



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A
PARTIR DE PLATANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*Musa AAB
Simmonds*) PARA EL USO EN ALIMENTOS.”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTORA: SELENE ABIGAIL ACOSTA LÓPEZ

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, MsC.

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Selene Abigail Acosta López

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 Selene Abigail Acosta López, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi auditoria 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, 10 de septiembre 2021



Selene Abigail Acosta López

175349544-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE CIENCIAS QUIMICAS

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE PLATANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*Musa AAB Simmonds*) PARA EL USO EN ALIMENTOS”**, realizado por la señorita **SELENE ABIGAIL ACOSTA LÓPEZ** ha sido minuciosamente revisado por los Miembros 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. Mónica Lilian Andrade Ávalos, MsC.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

10 de septiembre de 2021

Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MsC.
DIRECTORA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

10 de septiembre de 2021

Ing. Darío Fernando Guamán Lozada, MsC.
MIEMBRO DE TRIBUNAL

10 de septiembre de 2021

DEDICATORIA

A mis padres, Cecilia López y Guzmán Acosta, por ser el pilar fundamental de mi ser, por depositar su entera confianza y velar constantemente por mi bienestar, gracias por estar ahí con su apoyo incondicional en cada reto que se me presenta, este trabajo hubiese sido imposible sin ustedes, a mis hermanos por su ayuda en momentos tan esenciales que he necesitado de su ayuda por su comprensión, cariño y paciencia que me ha brindado, por darme esa fuerza cada mañana de tener esas ganas que motivan a superarme, por el apoyo de darme mi tiempo para poder lograr mis objetivos, y a toda mi familia en general que siempre me han dado esa ayuda moral para poder seguir en pie con mis propósitos.

Los amos.

Abigail

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haber logrado completar una etapa más, por haberme permitido vivir esta experiencia de culminar un ciclo más en mi vida, a mis padres, hermanos y demás familiares por haber sido partícipes de cada uno de mis días de haber sido constantes en su apoyo no dejarme caer o renunciar a mis objetivos, por todos sus esfuerzos para permitirnos superarnos y seguir adelante en nuestra vida profesional.

Mi agradecimiento también va dirigido a mi Tutora la Ing. Linda Flores a su vez también a mi Miembro el Ing. Darío Guamán, que han sido las personas que me han guiado en mi trabajo de investigación, gracias por haberme transmitido sus conocimientos para desarrollar el presente trabajo y llegar hasta el final.

Abigail

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	ii
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Marco Teórico	5
1.2.1. Cascara de plátano verde	5
1.2.2. Aplicación de los desechos del cultivo del banano	6
1.2.3. Plátano verde.....	6
1.2.4. Proceso de maduración.....	7
1.2.5. Plátano (Musa AAB).....	8
1.2.6. Morfología y taxonomía.....	8
1.2.7. Biopolímeros	10
1.1.9. Clasificación de bioplástico	11
1.2.8. Almidón de cáscara de plátano verde	12
1.2.9. Estructura del almidón.....	14
1.2.10. Métodos de extracción de almidón de cáscara de plátano verde	17
1.2.11. Principales métodos para obtener películas biodegradables	18
1.2.12. Caracterización de las películas biodegradables elaboradas a partir de almidones.....	18
1.2.13. Plastificantes	18
1.2.14. Aditivos de películas biodegradables	19
1.2.15. Conservantes	19
1.2.16. Antioxidantes	19
1.2.17. Propiedades funcionales de la biopelícula de cáscara de plátano verde.....	19
1.2.17.1. Propiedades de las películas biodegradables.....	19

CAPÍTULO II

2.1.	Marco metodológico	21
2.1.1.	<i>Objetivos</i>	21
2.1.2.	<i>Hipótesis General</i>	21
2.1.3.	<i>Hipótesis Específicas</i>	21
2.1.4.	<i>Identificación de variables</i>	22
2.1.4.1.	<i>VARIABLES dependientes</i>	22
2.1.4.2.	<i>VARIABLES independientes</i>	22
2.1.5.	<i>Operacionalización de variables</i>	23
2.1.6.	<i>Matriz de consistencia</i>	25
2.1.7.	<i>Tipo de investigación</i>	29
2.1.8.	<i>Diseño experimental de la investigación</i>	29
2.1.8.1.	<i>Descripción de los equipos, materiales, reactivos y materia prima</i>	29
2.1.8.2.	<i>Diseño experimental 2^k de la Obtención de almidón</i>	31
2.1.8.3.	<i>Diseño de experimentos con mezclas para la elaboración de la biopelícula</i>	32
2.1.8.4.	<i>Análisis microbiológico del almidón y la biopelícula</i>	39
2.1.9.	<i>Fuente primaria</i>	34
2.1.9.1.	<i>Pruebas de espesor de la película</i>	43
2.1.9.2.	<i>Pruebas de solubilidad</i>	43
2.1.9.3.	<i>Pruebas de resistencia mecánica de la película y evaluación de las propiedades de la superficie de la misma.</i>	44
2.1.9.4.	<i>Biodegradación de la biopelícula</i>	44
2.1.10.	<i>Fuentes secundarias</i>	34
2.1.11.	<i>Pruebas físico-mecánica de la biopelícula</i>	43

CAPÍTULO III

3.	DATOS EXPERIMENTALES	45
3.1.	Marco de resultados y discusión de resultados	47
3.1.2.	<i>Resultados de la obtención de almidón</i>	47
3.1.3.	<i>Resultados obtenidos en la caracterización del almidón de plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds).</i>	48
3.1.4.	<i>Análisis estadístico.</i>	51
3.1.5.	<i>Análisis Cualitativo de la biopelícula</i>	54
3.1.6.	<i>Propiedades funcionales de la biopelícula de cáscara de plátano verde</i>	55
3.1.7.	<i>Resultados de la obtención de almidón</i>	47

3.1.8.	<i>Resultados obtenidos en la caracterización del almidón de plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds)</i>	48
3.1.9.	<i>Análisis estadístico</i>	51
3.1.9.1.	<i>Análisis estadístico del almidón de plátano verde dominico-hartón (Musa AAB Simmonds)</i>	51
3.1.10.	<i>Análisis Cualitativo de la biopelícula</i>	54
3.1.11.	<i>Propiedades funcionales de la biopelícula de cáscara de plátano verde</i>	55
3.1.11.1.	<i>Prueba de humedad de la biopelícula</i>	55
3.1.11.2.	<i>Prueba de solubilidad de la biopelícula</i>	56
3.1.11.3.	<i>Permeabilidad de la biopelícula</i>	58
3.1.12.	<i>Resultados de la aplicación de la biodegradación</i>	58
3.1.12.1.	<i>Prueba de biodegradación bioplástico en suelo, agua y aire</i>	60
3.1.12.2.	<i>Análisis estadístico para el bioplástico obtenido de plátano verde dominico-hartón (Musa AAB Simmonds)</i>	65
3.1.13.	<i>Resultados de la aplicación de la biopelícula en el producto</i>	78
	CONCLUSIONES	79
	RECOMENDACIONES	82
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Procesos de maduración del plátano dominico-hartón.....	7
Tabla 2-1: Taxonomía del plátano verde dominico-hartón.....	8
Tabla 3-2: Operacionalización de variables en el proceso de elaboración de la biopelícula.....	23
Tabla 4-2: Matriz de consistencia	25
Tabla 5-2: Método de la determinación de humedad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	34
Tabla 6-2: Método de la determinación de contenido de cenizas del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	35
Tabla 7-2: Método de la determinación de solubilidad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	36
Tabla 8-2: Método para medición de Densidad.....	37
Tabla 9-2: Método de la determinación de Viscosidad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	37
Tabla 10-2: Método de la determinación de pH del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	38
Tabla 11-2: Método de la determinación de la temperatura de gelatinización del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).....	38
Tabla 12-2: Preparación de disoluciones.....	39
Tabla 13-2: Determinación de mohos y levaduras	40
Tabla 14-2: Determinación de Aerobios Mesofilos.....	41
Tabla 15-2: Determinación de coliformes totales.....	42
Tabla 16-2: Determinación de <i>Escherichia coli</i>	43
Tabla 17-3: Datos experimentales de la obtención de almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón.....	45
Tabla 18-3: Datos experimentales de la obtención de la biopelícula	46
Tabla 19-3: Caracterización del plátano verde dominico-hartón.	47
Tabla 20-3: Caracterización del almidón.....	48
Tabla 21-3: Propiedades Fisicoquímicas y microbiológicas del almidón de plátano dominico-hartón.....	49
Tabla 22-3: Rendimiento del almidón de plátano dominico-hartón.....	50
Tabla 23-3: Tabla ANOVA del almidón.	51
Tabla 24-3: Resultados de Optimizar Respuesta.	52
Tabla 25-3: Diferencia significativa entre cada tratamiento.	53
Tabla 26-3: Análisis cualitativo de la biopelícula de almidón de plátano.....	54
Tabla 27-3: Resultados de humedad de la biopelícula.....	55

Tabla 28-3: Resultados de solubilidad de la biopelícula.....	56
Tabla 29-3: Resultados de la permeabilidad de la biopelícula durante 6 horas	58
Tabla 30-3: Permeabilidad final de la biopelícula.	59
Tabla 31-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el suelo.	60
Tabla 32-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el suelo.	60
Tabla 33-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el agua	61
Tabla 34-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el agua.	61
Tabla 35-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en aire.	62
Tabla 36-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el aire.....	62
Tabla 37-3: Análisis microbiológico	63
Tabla 38-3: Análisis mecánico	63
Tabla 39-3: Resultados Análisis de Varianza de la biopelícula.	65
Tabla 40-3: Resultados de Optimizar respuesta	66
Tabla 41-3: Prueba de múltiples rangos.	67
Tabla 42-3: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la biopelícula.	67
Tabla 43-3: Análisis ANOVA del contenido de humedad de la biopelícula.....	68
Tabla 44-3: Método LSD de Fisher para el contenido de humedad.....	68
Tabla 45-3: Prueba de múltiples rangos para el contenido de humedad.	69
Tabla 46-3: Análisis de varianza para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula.	69
Tabla 47-3: Análisis ANOVA para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula.	70
Tabla 48-3: Método LSD de Fisher para el porcentaje de solubilidad.....	70
Tabla 49-3: Prueba de múltiples rangos para solubilidad.	71
Tabla 50-3: ANOVA de la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula	71
Tabla 51-3: ANOVA de la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula	71
Tabla 52-3: Método LSD de Fisher para la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula. 71	
Tabla 53-3: Prueba de múltiples rangos para permeabilidad al vapor de agua.	72
Tabla 54-3: Método LSD de Fisher para la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula luego de 6 horas.	72
Tabla 55-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación en suelo de la biopelícula.	73
Tabla 56-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación en agua de la biopelícula.	74
Tabla 57-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación al ambiente de la biopelícula.	75
Tabla 58-3: Análisis de varianza para la elongación de la biopelícula.	76
Tabla 59-3: Resultado del tratamiento óptimo	77
Tabla 60-3: Análisis ANOVA de la elongación de la biopelícula	77
Tabla 61-3: Método LSD de Fisher para la elongación de la biopelícula.	78
Tabla 62-3: Análisis sensorial del tomate envuelto en la biopelícula a partir de almidón de plátano dominico- hartón.	78

Tabla 63-3: Resultados del Recubrimiento con la biopelícula..... 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Diferentes estados de maduración de un plátano.	7
Figura 2-1:	Planta de plátano dominico-hartón	9
Figura 3-1:	Plátano dominico hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>)	10
Figura 4-1:	Morfología de la planta de plátano.	10
Figura 5-1:	Clasificación de los bioplásticos.....	12
Figura 6-1:	Estructura de la Amilosa parte de la composición del almidón.	14
Figura 7-1:	Estructura de la Amilopectina parte de la composición del almidón	15
Figura 8-2:	Diagrama de la obtención del almidón de la cáscara.	31
Figura 9-2:	Diagrama del proceso de elaboración de la biopelícula	32
Figura 10-2:	Selección de materia prima	33
Figura 11-3:	Superficie de respuesta estimada	52
Figura 12-3:	Grafica de medias y 95 % de Fisher LSD.....	53
Figura 13-3:	Superficie de respuesta estimada	66
Figura 14-3:	Dispersión en suelo tratamientos vs 20 días	74
Figura 15-3:	Dispersión en agua tratamientos vs 20 días	75
Figura 16-3:	Dispersión al ambiente tratamientos vs 20 días.....	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Humedad de la biopelícula.....	56
Gráfico 2-3: Solubilidad de la biopelícula.....	57
Gráfico 3-3: Permeabilidad de la biopelícula	59
Gráfico 4-3: Biodegradación en el suelo	60
Gráfico 5-3: Biodegradación en agua.....	61
Gráfico 6-3: Biodegradación en agua.....	62
Gráfico 7-3: Módulo de elasticidad de la biopelícula.	64
Gráfico 8-3: Elongación de la biopelícula	64

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE CÁSCARAS DE PLÁTANO
- ANEXO B:** ELABORACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA A PARTIR DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)
- ANEXO E:** PRUEBA MICROBIOLÓGICA DE LA BIOPELÍCULA
- ANEXO F:** PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA
- ANEXO G:** DIMENSIONES DE LA PROBETA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN. (MM)
- ANEXO H:** PRUEBA CUALITATIVA DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO
- ANEXO I:** INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BIOPELÍCULA OBTENIDO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)
- ANEXO J:** AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)
- ANEXO K:** INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 1.
- ANEXO L:** INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 2.
- ANEXO M:** INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 3.
- ANEXO N:** INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 4.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de obtener y caracterizar un bioplástico a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) para el uso en alimentos. Se obtuvo el almidón de plátano dominico-hartón, mediante los procesos de molienda, decantación, secado y tamizado. Se realizó un análisis factorial 2k, considerando dos tiempos de licuado con dos rpm del equipo, con un total de cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno, luego se procedió con la parte experimental iniciando con el análisis organoléptico y físico de la materia prima, se lavó, peló, troceó, pesó y ubicó en la licuadora con un volumen determinado de agua para realizar la mezcla correspondiente, se filtró en una malla, y el líquido se dejó decantar; el líquido sobrenadante fue separado y el almidón (4,5%) se secó en un secador de bandejas durante 24-48 horas, obteniendo así un aspecto de harinas finas. Se realizaron diferentes formulaciones para la elaboración de películas biodegradables, la formulación uno, fue la que mejores resultados presentó al analizarse cualitativamente, obteniendo una buena solubilidad (76,58%) y un valor considerable de permeabilidad al vapor de agua (0,00462 g/h.m.Mpa); el tratamiento tres, presentó una baja humedad (14,48%) y un valor considerable en la permeabilidad al vapor de agua (0,00144 g/h.m.Mpa); los tratamientos dos y cuatro presentaron una buena degradabilidad (99%) y finalmente las pruebas mecánicas de los tratamientos tres y cuatro fueron las mejores. El análisis microbiológico dio como resultado ausencia de microorganismos en todos los tratamientos, por lo tanto, los valores se encuentran en el rango de la norma NTC2799 Industrias alimentarias, el almidón obtenido se considera apto para el consumo humano, así como, para el uso en la industria de alimentos, papel, cartón, plástico entre otros.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <ALMIDÓN >, <BIOPLÁSTICO>, <PLATANO DOMINICO-HARTÓN (*Musa AAB Simmonds*)>, <PERMEABILIDAD>, <PRUEBAS MECANICAS>, <ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO>, <BIODEGRADABILIDAD>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL
DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE,
l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.08.20 16:48:13
-05'00'



1603-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The present investigation was developed in order to obtain and characterize a bioplastic from Dominican green plantain-hartón (*Musa AAB Simmonds*) for the use in food. The Dominican-hartón plantain starch was obtained through the processes of grinding, decanting, drying and sieving. A 2k factorial analysis was carried out, considering two blending times with two rpm of the equipment, with a total of four treatments and three replications each, then the experimental part was considered starting with the organoleptic and physical analysis of the raw material, washing, peeling, chopping, weighing and placing it in the blender with a certain volume of water to make the corresponding mixture, it was filtered through a mesh, and the liquid was allowed to settle; the supernatant liquid was separated and the starch (4.5%) was dried in a tray dryer for 24-48 hours, obtaining thus a fine flour appearance. Different formulations were made for the production of biodegradable films; formulation one was the one that presented the best results when analyzed qualitatively, obtaining a good solubility (76.58%) and a considerable value of permeability to the water steam (0.00462 g / hmMpa); treatment three, presented a low humidity (14.48%) and a considerable value in the permeability to the water steam (0.00144 g / h.m.Mpa); treatments two and four showed a good degradability (99%) and finally the mechanical tests of treatments three and four were the best. The microbiological analysis resulted in the absence of microorganisms in all the treatments; therefore, the values are in the range of the NTC2799 Food Industries norm; the starch obtained is considered suitable for human consumption, as well as for the use in the food, paper, cardboard, plastic industry among others.

Key words: <CHEMICAL ENGINEERING>, <STARCH>, <BIOPLASTIC >, <DOMINICAN HARTÓN-PLANTAIN (*Musa AAB Simmonds*)>, <PERMEABILITY>, <MECHANICAL TESTS>, <MICROBIOLOGICAL ANALYSIS>, <BIODEGRABILITY>.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el planeta en el que vivimos sufre de una gran preocupación por la contaminación a nivel mundial del medio ambiente una de sus causas es por productos derivados del petróleo, en especial los productos de origen plástico provenientes de diferentes actividades comerciales y domésticos.

En el Ecuador la mayor cantidad de plásticos que se genera es la que ingresa al país proveniente de alimentos, higiene y cuidado personal, hoy en día la industria local de plásticos de Ecuador está trabajando para incorporar materiales reciclados en sus procesos de producción, principalmente en aquellos relacionados con el transporte de mercadería, como las fundas y elaboración de empaques primarios para la preservación de alimentos.

Ecuador produce 20 kilos por persona al año de envolturas de alimentos y consumo de plástico, a su vez 1.500 millones de toneladas son provenientes de sorbetes, empaques, fundas y tarrinas utilizados para portar productos o alimentos. (Ambiente, 2020, p. 6)

En el año 2019 la generación de 528.000 toneladas de residuos plásticos, equivale al 11% del total de desechos sólidos producidos en este año, el plástico es el material más contaminante del ambiente y solo el 10% se recicla. El resto va a los mares en forma de basura y micro partículas lo que limita la generación de oxígeno en los seres vivos.

En el mismo año se desarrolló una limpieza costera en donde se recolectaron alrededor de 500 toneladas de plástico de esto el 36% representaron a las botellas desechables de agua el restante fueron fundas plásticas, sorbetes, envases, cuerdas etc. (Hidalgo, 31 de diciembre 2019, p. 8)

Por ello se ha generado la necesidad de plantear varios métodos alternativos y novedosos que ayuden al medio ambiente mediante procesos químicos y biotecnológicos con el fin de obtener biopelículas o bioplásticos, los mismos que serían una gran alternativa para disminuir la contaminación por residuos orgánicos, beneficiando así también a las plantaciones de plátano dominico-hartón, en cuanto a sus productos de rechazo (Anchundia, 2016, p. 7) .

El análisis de los plásticos nos lleva a comprender la importancia de este material, su proceso de fabricación, y la necesidad que nos lleva a la fabricación de estos de una forma específica. El plástico es la principal causa de contaminación ambiental porque es un residuo no biodegradable, lo que se atribuye a sus fuertes enlaces químicos en la cadena de carbono porque se deriva del petróleo, Gracias a esto causa grandes daños en la naturaleza al ser desechados de manera incorrecta tales como contaminación de aguas, agentes causantes de muerte para aves, alteración de la composición de los suelos (Mora, 2015, p. 8).

La producción de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) es una de las agroindustrias de mayor importancia dentro del Ecuador, con una producción anual de aproximadamente 560 mil toneladas. Consecuentemente la industria del plátano genera 7 millones de toneladas de desechos por año, los mismos que consisten principalmente de tallos y cáscaras,

los cuáles en su mayoría contienen celulosa, lignina, almidón, hemicelulosa y pectina. Actualmente, estos desechos se usan como material para abono de tierra y no tienen ningún fin como producto con valor agregado que pueda servir dentro del mercado. Mediante el aprovechamiento de la cáscara del plátano verde la cual está compuesta de aproximadamente 12% en masa de almidón, se pretende en la presente investigación elaborar bioplásticos el cual sustituirá a los plásticos convencionales derivados del petróleo utilizados para la envoltura de alimentos (Anchundia, 2016, p. 4).

Cabe recalcar que, al aprovechar dichos residuos, se ha visto factible el desarrollo de un plástico biodegradable, lo que podría significar una reducción considerable en la contaminación ambiental, utilizando recursos renovables y disminuyendo de esta manera el impacto del material plástico derivado de hidrocarburos.

La importancia de este proyecto es desarrollar nuevos materiales a partir de residuos para elaborar productos biodegradables, que se obtienen a partir de materiales renovables y que no afectarán el deterioro ambiental de los recursos naturales. El beneficio de esta investigación es que, por un lado, reduce la contaminación provocada por una mala gestión de los residuos orgánicos y, por otro, utiliza los residuos orgánicos sólidos para obtener productos de valor agregado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

En la investigación realizada por (Pacheco, 2014, p. 12) en la Universidad Nacional Autónoma de México se dice que en los últimos siglos la producción de derivados del petróleo ha seguido aumentando y el precio de este recurso no renovable ha aumentado, lo que ha generado la demanda de alternativas y productos contaminantes. Con el fin de reducir el impacto negativo en derivados del petróleo, se han realizado muchos esfuerzos. Desde cambiar la composición de los plásticos hasta utilizar otros productos similares como nuevos métodos de tratamiento y alternativas tecnológicas, este es el nacimiento de las biopelículas. El bioplástico es un material sustituto del plástico, producto de la evolución de este último con la finalidad de disminuir las desventajas que trae la producción de este polímero al medio ambiente y a la humanidad. Este material biodegradable, se obtiene principalmente utilizando recursos renovables y en algunos casos sus características se asimilan con los plásticos provenientes del petróleo. Existen distintos tipos de bioplásticos como: polímeros obtenidos a partir de biomasa, polímeros a partir de síntesis química utilizando monómeros obtenidos a partir de recursos naturales y polímeros obtenidos a partir de microorganismos (Pacheco, 2014, pp. 10-11).

De acuerdo con la investigación de (Ulloa, 2012, p. 1), la cual desarrolló un biopolímero resistente, flexible y elástico a partir de la corteza de la yuca (*Manihot Esculenta*), el cual tomó características parecidas a las de un plástico, dicha investigación utilizó como plastificante una mezcla de agua, glicerina y como modificador químico, ácido acético.

Las proporciones del bioplástico fueron de almidón con un porcentaje de 19,36, seguido del plastificante en este caso glicerina de 6,31% así también del 74,08 % y 0,25% de agua y ácido acético respectivamente, presentando una densidad de 6,44 g/cm³ y su temperatura óptima a la que se desarrolló todo el proceso fue a una temperatura de 69°C (Ulloa, 2012, pp. 1-3).

Según un estudio realizado por (Flores, 2016, p. 3) el plátano en su estado inmaduro contiene una mayor cantidad de almidón, por lo que se puede considerar como materia prima para la elaboración de polisacáridos diversificados su uso.

Hasta ahora, se han desarrollado películas plásticas biodegradables muy delgadas. Estas películas se han utilizado como cubiertas para prótesis y alimentos como frutas y verduras. Sustituir las fundas convencionales mediante la combinación de polímeros con material plástico, disminuyendo así su tiempo de degradabilidad, sin embargo, se ha aplicado en tecnología para aprovechar ciertos desechos biológicos, como cáscara de plátano, naranja, mandioca, cascarilla

de maíz, etc. El propósito es reducir la contaminación desarrollando nuevas tecnologías que aprovechen este nuevo tipo de desechos (Flores, 2016, p. 4).

López (2012, p.10) en su investigación “Almidón termoplástico celular reforzado con fibras naturales: Una opción biodegradable para el envasado de alimentos” resaltan el almidón como prototipo para las biopelículas y las ventajas de estos últimos por su capacidad de biodegradarse en condiciones controladas. Se describe como se utilizó como método de fabricación una tecnología novedosa de espumado mediante radiación microondas. Además, como agentes de refuerzo para mejorar sus propiedades mecánicas se recurrió a fibras naturales procedentes de la paja de cebada y de los hollejos de la uva, estos agentes o productos similares pueden ser empleados en nuestro análisis experimental (López Gil, 2012, pp. 10-11).

(Thongmee, 2013, p. 11), Se propone un método para mejorar el límite de adsorción de vapor de agua en polímeros a base de almidón. En los resultados obtenidos, debido a que la amilosa tiene una mayor disponibilidad de interacción con otros componentes, se mejora la absorción de agua de la muestra, lo que es beneficioso para reducir simultáneamente la interacción de los grupos hidrófilos de estos componentes. Punto de actividad de adsorción reducido (Thongmee, 2013, p. 11). En la investigación presentada por la Oficina Europea De Patentes se dice que para hacer posible la fabricación de un polímero a partir de almidón de yuca y banano verde, es necesario aportar diferentes reactivos a la mezcla y garantizar ciertas condiciones que permitan su obtención. Los polímeros biodegradables requieren componentes que aporten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia, entre otros. En general, el agua se recomienda como el mejor plastificante, aunque no debe encontrarse en proporciones muy altas con relación al almidón, debido a que, para extraerla de la mezcla, una vez ésta se encuentre lista, es necesario elevar la temperatura a la de ebullición del agua, lo que puede degradar la estructura del almidón. Al igual que el agua, la glicerina es un plastificante y además brinda humectación al polímero. El alcohol polivinílico (PVA) es recomendado también como plastificante, teniendo en cuenta que se asegura que la cantidad de plastificantes dentro de la mezcla no debe exceder el 20 % del peso total (Patentes, 2013, p. 13).

Según (Chávez, 2016, pp. 6-7) el residuo vegetal es el residuo vegetal más común en la producción agrícola. Se obtiene de la fruta, se procesa y se come, y se descarta su cáscara o semillas, pero cabe recalcar que existen alimentos que no satisfacen el proceso determinado. Convirtiéndose en desechos, como el banano, que es uno de los productos que más exporta el Ecuador, esta fruta es muy rica y nutritiva, considerada materia prima en muchos procesos, el rechazo de banano no se exporta y es considerado como residuo agrícola no consumido, de este rechazo se obtiene el almidón a partir de la pulpa mediante diferentes procesos de transformación como es el de molienda, decantación, secado y tamizado, este se usa como materia prima en la elaboración de películas biodegradables, estas se han utilizado para prevenir la pérdida de humedad, intercambio de gases y minimizar las pérdidas de componentes (Chávez, 2016, p. 7).

La harina y el almidón se pueden obtener de los frutos del banano, los cuales se caracterizan por Wang (2012, p.8) concluyeron que el banano contiene un alto contenido de grasa, proteína, fibra y celulosa en estado verde o antes de que ocurra la maduración del mismo lo cual lo convierte en un alimento que se puede aprovechar en su estado verde y con buen potencial para la elaboración de diferentes productos. Las plantas como el plátano la papa y también las semillas de aguacate son fuentes para la obtención del almidón ya que son desechos orgánicos (Wang, 2012, p. 8).

De acuerdo con Santiago (2015, p.7) en su investigación nos dice que los desechos orgánicos, incluidos los desechos producidos por las industrias agrícolas y artificiales, son desechos orgánicos que han generado una gran cantidad de desequilibrio y contaminación ambiental, e intenta encontrar métodos alternativos efectivos y minimizar la contaminación (Santiago, 2015, p. 7).

González en su investigación enuncia que, las películas y recubrimientos pueden prolongar la vida útil de los frutos, por lo que por sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y funcionales pueden prevenir la pérdida de agua, evitar la pérdida de ingredientes y minimizar el crecimiento microbiano. La resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura son propiedades mecánicas propias de las biopelículas así también se tiene las propiedades funcionales que incluyen, permeabilidad al vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono. Propiedades físicas sobresalientes: opacidad, color (González, 2017, p. 6).

A la toronja, la piña, la guayaba, la pera y el mango se han añaden revestimientos comestibles de almidón obtenidos de fuentes como el arroz, banano o la yuca, con ácido ascórbico, ácido cítrico, lactato de calcio, L-cisteína y fungicidas. Estas biopelículas ayudan a prolongas la vida útil de la futa que se quiere recubrir ya que reducen la frecuencia respiratoria, retrasan la deshidratación y la pérdida de peso prolongando la perdida de dureza y la pigmentación provocada por microorganismos, inhibiendo así el pardeamiento enzimático y las reacciones metabólicas relacionadas con la maduración de la fruta (Vásquez, 2013 , p. 8).

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Cascara de plátano verde

La producción de plátanos verdes específicamente la cáscara de plátano es un residuo orgánico que se produce en grandes cantidades debido a la producción de chifles proveniente de las empresas chifleras y a la producción de harina de plátano. La composición depende de la fuente del material, esta es una rica fuente de material de celulosa, es el componente externo de los plátanos y representa aproximadamente el 40% de su peso (Hahn-Hiigerdal, 2000, p. 19).

Los residuos de la cosecha de banano son ricos en almidón, que puede extraerse y venderse directamente o utilizarse para otros fines, como el tratamiento del agua o la polimerización. El almidón tiene muchas aplicaciones en la fabricación de papel, textiles, productos farmacéuticos

(como excipientes), adhesivos, alimentos (como espesantes), tratamiento de agua (coagulantes) e industrias de polímeros. Sobre una base seca, el contenido de almidón en el plátano es de alrededor del 70-80%, y el contenido de almidón en la piel puede alcanzar hasta el 50% (Lambis, 2016, pp. 14-15).

A medida que los plátanos maduran, el almidón se descompone en azúcar, por lo que los plátanos verdes son ricos en almidón y los plátanos maduros son ricos en azúcar. El almidón contiene una mezcla de amilosa macromolecular (15% a 30%) y amilopectina (70% a 85%), la cual varía de una especie vegetal a otra y determina sus características. A mayor contenido de amilopectina, aumentan las propiedades adhesivas, mientras que la amilosa aumenta la capacidad de gelatinización (Lambis, 2016, p. 15).

De acuerdo con Lambis (2016, p. 16), los almidones extraídos de diferentes fuentes vegetales, como del maíz, papa, en este caso banano, pueden ser empleados en la industria de los polímeros, como materia prima para la elaboración de biopolímeros o como aditivos para la mejora de propiedades de polímeros convencionales.

1.2.2. Aplicación de los desechos del cultivo del banano

Las distintas partes de la planta, tanto del banano verde como del maduro, tienen diversos usos como alimento para humanos y ganado, así como en la industria no alimentaria y como fuente de sustancias con propiedades medicinales. Las hojas de la planta de banano se usan para tamales, techos, sombra y fibra; los tallos se usan para alimentación de ganado y como fibra; y la cáscara de banano para compost y fibra (Ambiente, 2020, p. 11).

1.2.3. Plátano verde

La producción de banano verde es una de las industrias agrícolas más importantes del Ecuador, con una producción anual de aproximadamente 560.000 toneladas. Por tanto, la industria bananera genera cada año 7 millones de toneladas de residuos, compuestos principalmente por tallos y cáscaras, la mayoría de los cuales contienen celulosa, lignina, almidón, hemicelulosa y pectina. (Blasco Gabriela, 2014, p. 35). Actualmente, estos desechos se usan como material para abono de tierra y no tienen ningún fin como producto con valor agregado que pueda servir dentro del mercado. La cáscara del plátano verde está compuesta de aproximadamente 12% en masa de almidón, que puede ser usado como materia prima para la creación de bioplásticos (Wachirasiri Phatcharaporn, 2008, p. 36).

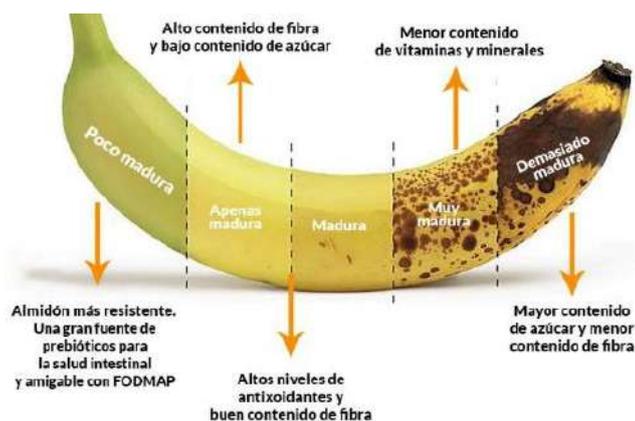


Figura 1-1: Diferentes estados de maduración de un plátano

Fuente: (Nutrition, 2019, p. 5).

1.2.4. Proceso de maduración

A medida que la fruta entra en el proceso de maduración, su contenido de almidón, acidez y compuestos nitrogenados disminuirá. Aproximadamente 100 días después de la aparición de la fruta, el almidón se acumula y luego se hidroliza. El contenido de almidón de los plátanos completamente maduros se reduce en un 3%, mientras que los azúcares solubles se incrementan en un 1% a 34% conforme va madurando, el pH de la pulpa desciende de 5,4 a 4,5 (Lio, 2017, p. 45). El cambio en su composición muestra un cambio significativo de color, textura y sabor. El cambio de verde a amarillo en las cáscaras de banano se debe a la desaparición de la clorofila (Peñaranda, 2008, p. 33).

De acuerdo con (MAGAP, 2014, p. 23) se observan los cambios marcados que sufre el fruto en el proceso de maduración y su influencia directa sobre el contenido de sacarosa.

Tabla 1-1: Procesos de maduración del plátano dominico-hartón.

ETAPA	COLOR CÁSCARA	ALMIDÓN (%)	SACAROSA (%)
1	Verde	61,7	1,2
2	Verde	58,6	6,0
3	Verde/traza de amarillo	42,4	18,4
4	Mas verde que amarillo	39,8	21,4
5	Mas amarillo que verde	37,6	27,9
6	Amarillo con puntas verdes	9,7	53,1
7	Amarillo	6,3	51,9

8	Amarillo/ pocos puntos marrones	3,3	52,0
9	Amarillo/ muchos puntos marrones	2,6	53,2

Fuente: (MAGAP, 2014, p. 23).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

1.2.5. Plátano (*Musa AAB*)

El género *Musa* se divide en cuatro sub géneros, los cuales son:

- Australimusa
- Callimusa
- Musa
- Rhodochlam

El plátano que tiene mayor aceptación para el consumo de la población se produjo a partir de dos especies de la sección *Musa*: *M. acuminata* y *M. balbisiana*. Los cultivos que se desarrollan son híbridos entre subespecies de *M. acuminata* (tipo ploid A) o entre *M. acuminata* y *M. balbisiana* (tipo ploid B). Los cultivos de mayor importancia son los de banano y plátano triploide AAA, y son en su mayoría AAB, ABB o BBB (Alcázar-Alay & Meireles, 2015, p. 33).

1.2.6. Morfología y taxonomía

Tabla 2-1: Taxonomía del plátano verde dominico-hartón.

Familia:	<i>Musaceae</i>
Especie:	<i>Musa AAB Simmonds</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
Género:	<i>Musa</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Zingiberales</i>

Fuente: (Infoagro, 2011, p. 7).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

- Planta: Herbácea perenne gigante, Las hojas son cortas y el tallo epidérmico es el resultado de la combinación de la vaina foliar, con una altura de 3,5-7,5 metros, y una corona de hojas al final (Infoagro, 2011, p. 8).



Figura 2-1: Planta de plátano dominico-hartón

Fuente: (Infoagro, 2011, p. 7).

- Rizoma o bulbo: Tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento (meristemos) que da origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas (Infoagro, 2011, p. 8), véase en la figura 4.1.
- Sistema radicular: Tiene raíces superficiales distribuidas en capas de 30-40 cm, la mayoría de las cuales se concentran en 15-20 cm. Las raíces en la emergencia son blancas y se vuelven amarillas y duras cuando maduran. Su diámetro es de entre 5 y 8 mm, y su longitud puede alcanzar los 2,5-3,0 metros cuando crece lateralmente y 1,5 metros de profundidad. La penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución de las raíces está relacionada con la textura y estructura del suelo (Infoagro, 2011, p. 8).
- Tallo: Es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que se encuentra coronado con yemas, las cuales se desarrollará una vez que la planta tenga flores y frutos (Infoagro, 2011, p. 8) ,véase en la figura 4.1.
- Hojas: Son grandes, verdes y dispuestas en espiral, de 2-4 metros de largo por 1,5 metros de ancho, el pecíolo de 1 metro o más de largo, las hojas de forma ovalada son delgadas y ligeramente onduladas (Infoagro, 2011, p. 8), véase en la figura 4.1
- Flores: Son 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 (Infoagro, 2011, p. 8), véase en la figura 4.1
- Fruto: De forma oblonga ligeramente curvado, durante el desarrollo de los frutos se doblan en dirección del suelo según el peso del fruto, reacción que determina la forma del haz. Los plátanos son polimórficos y pueden contener de 5 a 20 manos, cada mano tiene de 2 a 20 frutas y sus colores son verde, verde-amarillo, amarillo, rojo-amarillo o rojo (Infoagro, 2011, p. 8).



Figura 3-1. Plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Fuente: (Infoagro, 2011, p. 7).

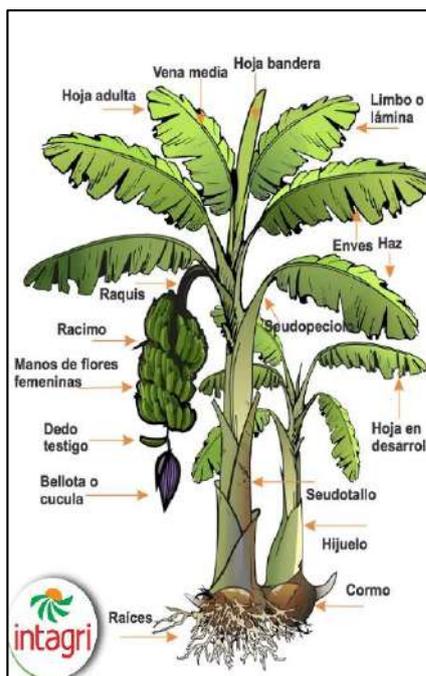


Figura 4-1: Morfología de la planta de plátano

Fuente: (Intagri, 2019, p. 5).

1.2.7. Biopolímeros

Los plásticos biodegradables son una alternativa a los plásticos no degradables y pueden prevenir la contaminación ambiental (Piñeros-guerrero, et al., 2019, p. 23). Estos plásticos biodegradables tienen propiedades similares a las del petróleo, pero se degradan de forma diferente, pueden descomponerse en su conjunto, aportando beneficios al suelo y utilizándose como abono en algunos casos. La elaboración y el uso de plásticos fabricados a base de productos naturales han revolucionado al mundo, ya que se ha concienciado de las inmensas generaciones de CO₂ al fabricar el plástico común. El desarrollo de nuevos plásticos naturales con desarrollo sostenible y beneficios ambientales el cual nos libera de la dependencia de los plásticos convencionales elaborados a base de petróleo por décadas. El almidón se utiliza en gran medida en la fabricación

de estos productos, en los que el almidón de plátano tiene propiedades similares a las de los plásticos degradables y el almidón derivado del petróleo (Flores, 2018, p. 34).

La producción de bioplásticos es una prometedora alternativa a la industria de plásticos actual. Para que un material sea considerado un bioplástico debe cumplir al menos una de estas dos características: estar hechos a partir de biomasa, o ser biodegradables (Agrowaste, 2013, p. 34). El término biomasa se refiere a cualquier material o fuente energética que provenga de origen orgánico (Renovetec, 2013, p. 22). Las biopelículas se pueden dividir en tres categorías: la primera categoría son aquellos hechos de biomasa que no son biodegradables o parcialmente biodegradables; la segunda categoría son las biopelículas hechas de biomasa, que también pueden ser biodegradables, y finalmente Algunos están hechos de combustibles fósiles, pero son completamente biodegradables (Ying, 2014, p. 45).

Sin duda, debido a que se pueden romper en pedazos más pequeños, todos los plásticos actuales son degradables. Incluso alcanzan un tamaño microscópico, pero nunca desaparecen por completo. (Ying, 2014, p. 45). En contraste, los plásticos biodegradables son aquellos que pueden ser degradados en un periodo corto por microorganismos que los convierte en materiales útiles para su medio: dióxido de carbono, metano, agua biomasa y algunos compuestos inorgánicos (Renovetec, 2013, p. 22). Las biopelículas se están convirtiendo en una forma alternativa de obtener productos con propiedades similares o incluso mejores a los plásticos convencionales. En comparación con la producción de plástico, una de las mayores ventajas de la producción de bioplásticos es la reducción de la huella de carbono del proceso, porque las biopelículas no utilizan combustibles fósiles como materia prima (Flores, 2018, p. 55). Teniendo en cuenta la facilidad de degradación de las biopelículas y su uso cada vez mayor, reducirán la acumulación de desechos permanentes en el medio ambiente. Su producción ha aumentado rápidamente; en el 2012, se estimó que se produjeron 300 millones de toneladas de las biopelículas en todo el mundo (Morillas Alethia, 2014, p. 32).

1.2.8. Clasificación de bioplástico

De acuerdo con (Castillo, 2015, p. 25), los polímeros biodegradables se clasifican de acuerdo a su proceso de fabricación como se muestra a continuación:

1. **Polímeros extraídos directamente de la biomasa:** polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.
2. **Polímeros elaborados por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables:** Algunos ejemplos de este grupo son: ácido poliláctico (PLA), poliácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL).

3. **Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente:** Este grupo engloba a: Polihidroxialcanoatos (PHA), poli-3-hidroxibutarato (PHB).

Sin embargo, las clasificaciones más “estrictas”, clasifican los bioplástico únicamente en función de su procedencia bien sea a partir de fuentes fósiles (derivados del petróleo) o de materias primas naturales, denominándose entonces bioplástico.

En la Figura 5-1 se muestra la clasificación de los bioplástico atendiendo a su origen (Ambiente, 2011, p. 12).

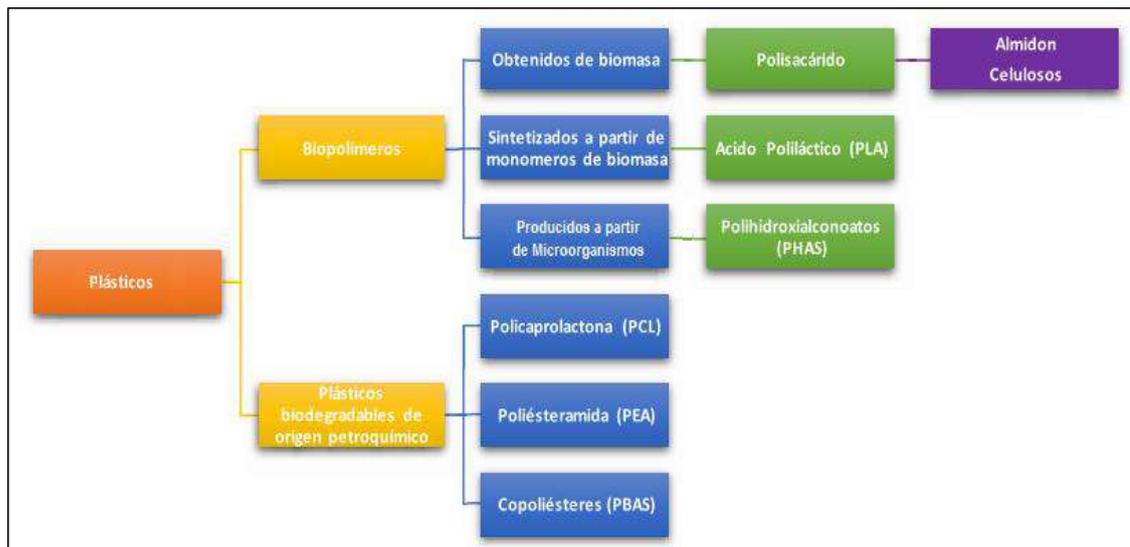


Figura 5-1: Clasificación de los bioplásticos

Fuente: (Ambiente, 2011, p. 12).

1.2.9. Almidón de cáscara de plátano verde

Si bien el banano se exporta principalmente para el consumo como fruta fresca, existen otros usos: para la fabricación de almidón y harina para uso alimentario e industrial; así como pulpa de banano para la preparación de alimentos infantiles; como jugo de banano clarificado y plátano deshidratado. De manera similar, se han realizado esfuerzos para utilizar partes de plantas y frutas como materias primas para producir papel y alcohol a partir de desechos de fibra (FAO, 2013, p. 43). (Bello-Pérez, 2002, p. 15), aislaron el almidón de dos variedades de plátano y estudiaron la composición química y algunas de sus propiedades fisicoquímicas y funcionales, ellos reportaron una temperatura de gelatinización de 77.3 °C para plátano macho y 74.3 °C para plátano criollo, la difracción de rayos X mostró que el almidón de plátano tiene un patrón de difracción tipo A. Los almidones de plátano presentaron una forma oval. Las pastas de almidón de plátano fueron opacas y estables durante el almacenamiento. (Da Mota, 2000, p. 23) en un estudio realizado en harinas obtenidas de diferentes variedades de plátano consumidas en Brasil, reportaron

temperaturas de gelatinización en un intervalo de 68 a 76 °C, dependiendo de la variedad. La composición promedio de las harinas de plátano fue: 61-76.5 % de almidón, con 19-23 % de amilosa, 2.5-3.3 % de proteína, 4-6 % de humedad, 0.3-0.8 % de lípidos, 2.6-3.5 de cenizas y 6-15.5 % de fibra total. Sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la modificación fisicoquímica de este biopolímero. (Bello-Pérez, 2002, p. 34) obtuvieron almidón de plátano granular y soluble en agua fría mediante un tratamiento alcohólico-alcálico, así como almidón de plátano acetilado. Se realizó una caracterización química, fisicoquímica y funcional a estos almidones modificados, encontrándose propiedades que podrían ser interesantes para industrias como la de alimentos, de papel y textil.

La cáscara de plátano produce un almidón el cual es materia prima ideal para la preparación de películas biodegradables este es un polímero natural de origen vegetal (Fontes, et al., 2017, p. 26). El punto de Gelatinización del almidón rodea entre el 60 a 70° C lo cual lo hace soluble en agua caliente insoluble en agua fría, lo que impide la captación de agua en estas condiciones. Los componentes presentes en el almidón natural son la amilosa y la amilopectina es la macromolécula principal de este polisacárido ya que la amilosa es un polímero lineal que interviene entre el 15-20 % en el almidón. Llegando a ser usado para la elaboración de productos biodegradables como las películas (Villaroel, 2018, p. 43). El uso de polisacáridos naturales ha aumentado el interés de las personas en la obtención de materiales biodegradables porque se pueden obtener fácilmente a partir de desechos agrícolas industriales, el almidón proviene de frutos inmaduros y se pueden obtener 18 gramos de almidón a partir de 300 gramos de cáscara de plátano (Hernández, et al., 2017, p. 18).

La cáscara de plátano verde está compuesta de 9,26 % en humedad, ceniza de 0,12 % proteína del 0,62 así también tiene una temperatura de gelatinización de 80-90 °C con un pH de 5,25 (Montoya & Quintero, 2014, p. 32). El almidón proveniente de la cáscara de plátano es un almidón de alta resistencia, su estructura es defectuosa y está compuesta por capas amorfas y cristalinas por lo que el hidrolisis se producirá en la zona amorfa porque son zonas adecuadas provocando que el agua entre en la zona antes de que llegue. El punto de gelatinización está relacionado con el área de cristalización y la hidrólisis se produce en toda la estructura del almidón (Alvis, et al., 2008, p. 28). De acuerdo con (Agama-Acevedo, et al., 2015, p. 29), en su investigación enuncia que los gránulos de almidón de plátano están compuestos por polímeros hidrófilos, tienen una disposición semicristalinos y por lo tanto son insolubles en agua fría Los grupos hidroxilo del polímero de almidón de cáscara de plátano tienen puentes de hidrógeno. Presentan debilidades a altas temperaturas y su estructura pierde su organización molecular, lo que deteriora su cristalinidad. La absorción de agua en el almidón comienza inicialmente a partir de una estructura amorfa porque sus regiones no tienen suficientes enlaces de hidrógeno y tienen la misma rigidez que las regiones cristalinas.

1.2.10. Estructura del almidón

Es un biopolímero que existe en la naturaleza y forma parte de una variedad de recursos naturales como tubérculos, semillas y raíces de plantas ubicadas en el endospermo. El almidón es uno de los recursos biodegradables, baratos y ampliamente disponibles en la naturaleza por lo que lo hace un recurso renovable utilizable (Santiago, 2015, p. 31).

El almidón está formado por dos compuestos de diferente estructura:

Amilosa: El almidón común está compuesto por un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina. El polímero de amilosa es una molécula lineal larga casi sin ramificaciones (menos del 1%), con un peso molecular de aproximadamente 500.000 g / mol. La unidad de glucosa está conectada al enlace α -1,4 en la molécula de amilosa. (Bulón, 1998, p. 17) estimaron que el número de moléculas de amilosa en un gránulo de almidón (de 20 μm de diámetro, y densidad de 1.5 g/cm^3) fue de 1.8×10^9 . En el gránulo de almidón, la amilosa existe en una forma helicoidal, el interior de la cual es hidrofóbico. La mayoría de los estudios han demostrado un contenido superior de amilosa en los gránulos grandes de cebada, mientras que en algunos otros el contenido de amilosa no fue dependiente del tamaño del gránulo (Bello-Pérez, 2002, p. 25).

El almidón rico en amilosa es fácil de moldear y mantener su forma. Existen varias formas de utilizar el almidón dentro de la industria de los dulces se lo utiliza para dar estabilidad y textura al caramelo a su vez también se utiliza para hacer recubrimientos comestibles y obtener buen efecto película. Propiedades mecánicas y capa de barrera para oxígeno y dióxido de carbono. En el desarrollo de la industria alimentaria, existe la necesidad de agentes gelificantes de origen orgánico, incluidos almidones como semillas de aguacate y plátano, que pueden proporcionar resistencia, tenacidad y ductilidad de manera eficaz y segura (Santiago, 2015, p. 32).

La aplicación del almidón se basa específicamente en las propiedades físicas químicas y funcionales de la amilosa ya que esta confiere la propiedad de formar geles que es un punto fundamental en la fabricación de bioplásticos (Young, 1984, p. 27).

Las moléculas de amilosa forman enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de polímeros adyacentes; como resultado, la formación de pastas opacas y películas resistentes se debe a que la afinidad del polímero por el agua se reduce (Wurzburg, 1986, p. 19).

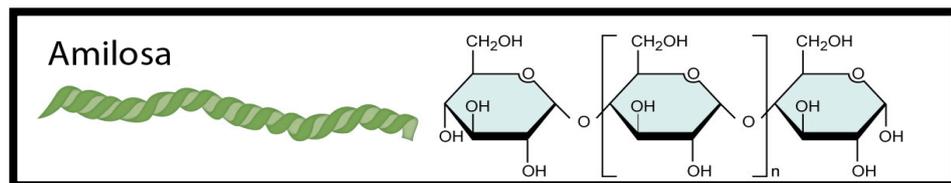


Figura 6-1: Estructura de la Amilosa parte de la composición del almidón

Fuente: (Agama-Acevedo, et al., 2015, p. 43).

Amilopectina: Es un Polímero Altamente ramificado constituido por α -D-glucopiranosas, es similar a las ramificaciones de un árbol, las ramas del tronco central están acopladas por enlaces α -D-(1,6) lo que produce lugares de ramificación cada 12 monómeros. Forma parte del 70-75 % restante y generan las zonas cristalinas dentro del granulo del almidón (Santiago, 2015, p. 33).

Los almidones forman estructuras con enlaces de hidrógeno, que están contenidas en las regiones cristalinas y amorfas de la capa. La característica más importante del almidón es la semicristalinidad. Entre ellas, la amilopectina es un componente cristalino, y parte de él es amorfo. Las propiedades comerciales más importantes son: resistencia mecánica y flexibilidad (Narváez, 2016, p. 32).

Según (Agama-Acevedo, et al., 2015, p. 43), se considera que el almidón es un biopolímero compuesto por amilosa y amilopectina lo que forma los gránulos del mismo, la amilopectina se puede describir como un polímero con estructura ramificada y la amilosa es casi lineal. Este carbohidrato presenta un alto contenido de D-glucosa (98% -99%). La amilosa en cambio presenta unidades de D-glucosa que se unen por enlaces α -D-(1-4), mientras que la amilopectina está formada por segmentos de glucosa que se unen por enlaces α -D-(1-4) y poseen ramificaciones con diversas unidades de glucosa que se enlazan por α -D-(1-6) (Carballo Cuevas, 2017, p. 32).

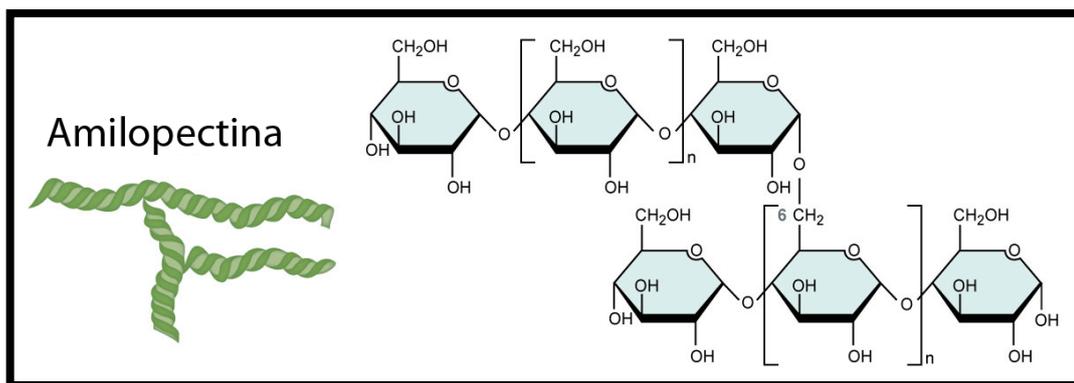


Figura 7-1: Estructura de la Amilopectina parte de la composición del almidón

Fuente: (Agama-Acevedo, et al., 2015, p. 43).

La característica del almidón es la estructura cristalina de la amilopectina, que es diferente de la amilosa, que cambia la acumulación de estructura cristalina y causa confusión. El almidón es una reserva nutricional para las plantas y frutos, constituido por dos polisacáridos de polímeros lineal que se unen por unidades de glucosa a partir de enlaces de α de 1-4 para el compuesto de amilosa, esta molécula a diferencia de la amilopectina no es soluble en agua ya que presenta una estructura lineal, la amilopectina es soluble en agua caliente y se presenta en forma ramificada para los polímeros (Martinez, et al., 2015, p. 43).

Para la obtención de almidón de nivel industrial, se puede realizar mediante molienda húmeda, tamizado y secado, y se puede realizar arrastrándolo con agua a nivel de laboratorio (Bello-Pérez, 2002, p. 35).

a) Tipos de almidones

De acuerdo con (Méndez, 2010 , p. 32) entre los diferentes tipos de almidones se tiene:

- Almidón artificial modificado químicamente que no puede descomponerse. Se usan como aditivos para mejorar la viscosidad y otras características.
- Almidón retrogradado (el envejecimiento del pan se debe a este fenómeno): gran prebiótico, se forma cuando ciertos tipos de almidones se dejan enfriar a unos 4-5°C después de cocinarlos y se recalientan a temperaturas inferiores a 130°C. Este almidón pierde su gelatinización típica tras haber absorbido agua siendo cocinada y se hace más rígida al perder agua obteniendo ese almidón retrogrado. Se encuentran en farináceos, tubérculos, legumbres y cereales.
- Almidón encapsulado no digerible al estar protegido por paredes celulares vegetales. Se encuentra en legumbres, cereales integrales y semillas enteras.
- Almidón crudo o cristalizado, que es intrínsecamente no digerible por su contenido elevado en amilosa. Se encuentra en la patata (cruda), el plátano macho y plátano verde. Si se cocinan a altas temperaturas se hacen digestibles.

b) Usos industriales del almidón

Entre las aplicaciones del almidón se tiene:

- En la industria alimentaria: dentro de esta industria el almidón es utilizado como espesante en alimentos como sopas, salsas y otros enlatados así también se utiliza como ingrediente en la preparación de levadura en polvo, y es ampliamente utilizado en panadería y fabricación de galletas (Méndez, 2010 , p. 43).
- En la industria del papel, se utiliza como agente de encolado interno del papel para mejorar la adherencia de las fibras, la resistencia al desgarro y la resistencia a la abrasión. Generalmente se utiliza en revestimientos de papel y pañales desechables (Méndez, 2010 , p. 43).
- En la industria farmacéutica se lo utiliza para la elaboración de cremas y pomadas (Méndez, 2010 , p. 43).
- En industria cosmética se utiliza el almidón en talcos perfumados para el cuerpo y el cutis (Méndez, 2010 , p. 43).
- En la industria textil, se utiliza para aumentar el efecto de acabado de tejidos y en la formulación de acabado de hilos (Méndez, 2010 , p. 43).

c) Gelatinización

Los gránulos de almidón exhiben una alta estabilidad debido a las múltiples interacciones entre los dos polisacáridos constituyentes, por lo que la estructura está muy organizada y, por lo tanto, es insoluble en agua fría. Sin embargo, cuando se calientan, el lento proceso de absorción de agua se inicia en la región amorfa intermedia, porque sus enlaces de hidrógeno no son tantos como la región cristalina, o son rígidos, por lo que la organización es la menor y la más accesible, es decir, su cristalinidad. Desapareció, por lo que el tamaño de las partículas aumenta cuando se absorbe agua, además de la liberación de amilasa y la amilopeptina, (Bustos, 2017, p. 32) menciona que la amilopeptina no produce geles más fuertes y estables a comparación de la amilosa.

d) Desestructuración

El proceso consiste en transformar los gránulos semicristalinos de almidón en una matriz que sea homogénea de polímeros amorfos, que por un lado destruye los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón y por otro, destruye la despolimerización parcial de las moléculas. Los factores físicos y químicos involucrados en este proceso son: temperatura, esfuerzo cortante, velocidad de corte, tiempo de residencia, contenido de agua y energía total aplicada. La primera en despolimerizarse es la amilopeptina y luego la amilosa con la aplicación de mayor energía (Ruiz, 2005, p. 41).

1.2.11. Métodos de extracción de almidón de cáscara de plátano verde

La extracción de almidón de diferentes hortalizas y tubérculos se viene realizando desde hace muchos años, y se ha modificado el método de extracción para lograr una extracción eficaz que se pueda aplicar a nivel industrial. El almidón extraído solo de las papas puede producir alrededor de 3 millones de toneladas por año (Ijaz Rabia, 2016, p. 28). Existen varias investigaciones enfocadas en extraer almidón de la fruta del plátano verde, pero muy pocas sobre la extracción a partir de la cáscara, por ejemplo, existe un estudio que se enfoca en la extracción de almidón de la pulpa del plátano Dominic Hartón, donde realizan dos tipos de extracciones en húmedo y en seco, siguiendo procesos similares para ambas y obteniendo resultados distintos (Mazzeo Miguel, 2008, p. 29). Para poder realizar la extracción en seco es importante considerar el contenido de humedad del plátano verde, que es de alrededor del 83% en masa (Debabandya Mohapatra, 2010, p. 21).

1.2.12. Principales métodos para obtener películas biodegradables

- Método húmedo: El principal método para la obtención de las películas hechas de polímeros naturales es por evaporación de solventes. Este método tiene tres pasos principales: el primer paso es disolver el polímero en un solvente adecuado, agregando plastificantes y otros aditivos, el segundo paso es verter la solución en un plato o recipiente, y el último paso es evaporar el solvente. Los puntos más importantes para la obtención de biopelículas de calidad es la velocidad y tiempo de secado (Stahl, 2016, p. 28).
- Método seco: Este método suele implicar un proceso de fundición (extrusión, amasado, etc.) en el que los plastificantes se tratan termo mecánicamente. Por ejemplo, este método se utiliza con almidón plastificado (Stahl, 2016, p. 28).

1.2.13. Caracterización de las películas biodegradables elaboradas a partir de almidones

Las propiedades Mecánicas tienen una relación directa con la funcionalidad de la película, entre las que se encuentran la resistencia a la tracción, el alargamiento a la rotura, la función de barrera al vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono, y las propiedades físicas incluyen: espesor, solubilidad, opacidad, color y otras propiedades. La película hecha de almidón se caracteriza por un excelente rendimiento y la capacidad de evitar la transferencia de gas debido a la estructura química de sus componentes principales. La cadena lineal de amilosa y la cadena ramificada de amilopectina, pero el grupo hidroxilo en el anillo está definido por el enlace de hidrógeno y su hidrofilia y barrera débil al vapor de agua (Solano, 2018, p. 29).

1.2.14. Plastificantes

Son componentes de película fina se añaden para suavizar la estructura rígida de la película, son sustancias estables muy importantes en la formación de las biopelículas, porque afectan las propiedades mecánicas y la permeabilidad, cambiando así la estructura de la película y no son volátiles de alto punto de ebullición. Al reducir las fuerzas intermoleculares, se logra mejorar la estructura y fluidez de la cadena y el coeficiente de difusión de gas y agua. Estos plastificantes utilizados como aditivos en la matriz polimérica ayudan al procesamiento, aumentan la flexibilidad y reducen las fuerzas intermoleculares Debido a su bajo peso molecular, el agua es la principal fuente de polímeros naturales, a excepción de los glicoles como el sorbitol y el glicerol. Disolvente para facilitar el proceso de plastificación (Pilla Barroso, 2017, p. 22).

En la industria alimentaria se han descubierto glicerol, sorbitol y sus derivados, que cuando se utilizan plastificantes y almidones enzimáticos o modificados químicamente en combinación con

otros biopolímeros pueden resultar menos frágiles y más flexibles. La película es resistente, compatible y resistente, mejorando así las propiedades mecánicas. la película (Solano, 2018, p. 29).

1.2.15. Aditivos de películas biodegradables

Los aditivos son sustancias que se agregan a las biopelículas para mantener sus propiedades ya sea conservar, antioxidar o preservar su utilidad. (Álvarez, 2012 pág. 34)

1.2.16. Conservantes

Los conservantes son sustancias que se utilizan como aditivos por lo general se añaden a los alimentos para conservarlos y ayudan a minimizar la presencia de microorganismos, bacterias mohos y levaduras entre estos los que más se destacan es: ácido acético y Sorbato de potasio (Álvarez, 2012, p. 34).

1.2.17. Antioxidantes

Son sustancias utilizadas como aditivos alimentarios que prolongan la vida en almacén de los alimentos protegiéndolos del deterioro ocasionado por la oxidación. Entre los antioxidantes se tienen: Ácido cítrico, Ácido ascórbico y Meta bisulfito de sodio (Álvarez, 2012, p. 34).

1.2.18. Propiedades funcionales de la biopelícula de cáscara de plátano verde

1.2.18.1. Propiedades de las películas biodegradables:

Se pueden encontrar entre las propiedades físicas más representativas para las biopelículas las siguientes:

- a) **Espesor:** Esta propiedad es muy importante ya que conforme aumenta se tendrá una transferencia de masa elevada provocando que se aumente o incremente la presión parcial d vapor de agua de equilibrio en la parte inferior de la cubierta (Morales, 2011, p. 34).
- b) **Solubilidad en agua:** Este Factor delimita la biodegradabilidad de la película obtenida, esta propiedad es muy importante ya que evaluara la aplicación correcta de las películas biodegradables y su uso correcto en los recubrimientos de alimentos (Anchundia, 2016, p. 35).

Entre las propiedades mecánicas más representativas se encuentran:

- a) Elongación a la rotura: Esta propiedad proporciona un valor de ductilidad de un material, la cantidad de elongación va a depender de la tensión a la que se someta el mismo a su vez también es la capacidad de flexibilidad o estiramiento que posee una película, hasta que se rompa (Solano, 2018, p. 36).
- b) Resistencia a la tracción: Es la capacidad de una biopelícula a resistir a los esfuerzos de estiramiento se mide aplicando el ensayo de probeta o también un esfuerzo a una probeta, este ensayo permite precisar la resistencia elástica, resistencia última y plasticidad del material cuando se lo somete a fuerzas uniaxiales (García, 2018, p. 37).

Entre la propiedad funcional más representativa se encuentra:

- a) Permeabilidad al vapor de agua: Esta propiedad se utiliza para medir cuando se transfiere vapor de agua a un material, dependerá de la parte hidrofóbica de los elementos que forman parte de la película o del recubrimiento comestible, por medio del movimiento del vapor de agua de los polímeros se puede vigilar el traspaso de humedad desde el producto al medio que lo rodea. (Solano, 2018, p. 37)

Entre la propiedad biodegradable más representativa se encuentra:

- a) Biodegradación: Es la Capacidad que tiene el material de descomponerse en componentes orgánicos, dióxido de carbono, metano y agua por la acción enzimática de microorganismos que se miden por ensayos estandarizados es el mecanismo principal, ensayados en determinados tiempos y ambientes de almacenamiento ya predichos (Labeaga, 2018, p. 32).

CAPÍTULO II

2.1. Marco metodológico

2.1.1. *Objetivos*

2.1.1.1. *General*

- ✓ Obtener y caracterizar una biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) para el uso en alimentos mediante procesos físico-químicos.

2.1.1.2. *Específicos*

- ✓ Obtener el almidón de plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) mediante los procesos de molienda, decantación, secado y tamizado.
- ✓ Realizar formulaciones ideales para la producción de las películas biodegradables, utilizando procedimientos establecidos bibliográficamente.
- ✓ Evaluar las propiedades mecánicas y aspectos cualitativos que presentan las láminas de plástico biodegradable comprobando su efectividad.
- ✓ Utilizar la biopelícula obtenida como sustituto de los plásticos convencionales en la conservación de alimentos.

- **Hipótesis y especificación de variables**

2.1.2. *Hipótesis General*

- El almidón proveniente de los desechos de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) es materia prima adecuada para la elaboración de una película biodegradable.

2.1.3. *Hipótesis Específicas*

- La velocidad de licuado afecta en el rendimiento de la obtención del almidón de la cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

- La variación del porcentaje de participación del almidón y del plastificante tiene efecto sobre la formación de la película biodegradable.
- Al disminuir la cantidad de glicerina la película biodegradable presenta menor porcentaje de solubilidad.
- Al aumentar el porcentaje de glicerina se afecta directamente el resultado de elongación de la biopelícula obtenida.

2.1.4. Identificación de variables

2.1.4.1. Variables dependientes

- Obtención de Almidón.
- Composición de la película biodegradable

2.1.4.2. Variables independientes

- Velocidad angular (rpm)
- Tiempo
- Porcentaje de almidón
- Porcentaje de plastificante

2.1.5. Operacionalización de variables

Tabla 3-2: Operacionalización de variables en el proceso de elaboración de la biopelícula.

Variable Dependiente	Variable Independiente	Sub variable	definición operacional	Equipos	Método	Unidad de medición
Obtención de almidón	Velocidad de licuado (RPM)	Velocidad angular alta	Las velocidades de la licuadora se idearon para controlar la velocidad con la que gira el motor y, normalmente, la textura y consistencia que deseamos en la preparación de alimentos depende en gran medida de dicha velocidad. Así, si deseamos preparar un batido, una salsa o un puré, utilizaremos una velocidad baja o media; para preparar un granizado o un cóctel, utilizaremos una velocidad mayor.	Licuadora con velocidad angular alta y bajo	N.A.	RPM
		Velocidad angular baja				

	Tiempo	90 segundos	El tiempo es una magnitud física con que se mide la duración o separación de acontecimientos	Cronómetro	N.A.	Segundos
		120 segundos				
Composición de la película biodegradable	% de almidón	Almidón de la cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>)	Macromolécula formada por dos polisacáridos, que son la amilosa y la amilopectina, es un polímero natural de origen vegetal, el cual es utilizado para la preparación de películas biodegradables.	Licuada, Balanza, tamizador, secador de bandejas	Método de molienda húmeda	porcentaje (%)
	% de Plastificante	Plastificante: Glicerina	Sirve como plastificante en las biopelículas. Alcohol conformado por 3 grupos hidroxilos. Su fórmula molecular es $C_3H_8O_3$	N.A.	N.A.	militros (ml)

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.6 Matriz de consistencia

Tabla 4-2: Matriz de consistencia.

ASPECTOS GENERALES		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL
<p>La producción de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>) es una de las agroindustrias de mayor importancia dentro del Ecuador, con una producción anual de aproximadamente 560 millones de toneladas. Consecuentemente la industria del plátano genera 7 millones de toneladas de desechos por año, los mismos que consisten principalmente de tallos y cáscaras, los cuáles en su mayoría contienen celulosa, lignina, almidón, hemicelulosa y pectina. Actualmente, estos desechos se usan como material para abono de tierra y no tienen ningún fin como producto con valor agregado que pueda servir dentro del mercado. Mediante el aprovechamiento de la cáscara del plátano verde la cual está compuesta de aproximadamente 12% en masa de almidón, se pretende en la presente investigación elaborar bioplásticos el cual sustituirá a los plásticos convencionales derivados del petróleo utilizados para la envoltura de alimentos.</p>	<p>Obtener y caracterizar una biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>) para el uso en alimentos mediante procesos físico-químicos.</p>	<p>El almidón proveniente de los desechos de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>) es materia prima adecuada para la elaboración de una película biodegradable.</p>
ASPECTOS ESPECÍFICOS		

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
No existe una buena gestión con respecto a los desechos producidos por la industria bananera en el país por lo que la cáscara de plátano verde es otro tipo de residuo contaminante.	Obtener el almidón de plátano dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>) mediante los procesos de molienda, decantación, secado y tamizado	La velocidad de licuado afecta en el rendimiento de la obtención del almidón de la cáscara de plátano verde dominico-hartón (<i>Musa AAB Simmonds</i>).	<ul style="list-style-type: none"> – Velocidad de licuado – Tiempo – Rendimiento – Humedad – Contenido de Cenizas – pH – Temperatura de gelatinización 	<ul style="list-style-type: none"> – Fuentes Bibliográficas – NTE INEN 518 – NTE INEN 527 – NTE INEN 526 – AOAC 943.02 – Técnica (Grace, 1977).
El plástico derivado del petróleo es el principal contaminante del	Realizar formulaciones ideales para la producción de las películas biodegradables, utilizando procedimientos	La variación del porcentaje de participación del almidón y del plastificante tiene efecto sobre la formación	<ul style="list-style-type: none"> – Volumen de glicerina, agua destilada conservante y antioxidante – Almidón 	<ul style="list-style-type: none"> – Fuentes Bibliográficas

<p>ecosistema en el mundo causando grandes daños en la naturaleza al ser un agente causante de muerte para aves así también contamina el agua y causa alteración de la composición de los suelos.</p>	<p>establecidos bibliográficamente.</p>	<p>de la película biodegradable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Tiempo 	
<p>No existe la suficiente información acerca de las propiedades físico- mecánicas que pueden llegar a tener las películas biodegradables por lo que no se han</p>	<p>Evaluar las propiedades mecánicas y aspectos cualitativos que presentan las láminas de plástico biodegradable comprobando su efectividad.</p>	<p>Al disminuir la cantidad de glicerina la película biodegradable presenta menor porcentaje de solubilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Espesor - Tracción - Solubilidad - Permeabilidad al vapor de agua 	<ul style="list-style-type: none"> - Empleo de norma INEN-2043:2013 - Análisis físico - Método descrito por Trujillo (2014)

implementado a nivel industrial.				
No existen empaques que disminuyan la perecibilidad de los alimentos perecederos los cuales empiezan su descomposición por agentes externos como humedad, presión y temperatura.	Utilizar la biopelícula obtenida como sustituto de los plásticos convencionales en la conservación de alimentos.	Al aumentar el porcentaje de glicerina se afecta directamente el resultado de elongación de la biopelícula obtenida	<ul style="list-style-type: none"> - Color - Transparencia - Opacidad - Hongos y levaduras - Dureza 	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis Físico - Método colorimétrico - FAO

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.7. Tipo y diseño de investigación

- **Tipo de investigación**

a) Según el método de investigación

El presente trabajo es de tipo experimental-correlacional ya que por un lado el método experimental manipula las variables (V.I.) directamente, no de manera selectiva. Por tanto, en los estudios correlacionales las variables a relacionar vienen “ya dadas”, mientras que en los estudios experimentales se crean. Por ello, en el primer caso, las variables se manipulan mediante selección, y en segundo caso se manipulan directamente.

b) Según el objeto de investigación

La investigación es teórica ya que recopila datos teóricos para generar nuevos conceptos generales relacionados con el almidón de plátano verde dominico-hartón y su uso en la formulación para la elaboración de la biopelícula.

c) Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

La investigación es explicativa debido a que se expresará las condiciones que se manifiestan durante el desarrollo del estudio, además se realizará la interpretación de las dos variables establecidas.

d) Según la manipulación de variables

La investigación experimental se empleará dado que se fundamenta en el enfoque cuantitativo y cualitativo, por la recolección de datos a través de la experimentación y además se la utilizará para comprobar las hipótesis planteadas.

2.1.8. Diseño experimental de la investigación

2.1.8.1. Descripción de los equipos, materiales, reactivos y materia prima

El presente trabajo de investigación utiliza equipos y materiales disponibles en los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, y a su vez los reactivos

son proporcionados por la misma facultad, la materia prima son residuos recolectados al azar. A continuación, se detalla cada uno de ellos:

Materiales

- Cuchillo
- Tamiz (150 um)
- Cajas Petri
- **Equipos**
- Licuadora Industrial.
- Estufa, marca ESCO, modelo Isotherm OFA-54-8, Máx. Temp. 300 °C / 572 °F, volumen 115 L, serial 2015-T01866.
- Balanza analítica digital, marca OHAUS EXPLORER, modelo EX623. Serie: B704630506, Max 220 g, min 0,0001 mg.
- Mufla, marca THERMO SCIENTIFIC, modelo FB1415M, Máx. Temp. 1200 °C (2192 °F), Serie: 0146448301170117.
- Agitador magnético con placa calefactora, marca THERMO FISHER SCIENTIFIC, rango de velocidad 60-1110 1/min, Máx. Temp. 450 °C, serial C1928150309077.
- Molino, marca Arthur Thomas CO, Serial FC-L.PN-15 INV4968.
- Sorbona, marca Biobase, modelo FH 1200, Serial V.C.B 109527.
- Reverbero, marca Haceb, serial 47106, Laboratorio de bromatología.
- Desecador, marca Kavalier, modelo simax, serial 632416262281.
- Peachímetro, marca OAKTON, modelo pH 700, Serial 1524104.
- Autoclave tuttnaver, Serial UCB-68456.
- Cámara de reflujo laminar, Serial 30846
- **Reactivos**
- Glicerina
- Ac. Acético
- Ac. Cítrico
- Agua destilada

Materia prima

Cáscaras de plátano verde dominico Hartón (*Musa AAB Simmonds*)

2.1.8.2. Diseño experimental 2^k de la Obtención de almidón

El diseño experimental de la investigación se desarrolló con el objetivo de obtener y caracterizar una biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) para el uso en alimentos mediante procesos físico-químicos. Este es un proceso que se realiza en varias etapas. La primera consiste en la selección de la materia prima donde se procede a lavar en agua y con detergente para eliminar impurezas, la siguiente etapa es la extracción de almidón donde se realizará el diseño factorial experimental 2^2 donde $2 \times 2 = 4$ con cuatro repeticiones cada uno nos da como resultado 16 tratamientos con tiempos de 90 y 120 segundos y RPM1 (baja) y RPM2 (alta) esto con el fin de determinar que tratamiento tiene mayor rendimiento para evitar el pardeamiento de la materia prima se sumergió las cáscaras en ácido cítrico, luego de esta etapa se procede a licuar las cáscaras con un volumen determinado de agua luego se la pasa por una malla fina y se deja sedimentar el almidón para luego decantar el líquido sobrenadante posteriormente se lleva a secar el almidón obtenido para finalmente se tamizará el almidón obtenido y se almacenará, como se muestra en la siguiente figura 8-2.

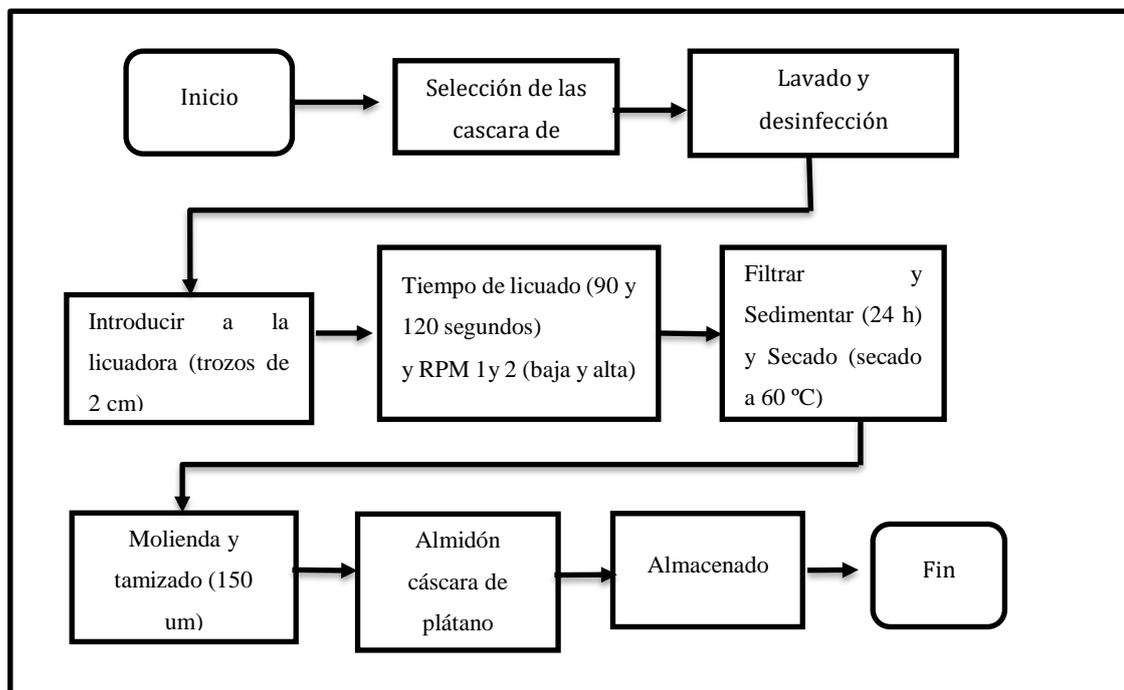


Figura 8-2: Diagrama de la obtención del almidón de la cáscara

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.8.3. Diseño de experimentos con mezclas para la elaboración de la biopelícula

Existen muchos problemas reales y de investigación que involucran productos que resultan al mezclar diferentes componentes. Por ejemplo: bebidas, medicamentos, detergentes, pinturas, resinas, gasolinas, cementos, etc., están formados por una mezcla de distintos ingredientes o componentes. En general, se supone que las características de calidad de la mezcla dependen de las proporciones con las que participan los ingredientes y no de la cantidad absoluta de ellos.

El objetivo general de este tipo de diseño de experimentos es cuantificar la influencia que tienen los diferentes componentes sobre la respuesta, tanto en forma individual como en su acción conjunta con otros componentes. Se trata de modelar esta respuesta para predecirla en cualquier formulación posible, y utilizar los modelos con el propósito de encontrar la composición de la mezcla que proporcione mejores resultados (optimizar). Por lo que se utilizará en la elaboración de la biopelícula, los componentes de los que dependerá la misma es el % de plastificante y el % de almidón.

De manera general se muestra en la figura 9-2 donde se ilustra el proceso a seguir en el presente trabajo de investigación.

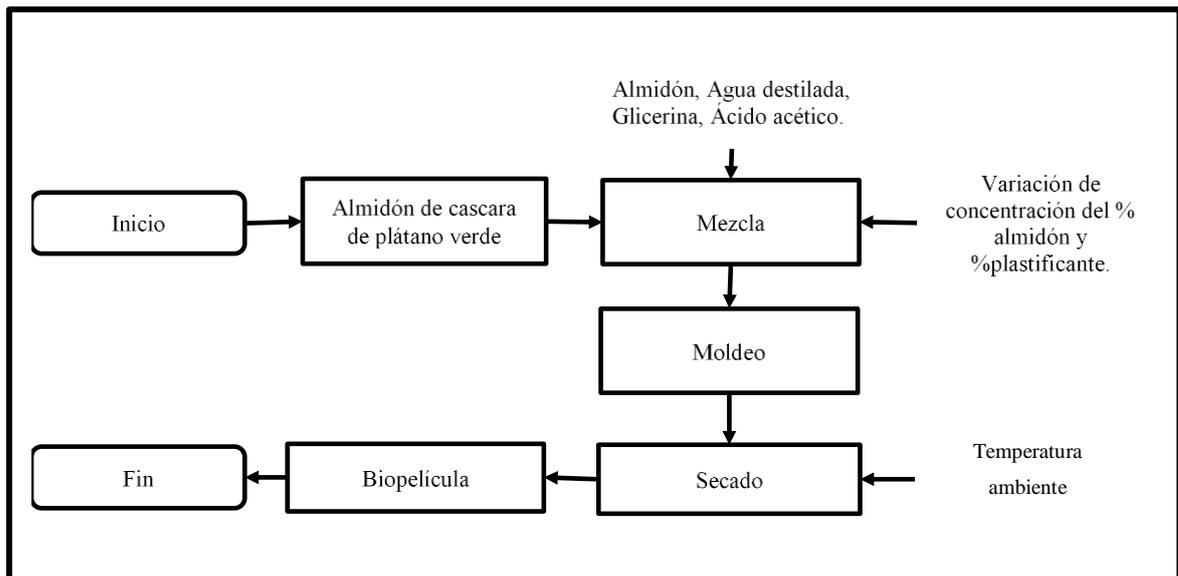


Figura 9-2: Diagrama del proceso de elaboración de la biopelícula

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

- **Unidad de análisis**

La unidad de análisis para el presente trabajo es el almidón obtenido de las cáscaras del plátano verde dominico-hartón el cual será caracterizado por medio de una serie de pruebas de laboratorio

como son las pruebas de yodo para comprobar la existencia de almidón a su vez se realizará un análisis proximal.

Una vez obtenidos los datos experimentales del almidón como es el rendimiento se procederá a analizar la biopelícula la cual será sometida a varias pruebas, inicialmente a un proceso de caracterización, realizando pruebas mecánicas, pruebas físicas y microbiológicas.

- **Población de estudio**

Respecto a las cáscaras de plátano verde tipo dominico-hartón, se tomará en total 20 kg como población las cuales se escogerá al azar debido a que esta investigación tiene varios puntos de comparación para buscar una población en específico, ya que se puede tratar del almidón, del bioplástico obtenido o de varios tipos de contaminación a los que afecta el uso excesivo de bioplásticos o desperdicios.

- **Tamaño de muestra**

La muestra correspondiente a las cascaras de plátano libres de suciedad y sin manchas es de 4 kilos, de acuerdo al rendimiento esperado que es aproximadamente del 20%.

- **Selección de la muestra**

El procedimiento a seguir para la selección de muestras en el presente proyecto se encuentra a continuación en la figura 10-2.



Figura 10-2: Selección de materia prima

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.9 Técnicas de recolección de datos

Fuente primaria:

Se obtendrá información a partir de fuentes primarias externas a través de artículos encontrados, libros y demás fuentes bibliográficas y tesis publicadas en diferentes bibliotecas del país, que contienen información relacionada con el tema de interés y nos dan un amplio conocimiento de cómo podrían comportarse las variables dependientes al tener una manipulación controlada de las variables independientes.

Fuentes secundarias:

a) Métodos de caracterización física, química y funcional del almidón

Son procedimientos o técnicas que se siguen cuando se utiliza un equipo para obtener información específica ayudando así a determinar la composición química, forma, tamaño etc. de sustancias o materiales, ya sea cuantitativa o cualitativamente. Estas técnicas pueden ser:

➤ Determinación de Humedad

Tabla 5-2: Método de la determinación de humedad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD (AOAC 925.10.)	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">➤ Estufa➤ Balanza analítica➤ Desecador➤ Crisol➤ Pinzas de crisol	<ul style="list-style-type: none">➤ 2g de muestra de almidón.
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">➤ Se pesa el crisol en una balanza analítica y se registra el dato CV➤ Adicionar 2g de muestra al crisol y pesar en la balanza analítica, registrar el dato CM1➤ Regular la temperatura de la estufa a 105°C.➤ Utilizando unas pinzas colocar el crisol en el horno durante un periodo de 3 horas	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilizando unas pinzas transferir el crisol a un desecador (con desecante en el fondo) hasta que alcancen la temperatura ambiente ➤ Pesar el crisol en una balanza analítica y registrar el dato CM2
<p>Cálculos:</p> $\%Humedad = \frac{CM2 - CV}{CM1 - CV} * 100\%$ <p>Donde:</p> <p>CM1= Cápsula con muestra 1</p> <p>CM2= Cápsula con muestra 2</p> <p>CV= Cápsula vacía</p>

Fuente: (AOAC 925.10.p. 9).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Pruebas de Contenido de cenizas**

Tabla 6-2: Método de la determinación de contenido de cenizas del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

MÉTODO DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE CENIZAS (923.03 A.O.A.C)	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mufla ➤ Balanza analítica ➤ Desecador ➤ Crisol ➤ Pinzas ➤ Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2g de muestra de almidón.
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar el crisol limpio y seco por una hora en una mufla a 550 °C. ➤ Sacar de la mufla utilizando unas pinzas y llevar a enfriar en un desecador por una hora o hasta que se encuentre a temperatura ambiente. ➤ Pesar el crisol en una balanza analítica y registrar los datos (C₁). ➤ Pesar 2g de muestra previamente homogenizada, registrar como (C₂). ➤ Precalcinar la muestra en un reverbero evitando que se inflame, luego colocar en la mufla a 550° C por 24 horas hasta que las cenizas se tornen blancas o grisáceas. ➤ Utilizando unas pinzas transferir el crisol a un desecador hasta que alcance la temperatura ambiente ➤ Pesar el crisol en una balanza analítica y registrar el dato como (C₃) 	

Cálculos:

$$\%cenizas = \frac{c_3 - c_1}{c_2 - c_1} * 100$$

C₁= Masa del crisol vacío en gramos

C₂= Masa del crisol con la muestra en gramos

C₃= Masa del crisol con las cenizas en gramos.

Fuente: (923.03 A.O.A. C, p 21).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Solubilidad**

Tabla 7-2: Método de la determinación de solubilidad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE SOLUBILIDAD (guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca).	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Balanza analítica con una precisión de 0,01 g ➤ Baño con calentamiento constante ➤ Centrifuga ➤ Tubos de centrifuga plásticos de 50 mL ➤ Vasos de precipitado de vidrio de 50 mL ➤ Horno con temperatura constante ➤ Pipeta volumétrica de 10 mL ➤ Pipeteador de 30 mL 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1,25 g de muestra de almidón.
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C. ➤ Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse). ➤ Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. ➤ Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos. ➤ Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen. ➤ Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL (previamente pesado). ➤ Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C. 	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar el tubo de centrifuga con el gel. ➤ Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.
<p>Cálculos:</p> $\text{Indice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles}(g) * V * 10}{\text{Peso muestra}(g)bs}$ <p>Donde:</p> <p>V = volumen obtenido luego de centrifugar.</p>

Fuente: (FAO, 2013, p. 12).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Densidad**

Tabla 8-2: Método para medición de Densidad.

<i>Densidad</i>	
Materiales y Equipos:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Probeta de 100 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de malanga • Agua
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la probeta vacía. • Añadir almidón son compactar hasta los 100 ml. • Pesar y compactar. • Agregamos agua y medimos el volumen 	

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Viscosidad**

Tabla 9-2: Método de la determinación de Viscosidad del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

<i>Viscosidad</i>	
Materiales y Equipos:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • Vaso de precipitación • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de malanga • Agua

<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de agitación • Tubo de ensayo • Termómetro 	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse en un vidrio reloj 25 gramos de almidón. • Colocar el almidón en un vaso de precipitación y adicionar 500 ml de agua. • Prender el baño María hasta que y colocar la mezcla hasta que esta hierva. • Sacar la mezcla y enfriar hasta los 25° °C. • Medir la viscosidad. 	

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ Pruebas de pH

Tabla 10-2: Método de la determinación de pH del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

MÉTODO DETERMINACIÓN DE PH	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ph metro ➤ Vaso de precipitación de 250 ml ➤ Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesarse 10gr de la muestra y añadir 100 ml de agua recién hervida a 25 °C. ➤ Agitar hasta que las partículas estén suspendidas uniformemente y la mezcla esté libre de grumos. ➤ Mezclar durante 30 minutos agitando con frecuencia. ➤ Dejar reposar 10 minutos más. ➤ Determinar inmediatamente el pH. 	

Fuente: (FAO, 2013, p. 14).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ Temperatura de Gelatinización.

Tabla 11-2: Método de la determinación de la temperatura de gelatinización del almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*).

<p>MÉTODO DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN. (Técnica Grace, 1977)</p>
--

Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baño termostático ➤ Vaso de precipitación de 100 ml ➤ Vaso de precipitación de 250 ml ➤ Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para el análisis se pesará 10 g de almidón. ➤ Disolver en agua destilada hasta completar a 100 ml. ➤ Posteriormente calentar agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85 °C. ➤ Tomar de almidón preparada se tomarán 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 ml. ➤ El vaso con la muestra se debe introducir en el agua a 85 °C, se agitará con el termómetro constantemente la solución de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. ➤ La temperatura de gelatinización se debe leer directamente en el termómetro. 	

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.8.4. Análisis microbiológico del almidón y la biopelícula

Este tipo de análisis microbiológicos consisten en una inspección de alimentos o sustancias por medio de pruebas que permiten detectar si se presentan o no elementos patógenos. Estas pruebas pueden ser:

➤ Preparación

Tabla 12-2: Preparación de disoluciones.

Preparación de la solución de almidón	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pipeta ➤ Autoclave ➤ Campana de reflujo ➤ Balanza analítica ➤ Papel aluminio ➤ Algodón/ gasa ➤ Erlenmeyer de 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada ➤ Pectona 0,1 %

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El primer paso para la realización de las pruebas microbiológicas es realizar una disolución de agua peptonada al 0,1%. ➤ En total se debe realizar 108 ml ya que 90 ml se colocarán en el Erlenmeyer y 9 ml irán a un tubo y otros 9 ml a otro tubo, esto ya que se realizará disoluciones de 10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3} a partir de esto se realizarán los siguientes análisis. ➤ A continuación, se debe esterilizar en la autoclave, luego de 30 min se debe disolver en la solución que se encuentra en el Erlenmeyer 10 gr de almidón esta será nuestra solución 10^{-1}. ➤ Tomar 1 ml de la solución 10^{-1} y colocarlas en el tubo 10^{-2}, finalmente se toma 1 ml de la solución 10^{-2} y colocarla en 10^{-3}.

Fuente: (FAO, 2013, p. 20).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ Mohos y Levaduras

Tabla 13-2: Determinación de mohos y levaduras.

MÉTODO DETERMINACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS EN EL ALMIDÓN	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3 cajas Petri ➤ Pipeta automática ➤ Autoclave ➤ Campana de reflujo ➤ Balanza analítica ➤ Papel aluminio ➤ Algodón/ gasa ➤ Lámpara de alcohol ➤ Erlenmeyer de 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada ➤ Agar Saborau ➤ Alcohol al 96 %
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lavar las cajas petri, desinfectarlas con el alcohol y finalmente cubrirlas con papel aluminio introducirlas para esterilizarlas en la autoclave. ➤ Esterilizar el agar en la autoclave durante 30 min. ➤ Luego del tiempo transcurrido retirar el Agar se coloca 1 ml de la solución se 10^{-1} en la caja petri luego 1ml de la solución 10^{-2} y finalmente de la solución 10^{-3} se tomarán 0.1 ml. 	

- Se colocará el agar las tres cuartas partes de la caja petri, se deja enfriar y se la deja reposar por tres días al ambiente.
- Observar los resultados

Fuente: (FAO, 2013, p. 16).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Aerobios Mesófilos**

Tabla 14-2: Determinación de Aerobios Mesófilos.

MÉTODO DETERMINACIÓN DE AEROBIOS MESOFILOS	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3 cajas Petri ➤ Pipeta automática ➤ Autoclave ➤ Campana de reflujo ➤ Balanza analítica ➤ Papel aluminio ➤ Algodón/ gasa ➤ Erlenmeyer de 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada ➤ Agar PCA
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se debe realizar el Agar PCA de acuerdo al número de cajas que se trabajará en este caso 3 cajas petri. ➤ Esterilizar el Agar en la autoclave, luego llevar a la campana de reflujo. ➤ Se debe colocar ➤ Luego del tiempo transcurrido retirar el Agar se coloca 1 ml de la solución se 10^{-1} en la caja petri luego 1ml de la solución 10^{-2} y finalmente de la solución 10^{-3} se tomarán 0.1 ml. ➤ Se colocará el agar las tres cuartas partes de la caja petri, se deja enfriar y se la deja reposar por tres días al ambiente. ➤ Observar los resultados 	

Fuente: (FAO, 2013, p. 17).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **Coliformes totales**

Tabla 15-2: Determinación de coliformes totales.

MÉTODO DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 9 tubos de ensayo ➤ Pipeta automática ➤ Autoclave ➤ Campana de reflujo ➤ Balanza analítica ➤ Papel aluminio ➤ Algodón/ gasa ➤ Erlenmeyer de 250 ml ➤ tubo de Durham 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada ➤ Agar Brilla
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se debe realizar el Agar brilla. ➤ Colocar el agar en los tubos de ensayos 10 ml en cada tubo la primera repetición correspondiente a 10^{-1} se debe realizar con el doble de concentración. ➤ Colocar los tubos de Durham en forma invertida esto se hará para verificar si existe presencia de coliformes al observar si existe desprendimiento de gas. ➤ Esterilizar los tubos de ensayo en la autoclave durante 30 min ➤ Luego llevar a la campana de reflujo donde se procederá a colocar 10 ml en los primeros 3 tubos de la solución 10^{-1} luego colocaremos 1 ml en cada tubo de la solución de 10^{-2}, finalmente se toma 0,1 ml de la solución de 10^{-3} y se lo coloca en los 3 últimos tubos. ➤ Dejar en la estufa durante un día y observar si existe gas en los tubos o presencia de coliformes. 	

Fuente: (FAO, 2013, p. 18).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

➤ **E. Coli**

Tabla 16-2: Determinación de *Escherichia coli*.

MÉTODO DETERMINACIÓN DE E. COLI	
Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 3 cajas Petri ➤ Asa bacteriológica ➤ Autoclave ➤ Campana de reflujo ➤ Balanza analítica ➤ Papel aluminio ➤ Algodón/ gasa ➤ Erlenmeyer de 250 ml ➤ Lámpara de alcohol 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 10g de muestra de almidón. ➤ Agua Destilada ➤ Agar EMB
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Se pesa a cantidad respectiva de agar para 3 cajas petri. ➤ Luego se disuelve el agar y se lo lleva con su respectivo tapón a la autoclave. ➤ Después de ser esterilizado se procede a colocar el agar en la caja petri y se lo deja solidificar. ➤ Transcurrido este tiempo se quema el asa hasta que este rojo y se la enfría inmediatamente se sumerge en el tubo 10^{-1}, 10^{-2} y 10^{-3} esto se hará de acuerdo a coliformes totales y en que tubos existió crecimiento microbiano. ➤ Finalmente se siembra en el agar realizando líneas en zigzag. ➤ Observar si existe presencia de E. Coli. 	

Fuente: (FAO, 2013, p. 19).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

2.1.9. Pruebas físico-mecánica de la biopelícula

2.1.9.1. Pruebas de espesor de la película

Medir utilizando un micrómetro manual de 0.001mm de sensibilidad, donde se determinará de manera aleatoria 10 puntos en lugares al azar de cada película.

2.1.9.2. Pruebas de solubilidad

Para la determinación de este ensayo se aplicará la metodología utilizada por (Vanegas, 2014, p. 66) con algunas variantes. Se cortaron las películas en dimensiones de 2 x 2 cm, se pesarán en una balanza analítica con un margen de error de 0.0001 g.

Por otra parte, en un vaso precipitado de 100cc se adicionará 80ml de agua destilada donde se procederá a sumergir las películas previamente pesadas en un agitador magnético múltiple a una agitación constante a 200 - 300 rpm. Se tendrá cuidado en que la película se mantengan inmersa durante 30 minutos a temperatura ambiente.

Para finalizar, la muestra se filtrará y se colocará en placas petri para luego ser secadas a 105 °C durante 24 horas. Pasado el tiempo establecido, se volverá a pesar cada muestra.

Se calculará el porcentaje de solubilidad de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{(\text{Peso inicial de la biopelícula} - \text{peso final de la biopelícula})}{\text{peso inicial de la biopelícula}} (100)$$

2.1.9.3. Pruebas de resistencia mecánica de la película y evaluación de las propiedades de la superficie de la misma

Las pruebas se realizarán por triplicado para cada formulación, para ello se cortarán muestras de películas en un equipo ideal para realizar ensayos, la técnica que se utilizó es la de la probeta con medidas de 160 mm de largo por 25 mm de ancho. Una vez determinado el espesor promedio de cada uno de las probetas de las películas, se procedió a colocarlas entre las pinzas de sujeción del equipo. La separación entre las pinzas fue de 7 cm. Muestras uniformes de película se montarán sobre las pinzas de tensión del texturómetro para ser agarradas y luego estiradas a 50 mm a una velocidad de 0.10 mm/seg hasta la ruptura.

2.1.9.4. Biodegradación de la biopelícula

Se cortaron 3 cuadros de 2 x 2 cm para cada uno de las biopelículas a evaluar. Se registró el peso inicial de cada cuadro, para luego formar grupos de tres repeticiones por cada una de las películas. Los cuadros se colocaron en hoyos en la tierra a una profundidad de 2 cm, con divisiones de cartones como celdas, para evitar una posible confusión a la hora de retirar las muestras. Una vez posicionados en orden se entierran hasta el próximo día de la evaluación, así hasta llegar al día 20.

La fórmula que se usó fue:

$$\% \text{pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial del film} - \text{peso final del film}}{\text{peso inicial del film}} * 1$$

CAPÍTULO III

3. DATOS EXPERIMENTALES

Tabla 17-3: Datos experimentales de la obtención de almidón de cáscara de plátano verde dominico-hartón.

Nº	Tratamientos	Variables	Repeticiones	Volumen agua (ml)	Peso (g)			Peso total almidón (g)	Rendimiento	Promedio rendimiento	Tiempo secado (h)
					cáscara de plátano verde dominico-hartón (g)	ALMIDÓN (g)	promedio				
1	T1	RPM 1: 90	R1	300	200	4	3,8	15,2	2	1,9	24
2			R2			3			1,5		24
3			R3			5			2,5		24
4			R4			3,2			1,6		24
5	T2	RPM 2: 90	R1			8	11,5	46	4	5,75	48
6			R2			13			6,5		48
7			R3			12			6		48
8			R4			13			6,5		48
9	T3	RPM 1 : 120	R1			3	2,825	11,3	1,5	1,4125	24
10			R2			2			1		24
11			R3			3			1,5		24
12			R4			3,3			1,65		24
13	T4	RPM 2: 120	R1			14	14,5	58	7	7,25	48
14			R2			15			7,5		48
15			R3			15			7,5		48
16			R4			14			7		48

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 18-3: Datos experimentales de la obtención de la biopelícula.

No.	Tratamientos	variables	repeticiones	elaboración		secado				peso (g)	espesor (mm)	promedio	molde	forma película	transparencia	estabilidad
				temperatura (°C)	tiempo (min)	lugar	método	temperatura (°C)	tiempo (horas)							
1	TP1	CA1: CG1	R1	68	15	Laboratorio de bromatología	Ambiente	25	48	5	0,12	0,118	circular	cuadrada 3,5 x 3,5	No es translucido tiene cierta turbidez color café	sí, mantiene una buena estabilidad
2			R2	68	15					5,9	0,16					
3			R3	68	15					4	0,13					
4			R4	68	15					4,3	0,18					
5	TP2	CA1: CG2	R1	68	15					5	0,3	0,2475			Es translucido, una turbidez relativamente baja	no, presenta una estabilidad baja
6			R2	68	15					3,9	0,2					
7			R3	68	15					3,4	0,24					
8			R4	68	15					3,8	0,25					
9	TP3	CA2: CG1	R1	68	15					2,5	0,42	0,425			No es translucido tiene una turbidez baja	sí, es estable
10			R2	68	15					3	0,40					
11			R3	68	15					4	0,45					
12			R4	68	15					2,5	0,43					
13	TP4	CA2: CG2	R1	68	15					2,6	0,13	0,1275			Es traslucida con una turbidez relativamente baja	Sí, es muy estable
14			R2	68	15					3,5	0,11					
15			R3	68	15					2,7	0,15					
16			R4	68	15					2,8	0,12					

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

3.1. Marco de resultados y discusión de resultados

En el presente trabajo se realizaron en dos partes experimentales la primera para la obtención del almidón y la segunda la elaboración de bioplástico con el almidón obtenido.

3.1.7. Resultados de la obtención de almidón

Se analiza las características de la materia prima y el producto terminado para lo cual se hace la caracterización del plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) la cual refleja los siguientes resultados que se describen en la tabla 19-3:

Tabla 19-3: Caracterización del plátano verde dominico-hartón.

Parámetro	Característica
Olor	Característico
Sabor	Salado
Color	Verde
Textura interna	Dura
Textura externa	Dura
Peso promedio (g)	61,40
Longitud promedio (cm)	18,66
Diámetro promedio (cm)	6,18

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La tabla 19-3 presenta los resultados obtenidos de la caracterización de la materia prima donde se determina que el plátano presenta un olor característico concordando con varios autores que indican que un olor diferente es índice de mal estado del fruto, mediante otros análisis sensoriales se tiene que es de sabor salado, color verde, de textura dura tanto interna como externamente, además con ayuda de una balanza digital, un metro y un calibrador se analizaron varias muestras del plátano dominico-hartón obteniendo datos promedio de peso de 61,40 g, de longitud de 18,66 cm y de diámetro de 6,18 cm, (León, 2005, p. 10) en su investigación reportó valores de 5 o 6 cm de diámetro (en su parte central) , con 25 cm de largo y color característico verde que comparados con los resultados obtenidos no se encontró una diferencia significativa.

3.1.8. *Resultados obtenidos en la caracterización del almidón de plátano dominico-hartón (Musa AAB Simmonds)*

El producto obtenido en el presente trabajo corresponde a almidón de plátano verde dominico-hartón mediante 4 tratamientos en los que se varia la velocidad del equipo de trituración (intensidad baja o velocidad mínima e intensidad alta o velocidad máxima) y el tiempo de trituración (90 y 120 segundos) realizando 4 repeticiones de cada tratamiento para que los datos obtenidos tengan mayor precisión, esto con la finalidad de realizar análisis físico, químicos y microbiológicos, los cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 20-3: Caracterización del almidón.

Parámetro	Característica	Método
Olor	Dulce	Sensorial
Color	Café	Sensorial
Sabor	Insípido	Sensorial
Textura	Blando	Sensorial
Forma	Esférica truncada	Mac Masters (1964)
Tamaño (um)	0,125-0,68 mm	Mac Masters (1964)

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La caracterización de la forma y tamaño de los gránulos del almidón de plátano se determinaron mediante el método de Mac Masters (1964), el cual se basa en la observación microscópica directa, utilizando microscopio óptico. Donde se reportaron valores de 0,15-0,68 mm para el diámetro de los gránulos, valores muy cercanos a los que presenta (Osorio, 2019, p. 49) ,en su estudio que fueron de 0,125 – 0,71 mm. La forma que presentaron los gránulos del almidón al realizar su observación al microscopio fue esféricas truncadas, además mediante análisis sensorial se aprecia que presenta un olor rancio, su color característico es café, de sabor insípido y su textura blanda similar a la del talco, estos resultados sensoriales coinciden con la investigación presentada por (Rueda, 2003, p. 8) donde reporta que el almidón de la cáscara plátano verde presenta una forma ovala un color ligeramente café, con una textura suave o blanda y un sabor insípido a su vez también es brillante comparando estos resultados no se observa una diferencia en las características presentadas por el presente almidón.

Tabla 21-3: Propiedades Fisicoquímicas y microbiológicas del almidón de plátano dominico-hartón.

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	11,040	8,15 -13%	Norma AOAC 925.10.
2	Ceniza	%	0,105	0,02 - 3,53	Norma 923.03 AOAC
3	Solubilidad	%	4,288	0,27-12,32	FAO 2017 (163)
4	pH		6,470	6,0-6,5	FAO 2017 (163)
5	Fibra	%	1,750	2,3 ± 0,6	FAO (capítulo 20)
6	Proteína	%	1,350	1,72 ± 0,2	FAO (capítulo 15)
7	Viscosidad	cp.	845,475	840-1500cP	FAO 2017 (163)
8	Temperatura de gelatinización	°C	80,300	69,1-84	FAO 2017 (163)
9	Carbohidratos Totales	%	88,832	-	FAO (capítulo 15)
10	Amilosa	%	31,510	15 - 35 %	MO-LSAIA-04
11	Amilopectina	%	68,490	50 -85 %	MO-LSAIA-04
12	Hongos	UFC/g	20	1000 - 5000 UFC/g	FAO 2017 (163)
13	Aerobios mesófilos	UFC/g	148 000	200 000-300 000 UFC/g.	FAO 2017 (163)
14	Coliformes totales	NMP/g	Ausencia	<3	FAO 2017 (163)
15	Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10	FAO 2017 (163)

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La tabla 21-3 muestra los resultados de algunas propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del almidón y el método utilizado, comparados con el estándar de cada parámetro; entre estos datos está el porcentaje de amilosa y amilopectina los cuales reflejan un valor de 31,510 y 68,490 % respectivamente estando dentro del rango que especifica la norma técnica, la cual dice que el porcentaje de amilosa para el almidón de plátano está entre los rangos de 15 a 35% y el porcentaje de amilopectina oscila entre 50 a 85% , (Rueda, 2003, p. 8) en su estudio reportó los valores de amilosa y amilopectina son de 40 y 60% respectivamente observando así que los valores obtenidos en el presente trabajo no tienen una diferencia significativa.

Al analizar los resultados del análisis proximal destacando entre estos los parámetros de humedad, proteína, fibra, cenizas y carbohidratos totales, donde el porcentaje de humedad revela un valor de 11,040 % cantidad que concuerda con el rango que establece la Norma AOAC 925.10. el cual va de 8,15 a 13% según (Herrera, 2017, p. 56) en su investigación reportaron una humedad de 11,07% por lo cual se puede observar que el resultado obtenido luego de realizar 4 repeticiones es de alta precisión. Al no encontrar el rango oscilante de proteína en la norma técnica se comparó con los

resultados obtenidos en un estudio similar elaborado por (Herrera, 2017, p. 21) observando que el valor obtenido de 1,30 % es similar al obtenido en la presente investigación el cual es de 1,35 %, mientras que el valor obtenido en el mismo estudio es de fibra es de 0,90% en el presente trabajo se tiene un valor de 1,75% que es el doble de la cantidad, pero a su vez tenemos que el 1,75% se encuentra dentro de la norma FAO por lo que el valor es aceptable. El porcentaje de ceniza que es de 0,105 % está dentro los valores que establece la norma técnica 923.03 AOAC que dice que debe ser de 0,02-3,53 % y concuerda con los resultados presentados por (Carrión, 2020, p. 26) en su investigación con 0,12 % para cenizas y de igual manera su valor de carbohidratos totales que es de 90,3 % está dentro del rango con una diferencia no muy significativa del 1,40 % al obtenido que es de 88,832 %.

A su vez se midieron los parámetros de pH ,solubilidad ,viscosidad y temperatura de gelatinización con resultados de 6,47 para el pH comparando este resultado con la FAO se observa que se encuentra dentro de la norma así también podemos comparar con el estudio realizado por (Carrión, 2020, p. 57) donde el resultado es de 5,25 observando que el valor se aproxima al valor obtenido en el presente trabajo, la temperatura de gelatinización obtenida es de 80,3 °C respectivamente, la solubilidad presento un valor de 4,288 y finalmente una viscosidad de 845,475 estando dentro de los valores establecidos por la norma técnica de la FAO que van de 6,0- 6,5 para pH , 69,1– 84 °C para la temperatura de gelatinización , 0,27 -12,32% para la solubilidad, 840-1500 cp. esto dependerá de las condiciones del proceso estas pueden ser del tiempo y de las RPM del equipo que se utilice para medir la viscosidad (Herrera, 2017, p. 39).

Al realizar un medio de cultivo para analizar microbiológicamente el almidón de plátano se efectúa el conteo total, donde se tiene 20 (UFC/g) con respecto a hongos este valor nos indica que el valor está bajo del rango que establece la FAO , (Aristizábal, 2007, p. 93) en su investigación reportó valores de 250000 (UFC/g) para aerobios mesófilos, ausencia de Escherichia Coli , mohos y levaduras, en la presenta investigación se obtuvo 148000 (UFC/g) respecto al conteo de aerobios mesófilos mientras que existe ausencia de Escherichia coli al igual que coliformes totales por lo que se observa que este resultado está bajo el rango que presenta la FAO.

Tabla 22-3: Rendimiento del almidón de plátano dominico-hartón.

N.º	cáscara de plátano verde dominico-hartón (g)	Almidón (g)	Rendimiento%
T1	200	15,2	1,9
T2		46	5,75
T3		11,3	1,412
T4		58	7,25

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 22-3 se reflejan los pesos promedios de almidón que se obtiene de cada uno de los tratamientos que se realizó a la cáscara de plátano, de igual manera presenta los datos de rendimiento promedio del almidón de plátano que se tiene al mediante la siguiente expresión:

$$\%rendimiento = \left(\frac{\text{peso de almidón promedio}}{\text{peso de la cáscara}} \right) * 100\%$$

El mayor rendimiento se obtiene con el tratamiento 4 (T4) y el menor se obtiene en el tratamiento 3 (T3), esto se debe a que son los tratamientos en los que se ha obtenido mayor cantidad de almidón y menor cantidad respectivamente, pero en comparación entre los tratamientos 2 (T2) y el 4 (T4) tienen un rendimiento muy próximo a diferencia del primero y tercer tratamiento, estableciendo así que preferentemente se debe trabajar con la velocidad máxima del equipo de trituración para obtener un buen rendimiento.

3.1.9. Análisis estadístico

3.1.9.1. Análisis estadístico del almidón de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

El programa usado para el desarrollo de los análisis estadísticos fue la versión X64 de Statgraphics Centurión, en el cual se aplicó el análisis de ANOVA donde se evaluaron cada uno de los tratamientos con el fin de obtener una comparación entre cada uno de estos logrando así saber cuál es el tratamiento más óptimo para la obtención del almidón de plátano.

Donde los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 23-3: Tabla ANOVA del almidón.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A: velocidad	375,391	1	375,391	204,44	0,0000
B: Tiempo de licuado	4,10063	1	4,10063	2,23	0,1693
AB	15,8006	1	15,8006	8,61	0,0167

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 23-3 se tiene la tabla ANOVA la cual indica que factores son los más importantes, cuáles de estos están aportando información y que efecto tienen sobre la variabilidad de peso el factor A tiene un valor p-valoré menor a 0,05 por lo cual es el que más efecto tiene sobre la variable de peso, como se puede observar el Factor B no tiene un valor p-valoré menor a 0,05 eso quiere decir que no presenta diferencias significativas por lo que no tiene ningún efecto sobre su variable de respuesta, el factor AB al ser un valor menor al 0,05 quiere decir que efectivamente es importante considerar esa relación entre A y B.

Tabla 24-3: Resultados de Optimizar Respuesta.

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Velocidad	-1,0	1,0	1,0
Tiempo de licuado	-1,0	1,0	1,0

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 24-3 se muestra cual es el tratamiento más óptimo para la obtención de almidón de plátano dominico- hartón (*Musa AAB Simmonds*) en esta tabla se puede observar que se tiene como velocidad -1,0 que es valor bajo y 1,0 que denota el valor alto, así mismo el tiempo de licuado de -1,0 y 1,0 de bajo y alto según corresponde para lo que el tratamiento optimo es el que tiene una velocidad de 1,0 (alta) y un tiempo de licuado de 1,0 (alto) por lo que el tratamiento 4 es el más óptimo esto se puede comprobar ya que como se puede ver en la tabla 22-3 el peso total obtenido de almidón es de 58 gr y con un rendimiento de 7,25%.

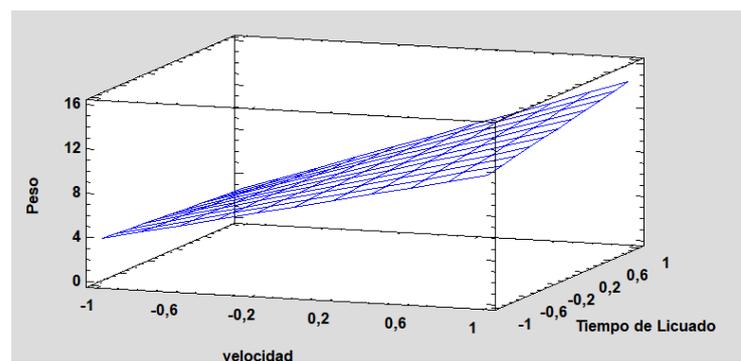


Figura 11-3: Superficie de respuesta estimada

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La figura 11-3 se expresa la superficie de respuesta que corresponde al modelo gráficamente representado de este plano, el cual nos indica el punto óptimo en la parte superior (1,0 – 1,0) donde el peso toma un valor de 14,5 (g) siendo esta una manera gráfica de cómo se comporta e interactúa el proceso.

Tabla 25-3: Diferencia significativa entre cada tratamiento.

Contraste	sig.	diferencia	± límites
1-2	*	-7.7	2,0597
1-3		0.975	2,0597
1-4	*	-10.7	2,0597
2-3	*	8.675	2,0597
2-4	*	-3.0	2,0597
3-4	*	-11.675	2,0597

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 25-3 se muestra el resultado de la comparación obtenido en el software estadístico, entre cada uno de los tratamientos donde se observa una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos a excepción del tratamiento 1-3 los cuales no tienen una diferencia significativa a comparación del tratamiento 3-4 que muestran una gran diferencia.

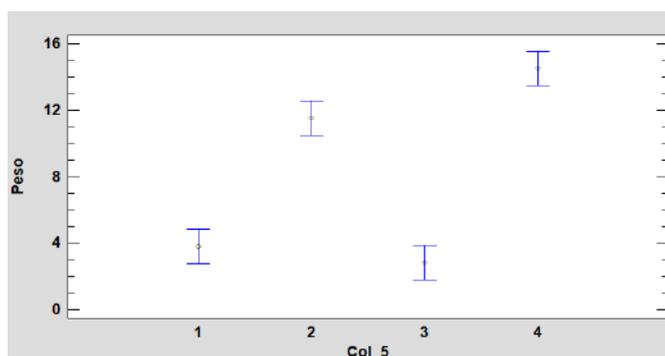


Figura 12-3: Grafica de medias y 95 % de Fisher LSD

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La figura 12-3 se muestra la media de cada uno de los tratamientos con este gráfico se puede identificar en que tratamiento se obtuvo el mayor peso a su vez se observa la diferencia significativa (LSD) que existe entre cada tratamiento de una manera gráfica, en la gráfica el tratamiento de mayor peso es el tratamiento 4 (T4) y el tratamiento 3 (T3) obtuvo el menor peso, el mismo que se puede comprobar observando en la tabla 22-3 donde se tiene que el T4 obtuvo 58(g), mientras que el tratamiento 3 (T3) obtuvo el menor peso con un resultado de 11,3 (g).

3.1.10. Análisis Cualitativo de la biopelícula

Tabla 26-3: Análisis cualitativo de la biopelícula de almidón de plátano

Tratamientos	VARIABLES	tiempo de secado h	Peso (g)	color	transparencia	estabilidad	moldeo	forma película
TP1	CA1: CG1	48	4,8	Café Claro	No es translucido, tiene cierta turbidez color café	sí, mantiene una buena estabilidad	circular	cuadrada 3,5 x 3,5
TP2	CA1: CG2		4,025	Café Claro	Es translucido con una turbidez relativamente baja	no, presenta una estabilidad baja		
TP3	CA2: CG1		3	Café Claro	No es translucido tiene una turbidez baja	sí, es estable		
TP4	CA2: CG2		2,9	Café Claro	Es translucido con una turbidez relativamente baja	Si, es muy estable		

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Al realizar el análisis cualitativo de los cuatro tratamientos que se realizaron para la obtención de plástico biodegradable en el tratamiento uno se utilizaron 5g de almidón y 10 ml de glicerina se tiene un tiempo de secado de 48 horas con un peso de 4,8 g el color de este es café claro característico a este tipo de películas donde se logró el moldeo , su estabilidad , la formación de película y no tiene transparencia, para el tratamiento dos se utilizaron 5g de almidón y 8 ml de glicerina el tiempo de secado es de 48 horas con un peso de 4,025 g el color fue café claro, este se moldea ,forma película es transparente pero no es estable, en el tratamiento tres se utilizaron 3 g de almidón el tiempo de secado se mantiene en 48 horas y su peso es de 3g y 10 ml de glicerina es moldeable, forma película y no tiene transparencia a su vez es estable y presenta un color café y en el último tratamiento se utilizaron 3 g de almidón y 8 ml de glicerina con lo cual se forma la película color café claro con transparencia y muy buena estabilidad los cambios se deben a la

formulación de cada tratamiento en los que se emplearon 3g de almidón su consistencia tenía mayor viscosidad el plastificante también cambio la formación del plástico por lo que se debe realizar un análisis completo al momento de elaborar las formulaciones con el fin de obtener mejores resultados, (Carrión, 2020, p. 41) reportó que el porcentaje de glicerol y la concentración de almidón tienen un efecto significativo sobre las propiedades de la biopelícula haciendo que este sea más moldeable o a su vez no se pueda moldear debido al efecto plastificante del glicerol.

3.1.11. Propiedades funcionales de la biopelícula de cáscara de plátano verde

3.1.11.1. Prueba de humedad de la biopelícula

Tabla 27-3: Resultados de humedad de la biopelícula.

CONTENIDO DE HUMEDAD					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
T1	14,46	14,50	14,60	14,83	14,60
T2	15,66	15,24	14,3	15,83	15,26
T3	14,25	14,65	14,5	14,53	14,53
T4	17,26	17,24	18,3	16,73	17,38

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 27-3 se tiene la humedad de la biopelícula obtenido a partir del almidón del plátano verde dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*), en el TP1 se tiene 14,60%, 15,26% para el TP2 14,53% para el TP3 y finalmente para el TP4 se tiene 17,38% de humedad , siendo este último el que más humedad tiene en la biopelícula comparando estos resultados con la investigación presentada por (Zamudio, 2005, p. 64) donde el contenido de humedad de la biopelícula fue del 9,58%, 13,72,16,68, 16,72,16,18 y 17,10% se puede observar que no existe diferencia significativa en cuanto al contenido de humedad en las películas elaboradas con el almidón de plátano, a su vez en la investigación de (Grossmann, 2005, p. 34) reportó valores de 18,19 y 24% de humedad para las películas elaboradas con glicerol y almidón, este valor podría variar por el tipo de almidón y la cantidad de plastificante utilizados los cuales podrían estar afectando esta característica de la biopelícula.

Así se puede visualizar en la gráfica 1-3 la cual nos indica la comparación entre cada uno de los tratamientos con respecto a la humedad en donde se puede observar que el tratamiento con menos humedad es el TP3 con 14,48%, a su vez el tratamiento con más humedad es el TP4 con 17,39%.

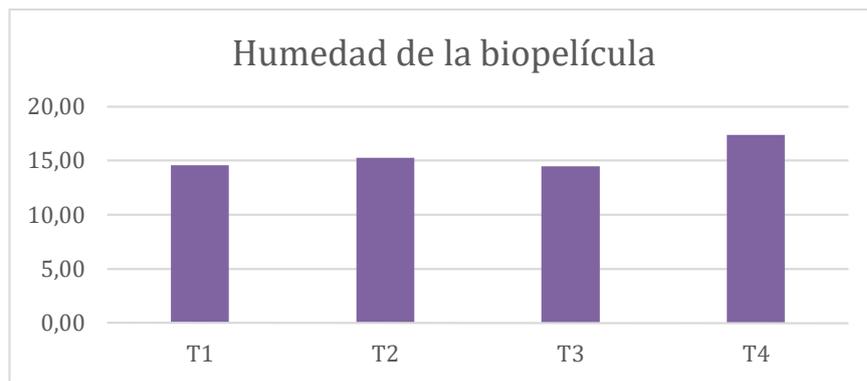


Gráfico 1-3: Humedad de la biopelícula

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

3.1.11.2. Prueba de solubilidad de la biopelícula

Tabla 28-3: Resultados de solubilidad de la biopelícula

PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD					
TRATAMIENTO	R1	R2	R3	R4	PROMEDIO
T1	76,54	76,53	76,32	76,94	76,58
T2	74,11	74,14	73,04	74,79	74,02
T3	75,19	76,48	77,42	76,41	76,38
T4	73,41	74,42	73,84	73,54	73,83

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 28-3 se puede observar el porcentaje de solubilidad para el TP1 fue de 76,59 % 74,01% TP2, 76,38% para el TP3 y finalmente para el TP4 73,83%, en la misma investigación presentada por (Zamudio, 2005, p. 68) se reportó valores de solubilidad para las películas del 17,6% al 72,73%, estos porcentajes de solubilidad son menores que los porcentajes presentados, esto puede ser debido a que en la presente investigación no se utilizó aceites ya que estos imparten cierto carácter hidrofóbico a la película, lo que la hace menos soluble en agua como reporta (García, 2018, p. 34) quienes adicionaron aceite de girasol a sus bioplástico y obtuvieron porcentajes de solubilidad menores al 50,2%.

Así se puede visualizar en la gráfica 2-3 la cual nos indica la comparación entre cada uno de los tratamientos con respecto a la solubilidad en donde se puede observar que el tratamiento con menos solubilidad es el TP4 con 73,82 %, a su vez el tratamiento con más solubilidad es el TP1 con 76,59%.

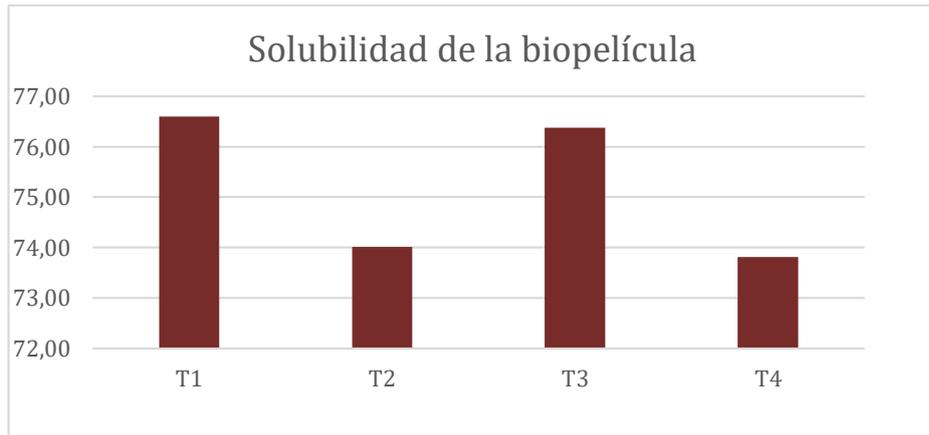


Gráfico 2-3: Solubilidad de la biopelícula

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

3.1.11.3. *Permeabilidad de la biopelícula*

3.1.12. Tabla 29-3: Resultados de la permeabilidad de la biopelícula durante 6 horas

Tiempo (horas)	TRATAMIENTO															
	TP1				TP2				TP3				TP4			
	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P
1	32,8016	34,8993	33,7010	33,8006	31,5803	33,4439	32,4812	32,5018	33,0041	33,6656	33,5543	33,4080	33,5755	34,5981	33,6443	33,9393
	32,8027	34,9001	33,7015	33,8014	31,5812	33,4448	32,4813	32,5024	33,0054	33,6667	33,5546	33,4089	33,5763	34,5992	33,6446	33,9400
2	32,8027	34,9001	33,7015	33,8014	31,5812	33,4448	32,4813	32,5024	33,0054	33,6667	33,5546	33,4089	33,5763	34,5992	33,6446	33,9400
	32,8030	34,9003	33,7024	33,8019	31,5816	33,4453	32,4816	32,5028	33,0055	33,6669	33,5551	33,4092	33,5765	34,5994	33,6451	33,9403
3	32,8030	34,9003	33,7024	33,8019	31,5816	33,4453	32,4816	32,5028	33,0055	33,6669	33,5551	33,4092	33,5765	34,5994	33,6451	33,9403
	32,8031	34,9006	33,7035	33,8024	31,5819	33,4459	32,4818	32,5032	33,0059	33,6671	33,5554	33,4095	33,5768	34,5997	33,6453	33,9406
4	32,8031	34,9006	33,7035	33,8024	31,5819	33,4459	32,4818	32,5032	33,0059	33,6671	33,5554	33,4095	33,5768	34,5997	33,6453	33,9406
	32,8036	34,9010	33,7038	33,8028	31,5823	33,4463	32,4823	32,5036	33,0063	33,6672	33,5558	33,4098	33,5770	34,5998	33,6455	33,9408
5	32,8036	34,9010	33,7038	33,8028	31,5823	33,4463	32,4823	32,5036	33,0063	33,6672	33,5558	33,4098	33,5770	34,5998	33,6455	33,9408
	32,8042	34,9016	33,7044	33,8034	31,5829	33,4470	32,4827	32,5042	33,0071	33,6678	33,5562	33,4104	33,5778	34,6003	33,6459	33,9413
6	32,8042	34,9016	33,7044	33,8034	31,5829	33,4470	32,4827	32,5042	33,0071	33,6678	33,5562	33,4104	33,5778	34,6003	33,6459	33,9413
	32,9503	34,9143	33,7049	33,8565	31,5833	33,4474	32,4831	32,5046	33,0076	33,6683	33,5566	33,4108	33,5783	34,6007	33,6464	33,9418

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 30-3: Permeabilidad final de la biopelícula.

Tiempo (horas)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.Mpa)			
	TP1	TP2	TP3	TP4
6	0,00462	0,00049	0,00144	0,00022

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 30-3 se tiene para la permeabilidad al vapor de agua se obtuvieron valores de 0,00462, 0,00049, 0,00144 y 0,00022 g/h.m.Mpa respectivamente para cada tratamiento, (García, 2018, p. 83) determinaron valores de permeabilidad al vapor de agua de $19,2 \times 10^{-11}$ g/m s Pa y de $17,6 \times 10^{-11}$ g/m s Pa, respectivamente, estas películas fueron plastificadas con glicerol y contenían una concentración de aceite de girasol observando que se tiene una diferencia significativa con el valor obtenido en la presente investigación ya que los valores presentados por (García, 2018, p. 83) en su investigación son valores menores a los obtenidos esto debido principalmente a la utilización de aceites en la elaboración de dichos bioplásticos, por otra parte, se puede observar la permeabilidad al vapor de agua en el bioplástico oscila entre 0,00022 y 0,00462 g/h.m.Mpa correspondiente estas al TP4 y TP1 respectivamente, siendo indicadas como el valor mayor y menor de permeabilidad.

A continuación, se muestra el resultado de permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula luego de haber transcurrido 6 horas, se puede observar en el gráfico que el valor menor es el de TP4 con 0,00022 g/h.m.Mpa a su vez también se tiene que el TP1 es el tratamiento con mejor permeabilidad al vapor de agua con un resultado de 0,00462 g/h.m.Mpa.



Gráfico 3-3: Permeabilidad de la biopelícula

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

3.1.12.1. Prueba de biodegradación bioplástico en suelo, agua y aire

Tabla 31-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el suelo.

N.º	Biodegradación en suelo								
	0	5	%	10	%	15	%	20	%
T1	9	7,12	21,39	4,72	47,88	3,36	62,87	1,68	81,42
T2	9	7,03	23,33	3,63	60,48	2,14	76,63	1,01	99,03
T3	9	7,24	20,24	4,92	45,75	3,54	61,01	2,03	77,68
T4	9	6,91	23,39	3,45	61,70	2,11	76,65	1,03	98,89

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

A continuación, se muestra el gráfico referente a la biodegradación en el suelo en donde se puede observar que la biodegradación se da de mejor manera para TP2 y TP4 a comparación de los TP1 y TP3.

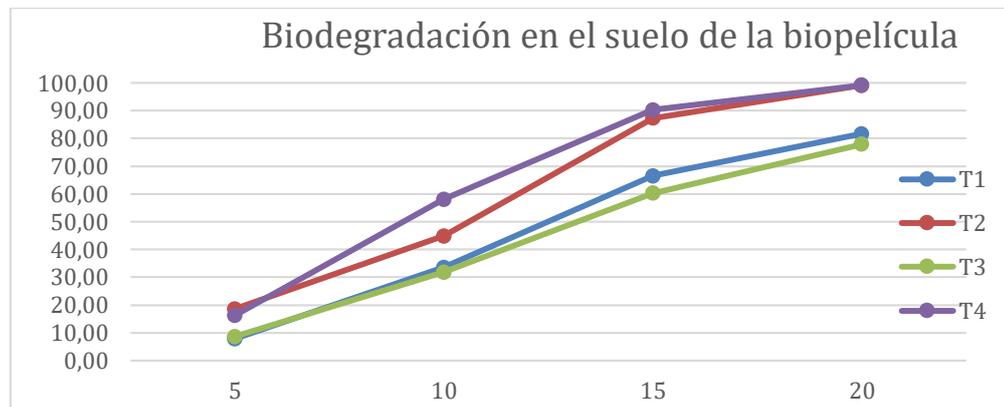


Gráfico 4-3: Biodegradación en el suelo

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 32-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el suelo.



Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 33-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el agua

N.º	Biodegradación en agua								
	0	5	%	10	%	15	%	20	%
T1	9	7,53	19,89	5,99	36,26	3,57	61,98	1,85	80,3
T2	9	7,90	13,48	4,48	50,92	2,31	74,67	1,32	85,5
T3	9	7,15	22,93	5,70	38,54	3,40	63,33	1,79	80,7
T4	9	7,24	23,57	4,79	49,39	2,50	73,56	1,34	85,8

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

A continuación, se muestra el gráfico referente a la biodegradación en agua en donde se puede observar que la biodegradación para TP2 y TP4 no tienen una diferencia significativa a comparación de los TP1 y TP3 en donde varía un poco.

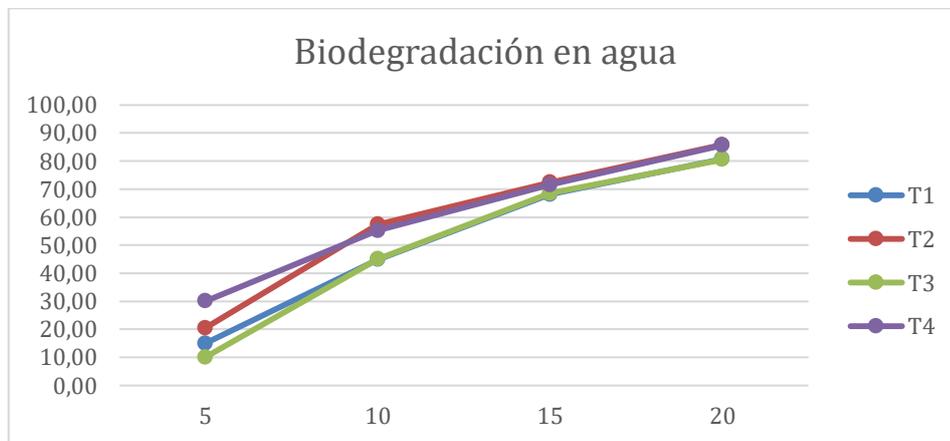


Gráfico 5-3: Biodegradación en agua

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 34-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el agua.

Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 35-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en aire.

N.º	Biodegradación en aire								
	0	5	%	10	%	15	%	20	%
T1	9	7,45	17,49	6,93	23,26	5,72	36,63	4,92	45,49
T2	9	7,25	19,71	6,78	24,88	5,56	38,45	4,47	50,49
T3	9	7,35	18,76	6,99	22,66	6,50	28,10	5,82	35,63
T4	9	6,30	30,08	5,84	35,16	4,53	49,73	3,99	55,69

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

A continuación, se muestra el gráfico referente a la biodegradación en aire en donde se puede observar que la biodegradación para TP1, TP2 y TP3 no varía mucho a comparación del TP3 en donde varía un poco siendo este el de menor biodegradabilidad.

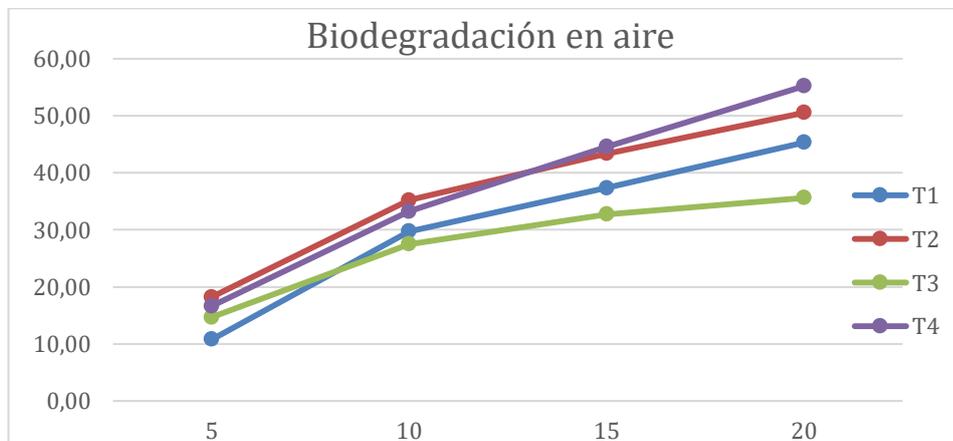


Gráfico 6-3: Biodegradación en aire

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 36-3: Resultados de la biodegradación de la biopelícula en el aire.

Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La biodegradabilidad se analizó desde tres aspectos en el agua, compostaje y ambiente observando los valores obtenidos en las tablas 31-3, 33-3 y 35-3 respectivamente donde los resultados obtenidos presentaron un porcentaje de biodegradabilidad importante se destacan el tratamiento 2 y el tratamiento 4 con los porcentajes más altos, (Zapata, 2019, p. 83) reportó un promedio de 17,81 % y 15,57% , por lo que se tuvo un mayor porcentaje de pérdida de peso del 77,89- 99,21 % en el suelo, 80-85 % en agua y finalmente 35- 50% en el aire, esto debido a que se elaboró en base de almidón y es 100% biodegradable según la normativa EN13432.

Tabla 37-3: Análisis microbiológico

No.	TRATAMIENTO	coliformes totales (NMP/g)	coliformes fecales (<i>Escherichia Coli</i>) (UFC/g)	mohos y levaduras (UFC/g)
1	T1	Ausencia	Ausencia	Ausencia
2	T2	Ausencia	Ausencia	Ausencia
3	T3	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4	T4	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 37-3 se tiene el análisis microbiológico realizado a las películas biodegradables donde existe ausencia de coliformes totales en todos los tratamientos así también ausencia de *Escherichia Coli* y finalmente ausencia de mohos y levaduras, (Chapuel, 2019, p. 45) en su investigación reportó ausencia de hongos y levaduras en el bioplástico, (Cadena, 2006, p. 51) reporto los valores de < 3 para coliformes totales, 500 para mohos y levaduras y < 10 para *Escherichia Coli* estos resultados comparándolos con los obtenidos en la presente investigación se encuentran de acuerdo a la norma técnica FAO dentro de los parámetros establecidos.

Tabla 38-3: Análisis mecánico

Tratamientos	módulo elasticidad (Mpa)	carga de fluencia (n)	esfuerzo de fluencia (Mpa)	carga máxima (n)	esfuerzo máximo (Mpa)	elongación (%)
T1	2,63E+01	1,06	1,02	1,1	1,03	16,76
T2	2,55E+01	1,04	1,01	1,09	1,03	15,90
T3	5,88E+01	5	3,42	3,01	2,30	36,77
T4	4,82E+01	2,07	2,02	2,12	2,04	30,47

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La tabla 38-3 muestra los resultados del análisis mecánico de plástico biodegradables es una forma para caracterizar el bioplástico en base a su elasticidad, para el tratamiento 1 tenemos un módulo de elasticidad de 2,63E+01 Mpa, para el tratamiento 2 2,55E+01 Mpa para el tratamiento 3 5,88E+01 Mpa y finalmente para el tratamiento 4 con un resultado de 4,82E+01 Mpa todos estos son resultados favorables que se pueden comparar con el estudio de (Zamudio, 2005, p. 78) donde el módulo de elasticidad osciló entre 3,28 hasta 8,39 Mpa así también se tuvo un esfuerzo de fluencia de 1,01 a 3,42 , (Zamudio, 2005, p. 78) reportó valores de 1,1 a 8,95 Mpa en la misma investigación observando que los resultados obtenidos están dentro del rango pero presentan una diferencia significativa, los valores obtenidos en el esfuerzo máximo fueron de 1,03 a 2,30

comparando estos mismos con la investigación presentada por (Zapata, 2019, p. 77) se reportó valores de 0,82 hasta 4,56 Mpa finalmente el porcentaje de elongación de la biopelícula fue de 15,90 hasta 36,77 %, (Zamudio, 2005, p. 79) reportó valores de 5 al 38 % por lo que se puede observar que no existe una diferencia significativa con los porcentajes de elongación presentados en la presente investigación a su vez (Noomhorm, 2004, p. 356) en su investigación reportaron valores del porcentaje de elongación del 5 al 20% , en general la biopelícula que tuvo menor porcentaje de elongación fue la del tratamiento 2.

A continuación, se puede observar la gráfica6-3 referente al análisis mecánico realizado al bioplástico del módulo de elasticidad en el cual se puede observar que la se tiene un valor alto para el TP3 de 5,88E+01 Mpa y un valor bajo para el TP2 de 2,55E+01 Mpa.

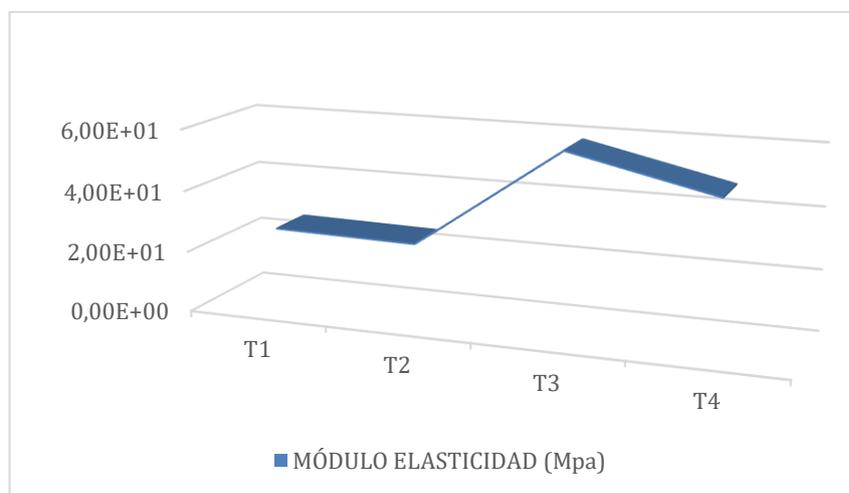


Gráfico 7-3: Módulo de elasticidad de la biopelícula.

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

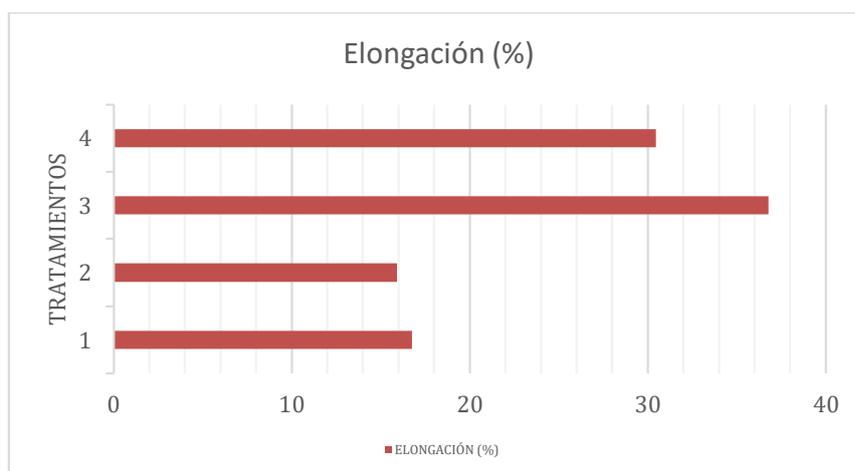


Gráfico 8-3: Elongación de la biopelícula

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En el gráfico 8-3 se tiene la elongación de la biopelícula en donde se puede apreciar que el porcentaje de alargamiento o elongación de la biopelícula a partir de plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) oscila entre 15,90% y 36,77% siendo estos correspondientes al TP2 y TP3 respectivamente, siendo indicadas como el valor de mayor y menor elongación.

3.1.12.2. Análisis estadístico para el bioplástico obtenido de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

El programa usado para el desarrollo de los análisis estadísticos fue la versión X64 de Statgraphics Centurión, en el cual se aplicó el análisis de ANOVA donde se evaluaron cada una de las formulaciones dividiéndolas en 4 tratamientos con el fin de obtener una comparación entre cada uno de estos logrando así saber con cuál de las formulaciones se obtendrá un bioplástico ideal para el uso en alimentos.

Donde los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 39-3: Resultados Análisis de Varianza de la biopelícula.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	0,0248063	1	0,0248063	29,74	0,0004
B: glicerol	0,0390063	1	0,0390063	46,77	0,0001
AB	0,158006	1	0,158006	189,45	0,0000
bloques	0,00201875	3	0,000672917	0,81	0,5212
Error total	0,00750625	9	0,000834028		
Total (corr.)	0,231344	15			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 39-3 se muestra la tabla ANOVA la cual indica que factores son los más importantes, cuáles de estos están aportando información y que efecto tienen sobre la variabilidad de espesor el factor A tiene un valor p-valúe menor a 0,05 por lo cual es el que más efecto tiene sobre la variable espesor, como se puede observar el factor B tiene un valor p-valúe menor a 0,05 eso quiere decir que presenta diferencias significativas por lo que tiene efecto sobre su variable de respuesta, el factor AB al ser un valor menor al valor p-value 0,05 quiere decir que efectivamente es importante considerar esa relación entre A y B para la elaboración de la biopelícula ya que esta relación afectara en el espesor de la biopelícula.

Al tratarse de un bioplástico se debe obtener una lámina delgada, resistente y que sus características sean ideales para la utilización de alimentos por lo que se tiene que el tratamiento más óptimo con respecto al espesor de la biopelícula se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 40-3: Resultados de Optimizar respuesta

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Almidón	-1,0	1,0	-1,0
Glicerol	-1,0	1,0	-1,0

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 40-3 se muestra cual es el tratamiento más óptimo para la obtención de la biopelícula de almidón de plátano dominico- hartón (*Musa AAB Simmonds*) en esta tabla se puede observar que se tiene el Almidón -1,0 que es valor bajo y 1,0 que denota el valor alto ,así mismo el Glicerol de -1,0 y 1,0 de bajo y alto según corresponde para lo que el tratamiento optimo es el que tiene Almidón de -1,0 (baja) y Glicerol de -1,0 (bajo) por lo que el TP4 es el más óptimo esto se puede comprobar ya que se puede ver en la tabla 18-3 donde se muestra que el espesor es de 0,1275 mm y el tratamiento con mayor espesor es el TP3 con 0,425 mm como se muestra a continuación en la figura 13-3.

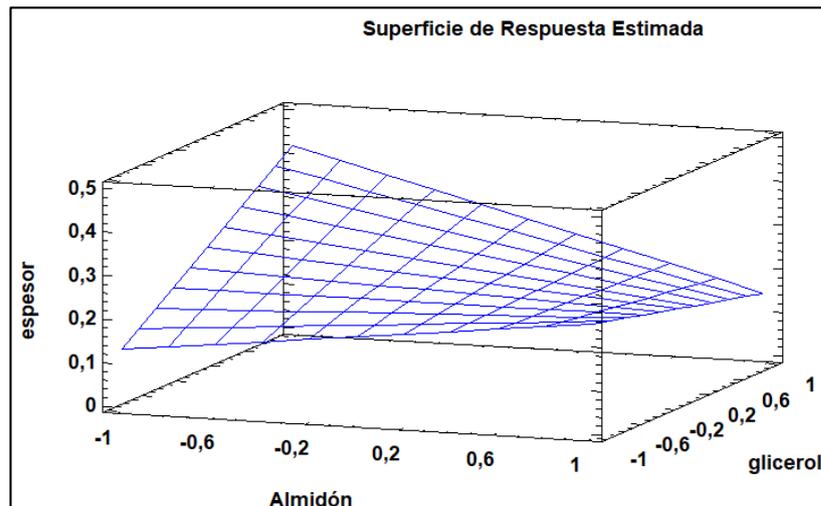


Figura 13-3: Superficie de respuesta estimada

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

La figura 13-3 se expresa la superficie de respuesta que corresponde al modelo gráficamente representado de este plano, el cual nos indica el punto óptimo para este caso en la parte inferior (-1,0 – -1,0) donde el espesor toma un valor de 0,1275 (mm) siendo esta una manera gráfica de cómo se comporta e interactúa el proceso.

Tabla 41-3: Prueba de múltiples rangos.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-0,1	0,0434058
1 - 4		0,02	0,0434058
1 - 3	*	-0,2775	0,0434058
2 - 4	*	0,12	0,0434058
2 - 3	*	-0,1775	0,0434058
3 - 4	*	-0,2975	0,0434058

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 41-3 se muestra el resultado de la comparación obtenido en el software estadístico, entre cada uno de los tratamientos donde se observa una diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos a excepción de TP1-TP4 los cuales no tienen una diferencia significativa a comparación de TP1-TP3 que muestra una gran diferencia como se puede observar en la tabla 18-3 donde se tiene valores para TP1 de 0,118 y 0,1275 para TP4 por lo que se observa que no existe una diferencia significativa a su vez 0,118 para TP1 y 0,425 para TP3 observándose una diferencia significativa entre estos tratamientos.

3.1.12.2.1. Análisis de Varianza para el contenido de humedad de la biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Tabla 42-3: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la biopelícula.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	3,75391	1	3,75391	30,77	0,0004
B: glicerol	11,4752	1	11,4752	94,07	0,0000
AB	4,27456	1	4,27456	35,04	0,0002
bloques	0,413119	3	0,137706	1,13	0,3881
Error total	1,09791	9	0,12199		
Total (corr.)	21,0146	15			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 42-3 se tiene el análisis de varianza para el contenido de humedad; se puede observar que los factores del % de almidón y el % de glicerol presentar una significancia menor a $P < 0,05$

lo cual nos indica que las interacciones entre almidón y glicerol influyen en el contenido de humedad para la elaboración de la biopelícula a su vez el Factor AB nos indica que al ser un valor menor al $P < 0,05$ quiere decir que efectivamente es importante considerar esa relación entre A y B para la elaboración de la biopelícula ya que esta relación afectara en el contenido de humedad de la biopelícula lo que se puede corroborar con la tabla 27-3 la cual indica que se debe tener en cuenta que tipo de almidón y el porcentaje de plastificante se utilizará en la elaboración de la biopelícula ya que esto influye directamente en el contenido de humedad del mismo.

Tabla 43-3: Análisis ANOVA del contenido de humedad de la biopelícula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	19,5036	3	6,50121	51,63	0,0000
Error	1,51102	12	0,125919		
Total (Corr.)	21,0146	15			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 43-3 se tiene el análisis ANOVA para el contenido de humedad de la biopelícula donde se puede observar que puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Tabla 44-3: Método LSD de Fisher para el contenido de humedad

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	14,5325	X
1	4	14,5975	X
2	4	15,2575	X
4	4	17,26	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 44-3 se tiene la prueba de Fisher la cual nos indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP3 es significativamente diferente a los TP2 y TP4, pero significativamente igual al tratamiento TP1 ocupando el primer lugar con humedad promedio de 14,5325% luego le sigue el TP1 con 14,5975% y finalmente el TP2 y TP3 con 15,25 y 17,26 respectivamente estos últimos tienen una diferencia significativa en su contenido de humedad la tabla 27-3 comprueba este resultado obtenido.

Tabla 45-3: Prueba de múltiples rangos para el contenido de humedad.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 – 3		-0,065	0,546703
2 – 3	*	-2,7275	0,546703
3 – 4	*	-0,725	0,546703
1 – 2	*	-2,6625	0,546703
1 – 4	*	-0,66	0,546703
2 – 4	*	2,0025	0,546703

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 45-3 se tiene la prueba de múltiples rangos la cual nos indica que existe una diferencia significativa entre todos los tratamientos a excepción del tratamiento TP1 y TP3 los cuales no tienen una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de humedad.

3.1.12.2.2. Análisis de Varianza para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Tabla 46-3: Análisis de varianza para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Almidón	0,140625	1	0,140625	0,31	0,5904
B: glicerol	25,8572	1	25,8572	57,27	0,0000
AB	0,0036	1	0,0036	0,01	0,9308
bloques	0,87865	3	0,292883	0,65	0,6033
Error total	4,0636	9	0,451511		
Total (corr.)	30,9437	15			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 46-3 se tiene la tabla de análisis de varianza para el porcentaje de solubilidad, la cual indica que factores son los más importantes, cuáles de estos están aportando información y que efecto tienen sobre la solubilidad de la biopelícula factor A (almidón) tiene un valor p-valué

mayor a 0,05 por lo cual no efecto tiene sobre la solubilidad , como se puede observar el Factor B (glicerol) tiene un valor p-valué menor a 0,05 lo que quiere decir que influye directamente en el porcentaje de solubilidad de la biopelícula, el factor AB al ser un $P > 0,05$ quiere decir que no existe una relación importante a considerar entre el almidón y el glicerol, estos resultados se pueden comparar con la tabla 28-3 donde indica que el glicerol es el principal factor que influye dentro del porcentaje de solubilidad de la biopelícula.

Tabla 47-3: Análisis ANOVA para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	26,0014	3	8,66715	21,04	0,0000
Error	4,94225	12	0,411854		
Total (Corr.)	30,9437	15			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 47-3 se tiene el análisis ANOVA para el porcentaje de solubilidad de la biopelícula donde se puede observar que puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, por lo que se tiene que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

Tabla 48-3: Método LSD de Fisher para el porcentaje de solubilidad.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
4	4	73,8025	X
2	4	74,02	X
3	4	76,375	X
1	4	76,5325	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 48-3 se tiene la prueba de Fisher la cual nos indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP4 es significativamente diferente a los TP1 y TP3, pero significativamente igual al tratamiento TP2 ocupando el primer lugar con un porcentaje de solubilidad promedio de 73,8025 % luego le sigue el TP2 con 74,02% y finalmente el TP3 y TP1 con 76,375 y 76,5325 % respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa.

Tabla 49-3: Prueba de múltiples rangos para solubilidad.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 3		-0,1575	0,98873
3 - 4	*	2,5725	0,98873
2 - 3	*	2,355	0,98873
1 - 4	*	2,73	0,98873
1 - 2	*	2,5125	0,98873
2 - 4		-0,2175	0,98873

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 49-3 se tiene la prueba de múltiples rangos la cual nos indica que existe una diferencia significativa entre todos los tratamientos a excepción del tratamiento TP1-TP3 y TP2-TP4 los cuales no tienen una diferencia estadísticamente significativa a comparación de los otros tratamientos en el porcentaje de solubilidad.

3.1.12.2.3. Análisis de Varianza para la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Tabla 50-3: ANOVA de la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	8,84455	3	2,94818	27655,76	0,0000
Error	0,00255847	24	0,000106603		
Total (Corr.)	8,84711	27			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 51-3 se muestra el resultado del análisis de varianza para la permeabilidad al vapor de agua, se observa que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los efectos de los tratamientos.

Tabla 52-3: Método LSD de Fisher para la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	7	32,5032	X
3	7	33,4095	X

1	7	33,8099	X
4	7	33,9406	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 52-3 se tiene la prueba de Fisher la cual nos indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP2 es significativamente diferente a los TP1 y TP4, pero significativamente igual al tratamiento TP3 ocupando el primer lugar con permeabilidad al vapor de agua promedio de 32,5032%, luego le sigue el TP3 con 33,4095% y finalmente el TP1 y TP4 con 33,8099 y 33,9406 respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa.

Tabla 53-3: Prueba de múltiples rangos para permeabilidad al vapor de agua.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 – 2	*	1,30663	0,0113904
1 – 3	*	0,400343	0,0113904
1 – 4	*	-0,130729	0,0113904
2 – 3	*	-0,906286	0,0113904
2 – 4	*	-1,43736	0,0113904
3 – 4	*	-0,531071	0,0113904

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 53-3 se tiene la prueba de múltiples rangos para los tratamientos con respecto a la permeabilidad donde se puede observar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre cada uno de los tratamientos, el TP2 y TP4 una mayor diferencia a comparación del TP1-TP3 que la diferencia estadística es mínima.

Tabla 54-3: Método LSD de Fisher para la permeabilidad al vapor de agua de la biopelícula luego de 6 horas.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
4	4	0,00022	X
2	4	0,00049	X
3	4	0,00144	X
1	4	0,00462	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 54-3 la prueba de Fisher indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP4 es significativamente diferente a los TP1 y TP3, pero significativamente igual al tratamiento TP2 ocupando el primer lugar con permeabilidad al vapor de agua promedio de 0,00022%, luego le sigue el TP2 con 0,00049 % y finalmente el TP3 y TP1 con 0,00144 y 0,00462 respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa por lo que se puede comparar con los resultados de la gráfica 3-3 donde se observa que el valor mínimo de permeabilidad al vapor de agua es de 0,00022 y el valor máximo es de 0,00462 estos correspondientes al tratamiento TP4 y TP1 respectivamente.

3.1.12.2.4. *Análisis de estadístico para la biodegradación de la biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (Musa AAB Simmonds)*

Tabla 55-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación en suelo de la biopelícula.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	77,89	X
1	4	81,65	X
2	4	99,14	X
4	4	99,21	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 55-3 la prueba de Fisher indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP3 es significativamente diferente a los TP2 y TP4, pero significativamente igual al tratamiento TP1 ocupando el primer lugar con un valor de biodegradación en el suelo 77,89%, luego le sigue el TP1 con 81,65 % y finalmente el TP2 y TP4 con 99,14 y 99,21% respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa por lo que se puede comprobar este resultado con Tabla 31-3 donde se observa que el valor mínimo de biodegradación de la biopelícula es de 77,89 % y el valor mayor es de 99,21% estos correspondientes al tratamiento TP3 y TP4 respectivamente por lo que se tiene una diferencia estadística significativa entre estos tratamientos.

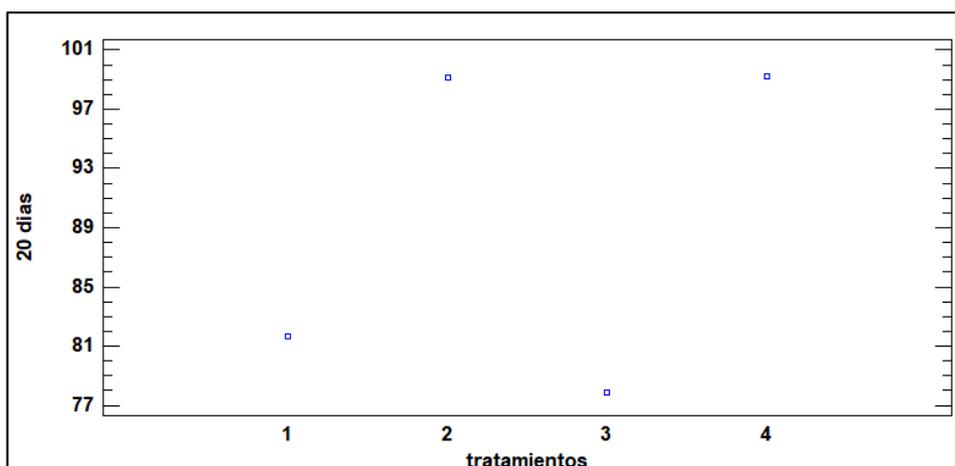


Figura 14-3: Dispersión en suelo tratamientos vs 20 días

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la figura 14-3 se tiene la dispersión de tratamientos frente a los 20 días, se puede observar que el tratamiento TP2 y TP4 tienen los valores de biodegradación más altos a comparación del tratamiento TP3 el cual tiene el valor más bajo, comparando este resultado con el Gráfico 4-3 se puede observar que el valor de TP3 es de 77,89 y el valor de 99,21 pertenece al tratamiento TP4 siendo estos el valor mínimo y máximo de biodegradación respectivamente para el bioplástico.

Tabla 56-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación en agua de la biopelícula.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
3	4	80,58	X
1	4	80,75	X
4	4	85,65	X
2	4	85,74	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 56-3 la prueba de Fisher indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP3 es significativamente diferente a los TP2 y TP4, pero significativamente igual al tratamiento TP1 ocupando el primer lugar con un valor de biodegradación en agua de 80,58 %, luego le sigue el TP1 con 80,75 % y finalmente el TP4 y TP2 con 85,65 y 85,74% respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa por lo que se puede comprobar este resultado con Tabla 33-3 donde se observa que el valor mínimo de biodegradación de la biopelícula es de 80,58 % y el valor mayor es de 85,74 % estos correspondientes al tratamiento TP3 y TP2 respectivamente por lo que se tiene una diferencia estadística significativa entre estos tratamientos en relación a la biodegradación en agua.

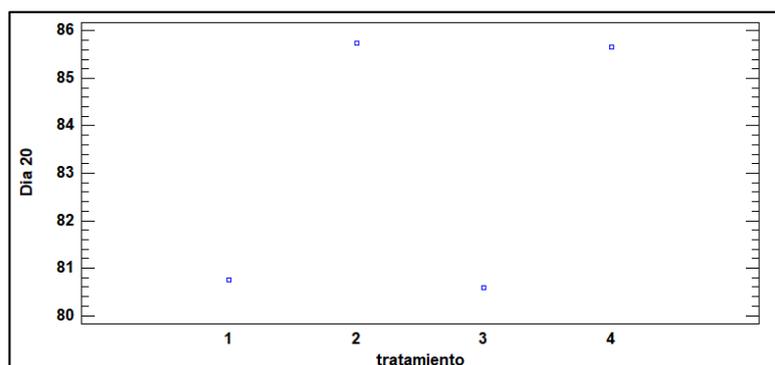


Figura 15-3: Dispersión en agua tratamientos vs 20 días

Realizado por: Acosta A, (2021)

En la figura 15-3 se tiene la dispersión de tratamientos frente a los 20 días, se puede observar que el tratamiento TP2 y TP4 tienen los valores de biodegradación más altos a comparación del tratamiento TP3 el cual tiene el valor más bajo, comparando este resultado con el Gráfico 5-3 se puede observar que el valor de TP3 es de 80,58 % y el valor de 85,74% pertenece al tratamiento TP4 siendo estos el valor mínimo y máximo de biodegradación respectivamente para el bioplástico.

Tabla 57-3: Método LSD de Fisher para la biodegradación al ambiente de la biopelícula.

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
3	4	35,63	X
1	4	45,31	X
2	4	50,55	X
4	4	55,22	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 57-3 la prueba de Fisher indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP3 es significativamente diferente a los TP2 y TP4, pero significativamente igual al tratamiento TP1 ocupando el primer lugar con un valor de biodegradación en agua de 35,63 %, luego le sigue el TP1 con 45,31 % y finalmente el TP2 y TP4 con 50,55 y 55,22 % respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa por lo que se puede comprobar este resultado con Tabla 35-3 donde se observa que el valor mínimo de biodegradación de la biopelícula es de 35,63 % y el valor mayor es de 55,22 % estos correspondientes al tratamiento TP3 y TP4 respectivamente por lo que se tiene una diferencia estadística significativa entre estos tratamientos en relación a la biodegradación al ambiente.

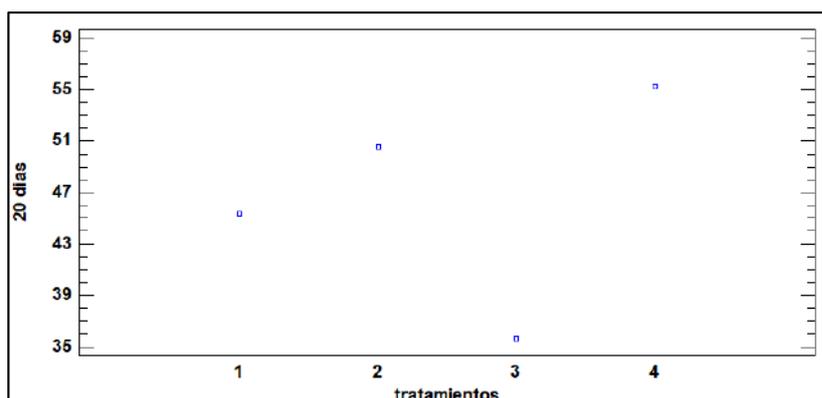


Figura 16-3: Dispersión al ambiente tratamientos vs 20 días

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la figura 16-3 se tiene la dispersión de tratamientos frente a los 20 días, se puede observar que el tratamiento TP2 y TP4 tienen los valores de biodegradación más altos a comparación del tratamiento TP3 el cual tiene el valor más bajo, comparando este resultado con el Gráfico 6-3 se puede observar que el valor de TP3 es de 35,63 % y el valor de 55,22 % pertenece al tratamiento TP4 siendo estos el valor mínimo y máximo de biodegradación respectivamente para el bioplástico.

3.1.12.2.5. Análisis de varianza para elongación de la biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*)

Tabla 58-3: Análisis de varianza para la elongación de la biopelícula.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Almidón	895,277	1	895,277	10230,76	0,0630
B: Glicerol	38,3419	1	38,3419	438,15	0,0000
AB	22,1137	1	22,1137	252,70	0,0000
bloques	0,0472167	2	0,0236083	0,27	0,7723
Error total	0,52505	6	0,0875083		
Total (corr.)	956,305	11			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 58-3 se tiene la tabla de análisis de varianza para la elongación, la cual indica que factores son los más importantes, cuáles de estos están aportando información y que efecto tienen sobre la solubilidad de la biopelícula factor A (almidón) tiene un valor p-valué menor a 0,05 por lo cual no tiene efecto sobre el porcentaje de elongación de la biopelícula, como se puede observar el Factor B (glicerol) tiene un valor p-valué menor a 0,05 lo que quiere decir que influye

directamente en la elongación de la biopelícula, el factor AB al ser un $P < 0,05$ quiere decir que existe una relación importante a considerar entre el almidón y el glicerol, estos resultados se pueden comparar con la tabla 37-3 donde indica que los tratamientos TP3 y TP4 con 10 y 8 ml de glicerol y 3 gr de almidón son las biopelículas con mejor elongación a comparación del tratamiento TP1 y TP2 por lo que se tiene que la glicerina afecta directamente la capacidad de elongación de la biopelícula y es importante considerar la relación de cantidad del almidón que se está utilizando.

Tabla 59-3: Resultado del tratamiento óptimo

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Almidón	-1,0	1,0	-1,0
Glicerol	-1,0	1,0	1,0

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 59-3 se muestra cual es el tratamiento más óptimo con respecto a la elongación del bioplástico de almidón de plátano dominico- hartón (*Musa AAB Simmonds*) en esta tabla se puede observar que se tiene el Almidón -1,0 que es valor bajo y 1,0 que denota el valor alto ,así mismo el Glicerol de -1,0 y 1,0 de bajo y alto según corresponde para lo que el tratamiento optimo es el que tiene Almidón de -1,0 (baja) y Glicerol de 1,0 (bajo) por lo que el TP3 es el más óptimo esto se puede comprobar ya que se puede ver en la tabla 37-3 donde se muestra que el porcentaje de elongación es de 36,77% a su vez el tratamiento menos optimo es el tratamiento TP2 con un porcentaje de elongación de 15,90 % .

Tabla 60-3: Análisis ANOVA de la elongación de la biopelícula

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tratamientos	955,732	3	318,577	4453,55	0,0000
Error	0,572267	8	0,0715333		
Total (Corr.)	956,305	11			

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la tabla 60-3 se muestra el resultado del análisis ANOVA para la elongación de las biopelículas se observa que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los efectos de los tratamientos.

Tabla 61-3: Método LSD de Fisher para la elongación de la biopelícula.

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
2	3	15,9067	X
1	3	16,7667	X
4	3	30,4667	X
3	3	36,7567	X

Fuente: (Programa Statgraphics 18x64).

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En la Tabla 61-3 la prueba de Fisher indica si existe asociación entre los tratamientos, esta prueba indicó que el TP2 es significativamente diferente a los TP4 y TP3, pero significativamente igual al tratamiento TP1 ocupando el primer lugar con un valor de elongación 15,9067 %, luego le sigue el TP1 con 16,7667 % y finalmente el TP4 y TP3 con 30,4667 y 36,7567% respectivamente estos últimos no tienen una diferencia significativa estadísticamente por lo que se puede comprobar este resultado con Tabla 37-3 donde se observa que el valor mínimo de elongación es de 15,9067 y el valor mayor es de 36,7567 % estos correspondientes al tratamiento TP2 y TP3 respectivamente por lo que se tiene una diferencia estadística significativa.

3.1.13. Resultados de la aplicación de la biopelícula en el producto

La aplicación de la biopelícula obtenida es esencial, donde se analizará realizando una comparación de la fruta recubierta con la biopelícula y la fruta expuesta al aire libre, si el empleo de la biopelícula es eficiente se lo determinará mediante el análisis sensorial del tomate que será el vegetal sometido al estudio, la misma que se observa en la siguiente tabla:

Tabla 62-3: Análisis sensorial del tomate envuelto en la biopelícula a partir de almidón de plátano dominico- hartón.

ANÁLISIS SENSORIAL DEL TOMATE				
TIPO DE ESTUDIO	TEXTURA	SABOR	OLOR	ASPECTO
<i>Tomate al ambiente</i>	Suave	Amargo	Rancio/ desagradable	Manchas irregulares, moho en algunos sitios
<i>Tomate envuelto</i>	Duro	Agrio/ característico	Característico	Firme

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

Tabla 63-3: Resultados del Recubrimiento con la biopelícula.

Día 0	Día 10
	

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

En las tablas 62-3 y 63-3 se analiza el recubrimiento de un vegetal en este caso el tomate con la biopelícula obtenida donde se estableció un tiempo de estudio de 10 días con el fin de determinar visualmente cual es el cambio que existe entre el tomate envuelto con la biopelícula y el tomate que se encuentra al ambiente, el análisis empezó al mismo tiempo en donde la fruta que mantiene las características organolépticas del tomate es la que estuvo envuelta en la biopelícula a diferencia del tomate que estuvo al ambiente el cual presenta manchas irregulares y en algunas partes se observa moho y su sabor, olor y textura han cambiado, por lo observado se puede decir que la biopelícula obtenida ayuda en el recubrimiento de alimentos lo que beneficia a la industria alimentaria, a su vez no existió desprendimiento de componentes que puedan afectar al tomate al contrario disminuyen su procesos de maduración, lo que permite mantener a la fruta en buen estado.

CONCLUSIONES

El proceso de obtención de almidón consistió en la aplicación de varias operaciones unitarias, cabe recalcar que este proceso fue elaborado en 4 tratamientos diferentes con 4 repeticiones cada uno. Entre las operaciones unitarias aplicadas tenemos: reducción de tamaño, para lo cual se utilizó una licuadora con variables de rpm y tiempo; filtración, proceso en el que se utilizó una malla textil como filtro, para separar el bagazo de la solución de almidón; en la sedimentación se dejó reposar 24h hasta que el almidón sedimente del líquido sobrenadante; el proceso de secado, se llevó a cabo en un secador de bandejas durante 24-48 horas a 60°C , posteriormente se realizó la caracterización y las pruebas microbiológicas del mismo donde los resultados más significativos fueron 11,040 % de humedad, 0,105% de cenizas , 80,30 °C de temperatura de gelatinización , 31,510% de amilosa y 68,490 de amilopectina entre otros que comparándolos con las normas técnica (FAO, 2013)se encuentran dentro del rango a su vez se realizó una comparación con otros autores donde se encontró valores similares a los presentados, el análisis microbiológico presentó resultado favorables en la mayoría de las pruebas el resultado fue ausencia y en las otras se presentó un nivel más bajo del que decía la norma técnica (FAO, 2013) por lo que se puede concluir que el almidón obtenido es apto para el consumo humado y a su vez se lo puede utilizar en la industria de alimentos.

Para la elaboración de las biopelículas realizaron varias formulaciones con el fin de obtener la mejor formulación para lo cual se realizó una variación de la concentración de almidón (5 y 3 gr) y del plastificante que en este caso fue la glicerina (10 y 8 ml) aplicando el modelo 2^k se efectuó 4 tratamientos con 3 repeticiones cada uno un total de 16 formulaciones, el tratamiento que tuvo los resultados más favorables fue el tratamiento 4 (3 gr de almidón , 8 ml de glicerina 2 ml de ácido acético y 66 ml de agua) el cuál fue transparente con una turbidez relativamente baja y fue muy estable a su vez su peso era de 2,9 gr y con un espesor de 0,01 mm por lo que formaba una película delgada de color café claro característico del almidón, al comparar estos resultados con otros autores se pudo observar resultados similares (Osorio, 2019, p. 63) reporto que el color de la película biodegradable fue café claro, forma película es muy estable y su temperatura de secado fue al ambiente, por lo que no existe una diferencia significativa en el aspecto cualitativo.

Las biopelículas obtenidas fueron sometidos a una caracterización teniendo como resultado un promedio de 15,43 % para humedad, 75,20% de solubilidad, 0,00135 g/h.m.Mpa para la permeabilidad al vapor de agua y finalmente un 99% de biodegradabilidad los cuales fueron comparados con los resultados de otros autores, siendo estos semejantes (Zamudio, 2005, p. 64) a su vez fueron sometidos a una evaluación de sus propiedades mecánicas, en base de la flexibilidad que presenta, obtenido que el mejor tratamiento fue el tratamiento TP3 entre los 4 tratamientos para el módulo de elasticidad 5,88E+01 Mpa, carga de fluencia 5N , esfuerzo máximo y

elongación 2,30 Mpa y 36,77 % respectivamente y la biodegradabilidad 78% como se elaboró en base de almidón y es 100% biodegradable según la normativa EN13432, pero como también se utilizaron otros componentes que han formado copolímeros afectan negativamente la biodegradabilidad, a su vez el tratamiento 2 obtuvo los resultados más bajos de las pruebas mecánicas con una elongación de 15,90 esto puede ser debido a la cantidad de plastificante utilizado con relación a la cantidad de almidón ya que la cantidad del plastificante también cambio la formación del plástico y según (Osorio, 2019, p. 63) al realizar las diferentes combinaciones varia el aspecto de la biopelícula y sugiere que antes de realizar la obtención primero se deben realizar pruebas preliminares con el almidón y agua para saber si es fácil de moldear o formar películas estos estudios están estrechamente relacionados con la estructura y textura de la biopelícula.

Se puede concluir que las biopelículas tras realizar una análisis físico , mecánico y microbiano de acuerdo con las normas técnicas utilizadas para cada una de las pruebas realizadas estas películas biodegradables se pueden utilizar como recubrimiento de alimentos ya sean estas frutas u otro, para lo cual se utilizó como blanco un tomate recubierto con la biopelícula y otro al ambiente concluyendo así que el tomate recubierto conservo todas sus propiedades organolépticas durante los 10 días de estudio a diferencia del tomate al ambiente el cual se encontraba en estado de descomposición luego del tiempo transcurrido, el estudio presentado por (Chapuel, 2019, p. 126) donde se utilizó bioplástico elaborado a partir de cascaras de plátano verde para el recubrimiento de frutas , se obtuvo que las frutas prolongaron su vida útil gracias a las biopelículas y las que no tenían recubrimiento ya estaban en estado de descomposición a su vez se obtuvo que no afecta a la fruta los componentes de la biopelícula al contrario disminuyen su procesos de maduración y por consecuente retrasa la producción de etileno, lo que permite mantener a la fruta en buen estado. Además, que el bioplástico como alternativa frente a los plásticos derivados del petróleo, es una opción muy rentable ya que, la característica más resaltante es su tiempo de degradación ya que en 20 días se obtuvo una degradación promedio de 90%.

RECOMENDACIONES

La colocación de las cáscaras en ácido cítrico 1% debe hacerse inmediatamente al momento del desecho de las cáscaras para evitar que estas interaccionen con el aire produciendo pardeamiento enzimático igualmente al momento de realizar el secado se debe decantar el líquido sobrenadante e inmediatamente introducirlo al secador esto nos dará el color característico del almidón un café muy claro y no un color negro.

Para la producción de almidón se recomienda considerar variables como rpm y tiempo en cada tratamiento, ya que estas variables afectarán significativamente el proceso de obtención del almidón, pues en algunos casos la reducción de tamaño es insuficiente y el almidón no se logra desprender de la materia prima.

Realizar una buena homogenización al momento de la elaboración de la biopelícula es recomendable colocar la cantidad de almidón con el agua disolver el almidón en ella y luego colocarla en la mezcla de ac. Acético y glicerina esto con el fin de evitar grumos o que el almidón no se disuelva bien, lo que provocará una película gruesa en muchos de los casos.

De igual forma se debe tener en cuenta las variables con las que se va a trabajar, especialmente con la temperatura ya que este factor es el principal actuador en la formación de las láminas de plástico biodegradables.

Finalmente, y por lo anterior se afirma que el proyecto “Obtención y caracterización de una biopelícula a partir de plátano verde dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) para el uso en alimentos” aprovecha una oportunidad de negocio con los residuos que no se aprovechan y una necesidad de sustituir al plástico visto en la actualidad por lo que se recomienda realizar más investigaciones al respecto para su pronta implementación.

Se recomienda utilizar el diseño experimental 2^k debido a que con este se extraerá la mayor cantidad de almidón a su vez utilizar las variables de tiempo y velocidades angulares altas para una mejor extracción del mismo.

Es recomendable realizar un blanqueamiento para mejorar el aspecto de la biopelícula y así tener.

BIBLIOGRAFÍA

AGAMA-ACEVEDO, E., Y OTROS. *Estructura Interna de Los Gránulos de Almidón de Plátano Mediante Química Superficial: Propiedades Morfológicas, Fisicoquímicas y Moleculares*. Mexico : Revista de Ingeniería química, 2015. pp. 29-43.

AGROWASTE. *Biopolímeros*. Murcia : Centro tecnológico nacional de la conserva y alimentación (CSIC), 2013. p.34.

ALCÁZAR, S.MEIRELES, M. PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES. *Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources*. s.l. : Food Sci. Technol, 2015 .p. 33.

ÁLVAREZ, R. *Formulación de recubrimiento para frutas cítricas estudio de impacto mediante aproximación metabolómica y evaluación de la calidad poscosecha*. Medellín : s.n., 2012.p. 34.

ALVIS, A., Y OTROS. *Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de La Viscosidad de Las Pastas*,2008. [Consultado: 12 enero 2021]. Disponible: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642008000100004>.

AMBIENTE MINISTERIO . *Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAEPNGIDS)*. Ecuador : Dirección Nacional de Control Ambiental, 2020 pp. 6-73.

AMBIENTE, REMAR - RED ENERGÍA Y MEDIO *Bioplástico Certificación y normativa*. España : Guía práctica numero 2, 2011.p. 6.

ANCHUNDIA, K, SANTACRUZ S. *Caracterización de películas comestibles a partir de la cascara de banano*. Chile : Revista de Nutrición, 2016. pp. 4-35.

ANGELES, P *Diseño de un proceso industrial para obtener plástico biodegradable (TPS) a partir de almidón de yuca manihot sculenta*. Lambayeque : Universidad Nacional Pedro Luis Gallo, 2015.p. 54.

ARISTIZÁBAL, JOHANA. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. s.l. : Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria, 2007.p. 93.

ARISTIZÁBAL, JOHANNA Y SÁNCHEZ, TERESA. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca.* Roma : ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2007.p. 93.

BALL, S., GUAN, H. P., JAMES, M., MYERS, A., KEEKING, P., MOUILLE, G., BULÉON, A., COLONNA, P., AND PREISS, J. *From glycogen to amylopectin: a model for the biogenesis of plant starch granule.* Francia : Laboratoire de Chimie Biologique, Université des Sciences et Technologies de Lille, 1996. pp. 349-352.

BELLO, L., CONTRERAS, S., ROMERO, R., SOLORZA, J., JIMÉNEZ, A. *Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano Musa paradisiaca L. (var. Macho).* Texcoco , México : Agrociencia, vol. 36, núm. 2, marzo-abril, 2002, pp. 169-180, 2002.

BLASCO, G., GÓMEZ, F. *Propiedades Funcionales del Plátano Musa spp.* Veracruz : Universidad Veracruzana, 2014.p. 35.

BULÉON, A., COLONNA, P., PLANCHOT, V. AND BALL, S. *Starch granules: structure and biosynthesis.* s.l. : Int. J. Biol. Macromol, 1998. pp. 85-112.

BUSTOS, L., GUARNIZO, S., GUEVARA, D., SUAREZ , N LOZANO, S. *Propiedades, modificaciones y usos de los almidones, con miras a la obtencion de peliculas biodegradables.* Bogotá-Colombia : Fundación Universidad de América, 2017.p. 34.

CADENA, M. *Cassava sour starch agroindustry evaluation in cordoba and sucre.* Cordoba : Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería de Alimentos, 2006.p. 51.

CARBALLO, B. *Obtención y Caracterización de Almidones termoplásticos obtenidos a partir de los injertados con poliésteres biodegradables.* 2017.p. 32.

CARRION, M., DIAZ, M. *evaluación de la incorporación de aceite esencial en la formulación de película a base de almidón de cáscara de plátano.* Machala : UTMACH, 2020.p. 23.

CASTILLO, ET AL. *Bioplástico a base de la cáscara del plátano.* s.l. : Revista de iniciación científica, 2015.p. 25.

CHAPUEL, A. *Obtencion de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate y banano para el recubrimiento de papaya.* Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2019.pp. 45-129.

CHÁVEZ, Á., & RODRÍGUEZ, A. *Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica.* s.l. : Academia y Virtualidad, 2016. p. 66.

CLEMENTE ,G., DIOFANOR, A., ADIS C., LOZANO, A. *Análisis de Perfil de Textura en Plátanos Pelipita, Hartón y Topocho.* Cartagena , colombia : Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos, 2014.p.35.

DA MOTA, R. V., LAJOLO, F. M., CIACCO, C.,CORDENUSI B.R. *Composition and functional properties of banana flour from different varieties.* *Starch/Starke.* Mexico : s.n., 2000. p. 23.

DEBABANDYA MOHAPATRA, SABYASACHI MISHRA Y SUTAR NAMRATA. *Banana and its by-product utilisation: an overview.* Gangtok : Faculty of Food Processing Technology and Bio-energy., 2010.p. 21FAO.

FAO. *Banano, Plátano.* 2013.p. 43.

FLORES,C. *Extraccion_de_almidon_a_partir_de_residuos_de_piel_de_platano.* Researchgate. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de 01 de 2021.] Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano. Retrieved from ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/303541238_.

FONTES, S. DE M., Y OTROS. *Characterization and Study of Functional Properties of Banana Starch Green Variety of Mysore (Musa AAB - Mysore).* *Scielo.*2017. [Consultado el 11 febrero 2021] .Disponible: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.18916>.

GARCÍA, M., DELGADO, F., ESCAMILLA, M., GARCÍA, B., & REGALADO, C. *Métodos modernos para la caracterización de películas y recubrimientos comestibles.* Sacateccas : Biotecnología- ITCA Editores, 2018. pp. 37-54.

GONZÁLEZ, A., HERNÁNDEZ, I., & PADRÓN, A. *Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas,funcionales y biodegradación.* . s.l. : Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 2017.p. 7.

GROSSMANN, M *Mechanical and thermal properties of yam starch films*. Nueva York : Food Hydrocolloids., 2005. pp. 157-164.

HAHN-HIIGERDAL, O. L *Fermentation of lignocellulosic hydrolysates for ethanol production*. s.l. : Enzyme and Microbial Technology,, 2000. p. 19.

HERNÁNDEZ, I, Y OTROS. *Extracción de Almidón Por El Método Seco En Plátano Macho, Cuadrado y Castilla*. s.l. : Rev. Simulación y laboratorio , 2017.p. 18.

HERRERA, FERNANDA. *Determinación y cuantificación del almidón resistente a partir de banano verde de las especies: Musa paradisiaca, Musa cavendishii L, Musa cavandanaish*. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2017.pp. 21-56.

HIDALGO, VERÓNICA NARANJO. *Lo Cotidiano está ligado a los plásticos*. Quito : El telégrafo, 31 de diciembre 2019. p. 8.

IJAZ ,R., ZAHID ,R. IFTIKHAR, M. *Extraction of Starch from Waste Potatoes and its use in Different Products*. Faisalabad : NFC Institute of Engineering and Fertilizer Reaserch., 2016.p. 28.

INFOAGRO. *El cultivo del plátano*. Ecuador : Infoagro, 2011.pp. 6-8.

INTAGRI. *Capacitacion Agricola*. Mexico : Ciudad industrial 38015, 2019.p. 7.

LABEAGA, A. *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*. Guácimo : Earth, 2018.p.32.

LAMBIS, H. H. *Extracción de almidón a partir de residuos de piel de platano*. Colombia : Universidad Tecnologica de Bolivar, 2016.pp. 14-16.

LEÓN, B. *El cultivo de plátano en Venezuela*. Venezuela : s.n., 2005. pp. 1-12.

LIO. Biblioteca digital. *Tesis Uson*. [En línea] 01 de 06 de 2017. [consultado el: 09 de 01 de 2021.] tesis.uson.mx.

LÓPEZ GIL, B. A., F.S. ARDANUY RASO, R.-P. M., SAJA, M. Á., & DE ALTRES, J. A. *Almidón termoplástico celular reforzado con fibras naturales.* 2012.p. 10-13.

MAGAP. *Proyecto Banano Orgánico. Fortalecimiento de pequeños productores de banano orgánico; integración de actores, manejo sostenible de plagas y estrategias de salud de suelos.* Ecuador : INIAP, MAGAP., 2014.p. 23.

MARTINEZ, O., Y OTROS. *Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador.* Colombia : Revista Colombiana de Química, 2015.p. 43.

MAZZEO, M., ALZATE, A., MARÍN, M. *Obtención de almidón a partir de residuos pos cosecha del plátano dominico Hartón (Musa ABB Simmonds).* Manizalás : Universidad de Caldas, 2008.p. 29.

MÉNDEZ, A. *Evaluación de la extracción del banano verde Musa Sapientum, producto de desechos de las industrias bananeras y evaluación de su función como excipiente en la formulación de comprimidos.* Guatemala : Secretaría Nacional de ciencia y tecnología SENACYT, 2010.p. 32-43.

MONTOYA, J. Y QUINTERO, V. D. *Evaluación fisicotérmica y reología de harina y almidón de plátano dominico (Musa paradisiaca abb) .* 2014.p. 43.

MORA, M. *Caracterización morfológica y contenido del almidón resistente y disponible en bababo exportables del Ecuador.* España : Revista de nutrición y dietética, 2015.p. 8-33.

MORALES, M. *Generalidades y aplicación de películas y recubrimientos comestibles en la cadena hortofrutícola.* Ambato : s.n., 2011.p. 51.

MORILLAS, A., BELTRÁN, M., ESPINOSA, M., VELASCO, M. *Bioplásticos y plásticos degradables.* Ciudad de México : Universidad Autónoma Metropolitana, 2014.p. 32.

NARVÁEZ, M. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón.* 2016.p. 32.

NARVÁEZ, M. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón.* Quito : USFQ, 2016.p. 33.

NOOMHORM, N. *Efecto de los plastificantes sobre las propiedades mecánicas y de barrera de la película de almidón de arroz.* Stärke : Stärke, 2004.pp. 348-356.

NUTRITION, HIGH PERFORMANCE. *De verde a marrón: ¿en qué estado de maduración hay que comer la banana?* 2019.p. 5.

OSORIO, A *Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banano y fibra natural como agente de refuerzo a nivel laboratorio.* Bogotá- Colombia : Fundación Universidad De América, 2019. pp. 49-50.

PACHECO, G. *Bioplásticos.* México D.F. Universidad Nacional Autónoma : F.N.S, 2014. pp. 10-12.

OFICINA EUROPEA DE PATENTES, *Biodegradable compositions comprising starch.* 2013,pp. 70-82.

PEÑARANDA, L., MENDOZA, L., & PATIÑO, L. *Evaluación de diferentes tipos de podas para el manejo de la Sigatoka Negra, en banano en la zona bananera del Magdalena.* Santa Marta, Colombia : Universidad de Magdalena, 2008.p. 33.

PILLA, B., ISMAEL, A. *Desarrollo de un material termoplástico obtenido a partir de almidón de Oca (Oxalis Tuberosa) y plastificantes.* Quito : s.n., 2017.p. 22.

PIÑEROS, N., SIERRA, F. ORTEGA, Y. *Propiedades Microestructurales y Ópticas de Películas Biodegradables a Base de Almidón Termoplástico y Poli (ϵ -Caprolactona) Con Actividad Antioxidante* *Microstructural and Optical Properties of Biodegradable Films Based on Thermoplastic Starch and Poly.* 4. 2019. pp. 293-300.

RENOVETEC. *Centrales termoeléctricas de biomasa.* 2013.p. 22.

RUEDA, F. *Extracción y caracterización del almidón de banano verde y de su residuo.* Honduras : Escuela Agrícola Panamericana, Honduras., 2003.pp. 1-23.

RUIZ, A. *Obtencion y caracterizacion de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca.* Medellín : Revista de ingeniería de la USIL, 2005.p. 41.

SANTIAGO, M. Veracruz : . *Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado.*, 2015. pp 152.

SOLANO, L., ALAMILLA, L., & JIMÉNEZ, C.. *Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.* 2018. pp 1-13.

STAHL, ULLRICH RAINER, GUERRÓN JARAMILLO, MARLON ALBERTO. *Evaluación del procedimiento de obtención de un biopolímero a partir del hongo Ganoderma Australe.* Quito : Universidad Central del Ecuador, 2016.p. 28.

THONGMEE, K. *The effects of cross-linked starch on the properties of thermoplastic starch.* s.l. : Materials & Design., 2013. p.11.

ULLOA, M. *Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca.* 2012.pp. 1-3.

VANEGAS, K. *Obtención de películas biodegradables a partir de mezclas de quitosano de cáscaras de camarón y agentes plastificantes.* Quito : Universidad Central del Ecuador, 2014.p. 66.

VÁSQUEZ, M., & GUERRERO, J. *Recubrimiento de frutas con biopelícula.* 2013.p. 8.

VICENTE FLORES, R. *Aprovechamiento de La Cáscara Residual de La Musa Balbisiana Para La Obtención de Bioplástico.* APECOLIC : Universidad César Vallejo , 2018.p. 5.

VILLAROEL, P. *Almidón Resistente: Características Tecnológicas e Intereses fisiológicos.* 2018.p. 43.

WACHIRASIRI, P., JULAKARANGKA, S., WANLAPA, S. *The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate.* Bangkok : Prince of Songkla University, 2008.p. 36.

WANG, Y., ZHANG, M., & MUJUMDAR, A. *Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks.* . s.l. : Food Science and Technology,2012.pp. 175-182.

WURZBURG, O. *Cross-linked starches. Modified starches: properties and uses.* Boca Raton : CRC Press, 1986. pp. 41-53.

YING, C. *Bioplastics and their role in achieving global sustainability*. Beijing : Research Center for Strategic Science and Technology Issues., 2014.p. 45.

YOUNG, H. *Fractionation of starch*. In: Whistler, R. L., Bemiller, J. N., Paschall, E.F. *Starch chemistry and technology*. 2ed. Orlando : Academic Press, 1984. p. 27.

ZAMUDIO, P. *Elaboración de películas degradables de almidón de plátano : Evaluación de sus propiedades mecánicas y de barrera*. s.l. : Coordinación gneral de posgrados e investigación, 2005.pp. 64-78.

ZAPATA, M. *Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (Musa paradisiaca) y yuca (Manihot esculenta*. Piura, Perú : Agroindustria y Seguridad Alimentaria, 2019. pp. 77-83.

ANEXOS

ANEXO A. EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE CÁSCARAS DE PLÁTANO



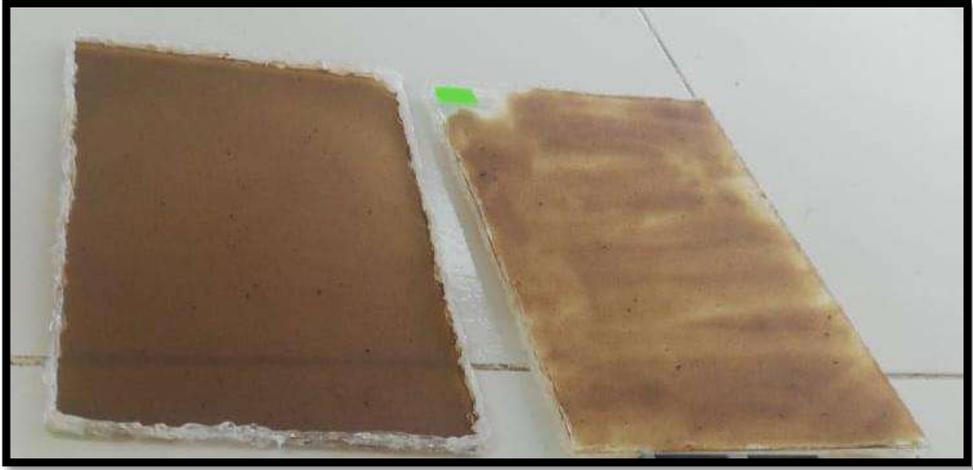




ANEXO B. ELABORACIÓN DE LA BIOPELÍCULA







ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)

➤ Contenido de humedad



➤ Contenido de cenizas



➤ Solubilidad



➤ pH

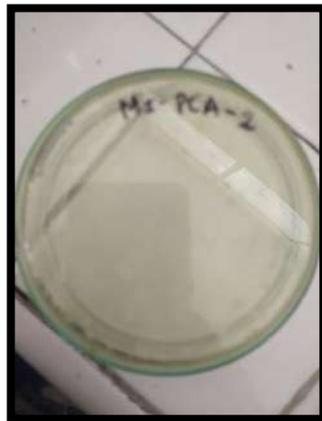
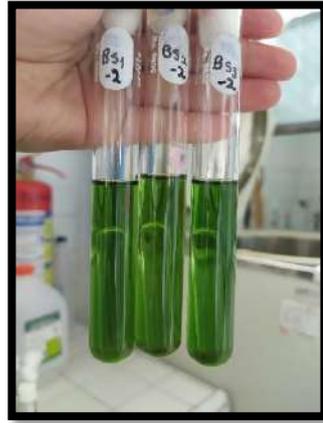


➤ **Viscosidad**



➤ **Análisis microbiológico del almidón**



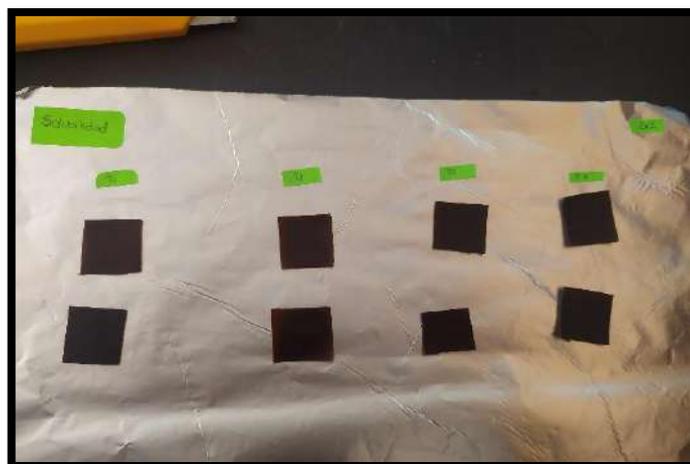


ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA A PARTIR DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*)

➤ **Humedad**

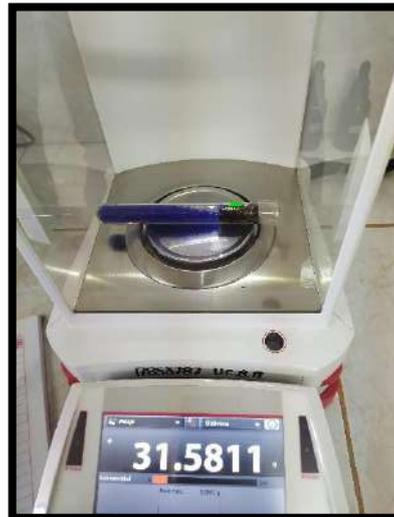


➤ **Solubilidad**

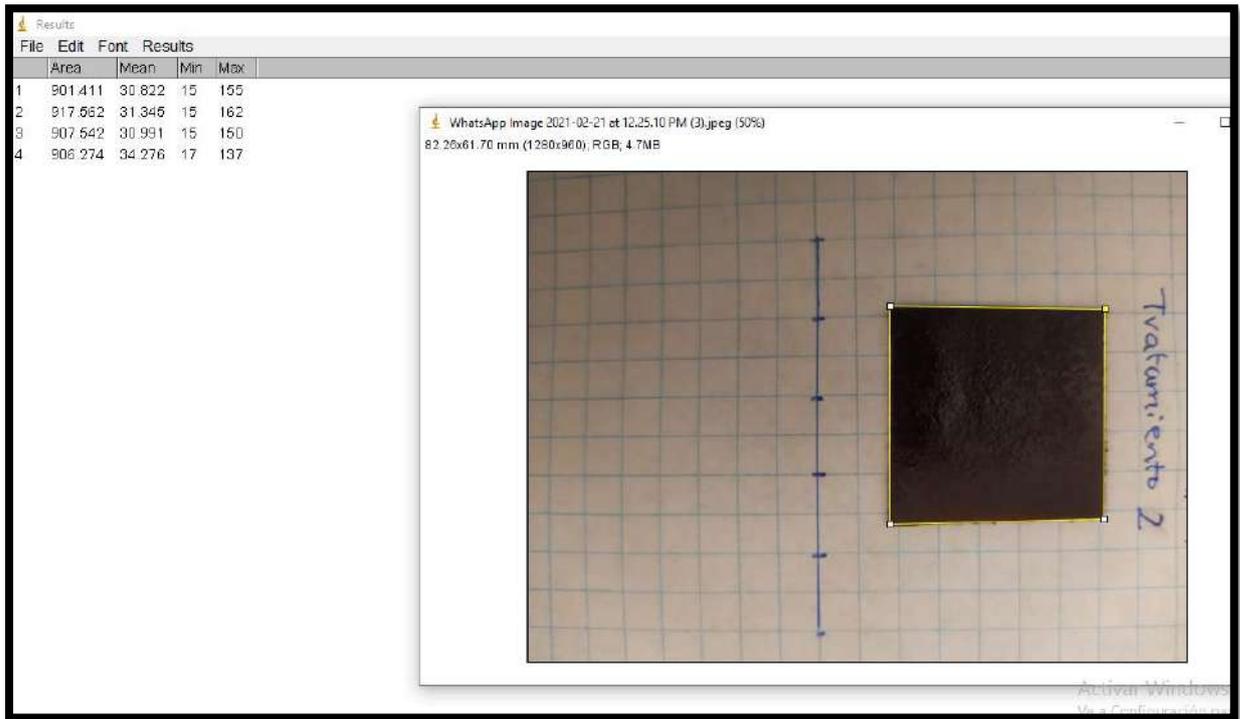




➤ **Permeabilidad al vapor de agua**



➤ Biodegradabilidad

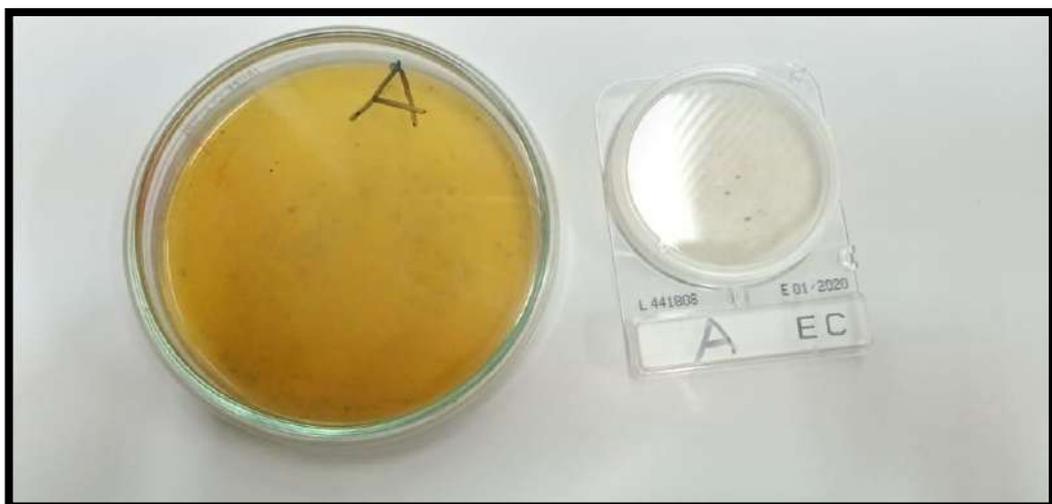


Cálculo de área en el programa Imagej

Fuente: (Imagej)

Realizado por: (Acosta, S. 2021).

ANEXO E: PRUEBA MICROBIOLÓGICA DE LA BIOPELÍCULA



ANEXO F: PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA

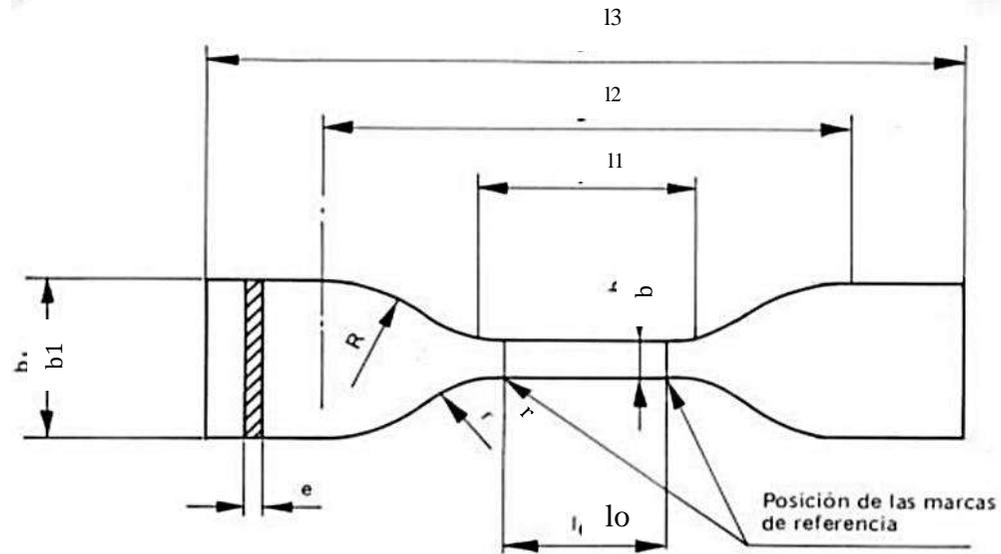


Equipo: Máquina Universal de ensayos (WAW600B)

Marca: Jinan Liangong Testing Technology CO., LTD

Serie: 7136, **Certificado:** LNM-F-201650006-CÓD **IDENT:** M2

ANEXO G: DIMENSIONES DE LA PROBETA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN. (MM)



Fuente: INEN 2043:2013.

Donde:

L_3 = longitud total mínima 160

L_2 = Distancia inicial entre mordazas 80 +/- 5

L_1 = Longitud de la parte calibrada 33 +/-2

l_0 = longitud de referencia 25 +/- 0,25

b_1 = Anchura en los extremos 25 +/- 1

b = anchura de la parte calibrada 6 +/- 0,4

ANEXO H. PRUEBA CUALITATIVA DE LA CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO.

MC-LSAJA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-014

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Selene Abigail Acosta	INSTITUCION: Particular	
DIRECCION: Riobamba	ATENCION: Srta. Selene Acosta	
FECHA DE EMISION: 2 de febrero de 2021	FECHA DE RECEPCION.: 14/01/2021	
FECHA DE ANALISIS: Del 14 de enero al 2 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCION: 08H59	
	ANALISIS SOLICITADO Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	AMILOPECTINA ^Ω						IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAJA-01.01	MO-LSAJA-04							
METODO REF.	U. FLORIDA 1970								
UNIDAD	%	%	%						
21-0021	11,04	31,51	68,49						Almidón de plátano verde dominico hartón (Musa AAB Simmonds)

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Ivan 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

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO I. INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA BIOPELÍCULA
OBTENIDO A PARTIR DEL ALMIDON DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-
HARTÓN (*MUSA AAB SIMMONDS*).



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE UNA BIOPELÍCULA ELABORADA CON
ALMIDÓN DE PLÁTANO DOMINICO-HARTÓN (*Musa AAB Simmonds*).**

NOMBRE: Selene Abigail Acosta López
TIPO DE MUESTRA: Biopelícula de plátano dominico-hartón
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-02-05
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-10

Examen Físico

COLOR: Café
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: biopelícula

Examen Microbiológico

Almidón de cáscara de Haba			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	NMP/g	<10	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<3	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de la normativa NTC2799 Industrias Alimentarias.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

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

ANEXO J. AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDON DE PLÁTANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (MUSA AAB SIMMONDS).



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Riobamba, 2020-01-11

Ingenieros
Teobaldo Patiño
Ligia Paredes
ENCARGADOS DE BODEGA
Presente

De mi consideración:

Reciban un cordial saludo, yo Selene Abigail Acosta López con CI: 175349544-7, estudiante de la carrera de Ingeniería Química del Octavo nivel, Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, me encuentro desarrollando el Trabajo de Integración Curricular "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE PLATANO VERDE DOMINICO-HARTÓN (Musa AAB Simmonds) PARA EL USO EN ALIMENTOS". Constando como Directo: Ing. Linda Flores a; Miembro: Ing. Darío Guamán y como Técnico docente encargado del laboratorio: Ing. Yolanda Bucnaño, solicito comedidamente se me permita el uso de los siguientes reactivos:

Reactivos	Cantidad	Laboratorio
Agar EMB	4 g	Laboratorio de análisis bioquímico y microbiológico
Agar saborau	4 g	
Brilla	6 g	
Agar PCA	2 g	

Por la atención prestada anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

Digitally signed by SELENE
ABIGAIL ACOSTA LOPEZ
Date: 2021.01.11 09:51:23 ECT
Reason: ESPOCH
Location: Riobamba - Ecuador

Abigail Acosta



ANEXO K. INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 1.



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Scelene Abigail Acosta Lopez
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE PLÁTANO VERDE DOMINICO HARTON (Musa AABSIMMONDS) PARA EL USO EN ALIMENTOS*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELICULA - PLÁTANO VERDE
MATERIAL:	LAMINA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	3-feb-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T - 1
CARACTERÍSTICA:	COLOR CAFÉ
ESPESOR [mm]	0.41
ANCHURA [mm]	7.12
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.92
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.633 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.06
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.02
CARGA MAXIMA [N]	1.10
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.03
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN [%]	16.76
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO L. INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 2.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N°04	
SOLICITADO POR:	Selene Abigail Acosta López
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE PLATANO VERDE DOMINICO HARTON (Masa AABSIMMONDS) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELICULA - PLATANO VERDE
MATERIAL:	LAMINA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	3-feb-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW500B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T - 2
CARACTERÍSTICA	COLOR CAFÉ
ESPESOR [mm]	0.42
ANCHURA [mm]	6.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.90
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.547E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.04
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.01
CARGA MAXIMA [N]	1.09
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.03
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	15.90
OBSERVACIONES:	

Aprobado por



Ing. Anibal Viñán B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO M. INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 3.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Selenie Abigail Acosta López
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE PLÁTANO VERDE DOMINICO HARTON (Musa AABSIMMONDS) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - PLÁTANO VERDE
MATERIAL:	LÁMINA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	3-feb-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T - 3
CARACTERÍSTICA	COLOR CAFÉ
ESPEJOR [mm]	0.42
ANCHURA [mm]	6.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.90
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5 877.6±01
CARGA DE FLUENCIA [N]	5.00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.42
CARGA MAXIMA [N]	3.01
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.30
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	36.77
OBSERVACIONES:	

Aprobado por



Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO N. INFORME PRUEBA DE PROBETA TRATAMIENTO 4.



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Selene Abigail Acosta López
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE PLATANO VERDE DOMINICO HARTON (Maná AABSIMMONDS) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELICULA - PLATANO VERDE
MATERIAL:	LÁMINA
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	3-feb-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T - 4
CARACTERÍSTICA:	COLOR CAFÉ
ESPESOR [mm]	0.46
ANCHURA [mm]	6.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.17
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.821 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.07
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.02
CARGA MAXIMA [N]	2.12
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.04
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	30.47
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

*Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



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: 29 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Selene Abigail Acosta López</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE**

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.10.29 08:41:08 -05'00'



1603-DBRA-UTP-2021