



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE
FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris L.*) DE LA ESPECIE PATA DE
PALOMA”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JHOANA PAOLA ESPÍN JIMÉNEZ

DIRECTOR: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS

Riobamba - Ecuador

2022

©2022, Jhoana Paola Espín Jiménez

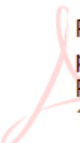
Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jhoana Paola Espín Jiménez, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados de este 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, 30 de junio 2022

Paola
Espín



Firmado digitalmente
por Paola Espín
Fecha: 2023.05.31
10:37:00 -05'00'

Jhoana Paola Espín Jiménez

055001154-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación, Tipo: Proyecto de Investigación, “**OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) DE LA ESPECIE PATA DE PALOMA**”, realizado por la señorita: **JHOANA PAOLA ESPÍN JIMÉNEZ**, 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. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-06-30
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-06-30
Bqf. Cristina Nataly Villegas Freire MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-06-30

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a mis amados padres Danilo Espín y Sara Jiménez por brindarme su amor y apoyo incondicional, ser mi guía, aquellas personas que me han dado fuerza en cada momento de mi vida, por depositar en mi toda su confianza, haberme inculcado grandes valores y el ejemplo constante de superación, perseverancia, dedicación, honestidad y humildad. A mis hermanos Lisbeth y Fernando Espín por todas las palabras de aliento que me brindan y dibujar siempre una sonrisa en mi rostro.

Paola

AGRADECIMIENTO

La culminación del presente trabajo fue logrado gracias al apoyo de mis padres y hermanos, fuentes de fortaleza y apoyo incondicional, que siempre me brindan su amor y palabras de aliento para culminar cada una de mis metas.

Un agradecimiento a los profesores de toda mi carrera universitaria por su tiempo y conocimientos impartidos.

Agradezco a la Ing. Linda Flores y Bq. Cristina Villegas por su seguimiento para culminar este trabajo.

Finalmente agradezco a mis amigos, personas que se convirtieron en mi segunda familia, gracias por su amistad, consejos, y vivencias durante este período académico.

Paola

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Justificación de la investigación.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	5
2.1. Antecedentes de la Investigación	5
2.1.1. <i>Leguminosas</i>	6
2.1.1.1. <i>Fréjol</i>	6
2.1.1.2. <i>Origen del fréjol</i>	7
2.1.1.3. <i>Zonas de producción de fréjol en Ecuador</i>	7
2.1.1.4. <i>Descripción taxonómica del fréjol</i>	7
2.1.1.5. <i>Fréjol pata de paloma</i>	8
2.1.2. <i>Bioplástico</i>	8
2.1.2.1. <i>Almidón</i>	9
2.1.2.2. <i>Gelatinización</i>	11
2.1.2.3. <i>Plastificantes</i>	11
2.1.2.4. <i>Agua destilada</i>	12
2.1.2.5. <i>Vinagre</i>	12
2.1.2.6. <i>Biodegradación</i>	13
2.2. Planteamiento de la hipótesis	13

2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	13
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	13
2.3.	Identificación de variables	13
2.4.	Operacionalización de Variables	14
2.5.	Tipo y Diseño de Investigación	16
2.5.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	16
2.5.1.1.	<i>Según el método de investigación</i>	16
2.5.1.2.	<i>Según el objetivo de investigación</i>	16
2.5.1.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	16
2.5.1.4.	<i>Según la manipulación de variables</i>	16
2.5.1.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	17
2.5.1.6.	<i>Según el periodo temporal</i>	17
2.5.1.7.	<i>Según los medios para obtener los datos</i>	17
2.5.2.	<i>Diseño de Investigación</i>	17
2.5.2.1.	<i>Método Experimental de la investigación</i>	17
2.5.2.2.	<i>Diseño factorial 2k</i>	18
2.6.	Unidad de análisis	18
2.7.	Población de Estudio	18
2.8.	Tamaño de Muestra	19
2.9.	Selección de Muestra	19
2.10.	Técnicas de Recolección de Datos	19
2.10.1.	<i>Obtención del almidón</i>	19
2.10.1.1.	<i>Técnicas de extracción del Almidón de Fréjol de la especie “Pata de Paloma”</i>	19
2.10.1.2.	<i>Técnica para realizar la caracterización físico químico de los almidones</i>	22
2.11.	Técnica de obtención del bioplástico	27
2.11.1.	<i>Diseño factorial 2^k</i>	27
2.11.2.	<i>Obtención de bioplástico de fréjol pata de paloma</i>	27

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1.	Datos obtenidos de los ensayos físicos- químicos del fréjol pata de paloma	31
3.1.1.	<i>Rendimientos obtenidos del almidón</i>	32
3.1.2.	<i>Ensayos fisicoquímicos del almidón de Fréjol “Pata de Paloma”</i>	35
3.1.2.1.	<i>Densidad aparente</i>	35
3.1.2.2.	<i>Solubilidad</i>	35
3.1.2.3.	<i>pH</i>	36

3.1.2.4.	<i>Contenido de ceniza</i>	36
3.1.2.5.	<i>Contenido de humedad y materia seca</i>	36
3.1.2.6.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	37
3.1.2.7.	<i>Tamaño del granulo</i>	37
3.1.2.8.	<i>Amilosa y Amilopectina</i>	38
3.2.	Resultados obtenidos del bioplástico	39
3.2.1.	<i>Análisis sensorial del bioplástico</i>	40
3.2.1.1.	<i>Ensayos preliminares con las variables establecidas del bioplástico</i>	40
3.2.2.	Cálculos realizados a los ensayos de bioplástico de Fréjol “Pata de Paloma”	41
3.2.2.1.	<i>Cálculo del ensayo de humedad</i>	41
3.2.2.2.	<i>Cálculo del ensayo de solubilidad</i>	41
3.2.2.3.	<i>Cálculo del ensayo de biodegradabilidad</i>	42
3.2.2.4.	<i>Cálculo del ensayo de permeabilidad al vapor</i>	42
3.2.3.	Resultados de las caracterizaciones físicos y mecánicos del bioplástico	43
3.2.3.1.	<i>Ensayo de espesor de las láminas biodegradables</i>	43
3.2.3.2.	<i>Ensayo de humedad</i>	44
3.2.3.3.	<i>Ensayo de solubilidad en el agua</i>	45
3.2.3.4.	<i>Ensayo de permeabilidad al vapor</i>	46
3.2.3.5.	<i>Resultados de ensayo mecánico</i>	48
3.2.3.6.	<i>Ensayo de biodegradabilidad</i>	49
3.2.3.7.	<i>Estimación del tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos con bioplástico</i>	59
3.3.	Prueba de hipótesis	60
3.3.1.	Hipótesis 1	60
3.3.2.	Hipótesis 2	60
3.3.3.	Hipótesis 3	61
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía del fréjol.....	7
Tabla 2-2:	Análisis proximal del fréjol.....	8
Tabla 3-2:	Propiedades funcionales del almidón.....	10
Tabla 4-2:	Identificación de las variables.....	13
Tabla 5-2:	Operacionalización de las variables que intervienen en la extracción y caracterización del almidón, y formulación del bioplástico.	14
Tabla 6-2:	Matriz de consistencia	15
Tabla 7-2:	Técnica de extracción de almidón de fréjol pata de paloma.	21
Tabla 8-2:	Técnicas de ensayos físico químico para los almidones.....	22
Tabla 9-2:	Tabla de datos obtenidos diseño factorial 2k para la obtención de bioplástico.	27
Tabla 10-2:	Proceso para la elaboración de bioplástico.....	27
Tabla 11-2:	Ensayos para la caracterización de las biopelículas	29
Tabla 1-3:	Análisis cualitativos del fréjol pata de paloma.	31
Tabla 2-3:	Resultados del rendimiento obtenido del fréjol pata de paloma.	32
Tabla 3-3:	Análisis de varianza del rendimiento de almidón obtenido del Fréjol “Pata de Paloma”	33
Tabla 4-3:	Prueba de Tukey del almidón obtenido del Fréjol “Pata de Paloma”	33
Tabla 5-3:	Variables para la obtención de almidón del fréjol pata de paloma.	34
Tabla 6-3:	Resultado de la densidad aparente	35
Tabla 7-3:	Resultados de solubilidad	35
Tabla 8-3:	Resultados de pH.....	36
Tabla 9-3:	Resultados del contenido de ceniza.....	36
Tabla 10-3:	Resultados del contenido de humedad y materia seca.....	36
Tabla 11-3:	Resultados de temperatura de gelatinización	37
Tabla 12-3:	Resultados del tamaño de granulo.....	37
Tabla 13-3:	Contenido de amilosa y amilopectina	38
Tabla 14-3:	Resumen de ensayos fisicoquímicos del almidón de fréjol pata de paloma	38
Tabla 15-3:	Valores empleados para determinar las formulaciones del bioplástico.	39
Tabla 16-3:	Resultado de ensayos preliminares para la obtención del bioplástico de fréjol ..	40
Tabla 17-3:	Espesor de las láminas biodegradables del fréjol.	43
Tabla 18-3:	Humedad de las láminas biodegradables del fréjol pata de paloma.....	44
Tabla 19-3:	Solubilidad de las láminas biodegradables del fréjol pata de paloma.....	45
Tabla 20-3:	Datos para el ensayo de permeabilidad al vapor	46
Tabla 21-3:	Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor	47

Tabla 22-3:	Resultados del ensayo mecánico de las láminas biodegradables.	48
Tabla 23-3:	Resultados del ensayo de biodegradabilidad en agua.	49
Tabla 24-3:	Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en agua.	51
Tabla 25-3:	Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en agua.	51
Tabla 26-3:	Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en agua.	51
Tabla 27-3:	Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en agua.	51
Tabla 28-3:	Resultados del ensayo de biodegradabilidad en el suelo.	52
Tabla 29-3:	Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en el suelo.	54
Tabla 30-3:	Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en el suelo.	54
Tabla 31-3:	Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en el suelo.	54
Tabla 32-3:	Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en el suelo.	54
Tabla 33-3:	Resultados del ensayo de biodegradabilidad en aire.	55
Tabla 34-3:	Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en aire.	57
Tabla 35-3:	Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en aire.	57
Tabla 36-3:	Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en aire.	57
Tabla 37-3:	Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en aire.	57
Tabla 38-3:	Resultados de estimación del tiempo de vida útil de un alimento.	59
Tabla 39-3:	Resultados del tiempo de vida útil de una frutilla al transcurrir el tiempo.	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Fréjol pata de paloma.....	8
Ilustración 2-2:	Estructura química de la amilopectina.	10
Ilustración 3-2:	Estructura química de la amilosa	10
Ilustración 4-2:	Proceso de obtención de almidón de fréjol pata de paloma.....	20
Ilustración 1-3:	Rendimeinto del almidón de fréjol pata de paloma.....	34
Ilustración 2-3:	Promedio de espesor de los cuatro tipos de biopelículas.....	43
Ilustración 3-3:	Porcentaje de humedad de las biopelículas	44
Ilustración 4-3:	Porcentaje de solubilidad de las biopelículas	45
Ilustración 5-3:	Permeabilidad al vapor de las biopelículas	47
Ilustración 6-3:	Módulo de elasticidad de las biopelículas.....	48
Ilustración 7-3:	Porcentaje de elongación de las biopelículas	48
Ilustración 8-3:	Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en agua.	50
Ilustración 9-3:	Biopelículas expuestas en agua.....	50
Ilustración 10-3:	Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en el suelo.....	53
Ilustración 11-3:	Biopelículas expuestas en suelo	53
Ilustración 12-3:	Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en aire	56
Ilustración 13-3:	Biopelículas expuestas al aire	56
Ilustración 14-3:	Comparación del porcentaje de biodegradación en agua, aire y suelo	58

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL "PATA DE PALOMA"
- ANEXO B:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL" PATA DE PALOMA"
- ANEXO C:** PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN
- ANEXO D:** ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO
- ANEXO E:** PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD DE LAS BIOPELÍCULAS
- ANEXO F:** RESULTADO DE AMILOSA DE FRÉJOL "PATA DE PALOMA"
- ANEXO G:** RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP1
- ANEXO H:** RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP2
- ANEXO I:** RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP3
- ANEXO J:** RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP4

RESUMEN

Esta investigación pretende obtener láminas biodegradables a partir de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la especie pata de paloma para el uso en alimentos, procediendo con la extracción del almidón por vía húmeda y aplicando el diseño factorial 2^k con dos variables de velocidad y tiempo donde mediante ANOVA se definió que no existe diferencias significativas entre los 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, alcanzando un rendimiento de 8,2% a 16,102%, se caracterizó el almidón extraído mediante la norma INEN 1456 con resultados que ingresan en los rangos de forma positiva, además mediante el diseño factorial 2^k se determinó para 4 tratamientos las concentraciones variables de plastificante (5,5% y 6,5%) y almidón (7,8% y 8,7%) y concentraciones constantes de agua, ácido acético, tiempo y temperatura que deben tener las láminas biodegradables, con las cuales se obtuvo TP1, TP2, TP3, TP4 , mediante varios ensayos a los bioplásticos se determinó su porcentaje de humedad (19,068 % a 23.692 %) y solubilidad (29,559% a 57.293%), el promedio de espesor de las cuatro biopelículas con un valor menor al rango expresado en la norma INEN 2542:2010 de 0,2 mm ,también se realizó el ensayo de tracción bajo la norma NTEINEN 2635:012 donde se vio que la lámina TP3 tiene el módulo de elasticidad más apto para ser usado como embalaje de alimentos con un valor de 4,76E+00 Mpa. Al exponer las biopelículas a diferentes condiciones para observar su porcentaje de biodegradabilidad, se observó desde la primera semana degradación, TP2 alcanzó el mayor porcentaje con 62, 43% en compostaje a comparación de todos los demás tratamientos, mediante un análisis sensorial se determinó que la vida útil de una frutilla con envoltura bioplástica es alta, 5 días de durabilidad, estas láminas ayudan a preservar los alimentos más tiempo, resultando útiles y beneficiosos.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <RENDIMIENTO>, <ALMIDÓN>, <FRÉJOL PATA DE PALOMA (*Phaseolus vulgaris* L.)>, <BIOPLÁSTICO >

0684-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This research aims to obtain biodegradable sheets from beans (*Phaseolus vulgaris* L.) of the pigeon foot species for use in food, proceeding with the wet extraction of starch and applying the 2^k factorial design with two variables of speed and time; through ANOVA it was defined that there are no significant differences between the 4 treatments with 4 replications each, reaching a yield of 8.2% to 16.102%, the starch extracted was characterized by INEN 1456 standard with results that fall within the ranges in a positive way. Moreover, by means of the 2^k factorial design, the variable concentrations of plasticizer (5.5% and 6.5%) and starch (7.8% and 8.7%) and constant concentrations of water, acetic acid, time and temperature that the biodegradable films should have were determined for 4 treatments, with which TP1, TP2, TP3, TP4 were obtained. By means of several tests to the bioplastics, the moisture percentage (19.068 % to 23.692 %) and solubility (29.559% to 57. 293%), the average thickness of the four biofilms with a value less than the range expressed in the INEN 2542:2010 standard of 0.2 mm were determined; also the tensile test was performed under the NTEINEN 2635:012 standard where it was seen that the TP3 sheet has the most suitable modulus of elasticity to be used as food packaging with a value of 4.76E+00 Mpa. When the biofilms were exposed to different conditions to observe their percentage of biodegradability, it was observed from the first week degradation, TP2 reached the highest percentage with 62, 43% in composting compared to all other treatments, through a sensory analysis it was determined that the shelf life of a strawberry with bioplastic wrapping is high, 5 days of durability; these films help to preserve food longer with useful and beneficial results.

Key words: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <YIELDING>, <STARCH>, <PIGEON FOOT BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)>, <BIOPLASTIC>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de plásticos ha crecido torrencialmente a nivel mundial, lo que conlleva a un uso excesivo de este material en todo tipo de industrias y una eminente amenaza para el planeta, ya que los plásticos sintéticos están elaborados a partir de derivados del petróleo como el polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo y el polietileno tereftalato, lo que los hace prácticamente indestructibles permaneciendo en la tierra por miles de años, el aumento de la contaminación por estos materiales es tan evidente que se ve la necesidad de desarrollar un sustituyente. (Alvear, N; et al. 2019)

Los productos agrícolas son una opción como sustituyentes para los materiales derivados del petróleo, al ser usados como materia prima para la fabricación de productos biodegradables. El almidón al ser un recurso renovable ha constituido un elemento importante en la obtención de polímeros biodegradables, este desde hace varias décadas es calificado como un producto potencial en la elaboración de láminas biodegradables al ser mezclado con otras sustancias para adquirir las características de un empaque.

Los bioplásticos al ser renovables y originarse de materias orgánicas pueden ser destruidos por microorganismos, su desintegración se da por el resultado de la producción de agua, humus y dióxido de carbono. Los primeros bioplásticos vegetales producidos con almidón fueron de yuca, maíz y papas, al revisar estudios previos se ve la elaboración de bioplásticos con almidón de maíz. (Alvear, N; et al. 2019) La elaboración a nivel mundial de bioplástico en el 2019 alcanzó la cantidad de 2,11 millones de toneladas métricas, Asia con un 45%, y Europa con un 25%. En América Latina la fabricación de plásticos no se encuentra en su mejor etapa, pues existe una serie de regulaciones y prohibiciones, por lo cual se vio la necesidad de presentar la estrategia del plástico en la que se desea terminar con los productos de un solo uso, colocando a América Latina y El Caribe un paso delante de Europa. (Alvear, N; et al. 2019)

En Ecuador la producción de bioplástico se puede considerar nula y se delimita a una serie de campañas realizadas por grupos o centros comerciales, y las investigaciones en las que se reportan el uso de algunos productos agrícolas propios de las regiones de este país, estas investigaciones se desarrollan ya que en Ecuador existe una gran variedad de productos agrícolas y se ve la necesidad e importancia de aprovecharlas, uno de los productos consumidos y sembrados en todo el territorio por los ecuatorianos son los frijoles, por su valor nutricional, existiendo así una gran variedad y demanda de estos, estos pueden ser usados como base en la elaboración de bioplásticos, para lo cual se debe extraer su almidón a nivel de laboratorio, esto se realiza mediante el licuado del grano con agua, al filtrar el producto se obtiene el almidón, el mismo que después puede ser

mezclado con agua , un plastificante (glicerina) que le da la característica de flexibilidad y para evitar microorganismos que contaminen la lámina biodegradable un conservante (vinagre), al mezclar y exponer estas sustancias al calor, tomando en cuenta la temperatura de gelatinización del almidón se obtiene un producto que será vaciado en moldes, según la necesidad y después se procederá al secado, al observar que se encuentre completamente seca se da el desmoldado obteniendo una lámina biodegradables que ayuda a reducir el impacto ambiental provocado por los plásticos sintéticos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

Actualmente el consumo de recursos naturales es una tendencia global que sustenta la economía, pues la dinámica que existe entre consumo y producción provoca gran presión sobre el planeta ya que se requiere una gran cantidad de materia prima para compensar las necesidades del ser humano; el primordial problema es que no solo se obtienen y transforman los recursos, sino que se genera gran cantidad de residuos que comprometen la capacidad del planeta para degradarlos.

Las nuevas generaciones juntamente con el crecimiento poblacional y el avance tecnológico han provocado un cambio en las actividades laborales, incrementando el consumo de alimentos precocidos y comida rápida, obligando a las industrias a la fabricación y uso de plásticos sintéticos para la conservación y transporte de estos productos.

Los plásticos sintéticos son polímeros de elevado peso molecular, al ser fabricados estos pueden ser prensados para obtener formas variadas, lo cual se logra por la característica de plasticidad, además se identifican por la resistencia que poseen, su composición química hace que este material no sea biodegradable lo que implica una desventaja para los recursos renovables de los diferentes países. (Yamunaque et al., 2019)

Según la BASF AG, en Latino América el consumo de plástico está representado por 31kg per cápita, que simboliza el 4% total de la producción global de plástico, pues, Europa constituye el 19%, Asia el 50% y América del Norte 18%, datos que desde el 2017 han ido incrementando hasta la actualidad. (Carvajal, 2019)

Al ver las referencias del consumo de plásticos a nivel mundial se aprecia que es uno de los materiales idóneos y preferidos para la venta de un sinnúmero de artículos, ya sea por su resistencia, costo o tiempo de fabricación, pero su uso es limitado ya que una vez cumplida su función es usual ver que se convierte en un desecho, este rescinde como parte del ambiente, sumándose a una problemática ambiental.

Con lo anteriormente mencionado nace el interés de formular y caracterizar láminas biodegradables a partir de material polimérico proveniente del fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma, mismo que se utilizará en alimentos.

1.2. Justificación de la investigación

En Ecuador, el Ministerio del ambiente anunció una ordenanza para regular el consumo de plásticos de un solo uso, iniciativa que incluye sanciones por el uso de este tipo de contaminantes, la medida busca disminuir el consumo de plásticos y enfocarse en el desarrollo de una economía circular.

El golpe ambiental generado por la producción y formas de consumo de diferentes materiales plásticos, especialmente para el packing de alimentos, obliga al sector productivo a implementar estrategias que reduzcan el impacto ambiental que los plásticos representan y que no comprometan los recursos del planeta para la producción de estos.

Con el presente proyecto surge la necesidad de elaborar láminas biodegradables a partir del fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma, mediante el estudio de las características poliméricas que faciliten la obtención de las láminas ya mencionadas.

El proyecto se desarrollará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo juntamente con el grupo de Investigación GIADe como un aporte a su proyecto “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador” con fecha de inicio 2020/01/07 de la convocatoria 2019.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Obtener láminas biodegradables a partir de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma para el uso en alimentos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Establecer el mejor método de obtención de almidón de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma.
- Caracterizar el almidón obtenido.
- Formular láminas biodegradables con distintas concentraciones de almidón y aditivos.
- Estimar el tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos con las láminas biodegradables obtenida.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La presente investigación se fundamentó en el estudio literario de artículos científicos y trabajos relacionados con la obtención de láminas biodegradables, que aprovechan polímeros derivados de recursos naturales renovables.

Al ser indispensable buscar alternativas sostenibles que ayuden a disminuir el impacto ambiental negativo que provoca el uso descontrolado del plástico, se ve el aumento y énfasis en la investigación y desarrollo de novedosos materiales amigables con el medio ambiente, las diferentes investigaciones se han dado desde alterar la composición de los plásticos hasta buscar alternativas que sustituyan por completo este material llegando así a los bioplásticos, que son obtenidos primordialmente de recursos renovables.

Según la investigación realizada por Riera y Palma, “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador” la alternativa que contribuye a la disminución del nefasto daño ambiental causado por los plásticos se ve en los polímeros biodegradables. La investigación parte de estudios donde el almidón se toma el protagonismo para la obtención de bioplástico, como una opción replicable. Se analiza que es posible distinguir el desecho agrícola más propicio para obtener láminas biodegradables. Siendo una investigación que abre lugar a un futuro debate en que se ve la posibilidad de favorecer a los sistemas productivos locales y el ambiente académico que lo sustenta (Riera & Palma, 2018).

De acuerdo a Fiorentino Vásquez en el “Desarrollo de un bioplástico como alternativa al poliestireno para aplicarse en cadenas de sushi” El plástico en este tiempo de innovación es uno de los ejes del consumo de la humanidad, considerado como un habitante acomodado en cada entorno que actúa siendo un contaminante que genera extravagantes catástrofes en el ambiente. Se evidencia la comodidad y facilidad que la sociedad quiere en cada uno de los métodos para la producción de bienes y materiales, incorporándose en un círculo vicioso que contribuye a los evidentes problemas ambientales de la actualidad. La industria alimenticia es una de las más grandes globalmente y va de la mano con la fabricación de plásticos que lleva el alimento desde la realización hasta su consumo. Dando lugar a la investigación que atribuye a cadenas de sushi en cual se desea innovar una alternativa que cambie el uso de platos en la producción y presentación de alimentos de consumo rápido, liderando así el desarrollo de un bioplástico en el

que la composición de este desempeñe bien su función al ser utilizado en la industria alimenticia, aportando también una experiencia distinta en el consumidor que incentive el cuidado ambiental. (Vásconez F, 2016).

En el trabajo de investigación de Álvarez José “Bioplásticos: efectos e impactos sobre la gestión de los envases” se observa la existencia de varios factores que promueven el uso de plásticos biodegradables. Los principales son el elevado precio de las resinas que se derivan del petróleo y la conciencia ambiental que cada día está más presente en la sociedad y hace que los consumidores replanteen el uso de plásticos y busquen alternativas que cuiden el medio ambiente. Provocando que en los últimos años las industrias y proveedores de envases creen y busquen alternativas de plásticos biodegradables amigables al ambiente, los cuales principalmente están hechos de plantas en su mayoría maíz, esto se da con la certeza de que los consumidores acogen de manera positiva los nuevos productos (Álvarez, 2014).

Castillo, Escobar, Fernández, Gutiérrez, Morcillo, Núñez, y Peñaloza, S. En su investigación “Bioplástico a base de la cáscara del plátano” obtienen un bioplástico en el que la materia prima es el almidón extraído de la cáscara de plátano considerada como un residuo agrícola. Se extrae el almidón de la cascara mediante el proceso que conlleva el rayado del endocarpio y la eliminación del exocarpio; al conseguir el rayado se da la inmersión de este en la solución antiparadeante. Subsiguientemente se elaboró el bioplástico, pues las diferentes investigaciones de estos biomateriales últimamente tienen como prioridad la disminución de costos de producción y aumento de productividad lo cual fue reflejado al utilizar un producto que suele ser visto como desecho y no presenta un alto costo (Castillo R, et al.,2015).

Al analizar cada una de las investigaciones se ve la necesidad de enmendar el daño provocado al ambiente por el uso descomunal de plásticos mediante la fabricación de bioplásticos a partir de productos agrícolas para uso de embalaje en la industria alimenticia logrando así ayudar a reducir la contaminación ambiental.

2.1.1. Leguminosas

2.1.1.1. Fréjol

El fréjol es una de las semillas pertenecientes al grupo de las leguminosas más importantes ya que se distribuye en los cinco continentes al ser fundamental en la dieta del ser humano por su alto contenido proteico, porcentaje de carbohidratos, minerales y vitaminas. Los componentes principales del fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) son los hidratos de carbono con un porcentaje que

va del 55 al 65% resaltando el almidón. Existe una gran variedad de fréjol que se clasifican por su color y tamaño. (Rojas-del Muro et al. 2017)

2.1.1.2. Origen del fréjol

La siembra de fréjol es considerada una de las actividades agrícolas más arcaicas, mediante hallazgos arqueológicos se estima su producción hace 5000 años antes de Cristo. Es de origen americano. La variedad de formas y nombres de esta leguminosa se dio por el interés del hombre por este alimento en el contribuyo la selección realizada por las culturas precolombinas. (Ulloa, J; et al. 2011)

La taxonomía del Phaseolus, se estableció hace medio siglo y ahora taxonómicamente el fréjol pertenece a la especie del género Phaseolus. En el año de 1753 Linneo confirió a la tribu Phaseoleae con la subfamilia Papilionoideae, familia Leguminosae y orden Rosales el nombre completo de Phaseolus vulgaris L. al fréjol. (Ulloa, J; et al. 2011)

2.1.1.3. Zonas de producción de fréjol en Ecuador

El cultivo de fréjol se da en las tres regiones del Ecuador: Sierra, Costa y Amazonía, se toma en cuenta que este producto tiene la facilidad de producción durante todo el año. Las provincias donde se da la siembra de fréjol seco son Loja, Imbabura, Carchi y Azuay. Las provincias donde se siembra fréjol tierno son Guayas, Chimborazo, Imbabura, Pichincha, Carchi, Azuay y Loja. (Carcelén & Sánchez ,2003)

2.1.1.4. Descripción taxonómica del fréjol

Tabla 1-2: Taxonomía del fréjol

No.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
1	Reino	Plantae
2	División	Magnoliophyta
3	Clase	Magnoliopsida
4	Subclase	Rosidae
5	Orden	Fabales
6	Familia	Fabaceae
7	Subfamilia	Faboideae
8	Género	<i>Phaseolus L.</i>
9	Especie	<i>vulgaris L.</i>
10	Nombre científico	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

Fuente: Bazurto M, 2019

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.1.1.5. Fréjol pata de paloma



Ilustración 1-2: Fréjol pata de paloma

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

- *Características agronómicas*

El fréjol pata de paloma alcanza una altura de planta de 114.32 cm, donde la dimensión del fruto es de 10,36 cm, dentro de 33,75 días es el tiempo en que se da la floración, aproximadamente existe un tiempo de 69,75 días de maduración y su ciclo vegetativo es de 81 días, los frutos por planta de fréjol son de 24,02 con 6,45 granos por cada vaina, se puede obtener como cosecha 56 quintales por hectárea. (Carcelén & Sánchez ,2003)

- *Análisis proximal del producto*

Tabla 2-2: Análisis proximal del fréjol

Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Grasa	%	1-2
2	Proteínas	%	21-26
3	Hidratos de Carbono	%	58-60
4	Ceniza	%	3-3,5
5	Humedad	%	10-12
6	Fibra	%	3,00
7	Vitamina A	mg	2,00
8	Vitamina B	mg	0,57
9	Vitamina B2	mg	0,17
10	Niacina	mg	2,10
11	Vitamina C	mg	6,10
12	Calcio	mg	86,00
13	Fósforo	mg	247,00

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.1.2. *Bioplástico*

El bioplástico también denominado plástico biodegradable se encuentra elaborado esencialmente con materias primas orgánicas, estos al entrar en contacto con microorganismos son degradados, es completamente opuesto al plástico sintético que dura varios años para que se dé su desintegración, por lo cual en los últimos años se ha visto la necesidad de la fabricación de un sustituyente, tomando así en cuenta los polímeros biodegradables. En la industria química los bioplásticos se han convertido en una primicia. (Silva, 2016)

- *Tipología de los bioplásticos*

Los bioplásticos pueden dividirse en tres categorías primordiales, la clasificación se da tomando en cuenta su biodegradabilidad y origen:

- Producción de fuentes no renovables: Son plásticos biodegradables originarios del petróleo se puede tomar como modelo el PCL o policaprolactona entre otros. (Silva, 2016)
- Producción de fuentes renovables no biodegradables: Como representación se tienen al polipropileno (PP). (Silva, 2016)
- Producción de fuentes renovables biodegradables: Se toma en cuenta a los almidones termoplásticos como ejemplo de este grupo. (Silva, 2016)

2.1.2.1. *Almidón*

El almidón se puede encontrar esencialmente en tubérculos, cereales, raíces semillas y frutas, siendo para los vegetales un polisacárido de reserva energética. Después de la celulosa el almidón ocupa el segundo lugar en abundancia dentro del medio ambiente, ya que está recolectado en las células vegetales en los amiloplastos. (Martin, C. & Smith, A.1995)

- *Composición del almidón de cereales*

El almidón es considerado como un polímero de glucosa ya que principalmente está compuesto por glucosa, pero minoritariamente también contienen grasas y minerales, muchos de estos se encuentran a nivel de trazas. Químicamente en el almidón se pueden encontrar dos tipos de polímeros: la amilopectina que es ramificada y la amilosa que es lineal. (Borneo R, 2020)

- *Amilopectina*

La amilopectina a referencia de la amilosa es el componente del almidón más abundante, tomando un porcentaje de 75 %, se debe tomar en cuenta que hay algunos tipos de almidones que están constituidos exclusivamente por amilopectina, a los cuales se los nombra como almidones cerosos. La glucosa que constituye la amilopectina está conformada en cadenas con uniones de

$\alpha(1-4)$, también cuenta con ramificaciones de cadenas de glucosa con uniones de $\alpha(1-6)$, finalmente tenemos la dextrina que son los residuos de la hidrólisis incompleta del almidón. (Benelli, F; et al. 2019)

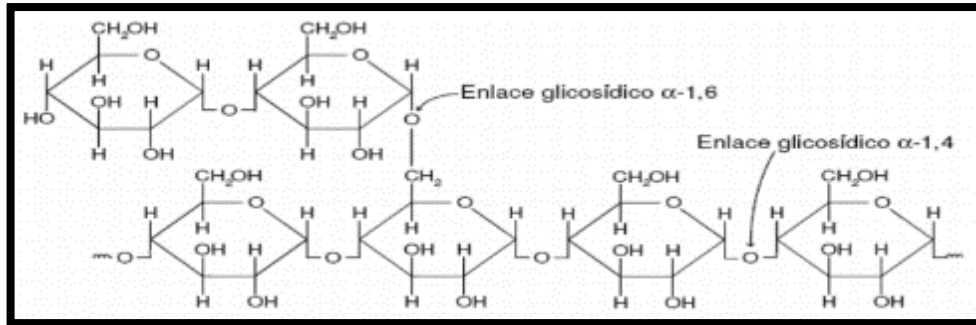


Ilustración 2-2: Estructura química de la amilopectina.

Fuente: (Bejarano, 2018).

- *Amilosa*

Varios anillos de glucosa que se encuentran unidos entre si forman la amilosa que es una molécula lineal larga de almidón que van de 200-2500 unidades, peso molecular que puede ser de un millón y pueden formar moléculas que no presentan ramificaciones, además también se la denomina como α -D-glucana, la amilosa es el producto de la condensación de D-glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos, cuyo elemento repetitivo es la amaltosa. (Benelli, F; et al.2019)

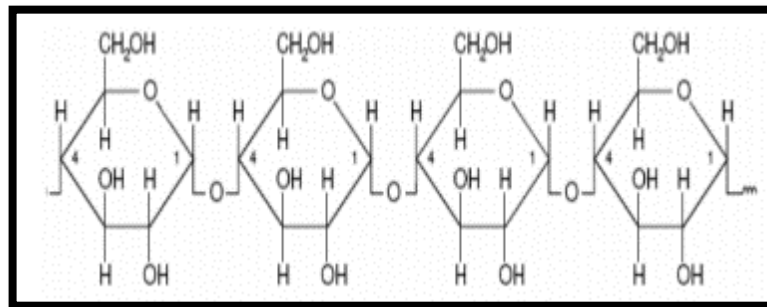


Ilustración 3-2: Estructura química de la amilosa

Fuente: (Bejarano, 2018)

- *Propiedades funcionales del almidón*

Tabla 3-2: Propiedades funcionales del almidón

PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN	
Espesasante	Esta propiedad se debe a su capacidad de hinchamiento en solución, utilizado así en productos adhesivos, gomas y productos alimenticios

Vehículo	Al tener compatibilidad con varios ingredientes es buen vehículo o extensor de varios productos.
Gelificante	El almidón tiene la cualidad de retrogradación de los alimentos.
Sustrato de fermentación	Fuente de carbohidratos fermentables por su alta pureza.
Agente de acabado	Logra formar películas resistentes y lisas, aprovechado para dar acabado en superficies de diferentes tipos de industrias.
Aglutinante	Capacidad del almidón de formar pastas viscosas, llevándolo a ser usado como ligante o aglutinante de una amplia gama de ingredientes.
Control de textura	Eficaz medio para el control de la consistencia de diversos productos ya sea crudo o en dispersión.
Agente de moldeo	El almidón crudo tiene la capacidad de retener formas estampadas sobre su superficie.

Fuente: (Martin, C. & Smith, A.1995)

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.1.2.2. *Gelatinización*

Al ser calentados en una suspensión de agua los almidones sufren un proceso de gelatinización, este es irreversible donde en el interior del gránulo se produce un rompimiento de los enlaces de hidrógeno logrando una mejor absorción de agua lo que provoca un hinchamiento. La temperatura de gelatinización obedece a la transición vítrea de la fracción amorfa y es diferente para cada tipo de almidón. (Navarro, O; et al. 2017)

Se observa que en el almidón los gránulos si bien proceden de una misma fuente botánica pueden tener una relación de grado de cristalinidad y amilosa/amilopeptina diferente lo que conlleva a que exista una diferencia de hasta 10 °C en los que se pueden lograr su punto de gelatinización pues tienen una resistencia diferente a efectos de altas temperaturas. (Navarro, O; et al. 2017)

2.1.2.3. *Plastificantes*

Se considera como un plastificante a una sustancia que por lo general es líquida y con una mayor viscosidad a la del agua, donde al reducir las fuerzas intermoleculares ayuda a optimizar la flexibilidad del material al que es agregado. Las diferentes sustancias como alcoholes, agua, cetonas, ácidos grasos, aldehídos, aminas, amidas y las diferentes mezclas que se dan entre estos ayudan a que se produzca este efecto plastificante. (Velasco, R; et al.2012)

Al utilizar estos plastificantes se considera la utilización de aquellos en el que su presión de vapor es baja, evitando así la vitalización de éste al culminar el proceso de extrusión. Tanto la

temperatura de transición vítrea como la de fusión son disminuidas al incorporar estos plastificantes ya que se da un cambio en el comportamiento reológico, pues las moléculas se movilizan logrando la plasticidad del material. (Velasco, R; et al.2012)

La glicerina o glicerol son polioles utilizados con mayor frecuencia como plastificantes solubles en agua en los almidones pues se consideran efectivos agentes suavizantes, dando como resultado películas con mayor flexibilidad. Con lo cual se ve reflejado en la matriz polimérica que al añadir una sustancia plastificante se acrecienta la elongación y la deformación, pero el módulo de Young y el esfuerzo de ruptura decrecen. (Velasco, R; et al.2012)

- *Glicerina*

La glicerina, nombre comercial del glicerol o también llamado 1, 2,3-trihidroxipropano con fórmula ($C_3H_8O_3$), es un polialcohol higroscópico ya que contiene tres grupos hidroxilos (-OH) lo cual lo hace un compuesto fácilmente soluble en alcoholes y agua, levemente soluble en disolventes orgánicos e insolubles en hidrocarburos. Compuesto que a temperatura ambiente es líquido, viscoso, incoloro, inodoro, un sabor ligeramente dulce, densidad de $1,261 \text{ g.cm}^{-3}$, su punto de ebullición de 290°C y de fusión de $18,2^\circ\text{C}$ de temperatura. La característica principal de la molécula del glicerol es su alta flexibilidad, logrando así constituir enlaces de hidrógeno tanto intra como intermoleculares. (Lafuente, Gustavo. 2017)

2.1.2.4. *Agua destilada*

El agua es calificada como el disolvente universal, una sustancia compuesta por moléculas de H_2O , su pureza es importante, al ser ésta sometida a un proceso de destilación para ser purificada toma el nombre de agua destilada. Se mantiene un sistema control sistemático de la calidad de agua, esta es usada en el laboratorio para obtener un resultado con supresión de sesgo, reacciones colaterales y por lo tanto se acrecienta la confianza en los resultados obtenidos. Esta purificación del agua se da ya que esta contiene magnesio, calcio y sales y otras sustancias que le aportan dureza, la misma que produce una reducción en su uso para determinados procesos. (Valdivia; et al. 2012).

2.1.2.5. *Vinagre*

El vinagre proviene del latín *vinum acre* comprendido en español como “vino agrio”, producto de la mezcla y fermentación ácida de manzana y vino es un líquido agrio compuesto de agua y ácido acético, éste último es el causante de su sabor y olor característico, en la elaboración de los

bioplásticos ayuda a neutralizar los polímeros irregulares además de estabilizar la estructura del plástico del polímero que componen el almidón. (Sierra, A; et al. 2016)

2.1.2.6. Biodegradación

Al buscar una manera de contrarrestar el daño ambiental, se empezó la elaboración de materiales biodegradables, es decir materiales sensibles a los microorganismos para que sean destruidos por la naturaleza en poco tiempo. El vocablo “Biodegradable” supone una degradación a consecuencia de la acción enzimática es decir por la actividad biológica, lo cual produce una variación en la estructura química del material a consecuencia del agua y dióxido de carbono, hongos, bacterias y algas que se puede dar en un tiempo aproximado de 6 meses. (Lucio, A; 2020)

2.2. Planteamiento de la hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

- El almidón procedente del fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma influirá en la obtención de las láminas biodegradables.

2.2.2. Hipótesis específicas

- El método de extracción húmedo será el indicado para obtener almidón del fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma.
- La adición de aditivos influirá en la formulación de las láminas biodegradables, se podrán obtener datos de variación de flexibilidad, dureza, biodegradabilidad y espesor siendo estas características las que determinarán las diferencias entre los bioplásticos obtenidos.
- Se reduce la contaminación ambiental con las láminas de bioplásticos resultantes por su rápida degradación a comparación del plástico tradicional.

2.3. Identificación de variables

Tabla 4-2: Identificación de las variables

ETAPAS DEL PROCESO	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Obtención del almidón.	<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto • Tiempo de trituración. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del almidón.
Formulación del bioplástico.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de almidón • Porcentaje glicerina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del bioplástico.

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 5-2: Operacionalización de las variables que intervienen en la extracción y caracterización del almidón, y formulación del bioplástico.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	CATEGORIZACIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Revoluciones por minuto	Independiente	Las RPM se conocen como unidad de frecuencia, siendo así las rotaciones por minuto.	Trituración de fréjol pata de paloma	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad Alta (3) • Velocidad Baja (1) 	<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora
Tiempo de trituración	Independiente	Magnitud física para determinar la duración de acontecimientos ordenando secuencias.	Tiempo necesario de licuado para obtención del almidón.	<ul style="list-style-type: none"> • 45 segundos • 60 segundos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cronómetro
Caracterización del almidón	Dependiente	El almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amelopectina. Cada una tiene sus propias propiedades.	Pruebas de laboratorio	Porcentaje de amilosa	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis proximal
Porcentaje de almidón	Independiente	Concentración de la relación de la cantidad de soluto y la cantidad de dilución.	Almidón obtenido de la caracterización	Gramos	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Espátula
Porcentaje de glicerina.	Independiente	Tiene tres grupos hidroxilo en su estructura y composición, es un alcohol con gran degradación digestiva.	<ul style="list-style-type: none"> • Plastificante • Elasticidad 	% de amilosa del almidón.	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta
Formulación de bioplástico.	Dependiente	Tipo de plásticos derivados de productos vegetales, tales como el maíz o la fécula de patata, a diferencia de los plásticos convencionales derivados del petróleo.	% de formulación.	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación • Compostaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas mecánicas-físicas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 6-2: Matriz de consistencia

Aspectos Generales				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General		
El uso excesivo del plástico ha causado un impacto ambiental negativo por lo cual se ha visto la necesidad de buscar alternativas sostenibles, impulsando así la investigación y desarrollo de nuevos materiales que sean amigables con el medio ambiente.	Obtener láminas biodegradables a partir de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de la especie pata de paloma para el uso en alimentos.	El almidón procedente del fréjol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de la especie pata de paloma influirá en la obtención de las láminas biodegradables.		
Aspectos Específicos				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de las Hipótesis Específicas	Técnicas de recolección de datos
<ul style="list-style-type: none"> El control en cuanto a los ensayos de caracterización de películas bioplásticas no se ha determinado. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer el mejor método de obtención de almidón de fréjol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de la especie pata de paloma. 	<ul style="list-style-type: none"> H1: El método de extracción húmedo será el indicado para obtener almidón del fréjol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) de la especie pata de paloma. 	<p>Variables Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> Caracterización del almidón Formulación del bioplástico. <p>Variables Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Revoluciones por minuto Tiempo Concentración del almidón Concentración de la glicerina 	<ul style="list-style-type: none"> pH Densidad Análisis bibliográfico Viscosidad Índice de solubilidad Humedad Temperatura de gelatinización Ceniza Fibra Proteína Amilosa Amilopectina Hongos Levaduras y mohos Coliformes totales Espesor Estabilidad Revolución alta y baja. Medición para formulación.
<ul style="list-style-type: none"> Las composiciones almidón-plastificantes de las muestras a obtener son desconocidos. 	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar el almidón obtenido. 	<ul style="list-style-type: none"> H2: La adición de aditivos influirá en la formulación de las láminas biodegradables, se podrán obtener datos de variación de flexibilidad, dureza, biodegradabilidad y espesor siendo estas características las que determinarán las diferencias entre los bioplásticos obtenidos. 		
<ul style="list-style-type: none"> El almidón de fréjol de la especie pata de paloma a obtener y sus pruebas de caracterización debe cumplir con un estándar de calidad, ya que es materia prima para obtener una película para alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> Formular láminas biodegradables con distintas concentraciones de almidón y aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> H3: Se reduce la contaminación ambiental con las láminas de bioplásticos resultantes por su rápida degradación a comparación del plástico tradicional. 		
<ul style="list-style-type: none"> Desperdicio de alimentos al usar plásticos sintéticos como embalajes. 	<ul style="list-style-type: none"> Estimar el tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos con las láminas biodegradables obtenida 			

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.5. Tipo y diseño de investigación

2.5.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria por la selección de los granos de fréjol de la especie pata de paloma ya que su tamaño es importante para ser escogidos para el proceso de molienda, así como el tamaño de partícula adecuado mediante tamizado o cribado, análisis del almidón mediante pruebas de: solubilidad, pH, sensibilidad y residuos por calcinación, como requisitos que deberá cumplir el almidón para ser considerada como la materia prima óptima para elaboración de bioplásticos en formulación adecuada con plastificantes, así como los ensayos de caracterización de la láminas biodegradables obtenidas como: humedad, permeabilidad al vapor, solubilidad, biodegradabilidad, espesor y ensayo de tracción.

2.5.1.1. Según el método de investigación

La presente investigación es cuantitativa debido a que el análisis del almidón, la formulación de los bioplásticos y los análisis de degradación se los realiza obteniendo datos específicos que permitan caracterizar la materia prima y determinar las cantidades óptimas para cumplir con el objetivo de la investigación que es obtener una biopelícula para el uso en alimentos.

2.5.1.2. Según el objetivo de investigación

La investigación es aplicada ya que se utilizan todos los conocimientos adquiridos al transcurrir el tiempo de estudio, para obtener una solución al problema planteado.

2.5.1.3. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

Es una investigación explicativa, pues se especifican las variables a utilizar y las condiciones en que se obtiene el almidón juntamente con las formulaciones para la creación de láminas biodegradables.

2.5.1.4. Según la manipulación de variables

Tenemos una investigación experimental ya que existen variables dependientes e independientes que varían en función de la obtención del bioplástico para cubrir las expectativas de la investigación, en este caso las variables independientes de concentración de glicerina y concentración de almidón darán lugar a las respectivas variables dependientes, que son la

formulación del bioplástico.

2.5.1.5. Según el tipo de inferencia

Se determina como hipotética deductiva, pues al analizar la investigación se concluye si las hipótesis se rechazan o no.

2.5.1.6. Según el periodo temporal

Investigación longitudinal por el seguimiento al proceso de biodegradabilidad de las láminas, además se observará la vida útil de un alimento con una envoltura biodegradable, en un tiempo determinado, lo que permite determinar la evolución de las características y variables a observación.

2.5.1.7. Según los medios para obtener los datos

La investigación a nivel de un laboratorio ya que todos los análisis para la caracterización y el análisis de las formulaciones del bioplástico son procesos que necesitan control, donde es primordial la precisión tanto en el volumen como en el peso, además se considera investigación de campo porque se pondrán a consideración la evaluación de la vida útil al ser usados con alimentos.

2.5.2. Diseño de investigación

2.5.2.1. Método Experimental de la investigación

El diseño de esta investigación es experimental debido a que se van a manipular las variables y unidades de análisis, las variables independientes serán sometidas a manipulación probando los efectos en las variables dependientes, puesto que de estas depende el éxito del experimento y siempre que se midan las variaciones con precisión, repitiendo el experimento, en diferentes condiciones obteniendo resultados que presenten cierta variabilidad. El diseño experimental de la presente investigación se desarrollará en base a los objetivos y constará de 3 etapas: extracción de la materia prima (almidón de fréjol de la especie pata de paloma) con los métodos de ensayo: solubilidad, pH, sensibilidad y ceniza; elaboración del bioplástico y evaluar su biocompatibilidad con el ambiente mediante la caracterización de las películas biodegradables obtenidas. El tipo de investigación que se tiene es experimental, la cual se basa en un diseño factorial 2k para la obtención del almidón y para la formulación del bioplástico.

2.5.2.2. *Diseño factorial 2k*

Se aplica este diseño factorial en la obtención del almidón en donde se analizan dos variables importantes que son el tiempo y las revoluciones por minuto, donde se tomaron dos tiempos diferentes que variaron de la siguiente manera: 45s y 60s; con dos velocidades denominadas: velocidad alta y baja. El diseño experimental 2k es aquel donde en un diseño factorial se proporcionan ensayos para determinar k factores. Este diseño se lo realiza para dos factores, con un número n de réplicas, es considerado el diseño más sencillo. Es así como se llevará a cabo 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, en el cual se obtendrán 16 muestras en total, lo que tiene por objeto de estudio determinar el rendimiento en la obtención de almidón que será utilizado como materia llevada a caracterización dentro del laboratorio. Así se genera la matriz con datos obtenidos en los tratamientos con sus respectivas repeticiones, obteniendo el rendimiento con el que se trabajará para obtener el almidón (Minitab. 2019).

- *Diseño factorial 2k para mezclas*

Al existir factores en los que los componentes no son independientes se tratan de mezclas que involucran productos. La formulación de los bioplásticos contiene la concentración del almidón y glicerina es decir tienen dos variables donde los diferentes tratamientos se llevan de la siguiente manera (+,+); (+,-); (-,-); (-,+), los valores de vinagre y agua que también son usados para la elaboración de las láminas biodegradables se mantienen constantes, teniendo un total de 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, llegando a obtener las cantidades óptimas en las que el bioplástico obtendrá mejores propiedades. Al analizar los resultados de las 16 muestras se puede realizar las muestras de tendidos en bandejas. (Minitab. 2019)

2.6. Unidad de análisis

La unidad de análisis para la presente investigación es: el almidón nativo de fréjol de la especie pata de paloma, el cual será sometido a métodos de ensayo; y se obtendrá la concentración almidón-plastificante para formar la lámina biodegradable y los ensayos de caracterización de la misma.

2.7. Población de Estudio

La población de estudio es tomada al azar ya que se tienen varios puntos de comparación para buscar una población de estudio específica, la investigación puede darse del almidón, del bioplástico generado o de varios tipos de contaminación a los que afecta el uso excesivo de

plásticos y de desperdicios. Se beneficiará de manera directa al estudio experimental del Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH, en la obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador, aportando un valor agregado de estos productos y favoreciendo de manera indirecta al fortalecimiento de la agricultura del país.

2.8. Tamaño de muestra

Para la determinación del tamaño de muestra en la caracterización del almidón obtenido del fréjol de la especie pata de paloma se tomará la cantidad de 2 a 3 kg de almidón; como base para la realización de las láminas biodegradables, se tomará un valor experimental de almidón para realizar los ensayos preliminares, para los ensayos de caracterización de la biopelícula se realizará adoptando las normas correspondientes especialmente para determinar el espesor de las películas bioplásticas.

2.9. Selección de muestra

Se seleccionará la muestra de mercados agroalimentarios escogidos al azar, verificando la calidad de la misma mediante un análisis sensorial, tomando una cantidad de 20 kilos de fréjol de la especie pata de paloma para realizar después la respectiva caracterización del almidón extraído

2.10. Técnicas de recolección de datos

2.10.1. Obtención del almidón

El almidón se obtiene mediante el diseño factorial 2k con el que se tiene 16 repeticiones de 4 tratamientos dónde se ve la variación del tiempo y revoluciones por minuto.

2.10.1.1. Técnicas de extracción del almidón de fréjol de la especie “Pata de Paloma”

El almidón de fréjol de la especie “Pata de Paloma” se extrae mediante filtración y precipitación este proceso se puede observar de manera detallada en la figura 4-2.

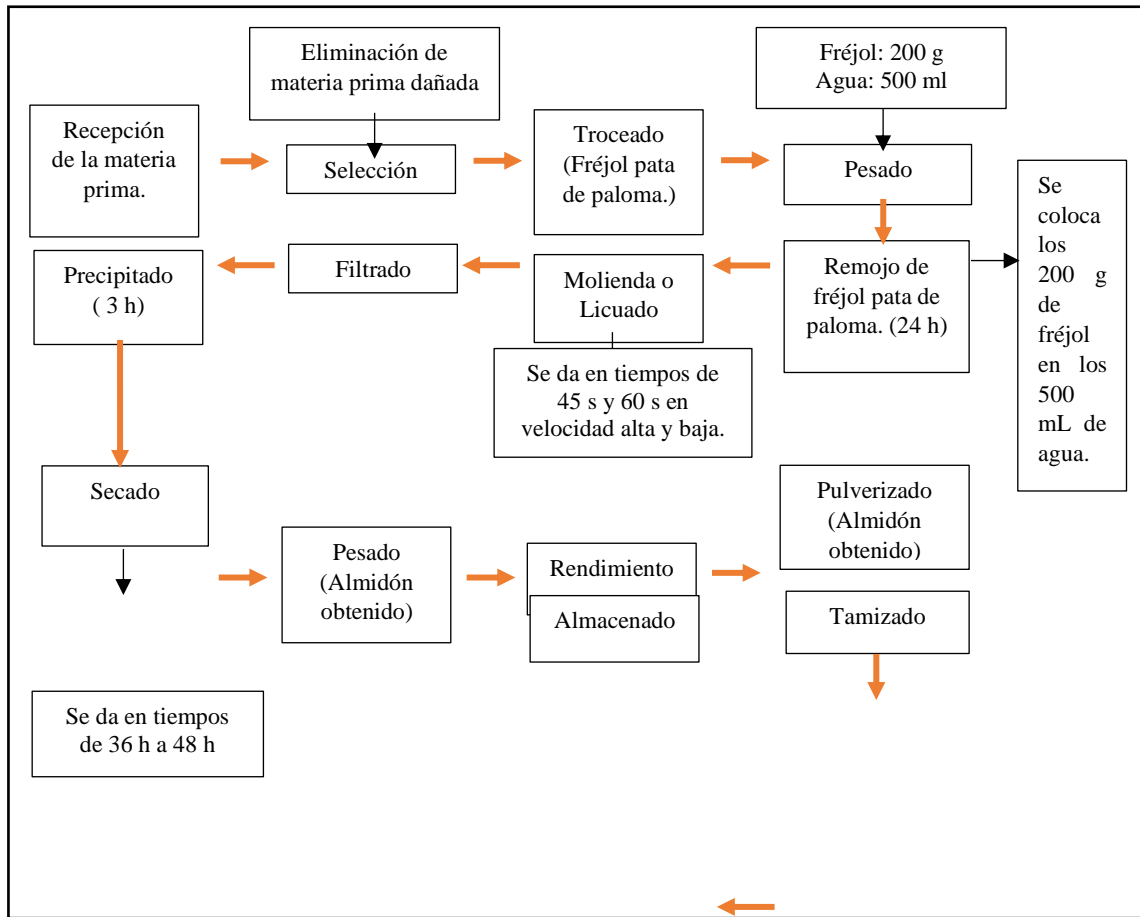


Ilustración 4-2: Proceso de obtención de almidón de fréjol pata de paloma.

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 7-2: Técnica de extracción de almidón de fréjol pata de paloma.

Materiales y Equipos	Reactivo	Descripción del proceso	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Cuchillo • Balanza digital y analítica • Espátula • Cronómetro • Recipientes de plástico • Tela filtrante o colador • Papel aluminio • Guantes aislantes • Fundas ziploc • Mortero 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Fréjol pata de paloma 	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción del fréjol pata de paloma: un factor importante en la producción de almidón de fréjol de alta calidad es la selección. • Troceado del fréjol: este proceso se da mediante la utilización de un molino hasta conseguir partirlo por la mitad ya que es materia seca. • Remojo: colocar el fréjol triturado en agua para que se produzca hidratación del fréjol y el licuado sea más efectivo. • Licuado: esta operación consistió en aumentar la superficie de contacto del fréjol, por lo que se licua por un determinado tiempo con un volumen de agua determinado la cantidad de fréjol debe estar previamente pesada, obteniendo una pasta homogénea. • Filtración: en esta etapa se separa el almidón de la celulosa usando un equipo filtrante, después de esto se conserva todo el sobrante y se desecha los residuos que se generan. (Brito, 2001) • Colado o extracción: separación de la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón. Evitar que pequeñas partículas de fibra pasen a la lechada de almidón; recomendando realizar un recolado de la lechada con el objeto de retener las fibras finas. • Sedimentación o deshidratación: se realiza por medio de sedimentación o centrifugación, para separar los gránulos de almidón de su suspensión en agua. • Secado: puede ser realizado dependiendo del nivel tecnológico por secado solar o artificial. En ambos casos, se busca remover la humedad del almidón hasta un 12- 13 por ciento. • Secado: para eliminar el agua retenida en el almidón se procedió a secar durante 36 a 48 horas a temperatura ambiente. (Brito, 2001). • Pulverizado: tras el secado las partículas de almidón se aglutinan por lo que es necesario realizar un proceso de molienda para separar dichas partículas hasta que cumpla con las características granulométricas deseadas que en este caso con una luz de malla de 38 micrones o un molino. (Brito, 2019) • Pesado: una vez que se obtuvo el almidón seco se procedió a pesar para obtener el rendimiento obtenido del fréjol (Brito, 2019) • Envasado: el llenado que se realiza es de tipo manual a temperatura ambiente, logrando que el envase alcance la totalidad de llenado, se utiliza fundas ziploc los que no permitirán el ingreso de humedad en el empaque por su cierre hermético. (Brito, 2019) 	<p>(Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.49-50)</p> <p>(Brito, 2019)</p>

Fuente: Pastuizaca, M. 2020

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.10.1.2. Técnica para realizar la caracterización físico químico de los almidones

Tabla 8-2: Técnicas de ensayos físico químico para los almidones

No.	ENSAYO	Materiales y equipos	Procedimiento	Fórmula de cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
1	DENSIDAD APARENTE	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01 g Probeta graduada de 25 mL Embudo Espátula Equipo de vibración de base de madera 	<p><i>Densidad aparente del almidón suelto:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Pesar la probeta graduada vacía. Adicionar cuidadosamente con una espátula la muestra de almidón a la probeta de 25 mL por medio de un embudo hasta que el volumen total sea libremente completado. <p><i>Densidad aparente del almidón empacado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Sostener la probeta con la muestra de almidón en un vibrador y adicionar almidón hasta que el volumen ocupado sea el valor mínimo Realizar la vibración durante cinco minutos a una frecuencia y amplitud de manera tal que la probeta vibre rítmicamente con la base de madera Medir el volumen de muestra empacada. 	<p>Para encontrar la densidad aparente se realizaron mediante 3 réplicas, con la siguiente fórmula:</p> <p>Densidad aparente del almidón suelto (g/mL):</p> $\frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) (g)] - \text{peso probeta vacía} (g)}{\text{volúmen de la probeta}}$ <p>Ecuación 1-2: Densidad aparente con almidón suelto</p> <p>Densidad aparente del almidón empacado (g/mL):</p> $= \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón empacado}) (g)] - \text{peso probeta vacía} (g)}{\text{volúmen de la probeta}}$ <p>Ecuación 2-2: Densidad aparente con almidón empacado</p>	El almidón debe tener una densidad promedio de 1,560 g/mL.	Técnica usada (Smith, 1967) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)

2	SOLUBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vaso de precipitación de 25 y 200 mL. • Agitador de vidrio. Calentador de placa. • Probeta graduada de 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación de 25 mL pesar 2g de muestra, añadir 5 mL de agua fría y agitar. • Transferir totalmente la suspensión sobre 100 mL de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200 mL, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min. • Guardar la solución para determinación de pH. 	Medición Cualitativa	Considerar que la muestra en examen cumple con el requisito cuando se observa sólo ligera opalescencia que se mantiene sin intensificar después de enfriamiento de la solución.	NTE INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO
3	pH	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH. • Electrodo de vidrio y de calomel • Reactivos • Solución tampón 0,05 molar de fosfato pH 7,0 	<ul style="list-style-type: none"> • Mezclar 5g de almidón en base seca con 25mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos. • Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura. • Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. 	Medición Directa	Considerar que la muestra cumple con el requisito si el pH obtenido se encuentra entre 5,0 y 7,0.	NTE INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO

			<ul style="list-style-type: none"> • Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo. • Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. • Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25°C. • Accionar el control de lectura y leer el pH. 			
4	CENIZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01g • Crisoles de porcelana • Desecador • Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar aproximadamente 1,0 g aproximadamente de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. • Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. • Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. • Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. • Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. 	<p>Para encontrar el contenido de ceniza se realizaron mediante 3 réplicas:</p> <p>% Ceniza</p> $= \frac{\text{Peso de las cenizas} - (\text{Peso ceniza} - \text{peso crisol vacío})}{\text{Peso de muestra}} \cdot 100$ <p>Ecuación 3-2: Contenido de cenizas</p>	En general, el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0,12 por ciento.	Técnica usada (AOAC, 2000) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)
5	CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g . 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C (P1). • Pesar en el crisol vacío entre 5 g de la muestra de almidón (P2). 	<p>Para encontrar la densidad aparente se realizan 3 réplicas:</p> $\% \text{ humedad} = \frac{(P3 - P1) * 100}{(P1 - P2)}$ <p>% materia seca = 100 - (% humedad)</p>	El contenido de humedad de los almidones de estar entre el 12% El contenido de materia seca de los	Técnica usada (ICONTEC, 2002) Guía técnica para producción y análisis de

		<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles plásticos o de vidrio. • Horno con temperatura constante y ventilación forzada. • Desecador con un agente de secado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C durante 24 horas. • Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3). • Pesarse los crisoles con la muestra de almidón seca. 	<p>Ecuación 4-2: Contenido de materia seca</p> <p>Donde:</p> <p>P1: Pesarse los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno.</p> <p>P2: Pesarse en el crisol vacío entre 5 g de la muestra de almidón</p> <p>P3: Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos)</p>	<p>almidones debe estar entre 87-90 por ciento</p>	<p>almidón de yuca (FAO,2007)</p>
6	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Plancha de calentamiento • Vasos de precipitado de vidrio de 100 y 250 mL • Frascos volumétricos de 100 mL • Pinzas de acero inoxidable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL. • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C. • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. • Leer la temperatura de gelatinización. 	<p>Para encontrar la temperatura de gelatinización se realizaron mediante 3 réplicas y un promedio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cálculo directo 	<p>El valor de la temperatura de gelatinización en almidones de yuca varía entre 57, 5-70 °C.</p>	<p>Técnica usada (Grace, 1977)</p> <p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Termómetro con escala de 0-100 °C. 				
7	DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRÁNULO	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Equipo Rotap con tapa y fondo 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios. • Pesarse 50g de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices. • Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos). • Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante. • Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos. • Pesarse cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso neto individual = (peso tamiz + fracción de almidón) – (peso de cada tamiz vacío) <p>Ecuación 5-2: Porcentaje del tamaño de gránulo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gran total = \sum pesos netos individuales Registrar cada fracción de almidón como porcentaje del gran total, caracterizado por el ancho de la malla en micrómetros 	El 99 por ciento de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 100 o el 95 por ciento pasar a través de un tamiz de malla 140 (106 μ m).	Técnica usada (ISI, 1999) Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO,2007)

Fuente: Pastuizaca, M.2020

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.11. Técnica de obtención del bioplástico

2.11.1. Diseño factorial 2^k

El almidón centrado del Fréjol “Pata de Paloma” se estableció por medio del diseño factorial 2^k, donde se tiene que 2 es la concentración de plastificante y almidón, mientras que k constituye el número de repeticiones, dándonos así un resultado de 2^k = (2*2) *4 = 16 pruebas con 4 tratamientos. Considerando de igual manera la formación y uniformidad de la biopelícula esparcidas en las cajas petri, transparencia, estabilidad y secado de las láminas biodegradables siendo estos los aspectos cualitativos de las mismas.

Tabla 9-2: Tabla de datos obtenidos del diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico.

No.	TRATAMIENTOS	VARIABLES	REPETICIONES
1	TP1	CA1:CG1	R1
2			R2
3			R3
4			R4
5	TP2	CA1:CG2	R1
6			R2
7			R3
8			R4
9	TP3	CA2:CG1	R1
10			R2
11			R3
12			R4
13	TP4	CA2:CG2	R1
14			R2
15			R3
16			R4

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

2.11.2. Obtención de bioplástico de fréjol pata de paloma.

Tabla 10-2: Proceso para la elaboración de bioplástico.

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO		
Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento (Tratamiento 1)
•Balanza analítica con una precisión de 0,01 g	•Agua destilada • Glicerina	•Pesar 3,5 g de almidón en un vaso de precipitación de 250 mL.

<ul style="list-style-type: none"> • Probeta graduada de 5mL, 10mL, 100mL • Espátula • Rebervero • Agitador-Calentador • Estufa • Vasos de precipitación de 250 mL • Varilla de agitación • Cajas petri o Moldes de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinagre • Almidón de fréjol pata de paloma 	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionar 35 mL de agua destilada. • Agregar el plastificante (glicerina 2,5 mL). • Adicionar 4 mL de vinagre • Mezclar la muestra y agitar hasta no observar grumos • Colocar la muestra en el agitador-calentador, la agitación debe de ser de 500-1000 rpm hasta temperatura de gelatinización del almidón. Una vez llegada a la temperatura de gelatinización verter la muestra en los moldes o cajas petri. • Dejar secar la muestra a una temperatura ambiente de 25 °C durante 24 horas, • Retirar los bioplásticos de los moldes y colocar en papel aluminio o papel secante.
--	---	---

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 11-2: Ensayos para la caracterización de las biopelículas

No.	Ensayo	Procedimiento	Forma de cálculo	Método de ensayo
1	HUMEDAD	<ul style="list-style-type: none"> •La humedad se determinó gravimétricamente pesando las películas secadas al ambiente y posteriormente colocándolas en la estufa con circulación de aire a 105 °C durante 24h. Se realizaron tres ensayos por cada muestra. 	<p>% Humedad</p> $= \frac{\text{peso inicial de la película} - \text{peso final de la película}}{\text{peso final de la película}} * 100$ <p>Ecuación 6-2: Porcentaje de humedad del bioplástico</p>	<p>Este ensayo fue basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema:</p> <p>PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR</p>
2	SOLUBILIDAD EN EL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> •Las películas secas se colocaron en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora. •Posteriormente se filtró y se colocó en la estufa a 40 °C hasta que esté seca. •Luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película. 	<p>% Solubilidad</p> $= \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$ <p>Ecuación 7-2: Porcentaje de solubilidad en el agua del bioplástico</p>	<p>Este ensayo fue basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema:</p> <p>PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR</p>
3	TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> •Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas. •Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. •Colocar o guardar en una gradilla. •Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio 	$WVTR = \frac{Q}{A}$ <p>Ecuación 8-2: Ecuación de la tasa de transmisión de vapor expresada en (g/h*m²).</p> <p>Donde:</p> <p>Q = peso ganado del desecante en gramos.</p> <p>WVTR = tasa de transmisión de vapor de agua.</p> <p>t = tiempo de la prueba en horas.</p> <p>A = Área total del bioplástico.</p> $WVP = \frac{WVTR * e}{\Delta p}$ $\Delta p = s' (HR_2 - HR_1)$ <p>Ecuación 9-2: Transmisión de vapor de agua</p> <p>Donde:</p> <p>WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en</p>	<p>ASTM D1653-93:</p> <p>Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.</p>

		(NaCl) y una temperatura de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas.	$(g \cdot h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot MPa^{-1})$. WVTR = es la pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina ($g/h \cdot m$). s' = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 20°C.	
4	BIODEGRADABILIDAD	<p>Se acoplaron el uso de cámaras digitales (de un teléfono celular, una cámara web o una cámara digital semiprofesional) y un software libre para análisis de imágenes (imageJ), con el fin de determinar el área de la lámina en forma simple, precisa y a bajo costo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalar el programa de imageJ • Tomar una fotografía a la muestra con un límite de referencia para que el programa tenga el valor del área de cada área. • Tomar una foto a cada una de las muestras cada 7 días. • Subir la foto al programa. • Señalar: analizar datos en imageJ y dibujar los bordes de las láminas en la fotografía • Observa el valor del área proporcionada por el programa. 	<p>% Biodegradabilidad</p> $\frac{(Área\ inicial - Área\ final) \cdot 100}{Área\ inicial}$ <p>Ecuación 10-2: Porcentaje de Biodegradabilidad</p>	<p>”</p> <p>Este ensayo fue basado en el artículo: DETERMINACIÓN DEL ÁREA FOLIAR EN FOTOGRAFÍAS TOMADAS CON UNA CÁMARA WEB, UN TELÉFONO CELULAR O UNA CÁMARA SEMIPROFESIONAL</p>

Fuente: Pastuizaca M, 2020

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos obtenidos de los ensayos físicos- químicos del fréjol pata de paloma

Tabla 1-3: Análisis cualitativos del fréjol pata de paloma.

No.	FRÉJOL "PATA DE PALOMA"		
	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
1	0,35	7,50	5,50
2	0,30	7,40	5,60
3	0,33	7,40	5,20
4	0,32	7,00	5,40
5	0,30	6,60	5,10
PROMEDIO	0,32	7,18	5,36
Peso g/100 semillas	33 g/100 semillas		

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Según Voysest, O. (2000, pp. 3-7) el fréjol puede clasificarse como pequeño, mediano y grande esta característica se puede determinar mediante el peso resultante de 100 semillas del producto, debe entrar en un rango de peso de 25 y 40 g/100 semillas para ser considerado mediano, valor que concuerda con el fréjol pata de paloma, con un peso de 33 g/100semillas, tamaño similar obtenido por Miranda P,et al.(2013) de muestras de frejol zaragoza con 37 g/100 semillas, en la norma de INIAP-426 por lo contrario señala un tamaño grande del fréjol canario siete colinas con 56g/100semillas en peso, esto se debe a que existe una gran diversidad de especies del fréjol, al tener gran acogida por el ser humano como fuente de alimento, cada especie tiene características dierentes.

3.1.1. Rendimientos obtenidos del almidón

Tabla 2-3: Resultados del rendimiento obtenido del fréjol pata de paloma.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)
					PRODUCTO (g)	ALMIDÓN			R	PROMEDIO	
						R	PROMEDIO	TOTAL			
1	T1	RPM A: 45(s)	R1	500	200	25,226	25,035	100,140	12,613	12,518	60
2			R2			24,989			12,4945		
3			R3			25,911			12,9555		
4			R4			24,014			12,007		
5	T2	RPM A: 60(s)	R1			31,826	32,203	128,812	15,913	16,102	62
6			R2			32,480			16,24		
7			R3			31,610			15,805		
8			R4			32,896			16,448		
9	T3	RPM B: 45(s)	R1			20,844	20,219	80,876	10,422	10,110	58
10			R2			19,820			9,91		
11			R3			20,620			10,31		
12			R4			19,592			9,796		
13	T4	RPM B: 60(s)	R1			16,345	16,400	65,599	8,1725	8,200	58
14			R2			16,750			8,375		
15			R3			15,822			7,911		
16			R4			16,682			8,341		

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 3-3: Análisis de varianza del rendimiento de almidón obtenido del Fréjol “Pata de Paloma”

Análisis de Varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	35,0094098	1	35,0094098	3,51189606	0,085476481	4,74722535
Columnas	26,5624275	1	26,5624275	2,66455462	0,128552721	4,74722535
Interacción	1,78122389	1	1,78122389	0,17867977	0,679986079	4,74722535
Dentro del grupo	119,625669	12	9,96880579			
Total	182,978731	15				

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 4-3: Prueba de Tukey del almidón obtenido del Fréjol “Pata de Paloma”

Prueba de Tukey- Diferencia de medias				
	T1	T2	T3	T4
T1		3,58	4,32	2,41
T2			7,90	5,99
T3				1,91
T4				
HSD	6,63			
Multiplicador	4,20			
Mse	9,97			
n	4			
	No existe diferencia significativa			
	Existe diferencia significativa			

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 5-3: Variables para la obtención de almidón del fréjol pata de paloma.

VARIABLES	
RPM (revoluciones por minuto)	TIEMPO (s)
RPMA	60
RPMB	45

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

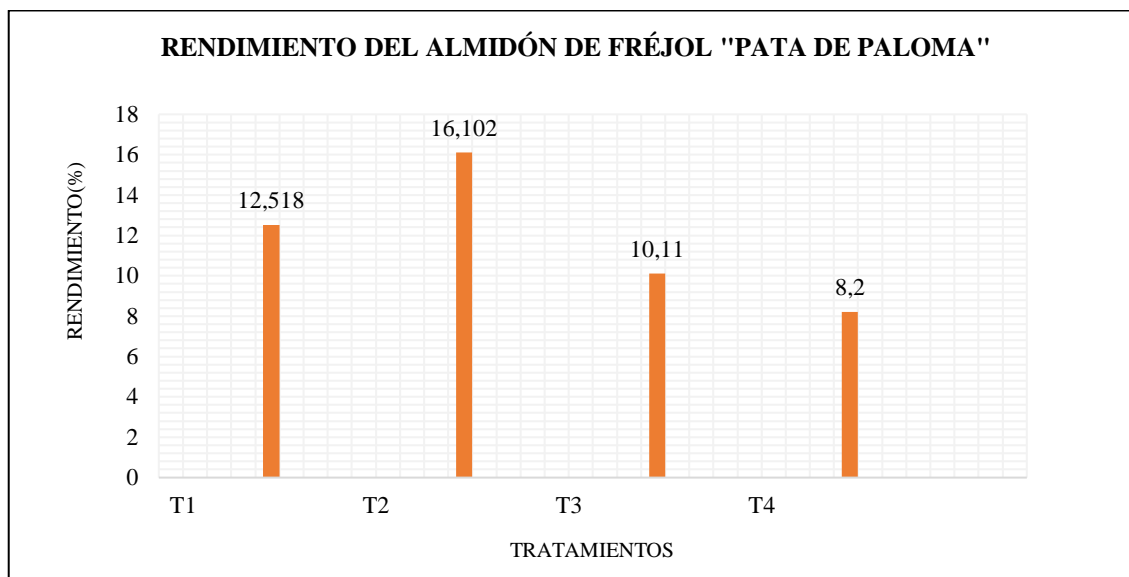


Ilustración 1-3: Rendimiento del almidón de fréjol pata de paloma

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Mediante la extracción por vía húmeda se obtuvo el porcentaje de almidón de fréjol pata de paloma con resultados de 8,2% a 16,102 % con una cantidad de 200g de producto, resultado bajo al obtenido en la investigación de Villa P, et al, (2013, pp.23) con 15 % en 100 g de muestra del fréjol zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y el almidón de fréjol común obtenido por Corzo et al, (2006) con 75%. El rendimiento bajo de almidón del fréjol pata de paloma se pudo dar por el método de extracción utilizado como el tiempo y equipo para el licuado.

Al observar el rendimiento de extracción por vía húmeda mediante un análisis de varianza observado en la tabla 15-3 se determina que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos obtenidos mediante el diseño factorial 2^k , ya que el valor de la probabilidad 0,67998 es mayor que 0,05, esto concuerda con Dagnini (2014, pp.306-310) donde también se expresa que se aprueba la hipótesis nula al obtener un valor de F menor al valor crítico para F lo cual se corrobora en la tabla 15-3, al tener un valor de F de 0,17867977 y un valor crítico de 4,74722535. Para determinar que muestras se encuentran causando las mínimas diferencias que nos establece

ANOVA se observa la tabla 16-3 donde se tienen los valores de la prueba de Tukey, Martínez (2015, pp. 10-13) explica que se puede encontrar las muestras exactas en las que existe o no diferencias significativas, lo cual se valida comparando los valores de los cuatro tratamientos encontramos, donde únicamente entre el tratamiento (T2,T3) existe una diferencia significativa, esto se da por la variación de la velocidad y el tiempo de licuado para la extracción del almidón, dejando al tratamiento (T2,T1), (T3,T1), (T4,T1), (T4,T2), (T4,T3), sin diferencias significativas.

Cada uno de los tratamientos cuentan con dos variables, las revoluciones por minuto alta (RPMA) y baja (RPMB), tiempo alto (60s) y bajo (45s), al comparar los rendimientos reflejados en la gráfica 1-3, el tratamiento dos (T2) con las variables de RPMA en un tiempo de 60 s, tiene el promedio más alto de producción de almidón con 16,102 % haciéndolo el tratamiento más idóneo para la obtención de las láminas biodegradables.

3.1.2. Ensayos fisicoquímicos del almidón de Fréjol “Pata de Paloma”

3.1.2.1. Densidad aparente

Tabla 6-3: Resultado de la densidad aparente

Densidad aparente		
Repeticiones	ρ suelta de almidón (g/mL)	ρ empacado de almidón (g/mL)
1	2,11	2,43
2	2,10	2,45
3	2,11	2,41
Promedio	2,11	2,43

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

La densidad aparente del almidón es de 2,11 g/mL sobrepasando el valor promedio de 1,560 g/mL propuesto por Smith, (1967) en su técnica, con lo cual se puede determinar que con la densidad alta este almidón puede absorber una cantidad mayor de agua.

3.1.2.2. Solubilidad

Tabla 7-3: Resultados de solubilidad

No.	Ph	Presencia de opalescencia
1	7,99	Si
2	7,96	Si
Promedio	7,975	Si

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

En la tabla 18-3 se observa que la presencia de opalescencia es positiva en el resultado de sensibilidad, al ser comparada con la referencia establecida en la norma INEN 1456: 1986 se

muestra que el resultado guarda relación, cumpliendo así con el requisito de la presencia de una ligera opalescencia en las muestras de almidón.

3.1.2.3. pH

Tabla 8-3: Resultados de pH

No.	pH
1	4,99
2	5,02
Promedio	5,005

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Según la norma INEN 1456: 1986 para la obtención del pH se observa que el requisito conlleva obtener valores entre 5,0 y 7,0, por lo cual se determina que se cumple con la misma al ver reflejado en la tabla 19-3 un valor de 5,005 de pH resultado del promedio de dos muestras, MirandaP. et al. (2013) obtiene 5,36 y 6,7 de pH del almidón de frijón Zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) un resultado cercano al obtenido.

3.1.2.4. Contenido de ceniza

Tabla 9-3: Resultados del contenido de ceniza

Contenido de ceniza	
No.	(%)
1	0,12
2	0,12
3	0,11
Promedio	0,116666

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

La tabla 20-3 indica el porcentaje de ceniza obtenido al promediar tres muestras sometidas a incineración en mufla a 550 °C dando como resultado un valor de 0,1166 % , igual a la investigación de Pastuzaca M,(2020) con 0,11 en almidón de yuca valores que cumplen con los requisitos de la técnica (AOAC, 2000) en la que se sigue obtener un valor menor o igual a 0,12%, esto indica que la calidad del almidón es la indicada, pues mientras menor sea el porcentaje de resultado menor es la contaminación existente en la muestra, Concluyendo así que el almidón extraído no contiene contaminantes y es apropiado para la elaboración del bioplástico

3.1.2.5. Contenido de humedad y materia seca

Tabla 10-3: Resultados del contenido de humedad y materia seca

No.	Humedad (%)	Materia seca (%)
1	10,55	89,45
2	9,547	90,453

3	11,204	88,796
Promedio	10,43	89,57

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

El promedio de humedad el fréjol pata de paloma es de 10,43 % entrando en el rango aceptable de 10-13% del ensayo de ICONTEC, (2002), porcentaje similar a Pastuizaca M. (2020) con (11,23% y 11,74%) de lamidón de oca y un valor bajo a relación de la investigación de Arenas, C & Pedraza ,D.(2017) donde se obtienen 46,02% en almidón de papa.

3.1.2.6. Temperatura de gelatinización

Tabla 11-3: Resultados de temperatura de gelatinización

No.	Temperatura de gelatinización (°C)
1	78
2	78
3	79
Promedio	78,33

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

La temperatura de gelatinización del fréjol pata de paloma obtenido al promediar tres muestras da lugar a un valor de 78,33 °C, Miranda P, et al. (2013) definió 80°C como temperatura de gelatinización para el almidón de fríjol zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y Rojas del Muro et al. obtuvo 76 °C de un fréjol modificado, según Burbano Vicente (2018, pp. 56-58) en su investigación los valores de gelatinización del amidón de frejol inicia en 40°C y termina en 80°C, estos datos varían levemente según la especie de fréjol utilizado, al comparar los resultados se concuerda con la investigación, obteniendo un valor muy cercano a los 80°C.

3.1.2.7. Tamaño del granulo

Tabla 12-3: Resultados del tamaño de granulo

um.	(%)
>355	17
355-350	3
350-150	9
<150	71
Total	100

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Los valores en la tabla 23-3 no guardan relación con ISI (1999, p.32) donde se especifica que debe pasar el 99% de almidón obtenido por un tamiz de malla 100 y si se utiliza un tamiz de malla 140 (106 µm) el porcentaje aceptable es de 95%, al no cumplir con estas especificaciones se define que el almidón después del secado debe ser expuesto a un proceso de molienda con el fin de

disminuir el tamaño del gránulo, esto es necesario para que la lámina biodegradable no presente gránulos en su superficie y se obtenga una película lisa.

3.1.2.8. Amilosa y Amilopectina

Se obtuvo una relación de amilosa/ amilopectina, donde la cantidad de amilopectina en el almidón se encontró al realizar una diferencia (100%) con respecto al porcentaje de amilosa proporcionado por la INIAP.

Tabla 13-3: Contenido de amilosa y amilopectina

Prueba	(%)	Institución
Amilosa	46,55	INIAP
Amilopectina	53,45	INIAP

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Los resultados del porcentaje de los dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina del fréjol pata de paloma reflejados en la tabla 24-3 fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) reflejándose un total de 46,55% de amilosa, dejando un restante de 53,45 % de amilopectina, esta cantidad es alta al ser comparada con los valores de otro tipo de fréjol en la investigación de Villa (2013, pp 17-32) que obtiene 21,81 % de amilosa y 78,19 % de amilopectina con el fréjol zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*), lo que indica que el almidón de fréjol pata de paloma no entra en el porcentaje de 17 y 24% de amilosa que debe tener un almidón normal, este porcentaje de amilosa y amilopectina depende de las condiciones de almacenamiento, técnica de extracción del almidón, y el producto que será utilizado.

Tabla 14-3: Resumen de ensayos fisicoquímicos del almidón de fréjol pata de paloma

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DEL ALMIDÓN					
No.	Análisis fisicoquímico	Unidad	Rango estandar	Resultado obtenido	Ensayo
1	Humedad	%	10-13	10,43	(ICONTEC, 2002)
2	Ceniza	%	<0,12	0,11	(AOAC, 2000)
3	Ind. Solubilidad	%	0,27-12,32	4,71	(FAO, 2007)
4	Solubilidad	-	Presencia de aoplescencia	SI	NTE INEN 1456;1986
5	Temperatura de gelatinización	°C	58,5-70,0	78,33	(INEN 1456)
6	Densidad aparente compacta	g/mL	1,56	2,43	(FAO, 2007)
7	Densidad aparente suelto	g/mL	1,56	2,11	(FAO, 2007)

8	pH	-	5,0 y 7,0	5,005	NTE INEN 1456:1986
9	Hongos	UFC/g	<0,10	0	(FAO,2007)
10	Coliformes totales	UFC/g	-	0	(FAO,2007)
11	Mohos y Levaduras	UFC/g	1000-5000	0	(FAO,2007)
12	Tamaño	%	99	71	(ISI, 1999)
13	Amilosa	%	25-30%	46,55	ISO 6647-1 (2014)
14	Amilopectina	%	70-75%	53,45	ISO 6647-1 (2014)
15	Fibra	%	0,32	12 ± 1,30	Gravimétrico
16	Proteína	%	0,51	8.80 ± 1.00	Micro-Kendalhi
17	Viscosidad	mPas	840-1500	857	(ISI,2002)

Fuente: (FAO, 2007; INEN, 2013)

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

3.2. Resultados obtenidos del bioplástico

Tabla 15-3: Valores empleados para determinar las formulaciones del bioplástico.

FORMULACIÓN DEL BIOPLÁSTICO									
Concentraciones variables				Concentraciones constantes				Condiciones de secado	
Almidón (g)	%P/P	Glicerina (mL)	%P/P	Ácido acético (mL)	%P/P	H2O (mL)	%P/P	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
3,5	7,8	2,5	5,6	4	8,9	35	77,8	24-36	25°C

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

3.2.1. Análisis sensorial del bioplástico

3.2.1.1. Ensayos preliminares con las variables establecidas del bioplástico

Tabla 16-3: Resultado de ensayos preliminares para la obtención del bioplástico de fréjol

TRATAMIENTO	Tipo	Concentraciones Variables				Concentraciones Constantes				Forma biopelícula	Facilidad de moldeo	Observaciones
		Almidón (g)	p/p (%)	Glicerina (mL)	p/p (%)	Ácido acético (mL)	p/p (%)	H2O (mL)	p/p (%)			
TP1	CA1 : CG1	3,5	7,8	2,5	5,5	4	8,9	35	77,8	SI	SI	-
TP2	CA1 : CG2	3,5	7,7	3	6,6	4	8,8	35	76,9	SI	SI	-
TP3	CA2 : CG1	4	8,8	2,5	5,5	4	8,8	35	76,9	SI	SI	-
TP4	CA2 : CG2	4	8,7	3	6,5	4	8,7	35	76,1	SI	SI	-

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Los cuatro tratamientos de bioplástico de la tabla 27-3, tienen una composición donde se mantienen constantes las cantidades de agua y ácido acético en los cuatro tratamientos mientras que las concentraciones % p/p de almidón (7,7%;7,8%, 8,7%, 8,8%) y glicerina (5,5%, 6,5%, 6,6%) sufren variaciones, en la investigación de Moreno et al, (2013) la concentracionesde % p/p de almidón y glicerina son mayores con 15%,25%,35% en piñón blanco (*Jatropha curcas L.*), las concentraciones varían por las características de cada almidón, para TP1,TP2,TP3,TP4 no existe variación significativa y se obtienen en todos los tratamientos biopelículas de fácil moldeo, según Trujillo (2014) estas son características esenciales en la obtención de láminas biodegradables, los tratamientos son obtenidos mediante en el diseño factorial 2k.

3.2.2. Cálculos realizados a los ensayos de bioplástico de Fréjol “Pata de Paloma”

3.2.2.1. Cálculo del ensayo de humedad

Para obtener el porcentaje de humedad presente en cada una de las biopelículas, se toma en cuenta dos muestras que después deben ser promediadas, continuamente se observa el cálculo para el porcentaje de humedad de la muestra TP1 de la repetición 1, por medio de la ecuación 6-2

$$\% \text{ Humedad TP1R1} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad TP1R1} = \frac{(1,954 - 1,852)}{1,954} * 100$$

$$\% \text{ Humedad TP1R1} = 19,037$$

3.2.2.2. Cálculo del ensayo de solubilidad

Para el cálculo del porcentaje de solubilidad cada tratamiento cuenta con dos repeticiones, el resultado es el promedio de las mismas, se puede apreciar a continuación el calculo para el tratamiento TP1, repetición 1, mediante la ecuación 7-2

$$\% \text{ Solubilidad TP1R1} = \frac{(\text{peso inicial} - \text{peso final})}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad TP1R1} = \frac{(0,231 - 0,097)}{0,231} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad TP1R1} = 58,008$$

3.2.2.3. Cálculo del ensayo de biodegradabilidad

El cálculo del porcentaje de biodegradabilidad conlleva una determinación de área de cada biopelícula, cada 7 días por el total de 42 días, se observa el cálculo del porcentaje de la biopelícula expuesta al agua, tratamiento TP1, día 7 considerando la ecuación 10-2

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = \frac{(\text{área inicial} - \text{área final})}{\text{área inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = \frac{(1600 - 1471,369)}{1600} * 100$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 8,039$$

3.2.2.4. Cálculo del ensayo de permeabilidad al vapor

Para el cálculo de la permeabilidad al vapor se considera el promedio de tres repeticiones por tratamiento con un total de 6 horas, se aprecia el cálculo de tratamiento TP1 por medio de la ecuación 8-2 y 9-2

$$WVTR = \frac{Q/t}{A}$$

$$WVTR = \frac{(18,59 - 18,62)/6}{(75 - 0)}$$

$$WVTR = 6.666e-5 \frac{g}{h*m^2}$$

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

$$WVP = \frac{(6.666e - 5) * 0,1}{0,00317} = 0,00000185$$

3.2.3. Resultados de las caracterizaciones físicos y mecánicos del bioplástico

3.2.3.1. Ensayo de espesor de las láminas biodegradables

Tabla 17-3: Espesor de las láminas biodegradables del fréjol.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)	PROMEDIO (mm)
1	TP1	CA1 : CG1	R1	0,1	0,1
2			R2	0,1	
3			R3	0,1	
4			R4	0,1	
5	TP2	CA1 : CG2	R1	0,1	0,125
6			R2	0,2	
7			R3	0,1	
8			R4	0,1	
9	TP3	CA2 : CG1	R1	0,1	0,15
10			R2	0,2	
11			R3	0,1	
12			R4	0,2	
13	TP4	CA2 : CG2	R1	0,1	0,175
14			R2	0,2	
15			R3	0,2	
16			R4	0,2	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

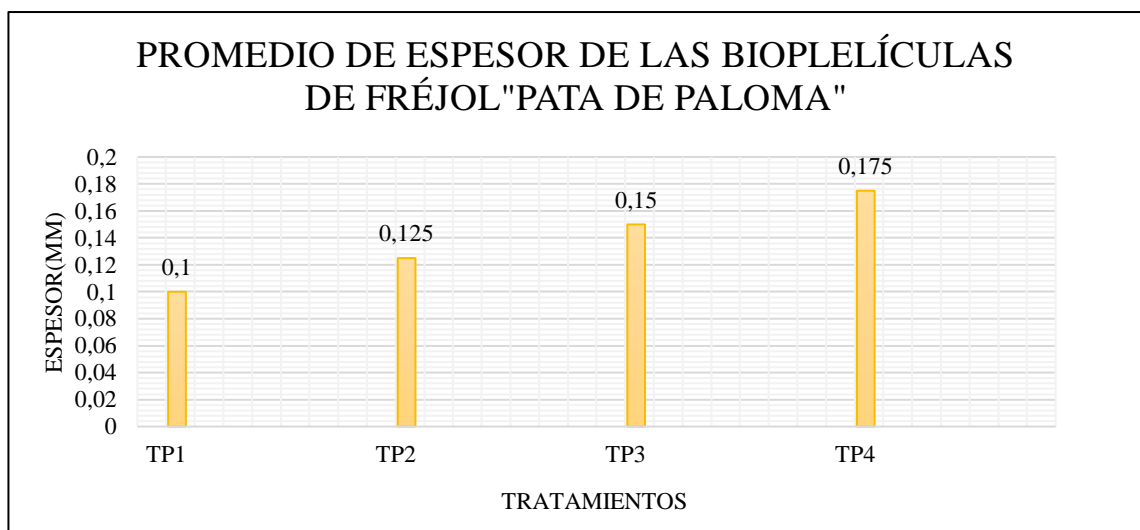


Ilustración 2-3: Promedio de espesor de los cuatro tipos de biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Según lo estipulado en la norma INEN 2542:2010 (Láminas plásticas. Requisitos) los plásticos deben cumplir con un tamaño de espesor que no supere el valor de 0,2 mm, al comparar este valor con el promedio de espesor resultante de la lámina de bioplástico obtenidas, se observa en la gráfica 2-3 que TP1, TP2, TP3, TP4 tiene valores menores a 0.2 mm igual a la investigación de

Bejarano N.(2018) con un espesor en sus biopéculas de 0,1 mm, estos datos cumplen con el tamaño de espesor establecido , los resultados varían por la composición del bioplástico.

3.2.3.2. Ensayo de humedad

Tabla 18-3: Humedad de las láminas biodegradables del fréjol pata de paloma

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	PROMEDIO (%)
TP1	CA1 : CG1	R1	19,037	19,078
		R2	19,120	
TP2	CA1 : CG2	R1	22,963	22,680
		R2	22,398	
TP3	CA2 : CG1	R1	20,987	21,046
		R2	21,106	
TP4	CA2 : CG2	R1	23,563	23,692
		R2	23,821	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

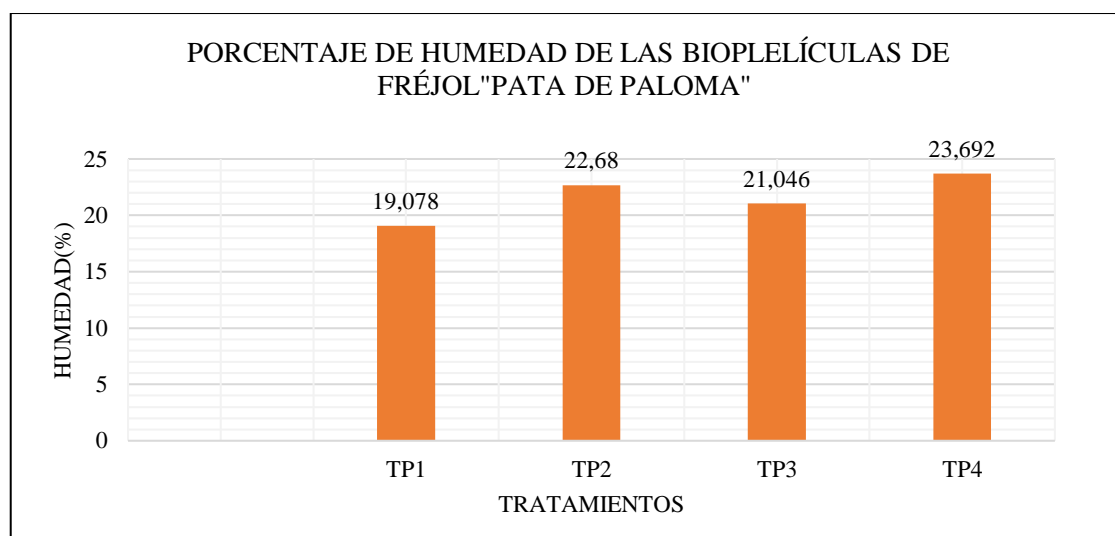


Ilustración 3-3: Porcentaje de humedad de las biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

El porcentaje de humedad presente en los diferentes tratamientos se observa en la gráfica 3-3, al relacionarlos con los valores propuestos por Escobar (2009) en el que aduce que el porcentaje de las biopelículas deben estar dentro de un margen de 19,3% a 22,1% se tiene que los tratamientos TP1 y TP3 con (19,078%;21,046%) cumplen con el porcentaje de humedad mientras que TP2 y TP4 lo sobrepasan como los de la investigación de Buensuceso V. (2010,pp. 52) con porcentajes de (18,09% ; 26.33%), la diferencia de los porcentajes de humedad radica en que cada biopelícula contiene una formulación propia, además según Silva (2016) los datos varían para cada tipo de almidón y la temperatura.

3.2.3.3. Ensayo de solubilidad en el agua

Tabla 19-3: Solubilidad de las láminas biodegradables del fréjol pata de paloma

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO (g)	SOLUBILIDAD (%)	PROMEDIO (%)
TP1	CA1 : CG1	R1	0,231	0,097	58,008	57,293
		R2	0,228	0,099	56,578	
TP2	CA1 : CG2	R1	0,296	0,121	59,121	58,796
		R2	0,301	0,125	58,471	
TP3	CA2 : CG1	R1	0,329	0,227	31,003	31,396
		R2	0,324	0,221	31,790	
TP4	CA2 : CG2	R1	1,199	0,839	30,025	29,559
		R2	1,203	0,853	29,093	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

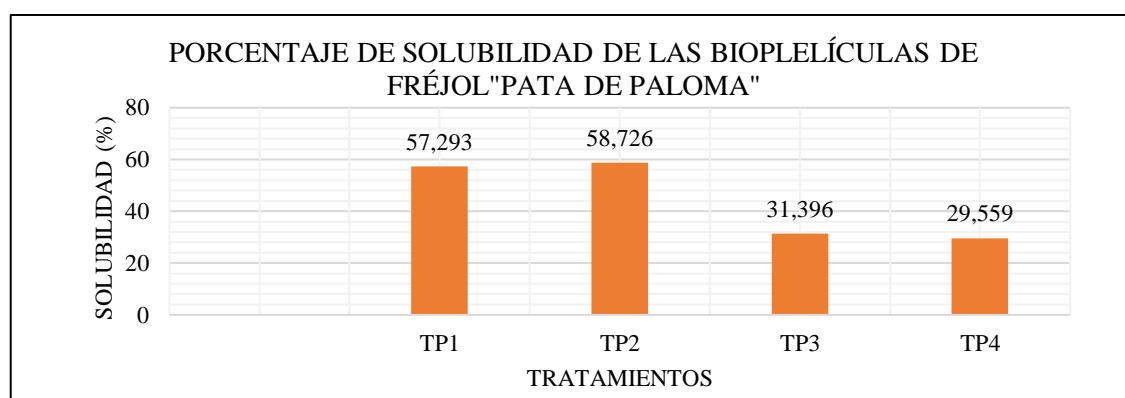


Ilustración 4-3: Porcentaje de solubilidad de las biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Según Trujillo (2014) el porcentaje apto para que un bioplástico pueda ser usado como envoltura de alimentos conlleva valores menores al 70%, en el gráfico 4-3 se observa que todas las biopelículas cumplen con porcentajes menores desde 29,559% en TP4 a 58,726% en TP2 valores similares a los resultados de Silva (2016) de 50,188% ; 30,001% .

3.2.3.4. Ensayo de permeabilidad al vapor

Tabla 20-3: Datos para el ensayo de permeabilidad al vapor

DATOS DE PERMEABILIDAD																
Tiempo (horas)	TRATAMIENTO															
	TP4				TP3				TP2				TP1			
	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P
1	18,567	19,045	18,256	18,623	18,486	18,192	18,338	18,34	18,399	18,217	18,466	18,361	18,762	18,691	18,314	18,589
	18,567	19,045	18,256	18,623	18,489	18,205	18,346	18,35	18,401	18,249	18,469	18,373	18,767	18,672	18,318	18,586
2	18,567	19,045	18,256	18,623	18,489	18,205	18,346	18,35	18,401	18,249	18,469	18,373	18,767	18,672	18,318	18,586
	18,569	19,051	18,261	18,627	18,492	18,213	18,351	18,35	18,402	18,251	18,470	18,374	18,77	18,679	18,321	18,59
3	18,569	19,051	18,261	18,627	18,492	18,213	18,351	18,35	18,402	18,251	18,470	18,374	18,77	18,679	18,321	18,59
	18,571	19,058	18,265	18,631	18,499	18,222	18,363	18,36	18,409	18,258	18,475	18,381	18,782	18,685	18,330	18,599
4	18,571	19,058	18,265	18,631	18,499	18,222	18,363	18,36	18,409	18,258	18,475	18,381	18,782	18,685	18,330	18,599
	18,574	19,061	18,269	18,635	18,501	18,227	18,365	18,36	18,413	18,259	18,478	18,383	18,785	18,687	18,338	18,603
5	18,574	19,061	18,269	18,635	18,501	18,227	18,365	18,36	18,413	18,259	18,478	18,383	18,785	18,687	18,338	18,603
	18,579	19,069	18,272	18,64	18,508	18,231	18,370	18,37	18,418	18,262	18,481	18,387	18,789	18,690	18,345	18,608
6	18,579	19,069	18,272	18,64	18,508	18,231	18,370	18,37	18,418	18,262	18,481	18,387	18,789	18,690	18,345	18,608
	18,581	19,075	18,278	18,645	18,513	18,242	18,374	18,38	18,421	18,270	18,489	18,393	18,796	18,697	18,353	18,615

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 21-3: Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor

Tiempo (horas)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA DEL BIOPLÁSTICO DEL FRÉJOL "PATA DE PALOMA" (g/h.m.Mpa)			
	TP1	TP2	TP3	TP4
6	0,00000185	0,00000229	0,00000264	0,00000154

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

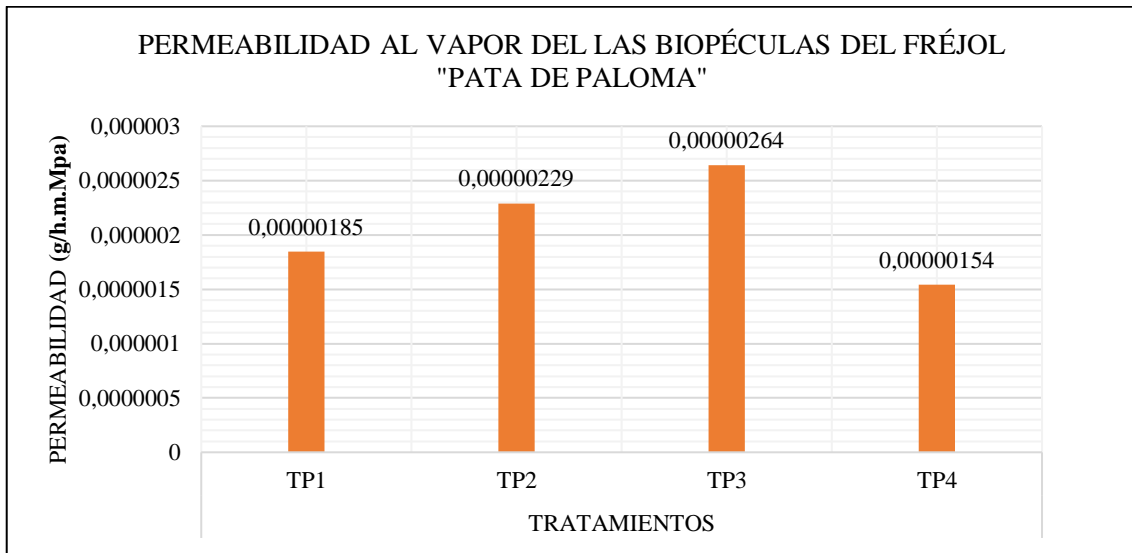


Ilustración 5-3: Permeabilidad al vapor de las biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Al observar los resultados en el gráfico 5-3 tenemos que el tratamiento TP4 consta con el valor más bajo de 0,00000154 (g/h.m. Mpa) este dato se obtuvo al transcurrir 6 horas, comparando con valores resultantes de la investigación de Bejarano N, (2018, pp,50) donde se obtuvo 1,612 (g/h.m.Mpa) al pasar 1 día , se observa una notable diferencia. El valor de la permeabilidad de vapor de agua según Castillo (2015) debe ser lo más bajo posible ya que esta característica cumple con la finalidad de negar la transmisión de humedad entre los alimentos y la atmósfera, concluyendo así que las diferentes biopelículas obtenidas (TP1, TP2, TP3, TP4) son aptas para ser usadas como envolturas. Cabe mencionar que los plastificantes que componen las láminas biodegradables son los componentes que afectan la permeabilidad al vapor de agua según Silva (2016).

3.2.3.5. Resultados de ensayo mecánico

Tabla 22-3: Resultados del ensayo mecánico de las láminas biodegradables.

No.	Tratamiento	Módulo de elasticidad (Mpa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (Mpa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Elongación (%)
1	TP1	2,91E+00	1,62	0,51	2,19	0,69	32,44
2	TP2	2,70E+00	1,97	0,62	2,56	0,81	41,5
3	TP3	4,76E+00	2,28	0,86	3,65	1,37	44,72
4	TP4	3,38E+00	1,73	0,71	1,98	0,81	31,46

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

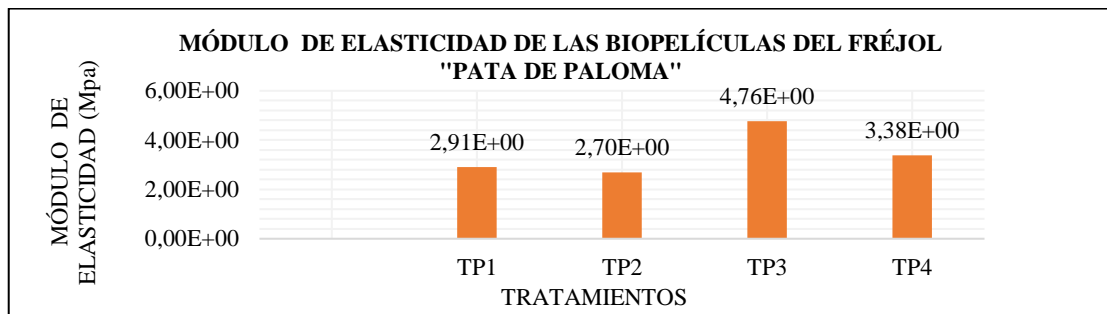


Ilustración 6-3: Módulo de elasticidad de las biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

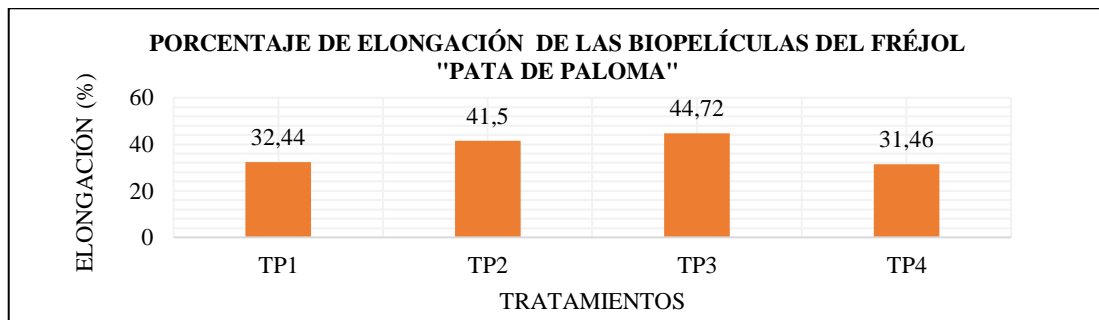


Ilustración 7-3: Porcentaje de elongación de las biopelículas

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

En el gráfico 6-3 se observan que los resultados del módulo de elasticidad de los tratamientos TP1, TP2, TP3 y TP4 van de 2,70E+00 Mpa a 4,76E+00 Mpa valores bajos a comparación de la investigación de Castillo, R; et al (2015) que tiene módulos de elasticidad de 7,30E+00 Mpa a 9,56E+00 Mpa en biopelículas de *Musa acuminata* y *Zea mays*. por lo contrario los resultados son altos a comparación de la investigación de Pastuizaca M.(2020) que obtiene 2,452. E+00MPa; 2,309. E+00MPa en biopelículas de oca. Según Oliveira et al. (1996) al presentar valores bajos las biopelículas tienen poca rigidez, pues mientras más alto el módulo mayor rigidez, el glicerol afecta en los valores del módulo de elasticidad, lo que la hace presentar unas características

favorables para ser usado en la industria de los alimentos como embalaje, resultados afines se ven en la investigación de Lima et al., (2007).

3.2.3.6. Ensayo de biodegradabilidad

Tabla 23-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad en agua.

Tratamiento	Área inicial (mm)	Día	Área final (mm)	Biodegradabilidad (%)	% Total de biodegradabilidad
TP1	1600	7	1473,329	7,917	30,9018125
		14	1370,921	14,317	
		21	1284,972	19,689	
		28	1233,158	22,928	
		35	1200,129	24,992	
		42	1105,571	30,902	
TP2	1600	7	1471,369	8,039	49,6005625
		14	1214,731	24,079	
		21	1171,369	26,789	
		28	1035,012	35,312	
		35	996,462	37,721	
		42	806,391	49,601	
TP3	1600	7	1489,023	6,936	9,7405625
		14	1478,195	7,613	
		21	1473,311	7,918	
		28	1468,641	8,210	
		35	1455,781	9,014	
		42	1444,151	9,741	
TP4	1600	7	1489,345	6,916	7,517625
		14	1486,571	7,089	
		21	1483,611	7,274	
		28	1483,038	7,310	
		35	1482,142	7,366	
		42	1479,718	7,518	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

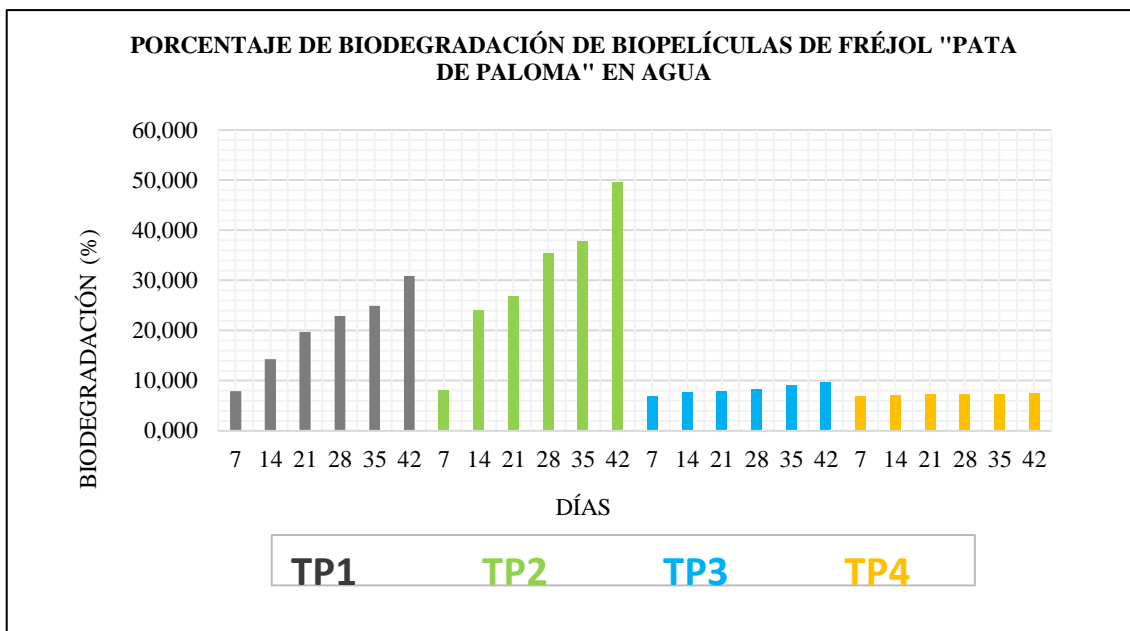


Ilustración 8-3: Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en agua.

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Se observó biodegradabilidad de las biopelículas en agua con lo cual se puede ratificar que las láminas son polímero biodegradables según la norma ASTM D6400 , existió un control por 42 días a una temperatura ambiente de 22 a 25°C, donde se obtuvo un resultado de TP2 con 49,60% de degradación, porcentaje alto a comparación de TP3 (9,74%) y TP4 (7,41%), Yamunaqué, J; et al. (2019) obtuvo 80% de degradación en biopelículas de yuca al transcurrir un 1 mes en agua , esta diferencia se da por el porcentaje de glicerina en las biopelículas, el espesor y el tipo de almidón utilizado, según Cardoso M, et al (2016) el tiempo de biodegradación se da de 2- 24 meses



Ilustración 9-3: Biopelículas expuestas en agua




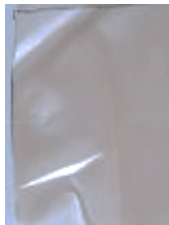


Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 24-3: Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en agua.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					





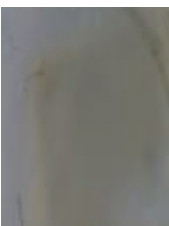
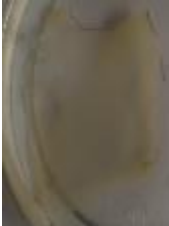
Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 25-3: Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en agua.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 26-3: Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en agua.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 27-3: Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en agua.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 28-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad en el suelo.

Tratamiento	Área inicial (mm)	Día	Área final (mm)	Biodegradabilidad (%)	% Total de biodegradabilidad
TP1	1600	7	1498,023	6,374	37,665125
		14	1485,852	7,134	
		21	1428,657	10,709	
		28	1208,473	24,470	
		35	1102,081	31,120	
		42	997,358	37,665	
TP2	1600	7	1470,757	8,078	62,4365625
		14	1406,496	12,094	
		21	1027,462	35,784	
		28	986,682	38,332	
		35	858,751	46,328	
		42	601,015	62,437	
TP3	1600	7	1501,023	6,186	29,3279375
		14	1483,045	7,310	
		21	1421,117	11,180	
		28	1328,989	16,938	
		35	1208,012	24,499	
		42	1130,753	29,328	
TP4	1600	7	1506,641	5,835	25,05725
		14	1498,873	6,320	
		21	1462,129	8,617	
		28	1301,008	18,687	
		35	1206,971	24,564	
		42	1199,084	25,057	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

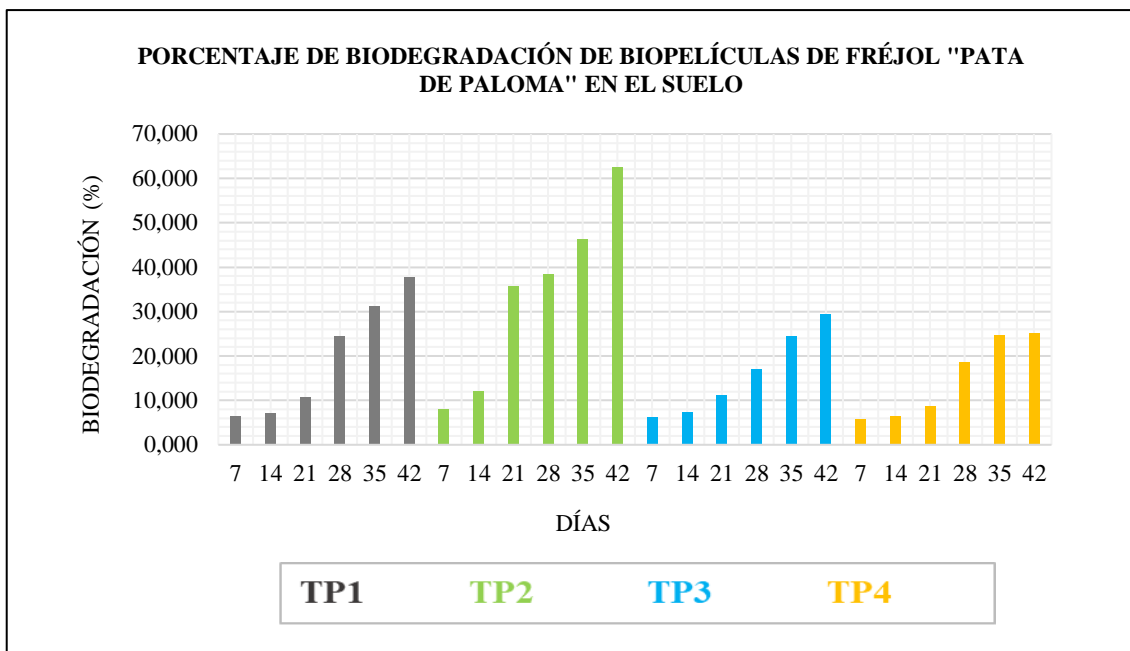


Ilustración 10-3: Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en el suelo

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

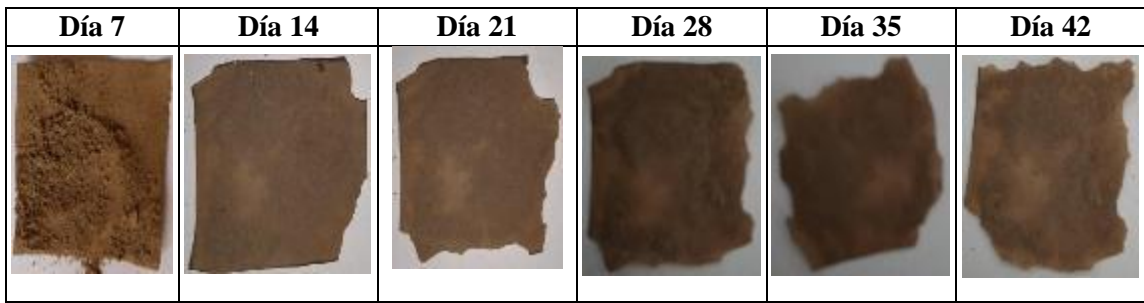
La gráfica 9-3 representa los porcentajes de biodegradabilidad donde TP2 se degradó un 62,43%, TP1 (37,66%), TP3 (29,32%) , TP4 (25,05%), la investigación de Oropeza R, et al.(2016) consigue 91% de degradación en 61 días a temperaturas de 22 y 32 °C , Quader et al, (2015) obtuvo una degradación en base a la pérdida de peso de 12 % en la semana 1 y 75% en la semana cuatro, datos que se relacionan y estiman un tiempo de 4 a 6 meses para una biodegradación completa, según De Almeida, A; et al.(2014) los microorganismos presentes en el suelo ayudan a las láminas biodegradables para que exista una descomposición mas alta y una pérdida total de la biopelícula, la temperatura y el medio donde se da la biodegradación son factores que influyen y varían los porcentajes de pérdida.



Ilustración 11-3: Biopelículas expuestas en suelo

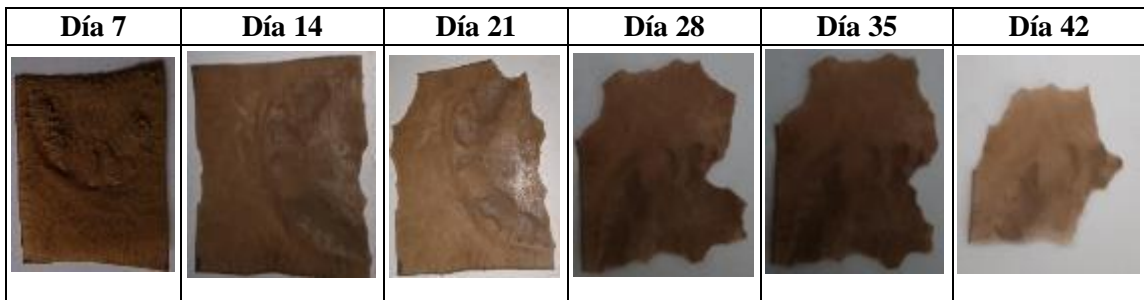
Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 29-3: Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en el suelo.



Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 30-3: Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en el suelo.



Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 31-3: Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en el suelo.



Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 32-3: Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en el suelo.



Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 33-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad en aire

Tratamiento	Área inicial (mm)	Día	Área final (mm)	Biodegradabilidad (%)	% Total de biodegradabilidad
TP1	1600	7	1578,961	1,315	1,359
		14	1578,865	1,321	
		21	1578,827	1,323	
		28	1578,261	1,359	
		35	1578,303	1,356	
		42	1578,256	1,359	
TP2	1600	7	1578,885	1,320	1,6344375
		14	1578,735	1,329	
		21	1577,674	1,395	
		28	1576,987	1,438	
		35	1576,007	1,500	
		42	1573,849	1,634	
TP3	1600	7	1579,273	1,295	1,1638125
		14	1579,012	1,312	
		21	1578,983	1,314	
		28	1578,866	1,321	
		35	1578,789	1,326	
		42	1581,379	1,164	
TP4	1600	7	1583,967	1,002	1,06225
		14	1583,774	1,014	
		21	1583,505	1,031	
		28	1583,367	1,040	
		35	1583,201	1,050	
		42	1583,004	1,062	

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

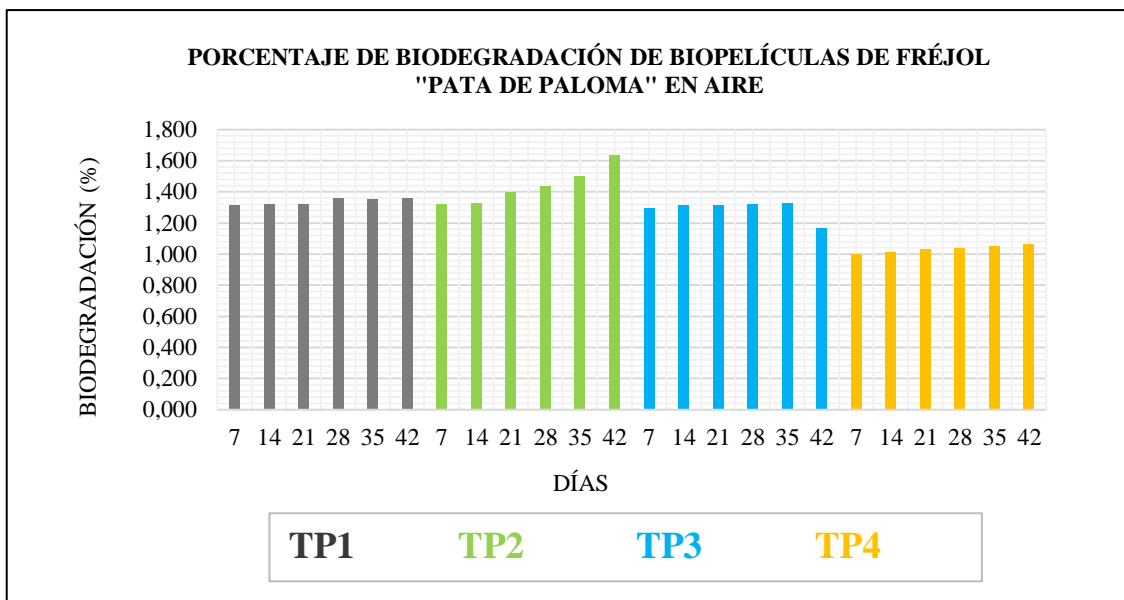


Ilustración 12-3: Porcentaje de biodegradación de las biopelículas en aire

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Las biopelículas que fueron expuestas a la biodegradación en aire por 42 días no presentaron gran variación en sus porcentajes de pérdida con resultados de TP1 (1,359%), TP2 (1,1634%), TP3 (1,163%), TP4 (1,062%), porcentajes relativamente bajos a los resultados de Pastuizaca M, (2020) con valores de 30,07% y 27.75% mediante el ensayo por pérdida de peso en 10 días, Sierra, A; et al. (2016) en su investigación observó porcentajes de 40% de biodegradación al cabo de 21 días, un porcentaje alto con relación a las láminas de almidón de fréjol con TP1 (1.39%) siendo este el porcentaje más alto en 21 días de biodegradación, estos datos varían porque se tomó en cuenta el aérea y no el peso para determinar la biodegradabilidad, donde la apariencia de la lámina no sufre cambios relevantes.



Ilustración 13-3: Biopelículas expuestas al aire

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 34-3: Resultados del bioplástico TP1 al transcurrir los días en aire.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 35-3: Resultados del bioplástico TP2 al transcurrir los días en aire.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					




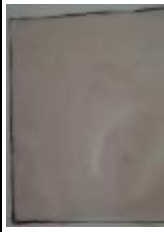


Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 36-3: Resultados del bioplástico TP3 al transcurrir los días en aire.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Tabla 37-3: Resultados del bioplástico TP4 al transcurrir los días en aire.

Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35	Día 42
					

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

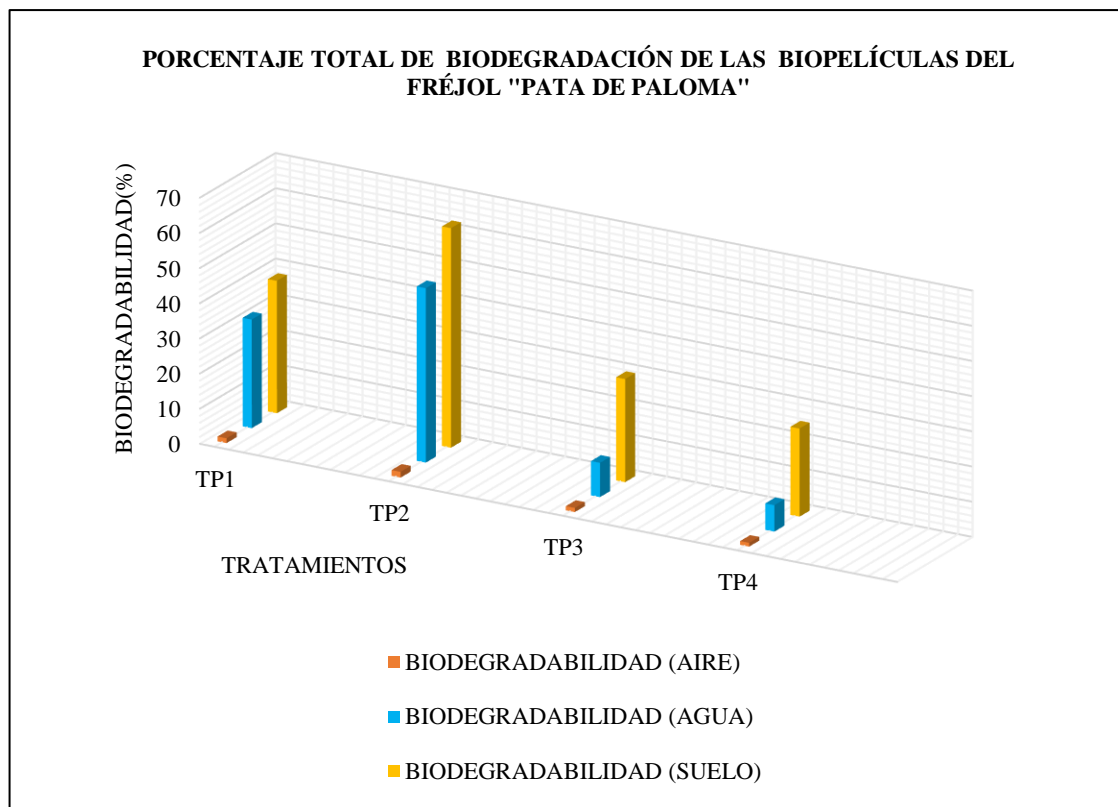


Ilustración 14-3: Comparación del porcentaje de biodegradación en agua, aire y suelo

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Todas las biopelículas colocadas en tres condiciones diferentes, medio líquido, expuestas al ambiente, y colocadas en tierra agrícola, presentan degradación esto se da por la presencia de glicerina en su composición, al transcurrir los días cada una con un porcentaje diferente, la medida del porcentaje de biodegradación se dio cada 7 días por 42 días, al comparar los resultados de las tablas 34-3, 39-3 y 44-3 se observa que las láminas de la tabla 39-3 donde las biopelículas se encontraban en tierra agrícola obtuvieron el porcentaje mayor de biodegradación en relación a todos los tratamientos en los diferentes medios, con un valor de 62,43% en el tratamiento TP2, seguido del tratamiento TP2 colocado en un medio líquido con 49,60% , existe una similitud con la investigación de Versino y García (2018), con un porcentaje de 21,66% a 50% de biodegradación en 43 días, y una notable diferencia con Pastuizaca (2020, pp. 59) que obtiene entre 30,06%, y 27,752% de biodegradación en 10 días, las variaciones de degradación se deben a las diferentes características del almidón y las composiciones de las biopelículas.

3.2.3.7. Estimación del tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos con bioplástico

Tabla 38-3: Resultados de estimación del tiempo de vida útil de un alimento

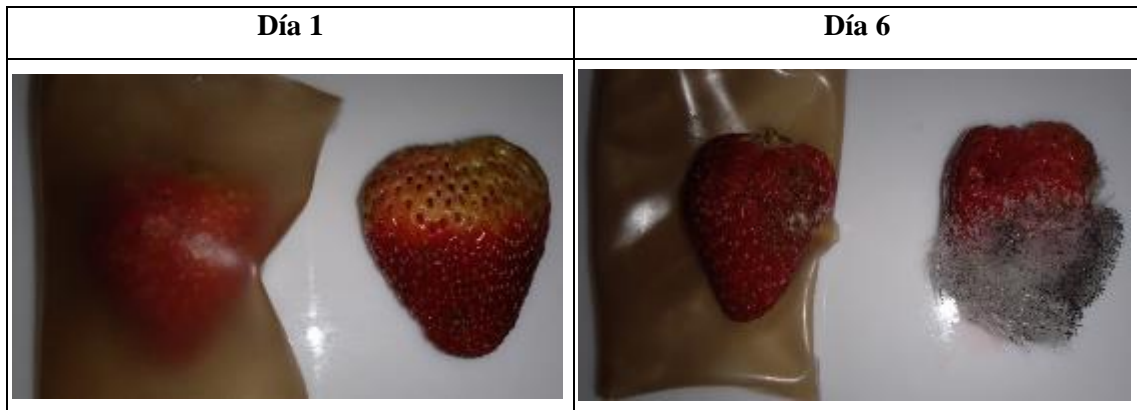
Muestra	Día	Análisis sensorial			% de putrefacción	Temperatura de exposición (°C)	Tiempo de vida útil (Días)
		Color	Olor	Presencia de moho			
Frutilla envuelta	1	Rojizo	Agradable	NO	0	25	5
	2	Rojizo	Agradable	NO	0		
	3	Rojizo	Agradable	NO	0		
	4	Rojizo	Agradable	NO	0		
	5	Rojizo con pequeñas zonas cafés claro	Agradable	NO	5		
	6	Rojizo con un 30% de zonas cafés claro de la superficie.	Desagradable	SI	5		
Frutilla sin envoltura	1	Rojizo	Agradable	NO	0	25	3
	2	Rojizo	Agradable	NO	0		
	3	Rojizo con zonas cafés claro	Agradable	NO	5		
	4	Rojizo con zonas cafés oscura	Desagradable	SI	30		
	5	Rojizo con un 50% de zonas cafés oscuras	Desagradable	SI	60		
	6	Rojizo con un 70% de zonas cafés oscuras.	Desagradable	SI	80		

Realizado por: Espín, Paola. 2022.

Al optar por un estudio de durabilidad a tiempo real mediante un análisis sensorial se determinó el tiempo de vida útil de un alimento envuelto con una lámina biodegradable al compararlo con uno expuesto al ambiente, con una temperatura de 25°C cada día se observó las características de los dos alimentos, en la tabla 37-3 se ve que el alimento recubierto duró 5 días en condiciones buenas para su consumo mientras que la muestra expuesta al ambiente duro 3 días, demostrando

la importancia y eficacia del empaquetado de alimentos, según el reglamento (CE) 2073/2005, la temperatura es un factor importante para la conservación de alimentos, donde se ratifica que para las frutas se necesitan temperaturas menores a los 5° C.

Tabla 39-3: Resultados del tiempo de vida útil de una frutilla al transcurrir el tiempo.



Realizado por: Espín, Paola. 2022.

3.3. Prueba de hipótesis

3.3.1. Hipótesis 1

*El método de extracción húmedo será el indicado para obtener almidón del fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de la especie pata de paloma.*

El método de extracción húmedo fue el indicado para la obtención del almidón de fréjol de la especie pata de paloma, mediante el análisis ANOVA presente en la tabla 15-3 se aprecia que no existe diferencias significativas entre los tratamientos con este método, la Prueba de tuckey de la tabla 16-3 identifica unicamente al tratamiento (T2,T3) con una diferencia significativa, por la variación de la velocidad y tiempo de licuado para la extracción del almidón en cada uno. El tratamiento con mayor porcentaje fue el T2 con un rendimiento de 16,102 %, valor con el cuál es posibles elaborar láminas biodegradables.

3.3.2. Hipótesis 2

La adición de aditivos influirá en la formulación de las láminas biodegradables, se podrán obtener datos de variación de flexibilidad, dureza, biodegradabilidad y espesor siendo estas características las que determinarán las diferencias entre los bioplásticos obtenidos.

El almidón solo no puede formar una lámina biodegradable es necesario la implementación de aditivos como glicerina, ácido acético y agua en cantidades diferentes, datos que se pueden

observar en la tabla 27-3, la presencia de glicerina en los tratamientos provoca variación en los valores de los módulos de elasticidad ,como se denota en TP3 , lo que hace que estas lámina presenten mayor rigidez, además según su formulación su porcentaje de elongación varía, en el gráfico 7-3 se observa que TP3 tiene un alto porcentanje con 44.72 % a relación de TP1 y TP4.

El espesor de las láminas biodegradables presenta variación en todos sus tratamientos, mientras más delgadas mayor transparencia, las biopelículas con menor espesor fueron las que contienen porcentajes de almidón y glicerina baja en su composición, obteniendo en TP1 un espesor de 0,1 mm y el más alto de TP4 con un promedio de 0,175 mm, este dato tambien influye en el porcentaje de biodegradación, pues todos los tratamientos con glicerina y almidón bajos es decir TP1 y TP2 con un espesor de 0,1mm a 0,125 mm lideraron con el mayor porcentaje de degradación de las biopelículas en los diferentes medios a comparación de TP3 y TP4.

3.3.3. Hipótesis 3

Se reduce la contaminación ambiental con las láminas de bioplásticos resultantes por su rápida degradación a comparación del plástico tradicional.

El porcentaje de biodegradación de las biopelículas es acelerado con resultados en 42 días de degradación del 62,43% en tratamientos expuestos al compostaje, 49,60% en medio líquido y 1,63% expuestos al ambiente, con temperaturas de 22 °C a 25 °C, estos valores ayudan a estimar una degradación completa alrededor de 3 meses, tiempo que en comparación a la deegración del plástico común resulta muy beneficioso para el planeta.

CONCLUSIONES

La extracción del almidón de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*) de la especie pata de paloma se realizó mediante vía húmeda obteniendo valores de rendimiento de 8,2% a 16,102%, y una cantidad de amilosa de 46,55% y amilopectina 53,45%.

Mediante la caracterización del almidón se obtuvo un resultado del promedio de varias muestras expuestas a diferentes ensayos llegando a tener valores de humedad (10,43%), ceniza (0,11%), índice de solubilidad (4,71%), proteína (0,51%), fibra (0,32%), solubilidad (presencia de opalescencia), temperatura de gelatinización (78,33 °C), tamaño de gránulo (71%), pH (5,005), densidad aparente suelta (2,11 g/mL), densidad aparente compacta (2,43 g/mL) ausencia de hongos, coliformes totales, mohos y levaduras.

El diseño factorial 2^k ayudó a determinar las concentraciones que deben tener las láminas biodegradables de glicerina (5,5% a 6,6%) y almidón (7,7% a 8,8%), con las cuales se obtuvo biopelículas resistentes, flexibles, transparentes, aptas para ser usadas como envolturas ya que cuentan con un espesor menor a 0,2 mm expresado en la norma INEN 2542:2010 (Láminas plásticas. Requisitos).

Con la máquina universal de ensayos WAW600B se realizó el ensayo de tracción bajo la norma NTEINEN 2635:012 donde los resultados de los módulos de elasticidad indican que el valor más alto es que TP3 con 4,76E+00 Mpa que refleja una apropiada dureza y flexibilidad para ser usado como envoltura en la industria alimenticia.

Las biopelículas de fréjol presentan biodegradación desde la primera semana, TP2 alcanzó el mayor porcentaje con 62,43% en compostaje a comparación de todos los demás tratamientos en 42 días.

Mediante un análisis sensorial en un ambiente normal con temperatura de 25°C se determinó la vida útil de un alimento observando la muestra (frutilla) con envoltura bioplástica donde se observó una durabilidad más alta de 5 días a comparación del alimento expuesto al ambiente sin envoltura con 3 días, ratificando que estas láminas ayudan a preservar los alimentos por más tiempo y resultan muy útiles y beneficiosos para el uso en alimentos.

RECOMENDACIONES

Mantener la materia prima en condiciones adecuadas para que no afecte la composición del almidón.

Tamizar el almidón adecuadamente para impedir el paso de partículas grandes que afecten la apariencia del bioplástico

Analizar el porcentaje de biodegradabilidad de láminas expuestas al ambiente por medio de la pérdida de peso, ya que mediante el área no se obtienen datos muy significativos.

No colocar grandes cantidades de formulación en los moldes ya que afecta en el espesor de la lámina.

Realizar análisis microbiológicos a cada una de las láminas obtenidas para garantizar su uso en alimentos.

BIBLIOGRAFÍA

ALVEAR, N; et al. “*Biopolímeros capaces de reemplazar a los plásticos tradicionales*”. Ciencia Digital [En línea], 2019, (Ecuador) vol. 3, (no 4), pp. 138-155. [Consulta: 30 enero 2021]. ISSN: 2602-8085. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.954>

ÁLVAREZ, J. Bioplásticos: efectos e impactos sobre la gestión de los envases. (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Politecnica de Madrid-Cátedra ECOEMB. Madrid-España. 2014. pp 37-41.

ARENAS, C & PEDRAZA, D. Evaluación del proceso de modificación de almidón de papa mediante acetilación y oxidación, para su aplicación como excipiente en la industria farmacéutica a nivel laboratorio. (Trabajo de titulación) (Licenciatura). [En línea]. Fundación Universidad de América. 2017. pp. 28. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6043>

BAZURTO, M. Manejo agronómico del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*), bajo condición de humedad a capacidad de campo en la zona de Mocache. (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quevedo-Ecuador. 2019. pp. 8. [Consulta: 30 diciembre 2020]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3632/1/T-UTEQ-0168.pdf>

BEJARANO, N. Estudio de las propiedades mecánicas de un biopolímero a partir del contenido de almidón de cascara de plátano (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Materiales. Arequipa-Perú. 2018. pp. 15-16 [Consulta: 30 enero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7578/MTbemanl.pdf?sequence=3&isAllo wed=y>

BENELLI, F; et al. “*Determinación de amilosa en almidones mediante el método amperométrico*”. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [en línea], 2019 (Argentina), vol. 6, no 1, pp. 15. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://revistas.psi.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/16779>

BORNEO, RAFAEL. *Química, Ciencia y Tecnología de los Cereales* [blog]. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: https://cytcereales.blogspot.com/2009/01/composicion-quimica-del-almidon_01.html

BRITO, H. *Libro Básico de operaciones Unitarias II.* 2001. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/melis/Downloads/TEXTOSBASICOPERACIONESUNITARIASII.pdf>. pp 21.

BRITO, H. *Libro Básico de operaciones Unitarias III.* 2001. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: <file:///C:/Users/melis/Downloads/TEXTOPERACIONESUNITARIASIII.pdf>. pp.16.

BRITO, H. *Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (Tropaeolum tuberosum).* 2019. [Citado el: 28 enero 2021] Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338824584>

BURBANO, V. Efecto de la mezcla griz de maíz zea mays fréjol phaseolus vulgaris y diámetro de boquilla en el producto extrusado. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica del Norte. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Carrera de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra, Ecuador. 2018. Pp.56-58. [Consulta: 25 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8456/1/03%20EIA%20465%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

CARCELEN, V; & SANCHEZ, P. “Desarrollo e implementación de un plan de marketing para el posicionamiento del fréjol como producto sustituto proteico de la carne de res en la clase social de bajos ingresos del Cantón Guayaquil”. 2003. pp. 12- 15

CARVAJAL, O. A. Diagnóstico ambiental, de seguridad y salud en el trabajo para una empresa productora de bolsas plásticas, estudio de caso Lili-Plast SAS. Cereales [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de La Salle. Facultad de ingeniería. Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Bogotá, Colombia. 2019. pp. 25-39. [Consulta: 25 enero 2021]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1125/

CARDOSO, M; et al. *Bioplásticos: soluciones ambientales.* México, 2016. pp. 23-30

CASTILLO, R; et al. “Bioplástico a base de la cáscara del plátano”. *Revista De Iniciación Científica*, [en línea], 2015, pp. 34-37. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346>

CORZO, R; et al. “Extracción de las fracciones de almidón y proteína del grano de la leguminosa *Mucuna Pruriens*”. *Revista Tecnol. Ciencia*, Ed: (IMIQ), 15(1), 2006. pp.37.

DAGNINO, J, et al. Análisis de varianza. *Revista chilena de anestesia*, vol. 43 (2014), (Chile) pp. 306-310.

DE ALMEIDA, A; et al. *Bioplásticos: una alternativa ecológica*. Química Viva. Vol. 3, 2004, pp. 122-133.

FAO. *Cultivos tradicionales*. [En línea] 2020. [Citado el: 09 de febrero de 2021.] Disponible en: <http://www.fao.org/traditional-crops/oca/es/>.

FAO. *Tuberculosis andinos*. [En línea] 2006. [Citado: 09 febrero 2021] Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/crom/c_ontenido/libro10/cap03_2.htm.

ICONTEC. *Alimentos para animales*. Yuca integral seca para consumo animal. NTC 3528. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Bogotá. 2002

INEN 2542. *Láminas plásticas. Requisitos*. Láminas plásticas. Requisitos. 2020.

INEN. 2013. *Norma técnica ecuatoriana nte inen 2043:2013*. [En línea] 2013. [Citado el: 08 de febrero de 2021.] Disponible en: <https://181.112.149.204/buzon/normas/2043-1.pdf>

INIAP-426 *Canario Siete Colinas*: Variedad mejorada de frejol voluble.

ISI 1999. *Determination of pH in starch and syrup. ISI 26-5e. In: Laboratory methods*. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI). Disponible en: <http://www.starch.dk/isi/methods/index.htm>).

LAFUENTE, GUSTAVO. Glicerol: síntesis y aplicaciones. [En línea] (Trabajo de titulación) (Maestría). Universidad Nacional de Educación a Distancia. Facultad de Ciencias. Departamento de Química Orgánica y Bio-orgánica. Madrid, España. 2017. pp. 5-9. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

LIMA, A. *Influencia da adicao de plastificante en el proceso de reticulacao na morfologia, Absorcao de agua e propriedades mecánicas de filmes de alginato de sódio*. Química Nova, 2007

LÓPEZ, CLAUDIA; et al. “Efecto del tamaño de partícula y del contenido de amilosa en la textura de tamales elaborados con mezclas de maíz (*Zea mays*), triticale (*X. Triticosecale Wittmack*) y arroz (*Oryza sativa*)”. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional [en línea], 2020, vol. 30, no 55, pp. 3-5. [Consulta: 16 enero 2021]. ISSN 2395-9169. Disponible en: <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/890/549>

LUCIO ANDRADE, ANDREA JAZMÍN. Percepción del uso de envases biodegradables y su influencia en la imagen corporativa en restaurantes de comida rápida en el norte de Guayaquil. [En línea] (Trabajo de titulación) (Licenciado en Publicidad y Mercadotecnia). Universidad de Guayaquil: Facultad de Comunicación Social. Guayaquil, Ecuador. 2020. pp. 34-36. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49189/1/Percepci%20del%20uso%20de%20envases%20biodegradables%20y%20su%20influencia%20en%20la%20imagen%20corporativa%20en%20restaurantes%20de%20comida%20r%20pida%20en%20el%20norte%20de%20Guayaquil.pdf>

MARTÍN, C; & SMITH, A. Starch biosynthesis. 1995, pp. 971 – 985.

MARTÍNEZ, C. *Unidad IV comparacion de medias de tratamientos*, México - Toluca, 2014, pp. 306-310

MINITAB. *Diseños factoriales y factoriales fraccionados*. [En línea] 2019. [Consulta: 22 de enero del 2021.] Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/supporting-topics/factorial-and-screening-designs/factorial-and-fractionalfactorialdesigns/#:~:text=Un%20dise%C3%B1o%20factorial%20es%20un,las%20interacciones%20entre%20>

MIRANDA P. et al. *Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente*. 2013

NAVARRO, O; et al. “Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados”. *Afinidad* [en línea], 2017, (España) 74 (580), pp. 276-278. [Consulta: 20 de Diciembre del 2020]. ISSN: 2339-9686. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/329842/420511>

OLIVEIRA, L., et al. *Ensaio para avaliacao de embajagens plasticas flexiveis*. Campinas. Centro de Tecnologia de Embalagem (CTEA), 1996. pp. 219.

PASTUIZACA, M. *Obtención de una biopelícula a partir de la oca (oxalis tuberosa) y de la yuca (manihot esculenta) para la utilización como envoltura de alimentos.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2020, pp. 46-58

QUADER, F; et al. "Development and characterization of biodegradable colored film based on starch and chitosan by using *Acacia catechu*". Journal of Environmental Science & Natural [En línea] ,2015. 8 (2) pp. 123-130. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/309707042_Películas_biodegradables_a_base_de_almidón_propiedades_mecánicas_funcionales_y_biodegradación

RIERA, M; & PALMA, R. "Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador". Avances en Química [En línea] ,2018. pp. 69-78. [Consulta: 25 enero 2020]. ISSN 1856-5301 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6886403>

ROJAS-DEL MURO et al. "Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de almidón de frijol modificado hidrotérmicamente". Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea], 2017, pp. 77-83. [Consulta: 26 enero 2021]. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/1/13.pdf>

SIERRA, A; et al. Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. 2016. México.

SILVA, L. Bioplásticos: Obtención y aplicaciones de polihidroxialcanoatos. [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia, Grado de Farmacia. Sevilla, España. 2016. pp. 26-28. [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/54517/BIOPL%C3%81STICOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SMITH, R. *Characterization and analysis of starches.* In Whistler, R.L. & Paschall, E. *Starch: Chemistry and Technology.* Industrial Aspects. New York, Academia Press. 1967. p. 593
SPHERE

TRUJILLO, C. "Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos". [en línea], 2014.

[Citado el: 14 de marzo del 2021.] Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ULLOA, JOSÉ; et al. “*El frijol (Phaseolus vulgaris): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos*”. Revista Fuente Año [en línea], 2011, pp. 5-7. [Consulta: 26 enero 2021].ISSN 2007-0713. Disponible en: <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/582/1/EI%20frijol%20%28Phaseolus%20vulgaris%29%2c%20su%20importancia%20nutricional.pdf>

VÁSCONEZ, F. Desarrollo de un bioplástico como alternativa al poliestireno para aplicarse en cadenas de sushi. [En línea] (Trabajo de titulación) (Licenciado en Diseño Comunicacional) Universidad San Francisco de Quito. Colegio de Comunicación y Artes Contemporáneas, Quito, Ecuador. 2016. pp. 62-63. [Consulta: 2020-11-23]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6242/1/128673.pdf>

VALDIVIA-MEDINA, Rodes Yanet; PEDRO-VALDÉS, Sandra; LAUREL-GÓMEZ, Maylin. “Agua para uso en laboratorios”. *Revista Boletín Científico Técnico INIMET* [en línea], 2010, (Cuba) no 1, p. 3-10. [Consulta: 2 febrero 2021]. ISSN: 0138-8576 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2230/223017807002.pdf>

VELASCO, REINALDO, et al. “*Composition and processing of starch-based biodegradable films*”. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial [en línea], 2012, vol. 10, no 1, p. 182-192 [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

VOYSEST, O. *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.): legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Ciat, 2000.

VILLA, P;et al . “*Caracterización funcional del almidón de frijol zaragoza (Phaseolus Lunatus L.)*” y cuantificación de su almidón resistente. *Revista TecnoLógicas*, no 30, 2013, pp. 17-32.

YAMUNAKUÉ, Juárez; et al. Diseño de un sistema productivo para la obtención de bolsas biodegradables a partir del almidón de yuca en la empresa Polímeros del Norte SAC. [En línea](Trabajo de titulación) Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Lima, Perú .2019. pp. 7-13. [Consulta: 2020-12-23]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3830>



ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL “PATA DE PALOMA”



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL “PATA DE PALOMA”		
a) Licuado del fréjol b) Colado del fréjol c) Decantado del fréjol. d) Secado del almidón. e) Molienda de almidón. f) Tamizado del almidón. g) Enfundado de lmidón seco.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	14/03/2021

ANEXO B: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL "PATA DE PALOMA"



a)



b)



c)



d)



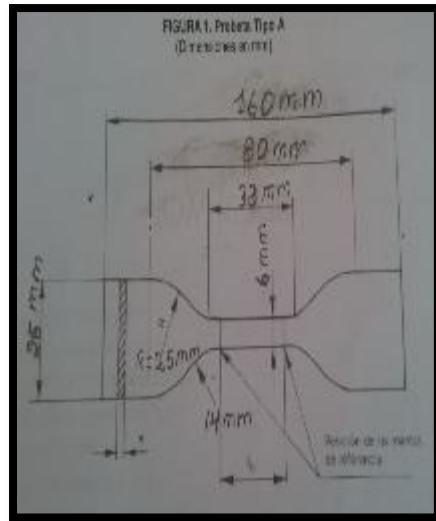
e)



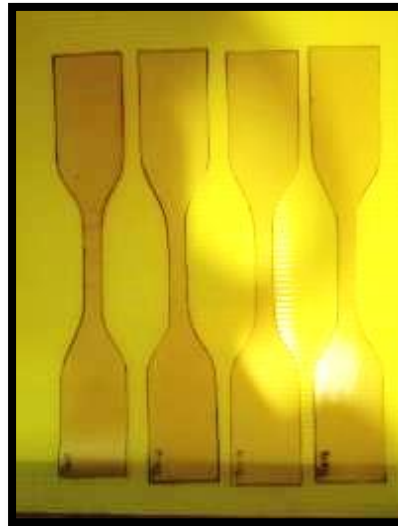
f)

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola</p>	<p>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL "PATA DE PALOMA"</p>		
<p>a) Prueba de gelatinización b) Muestra para prueba de viscosidad c) Prueba de densidad aparente. d) Secado del almidón. e) Prueba de solubilidad. f) Prueba de ceniza</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p>LÁMINA</p> <p>1</p>	<p>ESCALA</p> <p>1:1</p>	<p>FECHA</p> <p>14/03/2021</p>

ANEXO C: PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN



a)



b)



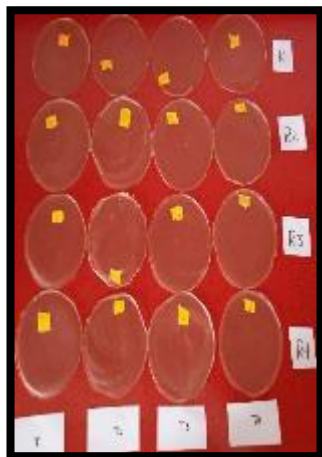
c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN			
			LÁMINA	ESCALA	FECHA	
a) Probeta tipo A b) Diseño de probeta en los bioplásticos c) Prueba mecánica de los bioplásticos de fréjol pata de paloma.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola	1	1:1	14/03/2021

ANEXO D: ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO



a)



b)



c)



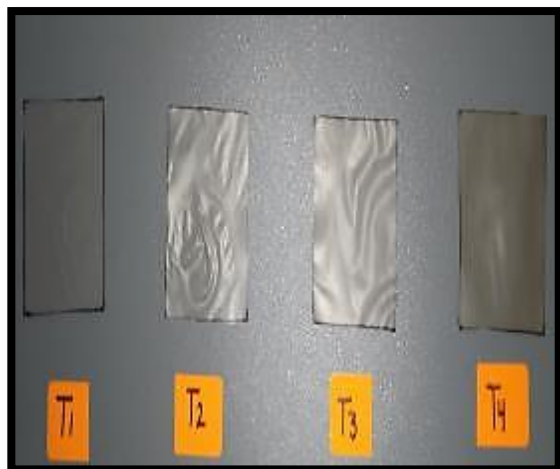
d)



e)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola </p>	ENSAYOS PARA EL BIOPLÁSTICO		
a) Colocación de cajas petri al ambiente para secado. b) Muestras de las biopelículas para los diferentes ensayos. c) Ensayo de espesor d) Ensayo de humedad e) Ensayo de permeabilidad al vapor.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	14/03/2021

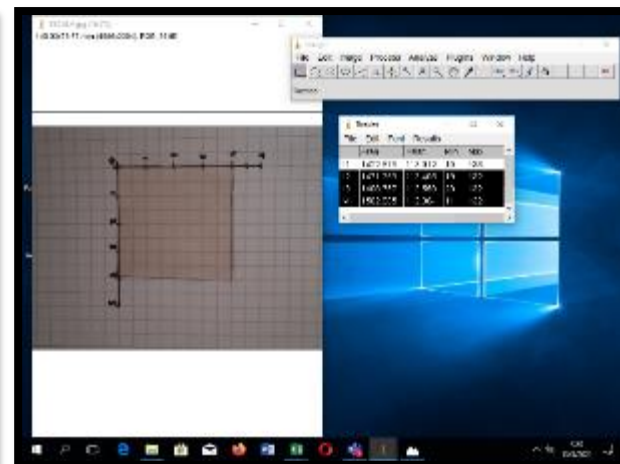
ANEXO E: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD DE LAS BIOPELÍCULAS



a)



b)





c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola	PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD DE LAS BIOPELÍCULAS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Muestras de las cuatro tipas de biopelículas b) Muestras expuestas a diferentes medios c) Software image J (Calculo de áreas)	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	1	1:1	14/03/2021	

ANEXO F: RESULTADO DE AMILOSA DE FRÉJOL “PATA DE PALOMA”

**ANEXO F
RESULTADO DE AMILOSA DE FRÉJOL “PATA DE PALOMA”**

MC LSAIA-2201-05

	INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tls. 280801-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	
---	--	---

NOMBRE PETICIONARIO: Sra. Paola Espín
DIRECCIÓN: Riobamba
FECHA DE EMISIÓN: 12 de marzo de 2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 3 al 12 de marzo de 2021

INFORME DE ENSAYO No: 21-066

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Sra. Paola Espín
FECHA DE RECEPCIÓN: 03/03/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 12H29
ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ⁴⁴	IDENTIFICACIÓN		
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04			
METODO REF.	U. FLORIDA 1970				
UNIDAD	%	%			
21-0367	10,55	46,55			Almón de fréjol

Los ensayos marcados con L2 se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente


Dr. Iván Samaniego
 RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME




Ing. Blasimir 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 solicita que cualquier copia o distribución de este se encuentre 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. De igual manera, la información entregada por el cliente y generada durante las actividades del laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste.


a)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	RESULTADO DE AMILOSA DE FRÉJOL “PATA DE PALOMA”		
a) Prueba de amilosa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Espín Jiménez Jhoana Paola	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	14/03/2021

ANEXO G: RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Jhoana Paola Espín Jimenez
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) DE LA ESPECIE "PATA DE PALOMA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA
MATERIAL:	LÁMINA BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	2-mar-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	T15 - 1
CARACTERÍSTICA	CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.43
ANCHURA [mm]	7.40
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.18
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.905.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.62
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.51
CARGA MAXIMA [N]	2.19
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.69
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	32.44
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 H: RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 02	
SOLICITADO POR:	Jhoana Paola Espin Jimenez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE FREJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA ESPECIE "PATA DE PALOMA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPÉLICULA
MATERIAL:	LÁMINA BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	2-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T15 - 2
CARACTERÍSTICA	CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.42
ANCHURA [mm]	7.55
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.17
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.697.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.97
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.62
CARGA MAXIMA [N]	2.56
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.81
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	41.50
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan 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 I: RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Jhoana Paola Espin Jimenez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA ESPECIE "PATA DE PALOMA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA
MATERIAL:	LÁMINA BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	2-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÔD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T15 - 3
CARACTERÍSTICA	CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.38
ANCHURA [mm]	6.99
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.66
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.763.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.28
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.86
CARGA MAXIMA [N]	3.65
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.37
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	44.72
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 J: RESULTADOS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO TP4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Jhoana Paola Espín Jiménez
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE LÁMINAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE FRÉJOL (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) DE LA ESPECIE "PATA DE PALOMA"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPÉLÍCULA
MATERIAL:	LAMINA BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	2-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T15 - 4
CARACTERÍSTICA	CAFÉ TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.35
ANCHURA [mm]	6.97
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.44
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.377.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.73
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.71
CARGA MAXIMA [N]	1.98
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.81
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	31.46
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



epoch

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:

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jhoana Paola Espín Jiménez
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0684-DBRA-UPT-2023

