		R2	30,83	30,84	30,84	30,84	30,84	30,84	30,85

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 34-3:** Datos para permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano rojo

No.	Tratamiento	Repetición	Peso inicial (g)	Tiempo(horas)					
				1	2	3	4	5	6
1	T1PPR	R1	31,71	31,71	31,72	31,72	31,72	31,72	31,72
2		R2	31,64	31,64	31,64	31,65	31,65	31,65	31,65
3	T2PPR	R1	30,65	30,65	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66
4		R2	31,89	31,89	31,90	31,90	31,91	31,90	31,90
5	T3PPR	R1	31,97	31,97	31,97	31,97	31,98	31,98	31,98
6		R2	31,70	31,70	31,70	31,70	31,70	31,70	31,71
7	T4PPR	R1	31,16	31,16	31,17	31,17	31,17	31,17	31,17
8		R2	30,77	30,78	30,78	30,78	30,78	30,78	30,78

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 35-3:** Resultados de WVTR de agua del bioplástico de plátano seda

No.	Tratamiento	Repetición	Tasa de transmisión de vapor de agua(WVTR) g/h*m <sup>2</sup>					
			1	2	3	4	5	6
1	T1PPS	R1	7,20E-06	1,08E-05	3,30E-06	9,90E-06	3,90E-06	2,40E-06
2		R2	5,30E-06	6,47E-06	5,30E-06	8,83E-06	4,71E-06	2,06E-06
3	T2PPS	R1	5,70E-06	1,05E-05	4,80E-06	1,05E-05	4,50E-06	3,00E-06
4		R2	2,84E-06	1,10E-05	1,89E-06	1,42E-05	4,73E-06	6,30E-06
5	T3PPS	R1	6,18E-06	1,12E-05	3,53E-06	1,15E-05	3,53E-06	3,24E-06
6		R2	6,11E-06	1,22E-05	4,18E-06	1,25E-05	4,18E-06	3,54E-06
7	T4PPS	R1	3,60E-06	1,08E-05	1,80E-06	1,17E-05	5,40E-06	5,10E-06
8		R2	4,94E-06	1,05E-05	1,85E-06	1,14E-05	4,63E-06	4,94E-06

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 36-3:** Resultados de WVTR de agua del bioplástico de plátano rojo

No.	Tratamiento	Repetición	Tasa de transmisión de vapor de agua(WVTR) g/h*m <sup>2</sup>					
			1	2	3	4	5	6
1	T1PPR	R1	6,82E-06	1,07E-05	3,25E-06	8,77E-06	3,57E-06	3,57E-06
2		R2	6,80E-06	2,27E-06	1,16E-05	7,58E-06	6,57E-06	6,23E-06
3	T2PPR	R1	4,29E-06	1,20E-05	2,29E-06	6,94E-06	6,35E-06	5,86E-06
4		R2	6,47E-06	1,27E-05	4,41E-06	1,38E-05	7,42E-06	6,92E-06
5	T3PPR	R1	2,46E-06	3,82E-06	1,91E-06	3,62E-06	3,11E-06	3,09E-06
6		R2	2,79E-06	8,73E-06	1,05E-06	5,50E-06	4,68E-06	4,89E-06
7	T4PPR	R1	5,10E-06	1,13E-05	2,27E-06	7,51E-06	6,52E-06	6,09E-06
8		R2	3,94E-06	8,79E-06	2,12E-06	6,06E-06	5,45E-06	5,15E-06

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 37-3:** Resultados de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano seda

No.	Tratamiento	Repetición	Permeabilidad de vapor de agua (WVP) g/h*m*MPa					
			1	2	3	4	5	6
1	T1PPS	R1	7,72E-08	1,16E-07	3,54E-08	1,06E-07	4,18E-08	2,57E-08
2		R2	5,68E-08	6,94E-08	5,68E-08	9,46E-08	5,05E-08	2,21E-08
3	T2PPS	R1	6,11E-08	1,13E-07	5,15E-08	1,13E-07	4,82E-08	3,22E-08
4		R2	3,04E-08	1,18E-07	2,03E-08	1,52E-07	5,07E-08	6,76E-08
5	T3PPS	R1	6,62E-08	1,20E-07	3,79E-08	1,23E-07	3,79E-08	3,47E-08
6		R2	6,55E-08	1,31E-07	4,48E-08	1,34E-07	4,48E-08	3,79E-08
7	T4PPS	R1	3,86E-08	1,16E-07	1,93E-08	1,25E-07	5,79E-08	5,47E-08
8		R2	5,30E-08	1,13E-07	1,99E-08	1,23E-07	4,97E-08	5,61E-08

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

**Tabla 38-3:** Resultados de permeabilidad de vapor de agua del bioplástico de plátano rojo

No.	Tratamiento	Repetición	Permeabilidad de vapor de agua (WVP) g/h*m*MPa					
			1	2	3	4	5	6
1	T1PPR	R1	7,31E-08	1,15E-07	3,48E-08	9,40E-08	3,83E-08	3,83E-08
2		R2	7,29E-08	2,43E-08	1,24E-07	8,12E-08	7,04E-08	6,68E-08
3	T2PPR	R1	4,60E-08	1,29E-07	2,45E-08	7,43E-08	6,80E-08	6,28E-08
4		R2	6,94E-08	1,36E-07	4,73E-08	1,47E-07	7,95E-08	7,41E-08
5	T3PPR	R1	2,63E-08	4,09E-08	2,05E-08	3,88E-08	3,33E-08	3,31E-08
6		R2	2,99E-08	9,35E-08	1,12E-08	5,89E-08	5,01E-08	5,24E-08
7	T4PPR	R1	5,47E-08	1,21E-07	2,43E-08	8,05E-08	6,98E-08	6,53E-08
8		R2	4,22E-08	9,42E-08	2,27E-08	6,49E-08	5,85E-08	5,52E-08

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Investigación, 2021

## 3.2.3.5 Pruebas mecánicas de tracción

**Tabla 39-3:** Resultados de pruebas mecánicas de tracción de bioplástico de plátano seda

No.	Muestra	Repetición	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	% Elongación
1	T1PPS	R1	8,70	2,72	28,13
2		R2	8,70	2,72	25,00
3		R3	8,60	2,69	28,13
4	<b>Promedio</b>		<b>8,67</b>	<b>2,71</b>	<b>27,09</b>
5	T2PPS	R1	6,90	2,16	21,88
6		R2	6,90	2,16	21,87
7		R3	6,90	2,16	25,00
8	<b>Promedio</b>		<b>6,90</b>	<b>2,16</b>	<b>22,92</b>
9	T3PPS	R1	19,70	6,16	37,50
10		R2	20,50	6,41	43,75
11		R3	20,50	6,41	40,63
12	<b>Promedio</b>		<b>20,23</b>	<b>6,33</b>	<b>40,63</b>
13	T4PPS	R1	11,80	3,69	31,25
14		R2	10,80	3,38	28,13
15		R3	10,80	3,38	34,38
16	<b>Promedio</b>		<b>11,13</b>	<b>3,48</b>	<b>31,25</b>

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Curtiembre y Fibras, 2021

**Tabla 40-3:** Resultados de pruebas mecánicas de tracción de bioplástico de plátano rojo

No.	Muestra	Repetición	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	% Elongación
1	T1PPR	R1	8,90	2,78	28,13
2		R2	8,80	2,75	31,25
3		R3	8,90	2,78	28,13
4	<b>Promedio</b>		<b>8,87</b>	<b>2,77</b>	<b>29,17</b>
5	T2PPR	R1	7,80	2,44	21,88
6		R2	7,40	2,31	25,00
7		R3	7,90	2,47	18,75
8	<b>Promedio</b>		<b>7,70</b>	<b>2,41</b>	<b>21,88</b>
9	T3PPR	R1	20,60	6,44	46,88
10		R2	19,80	6,17	43,75
11		R3	20,90	6,53	46,88
12	<b>Promedio</b>		<b>20,43</b>	<b>6,38</b>	<b>45,84</b>
13	T4PPR	R1	9,90	3,09	31,25
14		R2	10,70	3,34	34,38
15		R3	10,50	3,28	31,25
16	<b>Promedio</b>		<b>10,37</b>	<b>3,24</b>	<b>32,29</b>

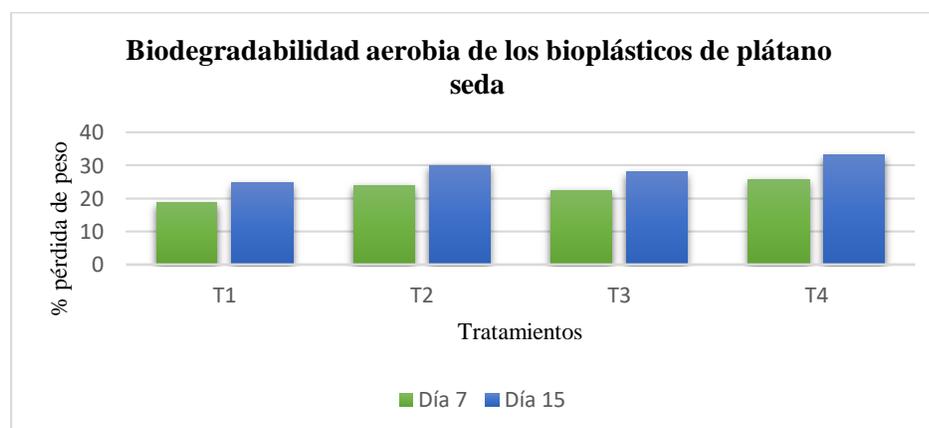
Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Curtiembre y Fibras, 2021

### 3.2.3.6 Prueba de biodegradabilidad

**Tabla 41-3:** Resultados de biodegradabilidad aerobia de bioplástico de plátano seda

No.	Tratamiento	Peso inicial (g)	Días	Peso final (g)	% Pérdida de peso
1	T1PPS	0,20	7	0,16	18,69
2		0,20	15	0,15	24,75
3	T2PPS	0,22	7	0,17	23,98
4		0,22	15	0,16	29,86
5	T3PPS	0,20	7	0,16	22,55
6		0,20	15	0,15	27,94
7	T4PPS	0,23	7	0,17	25,66
8		0,23	15	0,15	33,19

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Bromatología, 2021



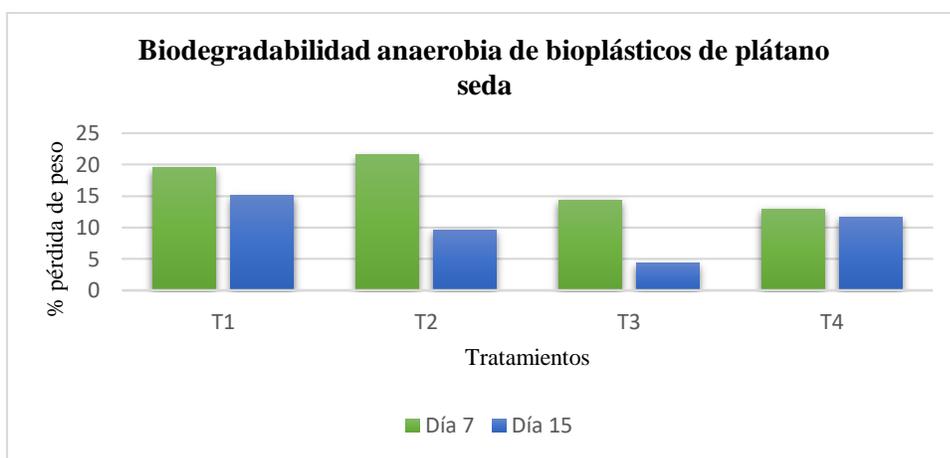
**Gráfica 4-3:** Biodegradabilidad aerobia de los bioplásticos de plátano seda

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

**Tabla 42-3:** Resultados de biodegradabilidad anaerobia de bioplástico de plátano seda

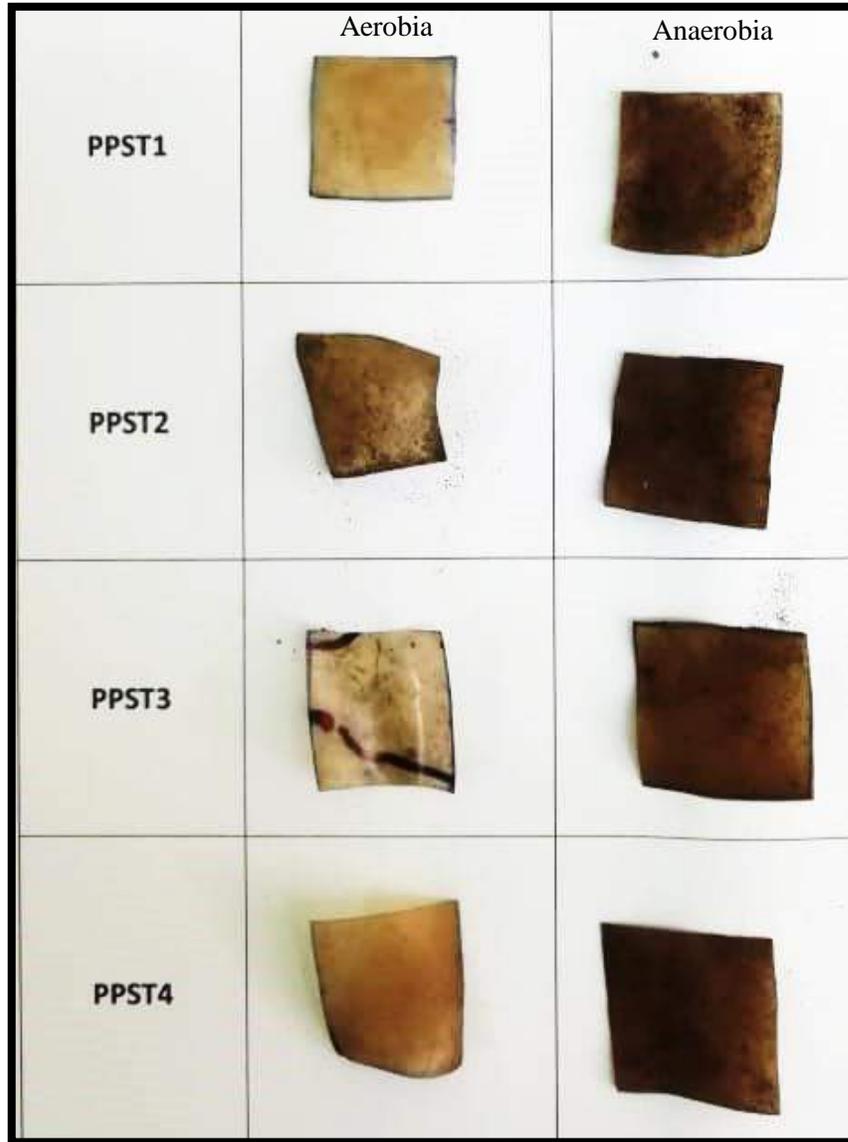
No.	Tratamiento	Peso inicial (g)	Días	Peso final (g)	% Pérdida de peso
1	T1PPS	0,30	7	0,43	29,84
2		0,30	15	0,35	12,75
3	T2PPS	0,33	7	0,46	28,14
4		0,33	15	0,42	20,95
5	T3PPS	0,38	7	0,46	17,69
6		0,38	15	0,41	7,37
7	T4PPS	0,35	7	0,41	16,08
8		0,35	15	0,40	13,34

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Bromatología, 2021



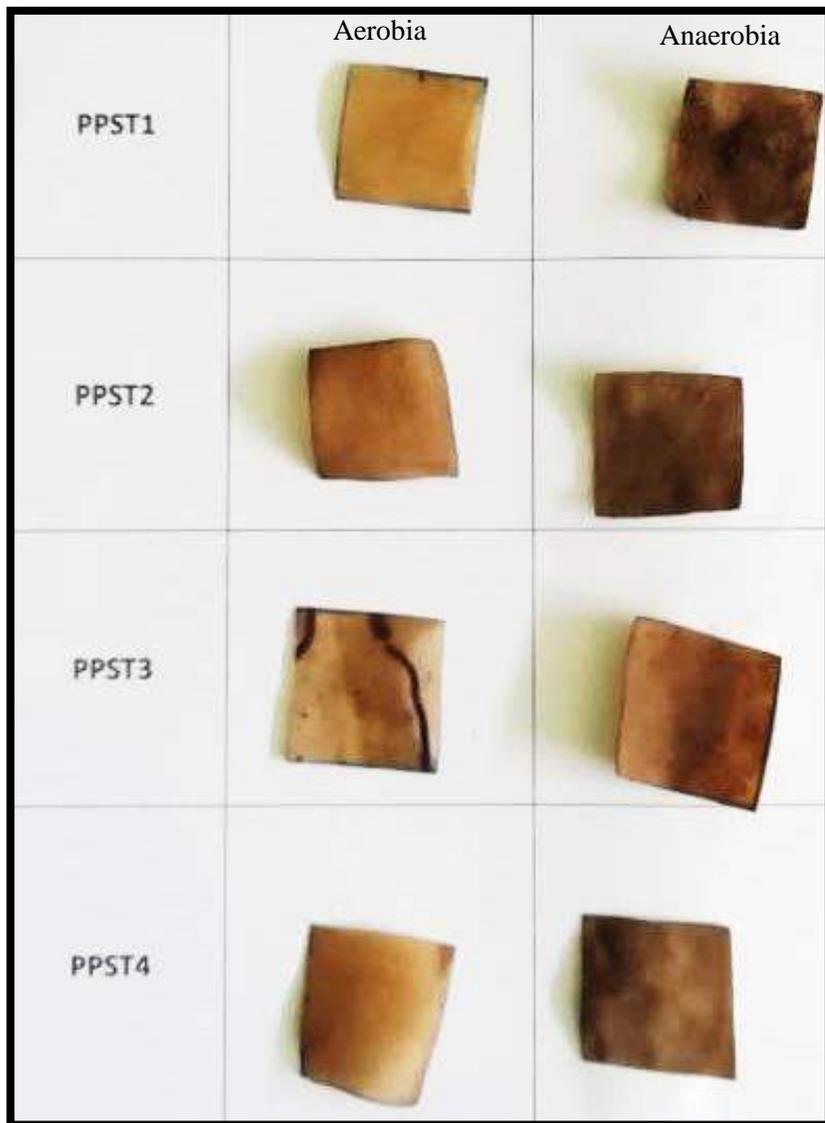
**Gráfica 5-3:** Biodegradabilidad anaerobia de los bioplásticos de plátano seda

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021



**Figura 3-3:** Biodegradabilidad del bioplástico de plátano seda (7 días)

Realizado por: Maliza, Verónica. 2021



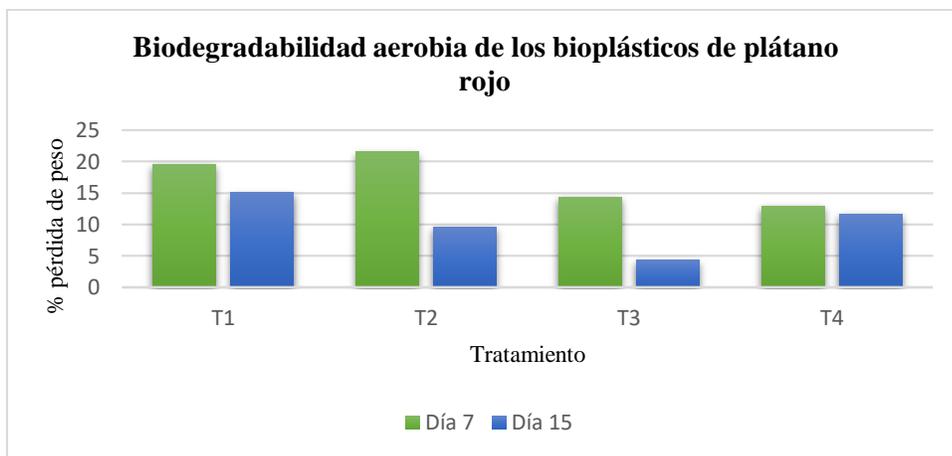
**Figura 4-3:** Biodegradabilidad del bioplástico de plátano seda (15 días)

Realizado por: Maliza,Veronica. 2021

**Tabla 43-3:** Resultados de biodegradabilidad aerobia de bioplástico de plátano rojo

No.	Tratamiento	Peso inicial (g)	Días	Peso final (g)	% Pérdida de peso
1	T1PPR	0,29	7	0,22	22,51
2		0,29	15	0,20	29,84
3	T2PPR	0,35	7	0,25	27,05
4		0,35	15	0,24	30,95
5	T3PPR	0,22	7	0,15	32,57
6		0,22	15	0,14	35,32
7	T4PPR	0,39	7	0,27	32,57
8		0,39	15	0,25	37,40

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Bromatología, 2021



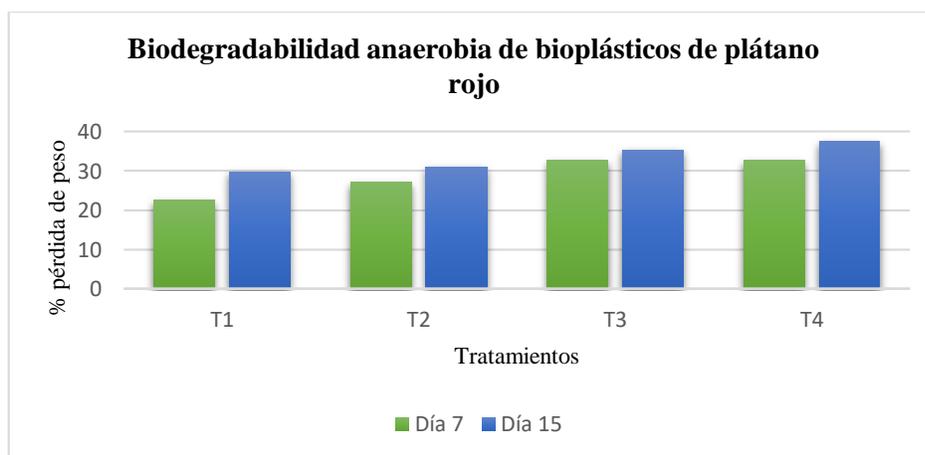
**Gráfica 6-3:** Biodegradabilidad aerobia de los bioplásticos de plátano rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

**Tabla 44-3:** Resultados de biodegradabilidad anaerobia de bioplástico de plátano rojo

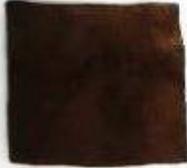
No.	Tratamiento	Peso inicial (g)	Días	Peso final (g)	% Pérdida de peso
1	T1PPR	0,57	7	0,71	19,50
2		0,57	15	0,68	15,08
3	T2PPR	0,33	7	0,42	21,54
4		0,33	15	0,37	9,51
5	T3PPR	0,29	7	0,33	14,41
6		0,29	15	0,30	4,36
7	T4PPR	0,42	7	0,49	12,96
8		0,42	15	0,48	11,69

Realizado por: Maliza, Veronica, Laboratorio de Bromatología, 2021



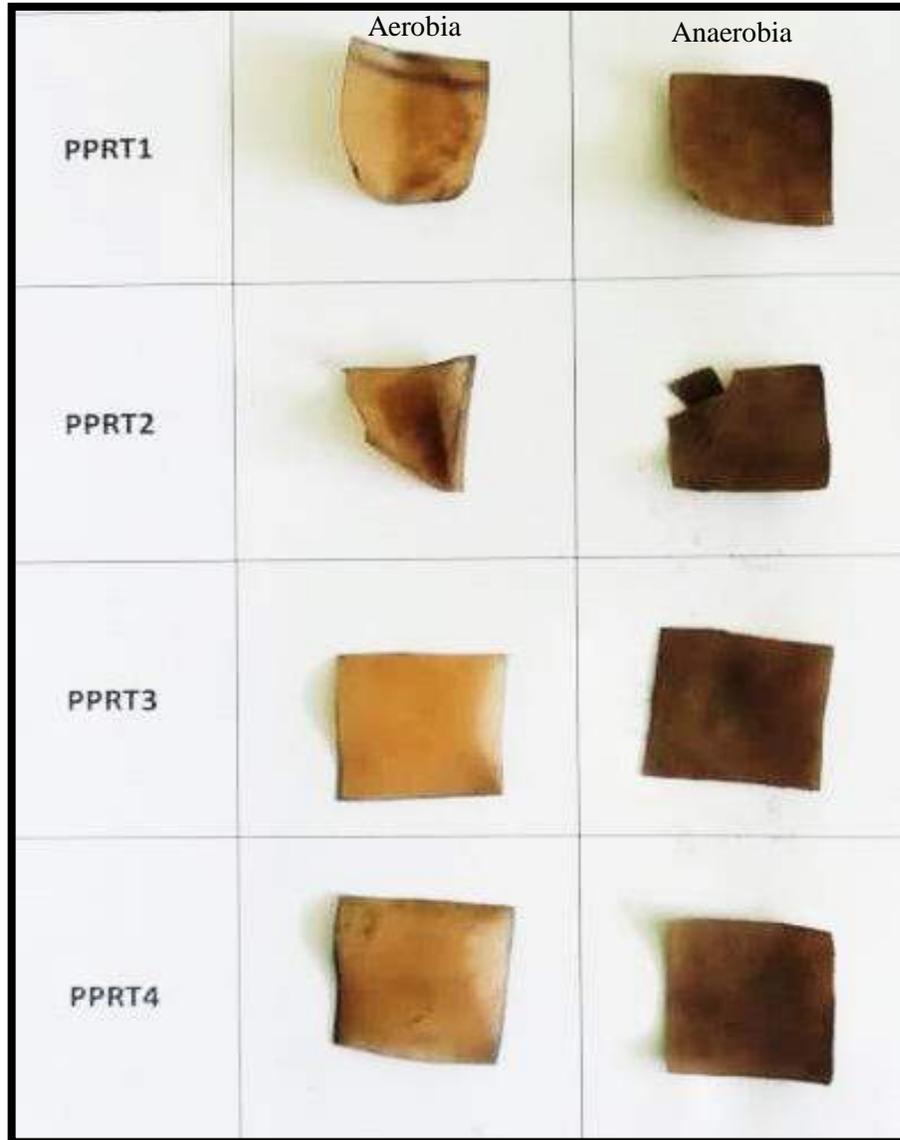
**Gráfica 7-3:** Biodegradabilidad anaerobia de los bioplásticos de plátano rojo

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

	Aerobia	Anaerobia
PPRT1		
PPRT2		
PPRT3		
PPRT4		

**Figura 5-3:** Biodegradabilidad del bioplástico de plátano rojo (7 días)

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021



**Figura 6-3:** Biodegradabilidad del bioplástico de plátano rojo (15 días)

Realizado por: Maliza, Veronica. 2021

### 3.3 Discusión

Para la extracción de almidón por vía húmeda, se utilizó como materia prima la pulpa del plátano seda y rojo en estado inmaduro, para obtener mejores resultados de rendimiento. Según (Núñez, 2000, p. 3) dice que el estado de madurez es un factor importante para la extracción del almidón ya que conforme va madurando el fruto, se hidroliza y formará azúcares. Utilizando el análisis factorial  $2^K$  se realizaron 6 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, mediante el cual se obtuvo el mayor

porcentaje de rendimiento en el almidón de plátano seda que corresponde al T6 con 11,24% , mientras que el mayor rendimiento en el almidón de plátano rojo fue en T5 con 10,26%; cuyos valores son inferiores a 19,30% de la investigación de Pozo (2019, p. 92), dicha diferencia se dió por las siguientes características: especie de plátano, estado de madurez, tiempo y cantidad de disolvente utilizado en la trituración.

En cuanto al porcentaje de amilosa y amilopectina según (Contreras et al., 2018, pp. 90-91) dice que el valor comprende de 23,5% a 31,3%, mientras que el contenido de amilosa de plátano seda y plátano rojo encontrados fueron 35,97% y 35,60% respectivamente, mismos que superaron a los valores establecidos por dicha investigación esto es debido al método de extracción ya por el método húmedo se obtiene almidón más puro, sin embargo según (Rivas et al., 2008, p. 492) con el estudio “Caracterización Morfológica, Molecular del Almidón del Plátano Oxidado y Lintnerizado”, establece que el contenido de amilosa nativo, oxidado y lintnerizado son: 36,39, 38,48 y 44,20% respectivamente, lo que indica que los valores obtenidos están próximos a los del estudio mencionado.

Todos los tratamientos formaron biopelículas, presentando las siguientes características organolépticas: textura lisa y resistente debido a la cantidad de almidón empleada, color café transparente esto debido a que el almidón se oxida al llegar a su temperatura de gelatinización. El autor (Bekedam et al, 2006, p. 79) explica que el color oscuro se debe a que el plátano es rico en carbohidratos, proteínas y compuestos fenólicos que durante el proceso de extracción intervienen reacciones de Maillard, mismos que se dan entre aminoácidos/proteínas y azúcares reductores, produciendo compuestos coloreados denominados melanoidinas responsables del oscurecimiento de las biopelículas.

En la caracterización del bioplástico se realizaron las siguientes pruebas: espesor, humedad, solubilidad en el agua, permeabilidad al vapor de agua y biodegradabilidad. A continuación se explica cada una con sus respectivos resultados:

La norma INEN 2542:2010 (LÁMINAS PLÁSTICAS. REQUISITOS.) da a conocer el valor del espesor de 0,2 mm, al comparar con los valores que se evidencian en la Tabla 29-3 y Tabla 30-3, todas las muestras de bioplástico cumplen con este parámetro de láminas plásticas ya que el valor promedio de espesor fue de 0,18 - 0,2 mm.

La humedad de los bioplásticos obtenidos dieron los siguientes resultados: T1PPS (18,86%), T2PPS (35,03%), T3PPS (15,12%), T4PPS (29,75%) y T1PPR (12,07%), T2PPR (15,35%), T3PPR, (13,32%), T4PPR (20,20%); en discusión con (Escobar et al., 2009) las muestras T1PPS, T3PPS, T1PPR, T2PPR, T3PPR están próximos al valor de humedad de referencia que es 19,3%, además

existen muestras que superan al estándar, los cuales son T2PPS, T4PPS Y T4PPR, esto se da porque contienen mayor cantidad de glicerina, misma que aumenta la hidrofilia de los bioplásticos facilitando la hidratación (Fernández, 2016, p. 208).

Según (García, 2008, p. 76) en su trabajo de investigación “Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (*Musa Paradisiaca L*) por extrusión y su caracterización parcial” presenta una solubilidad de 50% al 18%, en comparación con los valores obtenidos durante el ensayo todas las muestras presentan valores menores a 18% mismas que se evidencian en la Tabla 32-3. Los bioplásticos que presentan insolubilidad al agua son usados como envolturas de frutos y hortalizas ya que el valor óptimo es 20,54% (Trujillo, C, 2014, pp. 75-76), entonces los valores encontrados en el trabajo, son óptimos para el uso como envolturas de frutos y hortalizas.

Para la permeabilidad de vapor de agua en el bioplástico de plátano seda y rojo se obtuvieron los siguientes valores ( $5,30E-08$  a  $5,61E-08$   $g/h*m*MPa$ ) y ( $4,22E-08$  a  $5,52E-08$   $g/h*m*MPa$ ) respectivamente, mismas que han sido expuestas durante 6 horas en una solución saturada de NaCl. En discusión con el autor, Vega (2015, p. 67) quien presentó valores de ( $1,3145$  a  $2,6327$   $g/h*m*MPa$ ) expuestas a 24 horas, al relacionar los valores de la investigación con el trabajo realizado se observa que se encuentran próximos, los cuales se consideran aptos para el uso como envolturas.

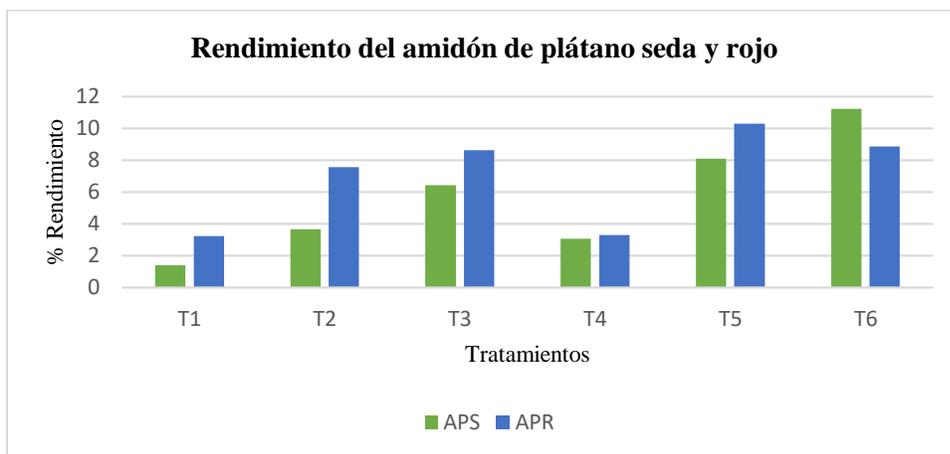
La biodegradabilidad de las biopelículas, según la norma INEN 2643 (2012, p. 2) (ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES) especifica que el bioplástico debe desintegrarse durante el compostaje sometido a 12 días, debido a la variedad de microorganismos presentes en la tierra de prueba ya sea en medio aerobia (con oxígeno) o anaerobia (sin oxígeno). Las biopelículas de ensayo presentaron 50 días de degradación en medio aerobio y en el medio anaerobio 94 días aproximadamente para los dos tipos de bioplásticos. Comparando con la norma la degradación debe iniciar a los 12 de exposición al ambiente, por lo tanto, estas láminas cumplen con este requisito.

Las pruebas mecánicas de tracción, presentaron los siguientes resultados de porcentaje de elongación: T1PPS (27,09%), T2PPS (22,92%), T3PPS (40,63%), T4PPS (31,25%) y T1PPR (29,17%), T2PPR (21,88%), T3PPR (45,84%), T4PPR (32,29%); siendo el T3 el mejor resultado para ambos tipos de bioplástico debido a la cantidad de almidón, ya que este ayuda a la resistencia de la lámina, y la cantidad de glicerina que ayudó en la elasticidad. Discutiendo con (Aila et al, 2013, p. 104), el porcentaje de elongación va desde el 25% al 61%, al comparar con los resultados obtenidos del ensayo, estos se encuentran dentro de los límites de referencia, es decir, presentan un buen alargamiento, mismo parámetro considera que dichos bioplásticos, son aptos para envolturas de productos alimenticios.

### 3.4 Prueba de hipótesis

#### 3.4.1 Hipótesis 1

Se obtuvo el almidón del plátano seda y plátano rojo a través del método húmedo, en la gráfica se observa que el plátano seda presenta mayor porcentaje de rendimiento en la muestra T6PS-RPM2:t3 con un valor de 11,24% , mientras que en el almidón de plátano rojo presenta menor rendimiento, sin embargo la muestra T5PR-RPM2:t2 presenta 10,26% de rendimiento.



**Gráfica 8-3:** Rendimiento del almidón de plátano seda y plátano rojo

Realizado por: Maliza, Verónica. 2021

#### 3.4.2 Hipótesis 2

En la obtención del almidón se empleó el diseño factorial  $2^k$  mediante el cual se variaron el tiempo y la velocidad de trituración, además estas variables influyen en la cantidad de almidón, los tratamientos que presentan una cantidad mínima son T1PS-RPM1:t1 11,17 g al igual que en la muestra T1PR-RPM1:t1 25,75 g , mientras que a mayor velocidad y tiempo de trituración se obtiene mayor cantidad de almidón debido a que se van a liberar los gránulos de almidón de la pulpa de los dos tipos de plátano, las muestras que tienen más cantidad de almidón son T6PS-RPM2:t3 89,89g y T5PR-RPM2:t2 82,07g como se muestra en la Tabla 5-3 y Tabla 6-3.

#### 3.4.3 Hipótesis 3

Al determinar el rendimiento de la extracción del almidón, se pudo ver cual de las dos materias primas investigadas contiene mayor cantidad de almidón, mediante el cálculo y comparando los rendimientos obtenidos tanto del almidón del plátano seda como del plátano rojo, se llegó a la conclusión que el rendimiento del almidón del plátano seda del T6 es mayor con un valor de 11,24%.

#### **3.4.4 Hipótesis 4**

Con la caracterización del almidón de plátano seda y plátano rojo, se observó que son óptimos para la elaboración del bioplástico, entre los factores más importantes es la cantidad de amilosa y amilopectina (35,97-64,03% y 35,6-64,4%) respectivamente, además de ser el importante para la formación de la lámina de bioplástico esta mejora las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado, la temperatura de gelatinización ( 78,33°C y 76°C), permite saber la temperatura máxima de la mezcla para ser vértida inmediatamente en los moldes y el tamaño de gránulo (78,87% y 93,13%), misma que indica la pureza del almidón pasando a través de la malla 106  $\mu\text{m}$  evitando la formación de grumos en las láminas de bioplástico.

#### **3.4.5 Hipótesis 5**

En la elaboración de bioplástico a partir del almidón de plátano seda y plátano rojo, se utilizó el diseño factorial  $2^k$ , se llevó a cabo variando la concentración del almidón (4,1% y 5,88%) respectivamente y la concentración de la glicerina (2,584% y 4,94%), además se consideran constantes la cantidad del agua 140 mL y el vingre 40 mL, se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones mismos que presentaron diferentes características como el espesor, en la Tabla 29-3 y Tabla 30-3 se observan que las muestras T1PPS, T3PPS Y T2PPR arrojaron un espesor de 0,18mm, en cuanto a la textura pegajosa al tacto se evidencia en las muestras T2PPS Y T2PPR debido a la presencia excesiva de glicerina.

#### **3.4.6 Hipótesis 6**

Para la caracterización de los bioplásticos se utilizó varios ensayos, que determinaron que son aptos para el uso como envolturas biodegradables. La humedad de los bioplásticos se encuentran dentro de los límites establecidos como se puede ver en la Tabla 31-3 a excepción de las muestras T2PPS, T4PPS y T4PPR estos presentan mayor porcentaje de humedad mismos que son descartados para ser empleados como envolturas de alimentos, en cuanto a la solubilidad, permeabilidad, biodegradabilidad tanto aerobia como anaerobia y pruebas mecánicas de tracción si cumplen con los parámetros de envolturas biodegradables.

## CONCLUSIONES

- Se determinó el procedimiento adecuado para la síntesis de bioplástico a partir del almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*), en el cual se utilizaron dos concentraciones de almidón (4,10%; 5,88%), dos concentraciones de la glicerina (2,58%; 4,94%), además de mantener constantes las cantidades de agua destilada (140mL) y vinagre (40mL), donde el mejor tratamiento fue el tres ya que este presentó los mejores resultados en los ensayos mecánicos realizados para ser usados como envolturas en productos alimenticios.
- La extracción de almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) se realizó variando la velocidad RPM1 (6800 rpm), RPM2 (20000 rpm) y el tiempo de trituración (30, 60 y 90 segundos) por vía húmeda.
- Se determinaron los mejores rendimientos de los almidones extraídos, siendo T6 para el plátano seda con 11,24% y T5 para el plátano rojo con 10,26%.
- La caracterización del almidón de la pulpa de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*), se realizó mediante los métodos de ensayo: pH con el resultado (5,93; 5,24), humedad (11,11%; 11,07%), cenizas (0,11% ; 0,11%), y temperatura de gelatinización (78,33°C; 76,00°C).
- Para obtener bioplásticos a nivel de laboratorio se realizaron diferentes formulaciones utilizando el almidón de plátano seda (*Musa paradisiaca*) y plátano rojo (*Musa acuminata*) en el cual se utilizó el diseño factorial  $2^k$ , mismo que consistió en realizar 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente.
- A las láminas de bioplástico se realizó la caracterización de cada uno de los tratamientos, conociendo que el óptimo es el T3 para los dos tipos de bioplástico de acuerdo a las pruebas: humedad T3PPS (15,12%) y T3PPR (13,32%); en cuanto a solubilidad se tiene T3PPS (8,81%) y T3PPR (14,29%); las pruebas mecánicas de tracción de láminas plásticas delgadas, el porcentaje de elongación es T3PPS (40,63%) y T3PPR (45,84%) y como prueba final la biodegradabilidad, que se realizó en medio aerobio dando como resultado una degradación de 50 días, mientras que en un medio anaerobio fue de 90 días.

## **RECOMENDACIONES**

- Lavar la pulpa licuada varias veces hasta que el agua que se filtre sea cristalina para aprovechar toda la cantidad de almidón presente.
- Al momento de secar las muestras de almidón en la estufa controlar el tiempo de secado consecutivamente ya que las cantidades muestradas son diferentes.
- La agitación de la mezcla debe ser constante para que se homogenicen completamente y no formen grumos en las láminas de bioplástico.
- Cuando se realice la mezcla del bioplástico añadir los aditivos a una temperatura inferior a la temperatura de gelatinización para que estos interactuen entre si y se formen las películas de bioplástico de forma correcta.
- Se recomienda investigar nuevos métodos de formulación para mejores características de las láminas de bioplástico.

## BIBLIOGRAFÍA

**20minutos. 2020.** Así es el plátano rojo con sabor a frambuesa originario de Ecuador y cultivado en España. [En línea] 09 de Septiembre de 2020. [Citado el: 18 de Enero de 2020.] <https://www.20minutos.es/noticia/4392267/0/platano-rojo-sabor-frambuesa-ecuador-cultivado-espana/?autoref=true>.

**AILA, S; et. al. 2013.** Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles. [En línea] 2013. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861713004979>.

**ÁLVAREZ, ENRIQUE. 2018.** Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Enero de 2020.] [http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa\\_Platano%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf).

**ARISTIZÁBAL, JOHANNA; & SÁNCHEZ, TERESA. 2007.** Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*. [En línea] 2007. [Citado el: 19 de Enero de 2021.] <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

**ASTM D1653-93. 1999.** Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films. [En línea] 1999. [Citado el: 20 de Enero de 2021.] <https://img.nbchao.com/upload/2017/7/1500444045848.pdf>.

**AVELLÁN, ADRIANA; et. al. 2019.** Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.). [En línea] 2019. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] [https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista\\_colon\\_ctn/article/view/1134](https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134).

**BEKEDAM, E; et. al. 2006.** High molecular weight melanoidins from coffee brew. [En línea] 2006. [Citado el: 20 de Enero de 2021.] <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jf0615449>.

**BRITO, HANNIBAL. 2000.** Texto de Operaciones Unitarias I. [En línea] 2000. [Citado el: 3 de Febrero de 2021.] [https://www.researchgate.net/publication/313673724\\_Texto\\_Basico\\_de\\_Operaciones\\_Unitarias\\_I](https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I).

**BRITO, HANNIBAL; et. al. 2019.** Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). [En línea] 25 de Julio de 2019. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

**CARBALLIDO, ELISENDA. 2015.** Valo nutricional del plátano seda. *Botanical*. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://www.botanical-online.com/alimentos/platano-valor-nutricional>.

**CASTILLO, RUTH; et. al. 2015.** Bioplástico a base de la cáscara del plátano. [En línea] 2015. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/339>.

**CONTRERAS, KARINA; et. al. 2018.** Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). [En línea] Octubre de 2018. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] <https://core.ac.uk/download/pdf/236410882.pdf>.

**ESCOBAR, D; et. al. 2009.** Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteína de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. [En línea] 4 de Noviembre de 2009. [Citado el: 20 de Enero de 2021.] [https://www.researchgate.net/publication/277739102\\_Peliculas\\_biodegradables\\_y\\_comestibles\\_desarrolladas\\_en\\_base\\_a\\_aislado\\_de\\_proteinas\\_de\\_suero\\_lacteo\\_estudio\\_de\\_dos\\_metodos\\_de\\_elaboracion\\_y\\_del\\_uso\\_de\\_sorbato\\_de\\_potasio\\_como\\_conservador](https://www.researchgate.net/publication/277739102_Peliculas_biodegradables_y_comestibles_desarrolladas_en_base_a_aislado_de_proteinas_de_suero_lacteo_estudio_de_dos_metodos_de_elaboracion_y_del_uso_de_sorbato_de_potasio_como_conservador).

**FERNÁNDEZ, LUCÍA. 2016.** Desarrollo de materiales bioplásticos proteicos con elevada capacidad de absorción de agua. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Febrero de 2021.] <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/47788/tesis%20doctoral.pdf;jsessionid=C2EA63C3EE0621C1884A180706EA472A?sequence=1>.

**FLORES, G; et. al. 2004.** Rendimiento del procesos de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. [En línea] 2004. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] [https://www.researchgate.net/publication/28095151\\_Rendimiento\\_del\\_proceso\\_de\\_extraccion\\_de\\_almidon\\_de\\_frutos\\_de\\_platano\\_Musa\\_paradisiaca\\_L\\_Estudio\\_en\\_planta\\_piloto](https://www.researchgate.net/publication/28095151_Rendimiento_del_proceso_de_extraccion_de_almidon_de_frutos_de_platano_Musa_paradisiaca_L_Estudio_en_planta_piloto).

**GAO, Q. 2015.** La influencia de los azúcares diferentes en el proceso de gelatinización del almidón de maíz con el método de análisis de imagen digital. 2015, págs. 83-811.

**GARCÍA, YUNIA. 2008.** Elaboración de películas de almidón oxidado de plátano (*Musa paradisiaca* L) por extrusión y su caracterización parcial. [En línea] Diciembre de 2008. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/3565>.

**HERNÁNDEZ, MARILYN; et. al. 2007.** Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. [En línea] 27 de Septiembre de 2007. [Citado el: 6 de Febrero de 2021.] <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>.

**INEN 1456:1986. 2012.** Reactivos para análisis. Almidón soluble(para idometría). Métodos de ensayo. [En línea] 29 de Octubre de 2012. [Citado el: 19 de Enero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

**INEN 2635:2012. 2012.** Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. [En línea] 2012. [Citado el: 20 de Enero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

**INEN 2643. 2012.** Especificación para plásticos compostables. [En línea] 2012. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>.

**InfoAgro. 2016.** Frutas. [En línea] Departamento de Ingeniería Agrónoma, 2016. [Citado el: 18 de Enero de 2020.] [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm).

**INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. 2018.** *Ácido acético. Documentación toxicológica para la actualización del límite de exposición profesional del ácido acético.* [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+119+%C3%81cido+ac%C3%A9tico++A%C3%B1o+2018.pdf/1d5b5a9a-4438-4105-8b77-3e68196f2701>.

**LAFUENTE, MARÍA. 2017.** “Glicerol: Síntesis y aplicaciones”. [En línea] Junio de 2017. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente\\_Aranda\\_Gustavo\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf).

**LICATA, MARCELA. 2019.** Las frutas, sus propiedades y su importancia en la alimentación diaria. [En línea] 2019. [Citado el: 5 de Febrero de 2021.] <https://www.zonadiet.com/comida/nutricion-frutas.php>.

**MARTÍNEZ, OMAR; et. al. 2015.** Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. [En línea] 2015. [Citado el: 22 de Enero de 2021.] <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v44n2/v44n2a03.pdf>.

**MATTA, FARAYDE. 2009.** Bioplásticos flexíveis e biodegradáveis á base de amido e gelatina. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/256348>.

**MAZZEO, MIGUEL; et. al. 2008.** Obtención de almidón a partir de residuos poscosecha del plátano dominico hartón (Musa AAB simmonds). [En línea] 14 de Octubre de 2008. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] [vector.ucaldas.edu.com](http://vector.ucaldas.edu.com).

- MEZA, PAOLA. 2016.** Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio. [En línea] 2016. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- MOLINA, ANA. 2019.** El plátano: propiedades, beneficios y mitos. [En línea] 3 de Septiembre de 2019. [Citado el: 5 de Febrero de 2021.] <https://www.efesalud.com/platano-propiedades-beneficios-mitos/>.
- MONTERO, ANDRES. 2017.** Productos agrícolas del Ecuador. [En línea] 2017. [https://www.academia.edu/33106486/UNIVERSIDAD\\_AGRARIA\\_DEL\\_ECUADOR\\_AUTOR\\_DOCENTE\\_Los\\_4\\_Principales\\_productos\\_agr%C3%ADcolas\\_del\\_Ecuador](https://www.academia.edu/33106486/UNIVERSIDAD_AGRARIA_DEL_ECUADOR_AUTOR_DOCENTE_Los_4_Principales_productos_agr%C3%ADcolas_del_Ecuador).
- MOREIRA, KARINA. 2013.** Reutilización de residuos de la cáscara de bananos (*Musa paradisiaca*) y plátanos (*Musa sapientum*) para la producción de alimentos destinados al consumo humano. [En línea] 2013. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3666/1/1113.pdf>.
- MORENO, ANGELES. 2011.** Amilosa. *TODOESQUIMICA*. [En línea] 30 de Octubre de 2011. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://todoesquimica.blogia.com/2011/103005-amilosa.php>.
- NTE INEN 2542. 2010.** Láminas plásticas. Requisitos. [En línea] 2010. [Citado el: 24 de Enero de 2021.] <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>.
- NÚÑEZ, M. 2003.** Extracción y caracterización del almidón de banana verde y de su residuo de pulpa. [En línea] 2003. [Citado el: 24 de Enero de 2021.] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1899/1/AGI-2003-T024.pdf>.
- OROZCO, ROSA.** El impacto del comercio del Banano. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <https://afese.com/img/revistas/revista53/comerbanano.pdf>.
- ORTEGA, JOHANA. 2016.** Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (*Musa acuminata* AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables. [En línea] 2016. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/22874>.
- PALOMEQUE, DEBORAH. 2015.** Análisis de la Variación de las Exportaciones de Banano de Ecuador hacia los Principales Socios Comerciales durante el período 2008-2013. [En línea] 2015. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] [http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5236/1/11616\\_esp.pdf](http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5236/1/11616_esp.pdf).

**PINO, SEBASTIAN. 2016.** Impactos ambientales en el aprovechamiento de plásticos para la generación de combustibles. [En línea] 2016. [Citado el: 17 de Enero de 2021.] <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/628/1/1026278889-2016-2-GA.pdf>.

**POZO, LADY. 2019.** Extracción y caracterización del almidón de plátano verde (*Musa paradisiaca*) producido en el sector Untal, parroquia El Chical, y su potencial uso como aditivo en la elaboración de pan blanco. [En línea] 2019. [Citado el: 24 de Enero de 2021.] <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/869/1/001%20Extracci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20del%20almid%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1tano.pdf>.

**RAE. 2020.** Definición de fruta. [En línea] 2020. [Citado el: 5 de Febrero de 2021.] <https://dle.rae.es/fruta>.

**RAFFINO, MARÍA. 2020.** Agua Destilada. [En línea] 14 de Diciembre de 2020. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://concepto.de/agua-destilada/>.

**RIVAS, MAYRA; et. al. 2008.** Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y lintnerizado. [En línea] 15 de Agosto de 2008. [Citado el: 5 de Febrero de 2021.] <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v42n5/v42n5a1.pdf>.

**ROMERO, AMALIA; & GUTIERREZ, MARTHA. 2019.** Efecto de la harina de *Musa acuminata* “Red Dacca” (plátano rojo) en la fase de engorde en cuyes (*Cavia porcellus*). *Título de tercer nivel*. [En línea] 2019. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] [http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4292/TESIS\\_ROMERO\\_GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4292/TESIS_ROMERO_GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**ROYTE, ELIZABETH. 2019.** NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA. *El plástico es una amenaza para la salud de los humanos*. [En línea] 08 de Junio de 2019. [Citado el: 03 de Febrero de 2021.] [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/es-plastico-amenaza-para-nuestra-salud\\_12739/1](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/es-plastico-amenaza-para-nuestra-salud_12739/1).

**SALAZAR, DANIELA. 2018.** Ecuared. *Plátano-p. 105*. [En línea] 2018. [Citado el: 18 de Enero de 2020.] <https://www.ecured.cu/Pl%C3%A1tano#Taxonom.C3.ADA>.

**SALAZAR, M. 2020.** Exportaciones de Ecuador: Frutas a granel. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Diciembre de 2021.] <https://www.ecuador.com/blog/exportaciones-de-ecuador-frutas-a-granel/>.

**SALTOS, ALFREDO. 2016.** Plátano de seda. [En línea] 2016. <https://www.eluniverso.com/opinion/2016/03/17/nota/5469240/banano-seda>.

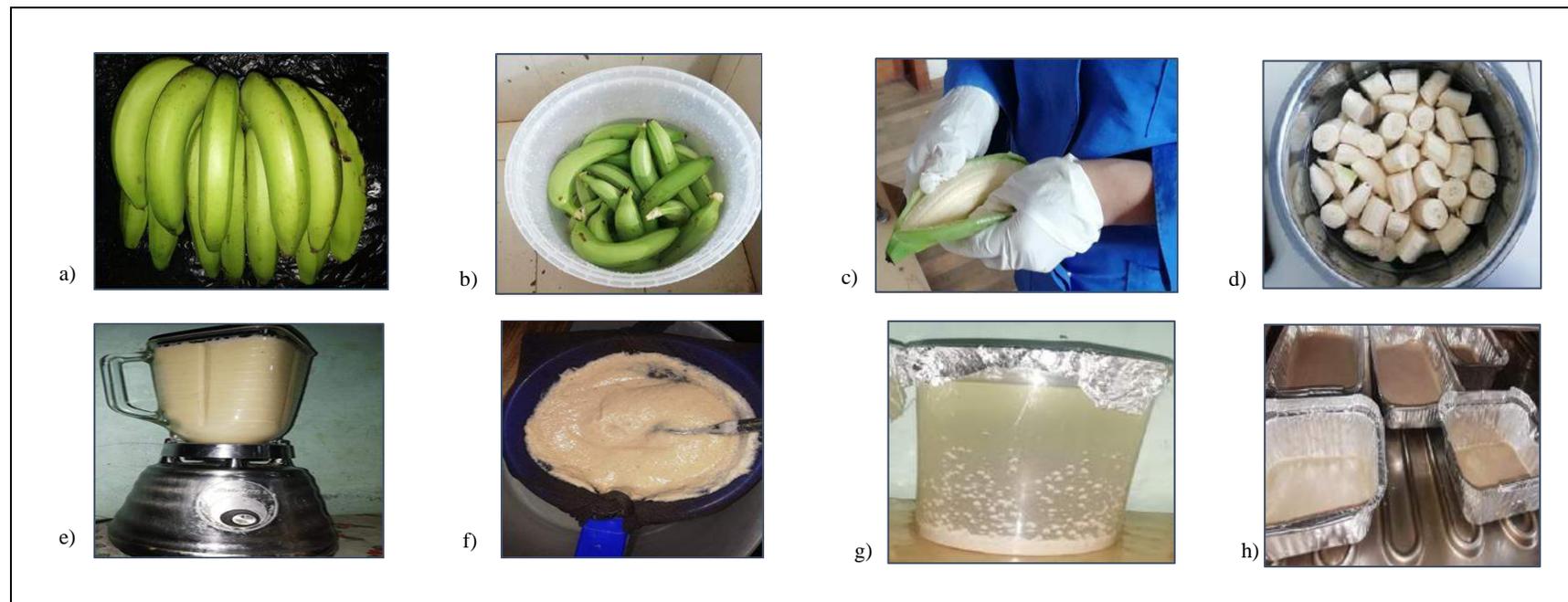
**TARAPUZ, ANDREA; & SUÁREZ, JETZY. 2019.** Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*Persea americana* Mill) y banano (*Musa acuminata* AAA) para el recubrimiento de papaya. [En línea] 2019. [Citado el: 19 de Enero de 2020.] <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39933>.

**TRUJILLO, CINTHYA. 2014.** Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. [En línea] 2014. [Citado el: 25 de Enero de 2021.] [repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**ZAMBRANO, E. 2011.** Glicerol. *Ecuared*. [En línea] 2011. [Citado el: 18 de Enero de 2021.] <https://www.ecured.cu/Glicerol>.

# ANEXOS

## ANEXO A: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p style="text-align: center;"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>            ELABORADO POR:             Veronica Elizabeth Maliza Chango         </p>	<b>OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA</b>		
a) Recepción de materia prima en estado inmaduro (plátano seda). b) Lavado y desinfección del plátano seda c) Pelado de los plátanos d) Tratamiento químico en ácido cítrico al 3%. e) Licuado de la pulpa de plátano seda f) Filtrado de la pulpa de plátano seda g) Sedimentación del almidón (5 horas) h) Secado del almidón en la estufa de vacío	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	28/01/2021

**CONTINUACIÓN DEL ANEXO A**



i)



j)



k)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Veronica Elizabeth Maliza Chango</p>	<p><b>OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA</b></p>		
<p>i) Muestras de almidón de plátano seda secos. i) Molienda de las muestras de almidón k) Muestras de almidón empacada en fundas ziploc.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		2	1:1	28/01/2021	

## ANEXO B: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO ROJO



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:</p> <p>Veronica Elizabeth Maliza Chango</p>	<p><b>OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO ROJO</b></p>		
<p>a) Lavado y desinfección del plátano rojo.</p> <p>b) Tratamiento químico en ácido cítrico al 3%.</p> <p>c) Licuado de la pulpa de plátano rojo</p> <p>d) Sedimentación de la pulpa de plátano rojo (5 horas).</p> <p>e) Estufa de vacío en la que se secaron las muestras de almidón</p> <p>f) Almidón de plátano rojo molido.</p> <p>g) Tamizado del almidón de plátano rojo</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	1:1	28/01/2021

## ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA Y ROJO



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:  Veronica Elizabeth Maliza Chango</p>	<p><b>CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA Y ROJO</b></p>		
<p>a) Prueba de sensibilidad b) Viscosidad del almidón de plátano seda c) Viscosidad del almidón de plátano rojo d) Desecador con pruebas de humedad e) Pruebas de humedad f) Prueba de ceniza g) Prueba de densidad aparente. h) Prueba de solubilidad en el agua.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				
			4	1:1	28/01/2021

**CONTINUACIÓN DEL ANEXO C**



i)



j)



k)



l)

<b>NOTAS:</b>		<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>		<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:  Veronica Elizabeth Maliza Chango</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO SEDA Y ROJO</b>		
i) Temperatura de gelatinización. j) Prueba de Ph de plátano seda. k) Prueba de pH de plátano rojo. l) Prueba de tamaño de gránulo.		<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
					5	1:1	28/01/2021

## ANEXO D: ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y ROJO



NOTAS:		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:  Veronica Elizabeth Maliza Chango	ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y PLÁTANO ROJO		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
a)	Medida de los materiales para elaborar el bioplástico.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	6	1:1	28/01/2021	
b)	Agua destilada, vinagre y glicerina.					
c)	Pesado del almidón.					
d)	Agitación de la mezcla.					
e)	Vertido de la mezcla en las cajas petri.					
f)	Muestras de bioplástico.					
g)	Secado de las cajas petri contenidas de bioplástico.					
h)	Desmoldado del bioplástico					

**CONTINUACIÓN DEL ANEXO D**



i)



j)



k)



l)

**NOTAS:**

- i) Muestras de bioplastico de plátano rojo
- j) Muestras de bioplástico de plátano seda
- k) Secado de lamina A4 de bioplástico.
- l) Lámina de bioplástico A4.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

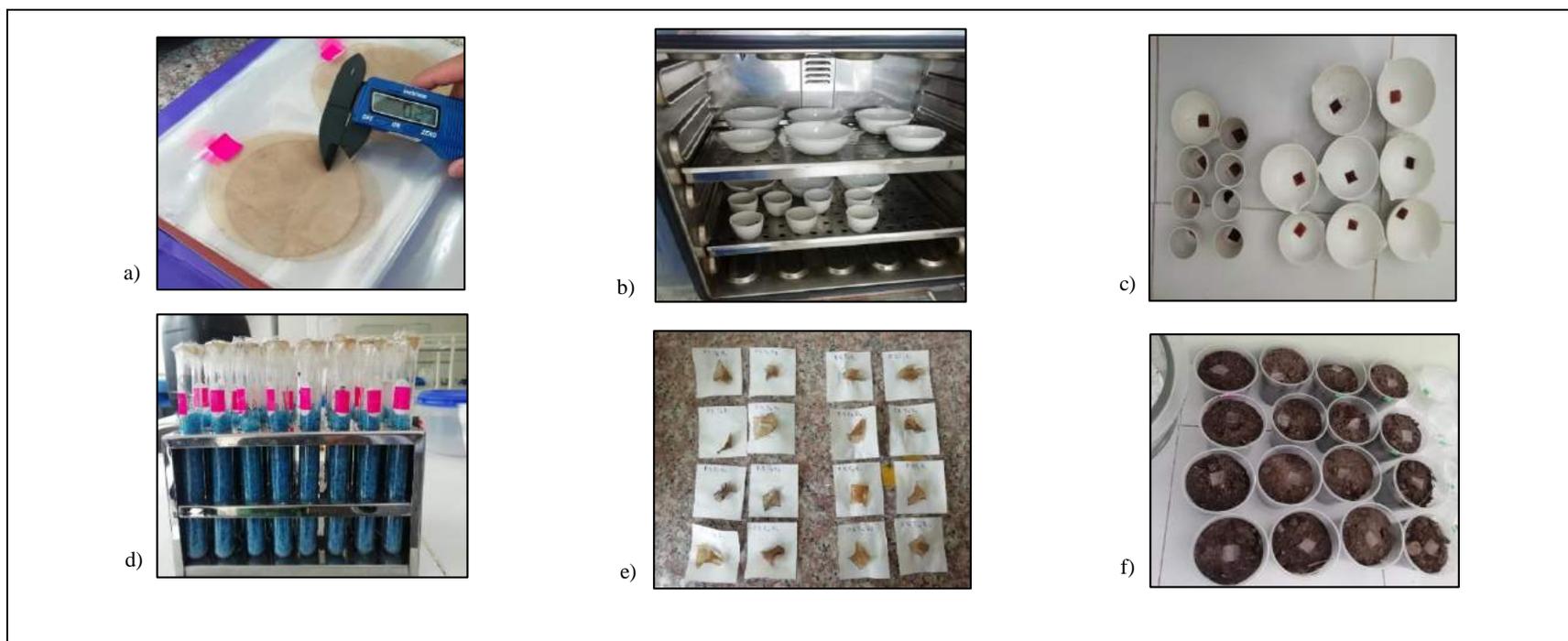
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
ELABORADO POR:

Veronica Elizabeth Maliza Chango

**ELABORACIÓN DE  
BIOPLÁSTICO DE  
PLÁTANO SEDA Y  
PLÁTANO ROJO**

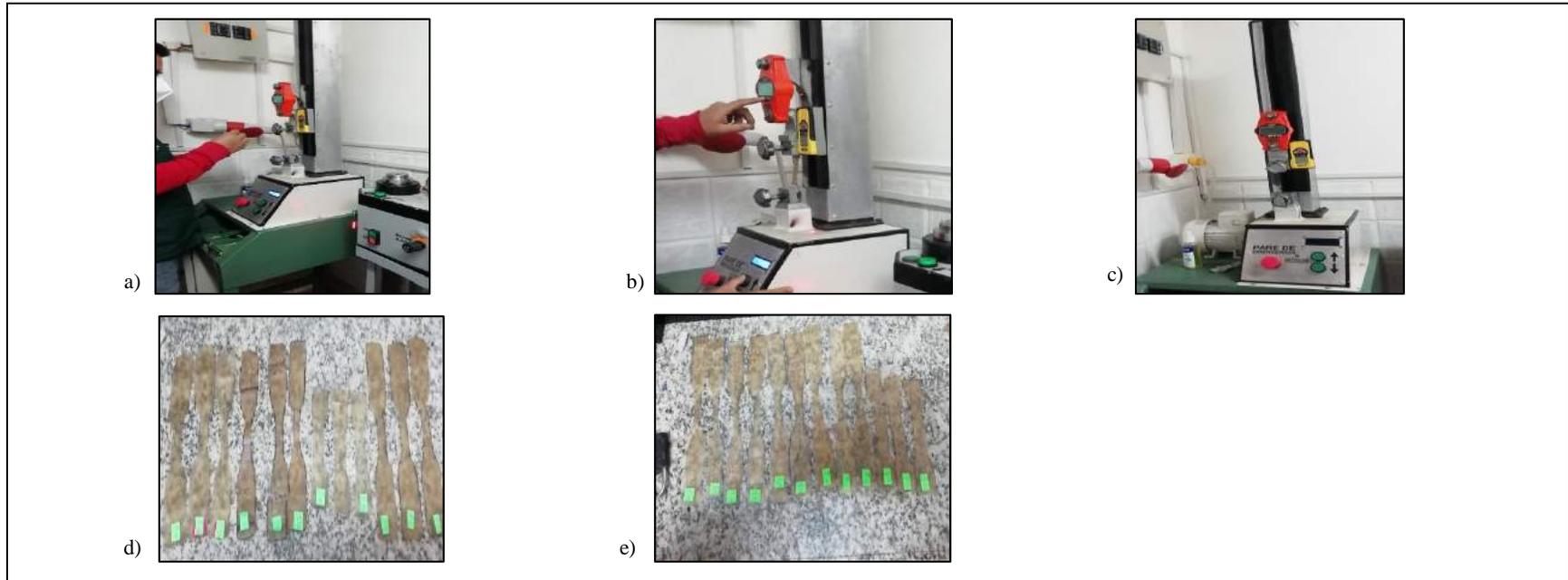
LÁMINA	ESCALA	FECHA
7	1:1	28/01/2021

## ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y ROJO



NOTAS:		CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:	CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA Y PLÁTANO ROJO		
					LÁMINA	ESCALA
a)	Prueba de espesor.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	Veronica Elizabeth Maliza Chango	8	1:1	28/01/2021
b)	Prueba de humedad en horno a 105°C.					
c)	Resultado de la prueba de humedad.					
d)	Prueba de permeabilidad al vapor de agua.					
e)	Resultados de la prueba de solubilidad.					
f)	Prueba de biodegradabilidad.					

## ANEXO F: PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>          ELABORADO POR:</p> <p>Veronica Elizabeth Maliza Chango</p>	<p><b>PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN</b></p>		
<p>a) Prueba mecánica de tracción de bioplástico de plátano seda.</p> <p>b) Máquina universal de pruebas de tracción.</p> <p>c) Prueba mecánica de tracción de bioplástico de plátano rojo.</p> <p>d) Probetas a ensayar de bioplástico de plátano seda.</p> <p>e) Probetas a ensayar de bioplástico de plátano rojo.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>				
			9	1:1	28/01/2021

ANEXO G: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN

MC-LSAJA-2201-03



**INiAP**

**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS**  
 Panamericana Sur Km. 1, CutugaguaTfts. 2690691-3007134, Fax 3007134  
 Casilla postal 17-01-340



**L.S.A.I.A. D.V.C.**

**INFORME DE ENSAYO No: 20-111**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Srta. Verónica Maliza  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE EMISIÓN:** 10 de diciembre de 2020  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 30 de noviembre al 0 de diciembre de 2020

**INSTITUCIÓN:** Particular  
**ATENCIÓN:** Srta. Verónica Maliza  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30/11/2020  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 08H30  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>1)</sup>	IDENTIFICACIÓN
METODO MO-LSAJA-01.01		MO-LSAJA-04	
METODO REF. U. FLORIDA 1970		Morrison y Laliguet 1963	
UNIDAD	%	%	
20-0731	3,88	35,87	Almidón de plátano seda
20-0732	4,61	35,80	Almidón de plátano rojo

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

**RESPONSABLES DEL INFORME**



**Dr. Iván Samaniego**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**





**Ing. Bladimir Ortiz**  
**RESPONSABLE CALIDAD**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

## ANEXO H: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN

### RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE ALMIDONES

<b>NOMBRE:</b> Veronica Elizabeth Maliza Chango
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de plátano seda y rojo
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 06 de noviembre del 2020

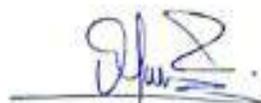
#### Examen Físico

<b>COLOR:</b> Beige
<b>OLOR:</b> Inoloro
<b>ASPECTO:</b> Granular

#### Examen Bacteriológico

Plátano Seda			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g		2000
Coliformes Fecales ( <i>Escherichia Coli</i> )	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia
Plátano Rojo			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g		Ausencia
Coliformes Fecales ( <i>Escherichia Coli</i> )	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).



Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

## ANEXO I: PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO SEDA

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 1
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,7
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	2,72
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	28,13

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,7
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,72
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	25,00

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES



A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 3
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,6
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	2,69
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	28,13

Aprobado por

  
 ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
 AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 4
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	6,9
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	2,16
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	21,88

Aprobado por

*Julio Llerena*

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 5
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	6,9
ESFUERZO MÁXIMO ( MPa)	2,16
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	21,87

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 6
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	6,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,16
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	25,00

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 7
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	19,7
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,16
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	37,5

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES



A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYOS DE TRACCIÓN	N° 8
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020-11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	20,5
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,41
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	43,75

Aprobado por:



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 9
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	20,5
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,41
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	40,63

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 10
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020-11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,60
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	11,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	3,69
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	31,25

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 11
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	10,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	3,38
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	28,13

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 12
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLASTICO - PLÁTANO SEDA
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAPÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SÉCCION TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	10,8
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	3,38
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	34,38

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO I

**ANEXO J: PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE PLÁTANO ROJO**

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 13
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,9
ESFUERZO MÁXIMO ( MPa)	2,78
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	28,13

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 14
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LAMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,75
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	31,25

Aprobado por:



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 15
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa aruminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	8,9
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	2,78
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	28,33

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

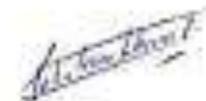


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 16
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	7,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,44
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	21,88

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 17
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020-11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	17
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	7,4
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,31
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	25,00

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

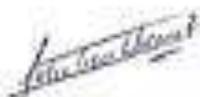


TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 18
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLASTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020-11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	7,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,47
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	18,75

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES



A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 19
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	20,6
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,44
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	46,88

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 20
REALIZADO POR	VERÓNICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFE TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	19,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	6,17
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	43,75

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 21
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLASTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	20,9
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	6,53
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	46,88

Aprobado por

*Julio Llerena*

ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES



A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 22
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA FABRICACIÓN	2020 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	9,9
ESFUERZO MÁXIMO ( MPa)	3,09
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	31,25

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 23
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLASTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	2
FECHA FABRICACIÓN	2020-11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAPÉ TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCION TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	10,7
ESFUERZO MAXIMO ( MPa)	3,34
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	34,38

Aprobado por:



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 24
REALIZADO POR	VERONICA ELIZABETH MALIZA CHANGO
TEMA DE TESIS	SÍNTESIS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PULPA DE PLÁTANO DE SEDA ( <i>Musa paradisiaca</i> ) Y PLÁTANO ROJO ( <i>Musa acuminata</i> ) PARA USO COMO ENVOLTURAS EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO - PLÁTANO ROJO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	3
FECHA FABRICACIÓN	2000 -11
CARACTERÍSTICA	LÁMINA CAFE TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	3,2
CARGA MÁXIMA (N)	10,5
ESFUERZO MÁXIMO ( MPa)	3,28
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	31,25

Aprobado por:



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS  
AGROINDUSTRIALES

A continuación, ANEXO J



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 16/04/2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Verónica Elizabeth Maliza Chango
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



0684-DBRAI-UPT-2021