



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN
BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA
PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*) QUE SUSTITUYA AL
PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE
ALIMENTOS”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: EVELYN NATALY ARÉVALO CAIZA

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba - Ecuador

2021

© 2021, Evelyn Nataly Arévalo Caiza

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

Yo, Evelyn Nataly Arévalo Caiza, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de septiembre de 2021





Evelyn Nataly Arévalo Caiza

025010494-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular ; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum* L) QUE SUSTITUYA AL PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: **EVELYN NATALY ARÉVALO CAIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular , el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, Mgs PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: VIOLETA MARICELA DALGO FLORES	2021-09-15
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MsC. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	2021-09-15
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada, MsC. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: DARIO FERNANDO GUAMAN LOZADA	2021-09-15

DEDICATORIA

Se la dedico a mi madre quien me ha estado junto a mí en todo momento apoyándome en la construcción de mi vida profesional, a mi padre por los buenos momentos que alguna vez pasamos, a mis abuelitos que me han inculcado los buenos valores y a siempre ser persistente a nunca rendirme, a mis herman@s que siempre están conmigo apoyándome, y a ti por ser incondicional.

Nataly

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme salud y poder culminar mi carrera universitaria, gracias a mi familia por siempre estar con migo y a mis profesores por brindarme sus conocimientos y formarme académicamente.

Nataly

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Marco teórico.....	5
1.2.1. <i>Plástico</i>	5
1.2.2. <i>Bioplástico</i>	5
1.2.2.1. <i>Ventajas del bioplástico</i>	5
1.2.3. <i>Diferencia entre plástico y bioplástico</i>	6
1.2.4. <i>Arveja (Pisum sativum L)</i>	6
1.2.4.1. <i>Taxonomía</i>	7
1.2.4.2. <i>Composición físico química</i>	7
1.2.4.3. <i>Variedades</i>	8
1.2.5. <i>Arveja piquinegra</i>	9
1.2.6. <i>Almidón</i>	9
1.2.6.1. <i>Amilosa</i>	9
1.2.6.2. <i>Amilopectina</i>	10
1.2.7. <i>Plastificante</i>	10
1.2.7.1. <i>Glicerol</i>	100
1.2.8. <i>Ácido acético (C₂H₄O₂)</i>	111
1.2.9. <i>Método casting</i>	111
1.2.10. <i>Gelatinización</i>	111
1.2.11. <i>Diseño experimental factorial 2^k</i>	111
1.2.12. <i>Aplicación en el embalaje de alimentos</i>	122
1.2.13. <i>Biodegradabilidad</i>	122

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	133
2.1. Objetivos	133
2.1.1. <i>General</i>	133
2.1.2. <i>Específicos</i>	133
2.2. Hipótesis y especificación de variables	133
2.2.1. <i>Hipótesis general</i>	133
2.2.2. <i>Hipótesis específicas</i>	133
2.2.3. <i>Identificación de variables</i>	144
2.2.4. <i>Operacionalización de variables</i>	155
2.2.5. <i>Matriz de consistencia</i>	177
2.3. Tipo y diseño de investigación	200
2.3.1. <i>Tipo de investigación</i>	200
2.3.1.1. <i>Según el medio de investigación</i>	200
2.3.1.2. <i>Según el objeto de investigación</i>	200
2.3.1.3. <i>Según el nivel de profundización del objeto en estudio</i>	200
2.3.1.4. <i>Según la manipulación de variables</i>	200
2.3.1.5. <i>Según el tipo de inferencia</i>	200
2.3.1.6. <i>Según el tiempo temporal</i>	211
2.3.1.7. <i>Según la condición de estudio</i>	211
2.3.2. <i>Diseño experimental de la investigación</i>	211
2.3.2.1. <i>Diseño experimental factorial 2^k</i>	211
2.3.2.2. <i>Diseño experimental 2^k para la elaboración de láminas de bioplástico</i>	222
2.4. Unidad de análisis	265
2.5. Tamaño de muestra	265
2.6. Selección de muestra	265
2.7. Técnica de recolección de datos	276
2.7.1. <i>Extracción de almidón</i>	276
2.7.1.1. <i>Técnica para la extracción de almidón de arveja piquinegra</i>	276
2.7.2. <i>Técnicas para la caracterización de almidón de arveja piquinegra</i>	27
2.7.2.1. <i>Técnica para determinar el pH</i>	27
2.7.2.2. <i>Técnica para determinar la viscosidad</i>	28
2.7.2.3. <i>Técnica para determinar la temperatura de gelatinización</i>	29
2.7.2.4. <i>Técnica para determinar la solubilidad en agua</i>	29
2.7.2.5. <i>Técnica para determinar el porcentaje de ceniza</i>	310

2.7.2.6.	<i>Técnica para determinar la humedad</i>	321
2.7.2.7.	<i>Técnica para determinar la fibra</i>	332
2.7.2.8.	<i>Técnica para determinar la proteína</i>	332
2.7.2.9.	<i>Técnica para determinar los carbohidratos totales</i>	332
2.7.2.10.	<i>Técnica para determinar amilosa y amilopectina</i>	332
2.7.2.11.	<i>Técnica para determinar hongos, levaduras - mohos y coliformes totales</i>	332
2.7.3.	<i>Obtención de láminas de bioplástico</i>	343
2.7.3.1.	<i>Técnica para la obtención de láminas de bioplástico</i>	343
2.7.4.	<i>Técnicas para la caracterización de las láminas de bioplástico</i>	354
2.7.4.1.	<i>Técnica para determinar el espesor</i>	354
2.7.4.2.	<i>Técnica para determinar la humedad de las láminas de bioplástico</i>	354
2.7.4.3.	<i>Técnica para determinar la solubilidad en agua de la lámina de bioplástico</i>	365
2.7.4.4.	<i>Técnica para determinar la permeabilidad en las láminas de bioplástico</i>	376
2.7.4.5.	<i>Técnica para determinar la tracción de las láminas de bioplástico</i>	387
2.7.4.6.	<i>Técnica para determinar la biodegradabilidad de las láminas de bioplástico</i>	37

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1.	Resultados y discusión	38
3.1.1.	<i>Análisis físicos a la metería prima (arveja piquinegra)</i>	38
3.1.2.	<i>Análisis sensorial del almidón de arveja piquinegra</i>	38
3.1.3.	<i>Resultados del diseño factorial 2^k en la extracción de almidón de arveja piquinegra</i>	39
3.1.4.	<i>Análisis ANOVA de la extracción de almidón de arveja piquinegra</i>	432
3.1.5.	<i>Análisis TUKEY de la extracción de almidón de arveja piquinegra</i>	432
3.1.6.	<i>Resultados del análisis físico, químico y microbiológico de almidón de arveja piquinegra</i>	443
3.1.6.1.	<i>Resultados del análisis físico- químico</i>	443
3.1.6.2.	<i>Resultados del análisis proximal de almidón de arveja piquinegra</i>	465
3.1.6.3.	<i>Resultados del análisis microbiológico de almidón de arveja piquinegra</i>	476
3.1.7.	<i>Resultado del diseño factorial 2^k en la obtención de las láminas de bioplástico</i>	46
3.1.8.	<i>Análisis ANOVA para la formulación de las láminas de bioplástico</i>	48
3.1.9.	<i>Formulaciones mediante el diseño factorial 2^k</i>	48
3.1.10.	<i>Resultados físicos mecánicos de las láminas de bioplástico</i>	49
3.1.10.1.	<i>Análisis sensorial de las láminas de bioplástico</i>	49
3.1.10.2.	<i>Resultado del análisis de espesor</i>	510

3.1.10.3.	<i>Resultado del análisis de humedad</i>	521
3.1.10.4.	<i>Resultado del análisis de solubilidad en agua</i>	543
3.1.10.5.	<i>Resultado del análisis de tracción</i>	554
3.1.10.6.	<i>Resultado del análisis de permeabilidad</i>	57
3.1.10.7.	<i>Resultado del análisis de biodegradabilidad</i>	58
3.1.10.7.1.	Agua.....	58
3.1.10.7.2.	Tierra.....	610
3.1.10.7.3.	Aire.....	621
3.1.10.8.	Resultado de la aplicación de la lámina de bioplástico en el producto.....	643
3.2.	Prueba de hipótesis	654
3.2.1.	<i>Hipótesis 1</i>	654
3.2.2.	<i>Hipótesis 2</i>	654
3.2.3.	<i>Hipótesis 3</i>	665
3.2.4.	<i>Hipótesis 4</i>	65
3.2.5.	<i>Hipótesis 5</i>	65
	CONCLUSIONES	66
	RECOMEDACIONES	68
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Diferencia entre plástico y bioplástico	6
Tabla 2-1:	Taxonomía de la arveja piquinegra (<i>Pisum sativum L</i>)	7
Tabla 3-1:	Composición química de arveja	7
Tabla 4-1:	Variedades de arveja (<i>Pisum sativum L</i>)	8
Tabla 1-2:	Identificación de variables en la extracción de almidón de arveja piquinegra	144
Tabla 2-2:	Operacionalización de Variables.....	155
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia.....	177
Tabla 4-2:	Técnica de extracción de almidón de arveja piquinegra	276
Tabla 5-2:	Ensayo de pH.....	27
Tabla 6-2:	Ensayo de viscosidad	28
Tabla 7-2:	Ensayo de la temperatura de gelatinización	29
Tabla 8-2:	Ensayo de la solubilidad en agua	29
Tabla 9-2:	Ensayo de ceniza.....	310
Tabla 10-2:	Ensayo de humedad	321
Tabla 11-2:	Ensayo para obtener láminas de bioplástico.....	343
Tabla 12-2:	Ensayo para determinar el espesor	354
Tabla 13-2:	Ensayo de humedad de las láminas de bioplástico	354
Tabla 14-2:	Ensayo de solubilidad en agua de las láminas de bioplástico	365
Tabla 15-2:	Ensayo de la permeabilidad de las láminas de bioplástico	376
Tabla 16-2:	Ensayo de biodegradabilidad	37
Tabla 1-3:	Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima	38
Tabla 2-3:	Análisis sensorial de almidón de arveja piquinegra	39
Tabla 3-3:	Resultado del diseño factorial 2^2 para obtener el mejor rendimiento del almidón	410
Tabla 4-3:	Análisis ANOVA de la extracción de almidón de arveja piquinegra	432
Tabla 5-3:	Análisis TUKEY de la extracción de almidón de arveja piquinegra	432
Tabla 6-3:	Análisis físico, químico de almidón de arveja piquinegra.....	443
Tabla 7-3:	Análisis proximal de almidón de arveja piquinegra	45
Tabla 8-3:	Análisis microbiológico de almidón de arveja piquinegra	46
Tabla 9-3:	Resultado del diseño factorial 2^k en la obtención de las láminas de bioplástico.....	47
Tabla 10-3:	Análisis ANOVA para la formulación de las láminas de bioplástico	48
Tabla 11-3:	Formulaciones realizadas con el análisis factorial 2^k	48
Tabla 12-3:	Análisis sensorial de las láminas de bioplástico	49
Tabla 13-3:	Ensayo de espesor de las láminas de bioplástico.....	510

Tabla 14-3:	Ensayo de humedad de las láminas de bioplástico	531
Tabla 15-3:	Ensayo de solubilidad en agua de las láminas de bioplástico	53
Tabla 16-3:	Resultado de las pruebas de tracción de las láminas de bioplástico	54
Tabla 17-3:	Resultado del análisis de permeabilidad de las láminas de bioplástico	57
Tabla 18-3:	Resultado del análisis de la biodegradabilidad en agua de las láminas de bioplástico	58
Tabla 19-3:	Resultados de la biodegradabilidad en agua.....	59
Tabla 20-3:	Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en agua de las láminas de bioplástico.....	610
Tabla 21-3:	Resultado del análisis de la biodegradabilidad en tierra de las láminas de bioplástico	610
Tabla 22-3:	Resultados de la biodegradabilidad en tierra.....	610
Tabla 23-3:	Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en tierra de las láminas de bioplástico.....	621
Tabla 24-3:	Resultado del análisis de la biodegradabilidad en aire de las láminas de bioplástico	621
Tabla 25-3:	Resultados de la biodegradabilidad en aire	632
Tabla 26-3:	Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en aire de las láminas de bioplástico.....	62
Tabla 27-3:	Resultado del análisis sensorial a la fruta con recubrimiento y al blanco	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Arveja piquinegra.....	6
Figura 2-1:	Estructura de amilosa	9
Figura 3-1:	Estructura de amilopectina	100
Figura 4-1:	Estructura de la glicerina	100
Figura 5-1:	Estructura del ácido acético	111
Figura 6-1:	Embalaje de alimentos.....	122
Figura 2-3:	Lámina de bioplástico obtenida por el análisis factorial 2^k	49
Figura 3-3:	Análisis de tracción del tratamiento 3.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diseño factorial 2k para obtención de almidón de arveja piquinegra.	222
Gráfico 2-2:	Diseño factorial 2k para obtención de láminas de bioplástico.	232
Gráfico 3-2:	Diagrama de flujo para la extracción de almidón de arveja piquinegra.	243
Gráfico 4-2:	Diagrama de flujo para la obtención de láminas de bioplástico.	254
Gráfico 5-2:	Diagrama de flujo para la selección de muestra.	276
Gráfico1-3:	Análisis de espesor de las láminas de bioplástico.	521
Gráfico 2-3:	Análisis de humedad de las láminas de bioplástico.	532
Gráfico 3-3:	Análisis de solubilidad de las láminas de bioplástico.	554
Gráfico 4-3:	Gráfico espesor vs tensión.	565
Gráfico 5-3:	Gráfico espesor vs enlogación.	565
Gráfico 6-3:	Análisis de permeabilidad en las láminas de bioplástico.	58
Gráfico 7-3:	Gráfico de biodegradabilidad en agua.	59
Gráfico 8-3:	Gráfico de biodegradabilidad en tierra.	621
Gráfico 9-3:	Gráfico de biodegradabilidad en aire.	632

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Índice de solubilidad de almidón de arveja	310
Ecuación 2-2:	Porcentaje de ceniza de almidón de arveja	321
Ecuación 3-2:	Porcentaje de humedad en el almidón de arveja	332
Ecuación 4-2:	Porcentaje de humedad las láminas de bioplástico	365
Ecuación 5-2:	Porcentaje de solubilidad en el agua de las láminas de bioplástico	365
Ecuación 6-2:	Permeabilidad de las láminas de bioplástico	376
Ecuación 7-2:	Porcentaje de biodegradabilidad.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO E:** FORMULACIÓN DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO G:** DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR A PARTI DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*PISUM SATIVUM L*)
- ANEXO H:** APLICACIÓN DE LA LÁMINA DE BIOPLÁSTICO EN ALIMENTOS
- ANEXO I:** INFORME DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AMILOSA POR EL INIAP
- ANEXO J:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 1
- ANEXO K:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 2
- ANEXO L:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 3
- ANEXO M:** INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 4
- ANEXO N:** INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo extraer almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) para ser utilizado como materia prima en la elaboración de láminas de bioplástico que sustituya al plástico convencional en la envoltura de alimentos, colaborando a la reducción de la contaminación a nivel mundial. El almidón se extrajo por vía húmeda utilizando el método de diseño factorial de dos variables tales como revoluciones por minuto alta y bajo, tiempo de 45 y 60 segundos; el procedimiento a seguir fue: recolección de la materia prima, limpieza, lavado, remojo, trituración, filtración, decantación, secado y finalmente envasado, para cada uno de los tratamientos con las repeticiones correspondientes, luego se realiza el análisis ANOVA para determinar el mejor rendimiento. Extraído el almidón se realiza la caracterización fisicoquímico, análisis proximal y microbiológico para constatar si es apto para la elaboración de las láminas de bioplástico; posterior a ello se realizan las formulaciones preliminares igualmente utilizando el diseño factorial de dos variables teniendo como principales la concentración de almidón y la concentración de plastificante realizando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, las formulaciones principales fueron 3 a 4g de almidón y 1 a 2ml de plastificante mientras que el agua 70ml y ácido acético 2ml se mantienen constante en todos los tratamientos. Se realizaron ensayos para caracterizar al mejor bioplástico. Para concluir cuál de los tratamientos es el más idóneo para la formulación se realiza el análisis de varianza, siendo el tratamiento 1 el más óptimo, la lámina de bioplástico con mejores propiedades fue el tratamiento 2 al tener características similares a los demás autores, sin embargo, se recomienda mejorar la permeabilidad de las láminas de bioplástico obtenido para que su eficiencia sea al cien por ciento en la envoltura de alimentos.

Palabras clave: <ALMIDÓN>, <ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)>, <BIOPLÁSTICO>, <PERMEABILIDAD>, <ANÁLISIS PROXIMAL>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.11.09 10:25:01
-05'00'



2060-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of the research work was to extract starch from the red pea (*Pisum sativum* L) to be used as a raw material in the production of bioplastic sheets that replace conventional plastic in food packaging, helping to reduce pollution worldwide. The starch was extracted wet using the method of factorial design of two variables such as high and low revolutions per minute, time of 45 and 60 seconds; The procedure to be followed was: collection of the raw material, cleaning, washing, soaking, crushing, filtering, decanting, drying and finally packaging, for each of the treatments with the corresponding repetitions, then the ANOVA analysis. Once the starch is extracted, the physicochemical characterization, proximal and microbiological analysis are carried out to verify if it is suitable for the production of bioplastic sheets; after that, the preliminary formulations are also made using the factorial design of two variables having as main the starch concentration and the plasticizer concentration performing four treatments with four repetitions each, the main formulations were 3 to 4g of starch and 1 to 2ml of plasticizer, while 70ml water and 2ml acetic acid remain constant in all treatments is carried out to determine the best performance. Assays were carried out to characterize the best bioplastic. To conclude which of the treatments is the most suitable for the formulation, the analysis of variance is carried out, with treatment 1 being the most optimal, the bioplastic sheet with the best properties was treatment 2 as it had characteristics similar to the other authors. However, it is recommended to improve the permeability of the bioplastic film obtained so that its efficiency is one hundred percent in food wrapping.

Keywords: <STARCH>, <PIQUINEGRA PEAS (*Pisum Sativum* L)>, <BIOPLASTIC>, <PERMEABILITY>, <PROXIMAL ANALISYS>.



Firmado electrónicamente por:

**NANCI
MARGARITA INCA
CHUNATA**

INTRODUCCIÓN

En la sociedad moderna la utilización diaria de plásticos en los alimentos sean estos platos, cubiertos, vasos sintéticos desechables, botellas, fundas y recubrimientos se ha incrementado de manera considerable en todo el mundo. La demanda del consumo de estos materiales y su inadecuada disposición final, traen consigo preocupantes efectos en el medio ambiente debido a su resistencia a la corrosión y biodegradación.

La producción mundial de plásticos es de 407 millones de toneladas, donde en el 2015, 146 millones de toneladas pertenece a envases y embalajes (industriales, comerciales y domésticos) lo que involucra al polietileno, polipropileno, tereftalato de polietileno y poliestireno en su gran mayoría (Litterthub, 2019, p.24).

En Ecuador en el año 2002 se generaba 336 ton/día de residuos plásticos de origen doméstico, industrial y agroindustrial. Proporcionando una problemática ambiental que tiene dos variantes: La explotación de un recurso natural no renovable y problemas de disposición y tratamiento de residuos (Mancheno et al., 2016: pp,53-59).

Sin embargo, la utilización de empaques para la envoltura de alimentos va evolucionado según la necesidad y la demanda de los consumidores, por lo que el plástico en nuestra sociedad es un elemento que día a día cobra protagonismo, millones de productos y objetos que utilizamos en la actualidad son producidos enteramente o parcialmente a base de plástico. Estos plásticos podrían ser reutilizados o reciclados pero lo cierto es que hoy en día es un gran problema de difícil solución, realmente es una tarea costosa y compleja. Existen algunas alternativas que están encaminadas a reducir la contaminación por medio de los plásticos, sin embargo, no todos son amigables con el medio ambiente por ello es importante mencionar a los bioplástico.

Mediante esta investigación se pretende elaborar plásticos biodegradables a partir de una fuente renovable que es el almidón de arveja piquinegra que no genere contaminación al ambiente esto con el fin de minimizar el uso de los plásticos convencionales. Los medios y las tecnologías que se utilizan hoy en día para la elaboración de plásticos son muy costosos por la maquinaria utilizada y por el precio que genera obtener la materia prima que son de los derivados del petróleo sin contar que estos plásticos consumen los recursos fósiles no renovables de los cuales depende la economía del país, por esta razón las empresas buscan alternativas que ayuden a cumplir con las normas de reducción del impacto ambiental obteniendo plásticos biodegradables.

Estas láminas de plásticos biodegradables que se pretende realizar se elaboran de una fuente natural que con el pasar del tiempo se degradan fácilmente, se requiere menos energía para ser reciclados proporcionando así una producción mucho más rápida y eficiente.

La principal ventaja de estos plásticos biodegradables es que todos sus elementos pueden incorporarse a la naturaleza adaptándose a los ciclos naturales de la materia a diferencia de los

plásticos convencionales que tiene un tiempo muy extenso de degradación por lo que incorpora una problemática al ambiente. La desintegración del plástico biodegradable en materia orgánica enriquece la tierra ya que le convierte en una fuente energética y de conveniencia para las plantas. Igualmente sería muy ventajoso para el sector agrícola ya que necesita de muchas ideas e investigaciones que abarque la producción y así aprovechar cada uno de los recursos que nuestro suelo ecuatoriano ofrece.

En las industrias alimenticias principalmente se hace uso de los plásticos para la envoltura de alimentos ya que estos requieren de ellos, así como es nuestro hogar sin darnos cuenta del gran impacto ambiental que ocasionamos hacemos uso sin medida de estos plásticos. En Ecuador contamos con la producción de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) a gran escala, pero tiene poca industrialización por ello es pertinente para realizar estudios y lograr obtener los objetivos propuestos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

La abrumadora demanda de la producción de los plásticos y su efecto en el medio ambiente son los principales problemas que hoy en día afronta la sociedad. A pesar de que existe un sin número de estudios que tratan de combatir estos problemas y compensar el daño causado ya sea por medio del reciclaje o por la utilización de plásticos ecológicos provenientes de fuentes naturales y sobre todo materia orgánica, todavía no se ha podido dar solución completamente puesto que los métodos para la realización de plásticos ecológicos “biodegradables” no son explotados en su totalidad por lo que el problema de contaminación sigue en marcha.

El polietileno es el material sintético que se usa principalmente en recubrimientos agrícolas y películas de empaques de alimentos, el proceso de remoción y disposición final, este material no sólo genera costos sino también un efecto desfavorable sobre el medio ambiente (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012:pp.182-192).

La utilización de plásticos biodegradables es una alternativa muy importante porque para su realización se requiere de materia prima de fuente natural orgánica lo que hace que es sector agrícola aproveche estas innovaciones. Las naciones del mundo se propusieron hacia el 2030 reducir considerablemente la generación de desechos. Pero Ecuador no tiene avances ni metas concretas, al contrario, ha aumentado la generación de basura. Cada año se entierran más de 12.000 toneladas de basura. Las escasas campañas de reciclaje han durado pocos días o se las ha marginado a las redes sociales. El país tiene un modelo insostenible, según los expertos, que se ha enfocado en enterrar millones de desechos sólidos. La ciencia presenta tecnologías para limpiar los ríos corrompidos por plásticos.

Considerando que la contaminación es un problema global y en busca de una solución a la problemática expuesta se han desarrollado varias técnicas para la producción de plásticos biodegradables entre ellas está principalmente por medio de almidón como polímero, es por ello que se plantea la utilización de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L.*).

El almidón es utilizado en las industrias; alimentarias, textil y química por lo cual debe ser caracterizado para determinar sus propiedades ya que su comportamiento funcional depende de las propiedades morfológicas, térmicas y fisicoquímicas así como también la forma y el tamaño de los gránulos, la porción de amilosa y amilopectina, la temperatura de gelatinización y el comportamiento de hinchamiento que varía según su genotipo (Yin y Wang, 2016: pp.1-7).

Para la extracción de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L.*) según (Simsek et al., 2009: pp.832-838) “*Starch characteristics of dry peas (Pisum sativum L.) grown in the USA*” señala que

los guisantes se remojaron durante la noche en una proporción de 1: 3 (p / v) de guisantes a una solución de bisulfito de sodio al 0,05%. A continuación, los guisantes se enjuagaron y se molieron en una licuadora con 400 ml de agua desionizada. Los guisantes molidos se tamizaron en húmedo a través de tamices Tyler de malla 50, 100 y 200. La lechada se centrifugó a 1509°C, (en tubos de centrífuga de 250 ml) durante 5 min para eliminar el exceso de agua. La torta de almidón se dispersó en 120 ml de NaOH al 0,02% y se dejó reposar durante 1h. El almidón se centrifugó como antes y se dispersó en 120 ml de agua desionizada y el pH se ajustó a 6,5 con HCl 1 M. El almidón se centrifugó de nuevo y se lavó dos veces con etanol al 95% y una vez con acetona entre cada lavado con etanol. Las muestras de almidón se secaron durante la noche a 30 ° C.

Para la elaboración de los plásticos biodegradables se debe tener en cuenta tres aspectos; almidón, plastificante y energía termomecánica. Los plastificantes que comúnmente son utilizados son el agua y glicerol. Sin embargo (Carvajal et al., 2019: pp.968-978) “Desarrollo de bioplásticos de proteína de guisante por el proceso de termomoldeo: efecto de la etapa de mezcla” en los estudios realizados toman en consideración tres principales métodos para realizar bioplástico la primera es almidón termoplástico (TPS) la segunda es TPS/ mezclas de polímeros sintéticos no biodegradables y la tercera es mezcla de almidón/ polímero sintético biodegradable. Para la elaboración de plástico biodegradable se utilizó glicerol como plastificante y aislado de proteína de guisante (*Pisum sativum L*) utilizaron una proporción 60/40 para preparar los bioplástico mediante un procedimiento termomecánico de dos etapas. En primer lugar, para obtener una mezcla homogénea, el aislado de proteína y el glicerol se mezclaron en un mezclador discontinuo de contra rotación de dos palas HAAKE PolyLab QC. Los dos componentes se introdujeron por separado en el mezclador, primero el aislado de proteína y luego el glicerol, donde se realiza el mezclado sin necesidad de un premezclado. Se probaron diferentes velocidades de rotación de mezcla (10, 30, 50, 70 o 90 rpm) y tiempos (de 1 a 180 min según el sistema), en modo condiciones isotérmicas (25 ° C), para evaluar estas variables en las mezclas finales. El par y la temperatura se controlaron durante la etapa de mezclado para obtener el perfil de mezclado de un material de mezclas tipo masa. Las velocidades estudiadas fueron 10 rpm, 30 rpm, 50 rpm, 70 rpm y 90 rpm a lo largo del tiempo. Teniendo en cuenta los resultados, se seleccionó un tiempo de mezcla de 10 min para todas las velocidades estudiadas. Además, para el sistema a 30 rpm, se estudiaron otros tiempos como 1 min y 65 min para evaluar el comportamiento de la mezcla después del segundo pico observado en el perfil de torque. En segundo lugar, estas mezclas se procesaron mediante moldeo por inyección, utilizando un sistema de moldeo por inyección de pistón MiniJet (ThermoHaake), para obtener muestras de bioplástico. Las condiciones para el cilindro de inyección fueron 130 ° C y para el molde 50 ° C y el tiempo de residencia fue 20 s 500 bar de presión, ya que se ha demostrado que funciona correctamente. Además, el tiempo de post inyección fue de 200 s 200 bar de presión. El molde preparó dos muestras diferentes: Muestras

de forma rectangular de $60 \times 10 \times 1$ mm para experimentos de análisis mecánico dinámico de temperatura (DMA). Muestra en forma de mancuerna (tipo V) según (NTE INEN-ISO 527-2, 2014, p.8) para ensayos de tracción de plásticos.

1.2. Marco conceptual

1.2.1. Plástico

Según (Segura, Noguez y Espín, 2007, pp.361-372) el plástico es un material sintético que se obtienen por medio de proceso químico llamado polimerización en donde las cadenas de los átomos de carbono se unen para formar cadenas moleculares más largas presentes en los compuestos orgánicos. Por lo general, son derivados del petróleo, sin embargo, ciertos plásticos se pueden adquirir a partir de otras sustancias naturales.

Los plásticos se identifican por presentar una relación resistencia/densidad alta, presenta propiedades adecuadas para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes, tienen baja conductividad eléctrica y térmica, y no son adecuadas para utilizarse a temperaturas elevadas. (Garavito, 2007, pp.8-9)

1.2.2. Bioplástico

Según (GIBBENS, 2018, p.2) el bioplástico es un material denominado de origen biológico, hecho de plantas u otros materiales biológicos en lugar de petróleo. Puede estar hecho de ácidos polilácticos (PLA) presentes en plantas como maíz y caña de azúcar, o de polihidroxialcanatos (PHA) producidos a partir de microorganismos. El ácido poliláctico comúnmente es utilizado en envases de alimentos y el polihidroxialcanato, en dispositivos médicos.

El bioplástico es considerado biodegradable porque se puede adaptarse o descomponerse en la naturaleza por medio de agentes biológicos y biobasado porque está hecho de biomasa. Son considerados como una medida de reducción al problema de desechos contaminantes.

1.2.2.1. Ventajas del bioplástico

- ✓ Son amigables con el medio ambiente, ya que proviene de fuentes renovables
- ✓ Se puede reciclar fácilmente
- ✓ Presenta ahorro energético en su producción
- ✓ No contiene aditivos perjudiciales para la salud

1.2.3. Diferencia entre plástico y bioplástico

Tabla 1-1: Diferencia entre plástico y bioplástico.

PLÁSTICO	BIOPLÁSTICO
Precedentes de recursos fósiles	Precedentes de recursos vegetales
Difícil reciclaje	Se degradan fácilmente
Contamina el medio ambiente	No contamina el suelo
Producción costosa	Ahorro en su producción

FUENTE: (Ruiz, 2019, pp1-88).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

1.2.4. Arveja (*Pisum sativum L*)

La arveja pertenece a la familia de la leguminosa herbácea cultivadas desde la antigüedad, considerada como hortaliza, guisante o legumbre, que generalmente se produce en climas fríos, se caracterizan por tener con un alto contenido de proteína 6.3% en verde y 24.1% en seco; por su utilidad no solo se utiliza en la alimentación sino también en la agroindustria. La arveja se puede dividir en dos grupos; variedades de semillas lisa siendo esta la de más alta calidad y variedades de semilla rugosa es más rustica y principalmente se utiliza para la congelación (FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEREROS DE COLOMBIA, 1998, p.3).

En Ecuador el cultivo de guisante no únicamente se relaciona con la importante fuente proteica que contiene, sino que es un cultivo realizado por agricultores con mano de obra familiar.



Figura 1-1: Arveja piquinegra.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

1.2.4.1. Taxonomía

Tabla 2-1: Taxonomía de la arveja piquinegra (*Pisum sativum L.*).

N°	Reino	Vegetal
1	División	Espermatofita
2	Clase	Angiospermae
3	Subclase	Dicotyledoneae
4	Orden	Rosales
5	Familia	Leguminosae
6	Subfamilia	Papilionoideae
7	Tribu	Viceae
8	Género	<i>Pisum</i>
9	Especie	<i>Sativum. L.</i>
10	Variedad botánica	Alderman
11	Nombres vulgares	Arveja, guisante, chicharo

FUENTE: (Ruiz, 2019, p.1-88).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

1.2.4.2. Composición físico química

Tabla 3-1: Composición química de arveja

N°	Componente	Cantidad g / 100g
1	Humedad	88,0
2	Energía	42 kcal
3	Proteína	2,8 g
4	Grasa	0,2 g
5	Carbohidratos	7,6 g
6	Cenizas	0,6 g
7	Calcio	43 mg
8	Fosforo	53 mg
9	Hierro	2,1 mg
10	Tiamina	0,15 mg
11	Riboflavina	0,08 mg
12	Niacina	0,60 mg
13	Vitamina C	60 mg
15	Retinol Equiv.	14 meq

16 Almidón 32,9 %

FUENTE: (Bressani, 2007, p.78).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

1.2.4.3. Variedades

Las variedades más sembradas; Santa Isabel, Piquinegra, Guatecana, Sindamanoy, Obonuco San Isidro, Obonuco Andina, ICA-Tominé, Alcalá y Sureña, Lojanita, Cobri y Santa Cecilia.

Tabla 4-1: Variedades de arveja (*Pisum sativum L.*)

Variedad	Uso principal	Días aproximado a madurez	Altura cms	Color vainas	Tamaño semilla	Otros
Ojinegra, Piquinegra o Guatecana	Fresco	90	180	V.P	Grande	Rustica
Diacol Boyaca	Fresco, seco o industria	90	-	V.P		1.5-2 ton/ha. (*)
Alderman	Fresco y congelado	75	152	V.O	Grande	Semilla rugosa
Green Arrow	Industria	68	66	V.O	Pequeño	Rustica
Little Marvel	Fresco	64	46	V.O	Mediana	Semilla rugosa
Early Sweet	Industria	40	35	-	-	1.5 ton/ha. (*)
Alaska (**)	Industria	Precoz	75	V.P	Pequeña	Rustica
Dwarf Gray Sugar	Fresco	Precoz	75	V.P	Pequeña	Vaina comestible (guisantes)

V.O = verde oscuro

V.P = verde pálido

(*) = arveja verde desgranada

(**) = comúnmente llamada Bogotana o sabanera

FUENTE: (FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEREROS DE COLOMBIA,1998, p.3).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

1.2.5. Arveja piquinegra

Se considera una planta que tiene un crecimiento voluble o indeterminado que fácilmente se adapta en un rango de altura sobre el nivel del mar de 2.300 a 2.700 m. La planta de arveja piquinegra tiene un crecimiento entre 0,8 y 2,0 metros, se caracteriza por presentar flores blancas, vainas de 4 a 5 cm de largo y 5 a 8 semillas, el grano es de forma redonda de color crema con hillium de color negra. Su rendimiento a nivel agrícola es de 2.000 a 4.500 kg de vainas verdes y 900 a 1.100 kg de grano seco por hectárea. Esta planta presenta un ciclo de vida que empieza desde la floración que se da a los 70 días, posteriormente la cosecha del grano verde a los 120 días y finalmente la cosecha de grano seco a los 160 días (Dane, 2015, p.78).

1.2.6. Almidón

El almidón forma parte de la reserva energética de los vegetales, considerado como un polisacárido, está formado principalmente por cadenas de glucosa con estructura lineal amilosa o ramificada amilopectina.

1.2.6.1. Amilosa

Es un polímero lineal unido por enlace de glucosa α (1-4). Forma micelas hidratadas debido a que no es soluble en agua. Al realizar ensayos con yodo genera un color azul (Knutson y Grove, 1994: pp.469-471).

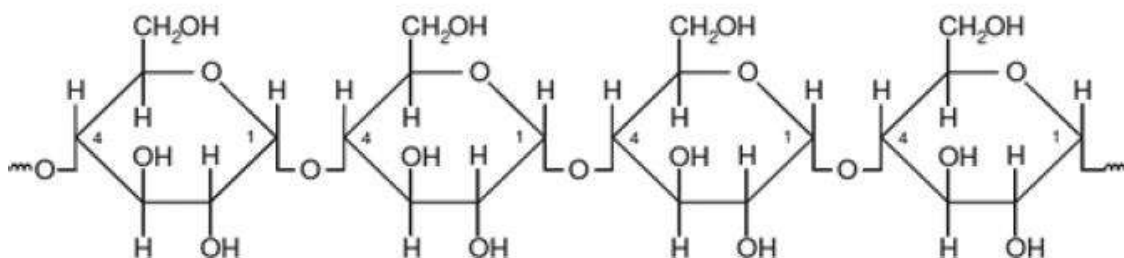


Figura 2-1: Estructura de amilosa.

FUENTE: (Charro y Valencia, 2018: pp50-80).

1.2.6.2. Amilopectina

Se puede definir como un polímero muy ramificado de partes de glucosa que se encuentran unidas por enlaces α (1-4) en su mayor porcentaje y en menos porcentaje unidos con enlaces α (1-6). Esta molécula es soluble en agua caliente, al realizar experimentos con yodo produce un color rojizo violeta (Knutson y Grove, 1994: pp.469-471).

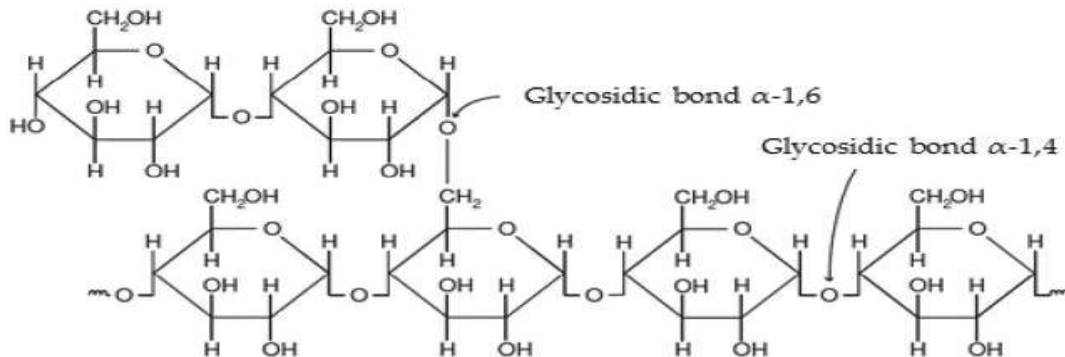


Figura 3-1: Estructura de amilopectina.

FUENTE: (Charro y Valencia, 2018: pp50-80).

1.2.7. Plastificante

El plastificante es utilizado para la elaboración de plásticos ayuda a aumentar la flexibilidad y alargamiento, es considerada una sustancia inodora e incolora y sobre todo tiene baja volatilidad. Son eficaces ya que tiene la capacidad de reducir los enlaces de hidrogeno interno y aumenta espacios intermoleculares entre los más comunes están el sorbitol, glicerol y el polietileno, el glicerol tiene capacidad de facilitar la movilidad de cadenas del almidón poliméricas por estas características sé considera eficaz.

1.2.7.1. Glicerol

El glicerol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$), conocido también como; 1, 2,3-trihidroxiopropano o 1, 2,3- propanotriol, es un polialcohol altamente flexible, obtenido de la saponificación de grasas y aceites naturales. Actúa como plastificante, fácilmente soluble en agua y alcoholes.

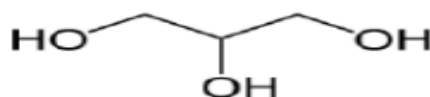


Figura 4-1: Estructura de la glicerina.

FUENTE: (Charro y Valencia, 2018: pp50-80).

1.2.8. Ácido acético (C₂H₄O₂)

Es un ácido carboxílico, líquido incoloro con un olor fuerte, se utiliza en la elaboración de fármacos tintes, plásticos, aditivitos alimentarios e insecticidas antiguamente se conocía como vinagre.

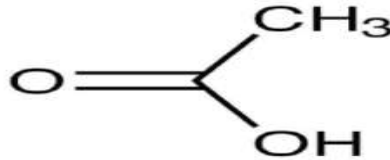


Figura 5-1: Estructura del ácido acético.

FUENTE: (Fisher scientific, 2021, p.6).

1.2.9. Método casting

Es el método que se utiliza a nivel de laboratorio también es conocido gelatinización térmica que consiste en formar películas de bioplástico a partir de un polímero que es sometido a calor.

1.2.10. Gelatinización

Es el proceso por el cual los gránulos de almidón son sometidos al calor y agua dando modificaciones es decir que los gránulos de almidón empiezan a hincharse por ende el volumen aumenta.

1.2.11. Diseño experimental factorial 2^k

El diseño factorial es usado considerablemente en experimentos que incluyen varios factores cuando es necesario estudiar el efecto conjunto de los factores sobre una respuesta. Los factores a utilizar pueden ser cualitativo (máquinas, operador, materiales, alto o bajo, etc.) o cuantitativo (Temperatura, dimensiones, costo, etc). Es necesario que cada factor tenga al menos dos niveles de prueba. Sin perder de vista que el objetivo es el estudio de los efectos e independencia de varios factores de interés sobre una o varias respuestas. El diseño factorial completa o 2^k tiene un arreglo con k factores de dos niveles cada uno. Este se lo utiliza cuando los factores a estudiar están entre dos y cinco ($2 \leq k \leq 5$) que da una cantidad manejable de situaciones experimentales (Ludeña, 2017, p.25).

1.2.12. Aplicación en el embalaje de alimentos

Desde siempre proteger, conservar y contener alimentos ha sido una de las funciones principales de los envases y en muchos de los casos se utilizaba cartón como envase, sin embargo, la demanda de los envases y embalaje ha aumentado por lo que se ha considerado al plástico como el más opcional para que pueda cumplir con las funciones requeridas.

Pero ahora queriendo reducir la contaminación y disminuir la utilización de los recursos no renovables se requiere la utilización de los bioplásticos como envases o embalajes en los alimentos, sin perder las principales funciones



Figura 6-1: Embalaje de alimentos.

FUENTE: (Camacho, 2018, p.9).

1.2.13. Biodegradabilidad

La biodegradabilidad es el cambio que surge en las láminas de bioplástico tales como pérdida de peso, pérdida de resistencia mecánica, incluso cambios en las propiedades físico – químico debido a muchos factores por ejemplo presencia de microorganismos, enzimas. La biodegradación completa produce de las láminas de bioplásticos subproductos que contribuyen al suelo.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. *General*

Elaborar láminas de plástico biodegradables a partir de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*), para su aplicación como envoltura de alimentos.

2.1.2. *Específicos*

- Extraer el almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) mediante el método de decantación.
- Caracterizar el almidón extraído de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*).
- Efectuar la formulación adecuada para la elaboración de láminas de plásticos biodegradables.
- Utilizar la lámina de plástico biodegradable en la envoltura de alimentos.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. *Hipótesis general*

Las láminas de bioplástico obtenidos a partir del almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum. L*) tendrá las características necesarias para poder utilizar como sustituyentes al plástico sintético en la envoltura de alimentos

2.2.2. *Hipótesis específicas*

H1: Es posible extraer almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum. L*) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.

H2: El rendimiento del almidón obtenido se ve afectado por utilizar las revoluciones por minuto (RPM) y tiempo establecido.

H3: La adicción del plastificante (glicerina) en la formulación de las láminas de bioplástico tiene un efecto favorable en la utilización de envoltura de alimentos.

H4: Las propiedades organolépticas de los alimentos se ven afectados al ser recubiertos por las láminas de bioplástico obtenidos

2.2.3. *Identificación de variables*

Tabla 1-2: Identificación de variables en la extracción de almidón de arveja piquinegra.

N°	Proceso	Variables independientes	variables dependientes
1		Revoluciones por minuto	
	Extracción del almidón	Tiempo de trituración	Obtención del almidón
2			Formulación de las láminas de bioplástico
	Elaboración de láminas de bioplástico	Porcentaje de almidón Porcentaje de plastificante	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables.

N°	Procesos	Variables	Tipos de variables	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o Método
1	Extracción del almidón	Obtención de Almidón	Dependiente	Proceso por el cual se obtendrá el almidón de arveja piquinegra	Pruebas en el laboratorio	Porcentaje de amilosa y amilopectina (%)	Análisis proximal
		Tiempo	Independiente	Magnitud física que mide la duración de acontecimientos	Trituración de arveja piquinegra	Velocidad alta y baja (rpm)	Licadora
		Revoluciones por minuto de triturado	Independiente	Magnitud física que se encarga de medir el número de giros por unidad de tiempo	Tiempo de licuado en la extracción del almidón	Segundos (s)	Cronometro
				Fabricación de un producto que está		Degradación	% de formulación

2	Obtención de láminas de bioplástico	Formulación de las láminas de bioplástico	Dependiente	compuesto por material polimérico.		Pruebas mecánicas – físicas	
		Porcentaje de plastificante	Independiente	Cantidad de glicerina a utilizar como plastificante.	Medida para la formulación	Amilosa del almidón Volumen (ml)	Probeta
		Porcentaje de almidón	Independiente	Porcentaje de materia prima a utilizar.	Medida para la formulación	Peso (g)	Balanza

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia.

TEMA: Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de almidón de arveja piquinegra (<i>Pisum sativum L</i>) que sustituya al plástico convencional en la envoltura de alimentos.				
ASPECTOS GENERALES				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS		
La demanda de plásticos derivados del petróleo provoca mucha contaminación por ello es inevitable reemplazarlos por opciones o métodos que no sean perjudiciales al ambiente.	Obtener láminas de plástico biodegradable a partir de almidón de arveja piquinegra (<i>Pisum sativum. L</i>)	Las láminas de bioplástico obtenidos a partir del almidón de arveja piquinegra (<i>Pisum sativum. L</i>) tendrá las características necesarias para poder utilizar como sustituyentes al plástico sintético en la envoltura de alimentos.		
Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
Se desconoce el método para la extracción de almidón a partir de la materia prima seleccionada	Obtener almidón de arveja piquinegra (<i>Pisum sativum. L</i>)	H1: Es posible extraer almidón de la arveja piquinegra (<i>Pisum sativum. L</i>) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.	Tiempo Revoluciones por minuto	
¿El almidón cumple con los parámetros necesarios para la	Caracterizar el almidón extraído de	H2: El rendimiento del almidón obtenido se ve afectado por utilizar	Caracterización del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad

realización de las láminas de arveja pequinegra las revoluciones por minuto (RPM) bioplástico?	(<i>Pisum sativum L.</i>) y tiempo establecido.			<ul style="list-style-type: none"> • Ceniza • Humedad • Fibra • Proteína • viscosidad • Temperatura de Gelatinización • Porcentaje de amilosa y amilopectina • Carbohidratos totales
¿Qué condiciones de operación son las adecuadas para la obtención de láminas de plástico biodegradable?	Efectuar la formulación adecuada para la elaboración de láminas de plásticos biodegradables.	la H3: La adición del plastificante (glicerina) en la formulación de las láminas de bioplástico tiene un efecto favorable en la utilización de envoltura de alimentos.	Cantidad de almidón Cantidad de plastificante	<ul style="list-style-type: none"> • Secado natural • Tiempo
¿Las láminas de plástico biodegradable obtenidos presentan	Utilizar la lámina de plástico	H4: Las propiedades organolépticas de los alimentos se	Caracterización de las láminas de bioplástico	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo de tensión

características óptimas para su biodegradable en la ven afectados al ser recubiertos por uso? envoltura de las láminas de bioplástico alimentos. obtenidos

- Humedad
- Solubilidad
- Permeabilidad
- Biodegradabilidad
- Espesor

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.3. Tipo y diseño de investigación

2.3.1. Tipo de investigación

2.3.1.1. Según el medio de investigación

La presente investigación se considera bibliográfica y cuantitativa ya que tiene el propósito de profundizar las teorías establecidas por diferentes autores sobre la obtención de láminas de bioplástico a partir de material procedente de fuentes naturales, además se realizara la caracterización del almidón obteniendo de ello datos específicos que nos permita obtener la formulación adecuada en la elaboración de las láminas de bioplástico y así cumplir con los objetivos establecidos en la presente investigación

2.3.1.2. Según el objeto de investigación

La investigación de tipo teórica y aplicada, selecciona datos teóricos importantes para formar nuevos conceptos que tengan relación con la extracción del almidón de arveja piquinegra así como la formulación de láminas de bioplástico a partir de dicho almidón que serán utilizados en la envoltura de alimentos.

2.3.1.3. Según el nivel de profundización del objeto en estudio

Es de tipo descriptiva, describe las características físicas químicas, microbiológicas realizadas en los laboratorios tanto del almidón extraído como de las láminas de plástico biodegradable con el propósito de establecer características óptimas en la formulación de las láminas de bioplástico y su posterior uso como envoltura de alimentos.

2.3.1.4. Según la manipulación de variables

Es de tipo exploratoria ya que se requiere determinar la composición óptima para la obtención de láminas de plástico biodegradable a partir del almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L.*).

2.3.1.5. Según el tipo de inferencia

La investigación es de tipo deductiva, los conocimientos obtenidos en el ensayo se forman de lo particular para obtener una general.

2.3.1.6. Según el tiempo temporal

Es una investigación transversal, debido a que el estudio se realiza en un tiempo determinado en donde se recopilara los datos más relevantes para dar solución al problema planteado.

2.3.1.7. Según la condición de estudio

Es de tipo documental, por medio de medios de consultas de recopila información adecuada para cumplir con los objetivos de estudio

2.3.2. *Diseño experimental de la investigación*

El diseño de la investigación es experimental, mediante el objetivo de efectuar una formulación adecuada para la elaboración de las láminas de bioplástico a partir del almidón de arveja piquinegra, este proceso se realizara utilizando el diseño experimental 2^k en donde se efectúa las variables planteadas y se realizara pruebas para determinar las características o propiedades de calidad, mediante el estudio de investigaciones existentes se analizara y se determinara las concentraciones adecuados para la elaboración de este proyecto de investigación.

2.3.2.1. Diseño experimental factorial 2^k

Para la extracción del almidón se utilizara el diseño experimental factorial 2^k para ello se considera dos variables; revoluciones por minuto y el tiempo en donde las revoluciones por minuto tendrán velocidades altas y bajas, se realizara 4 repeticiones por cada tiempo establecido 45, 60 segundos combinando estos con las revoluciones por minutos altas y bajas obteniendo así 16 tratamientos en total. Se tabulara el peso del almidón obtenido en cada repetición, con el fin de obtener el mejor rendimiento de las repeticiones realizadas también es importante considerar el tiempo de secado.

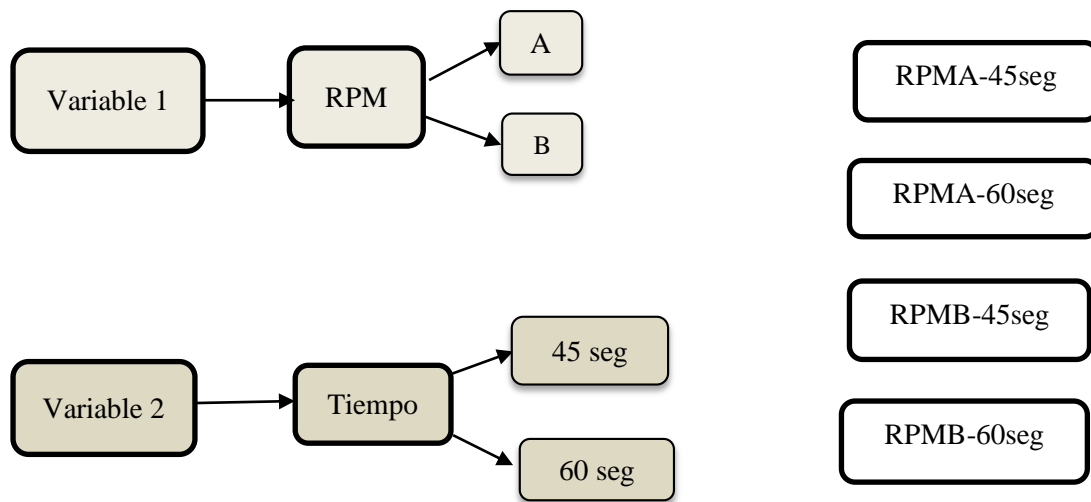


Gráfico 1-2: Diseño factorial 2^k para obtención de almidón de arveja piquinegra.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Se anexa el diagrama de flujo para la extracción de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) en la Gráfico 3-2.

2.3.2.2. Diseño experimental 2^k para la elaboración de láminas de bioplástico

En el diseño experimental 2^k para la elaboración de las láminas de bioplástico las variables a considerar son el porcentaje de plastificante y el porcentaje de almidón de arveja piquinegra, que irán variando según los experimentos que se realice, es decir se realizara 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno obteniendo así 16 tratamientos en total, sin embargo esta operación también dependerá del tiempo, la temperatura cabe mencionar que la concentración de ácido acético y agua serán constantes en cada tratamiento. Es importante para este diseño la caracterización del almidón extraído ya que mediante los ensayos realizados se podrá determinar las propiedades adecuadas para la realización de las láminas de bioplástico.

Se anexa el diagrama de flujo en la Figura 3-4 utilizada en la presente investigación para la obtención de las láminas de bioplástico.

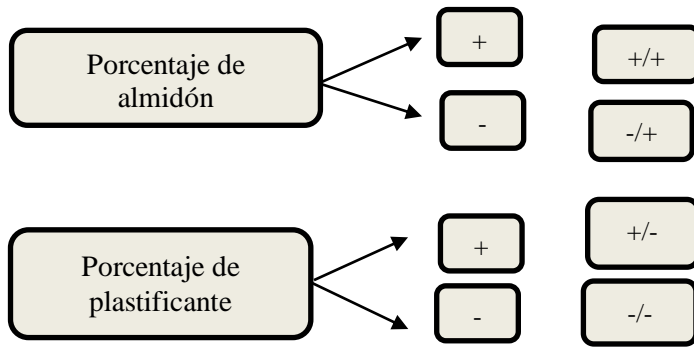
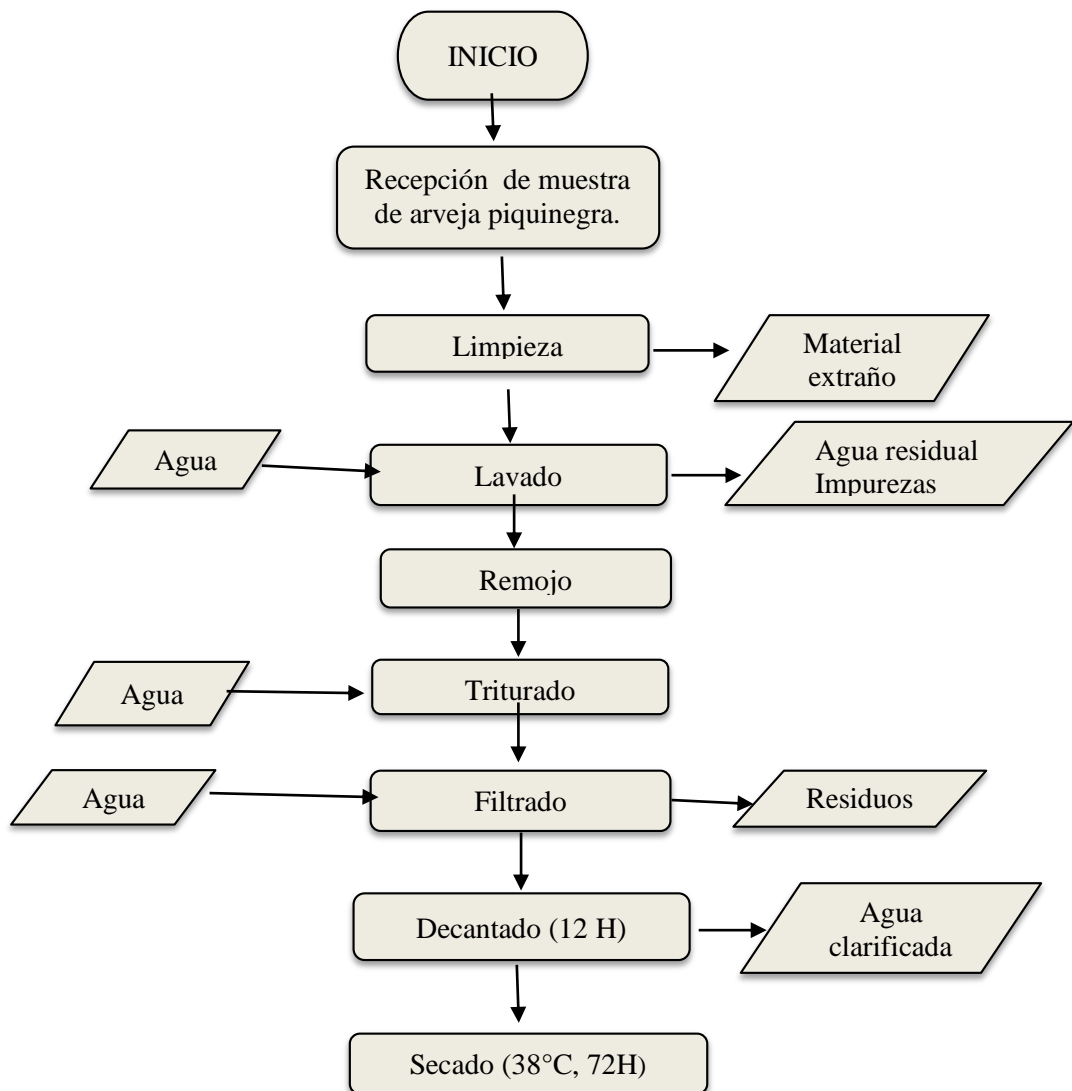


Gráfico 2-2: Diseño factorial 2k para obtención de láminas de bioplástico.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.



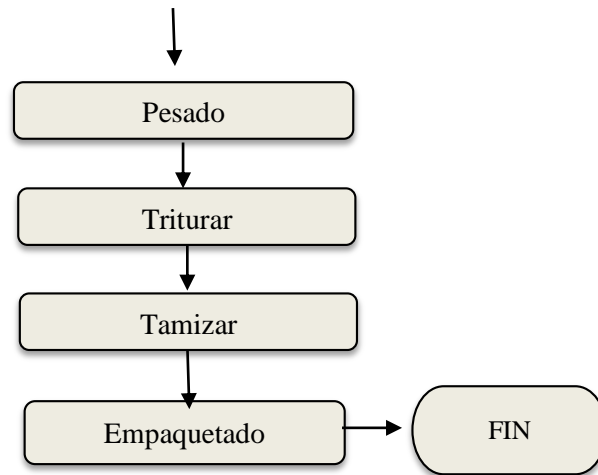


Gráfico 3-2: Diagrama de flujo para la extracción de almidón de arveja piquinegra.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn, 2021.

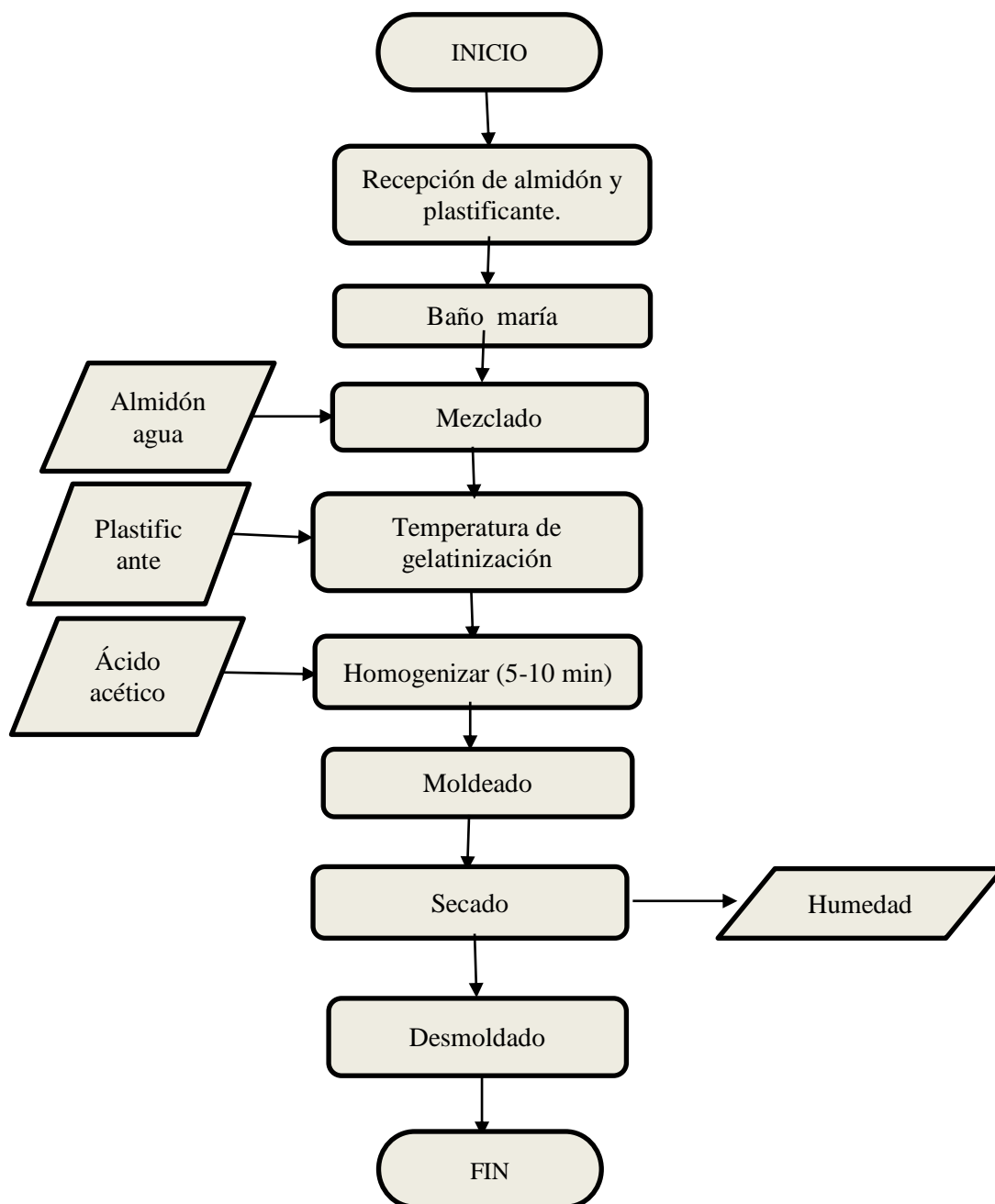


Gráfico 4-2: Diagrama de flujo para la obtención de láminas de bioplástico.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.4. Unidad de análisis

El objetivo de estudio es la obtención de láminas de bioplástico a partir de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) para ello se realizara la caracterización de almidón y posteriormente realizar las formulaciones en las que se variara el porcentaje del almidón y porcentaje de plastificante, a partir de una caracterización se seleccionarán las láminas de plástico biodegradable con mejores propiedades están serán sometidas a pruebas para determinar su efectividad y así ser utilizadas en la envoltura de alimentos.

La población de estudio corresponde al muestreo de la arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) escogida al azar proveniente de la ciudad de Riobamba, la materia prima seleccionada debe tener las siguientes características principalmente debe estar libre de impurezas, y el grano debe estar en estado de madurez. Beneficiado directamente al estudio del Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo (GIAD) de la ESPOCH. En el proyecto de investigación como un aporte, “OBTENCIÓN DE BIOPLASTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR”.

2.5. Tamaño de muestra

Se realizara la extracción del almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) por vía húmeda, en donde el tamaño de la muestra es de 30 kg. Para obtener las láminas de plástico biodegradable se tomara como base el porcentaje de almidón y se variara con el porcentaje del plastificante hasta llegar a los resultados favorables.

2.6. Selección de muestra

Para tomar la muestra de la arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) se tomó en consideración el método no probabilístico haciendo referencia a la producción agrícola de esta materia prima que se encuentra en el mercado de la ciudad de Riobamba, para la selección de la materia prima adecuada se tomó en cuenta las siguientes características; libre de impurezas, estado de madurez y principalmente lo que le caracteriza a esta arveja que tenga un punto negro.

Las muestras con las que se obtendrá láminas de plástico biodegradable son extraídas de diferentes formulaciones en las que varía el porcentaje de almidón y el porcentaje del plastificante, finalmente estas serán analizadas para elegir uno con el mejor rendimiento y así encontrar el más adecuado para la utilización en la envoltura de alimentos

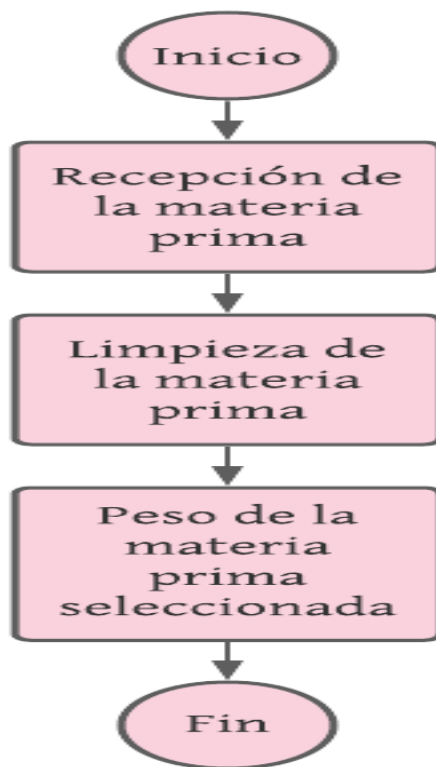


Gráfico 5-2: Diagrama de flujo para la selección de muestra.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7. Técnica de recolección de datos

2.7.1. Extracción de almidón

La extracción de almidón de arveja piquinegra se realizó mediante el método húmedo descrito en la Gráfico 3-2.

2.7.1.1. Técnica para la extracción de almidón de arveja piquinegra

Tabla 4-2: Técnica de extracción de almidón de arveja piquinegra.

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA	
Materiales y equipos	Reactivos
-Licuadora	-Agua destilada
-Balanza	-Arveja piquinegra
-Probeta	-Agua
-Espátula	
-Vidrio reloj	

-Cronometro -Recipientes de plástico -Tela filtrante -Colador -Fundas ziploc -Mortero y pistilo -Tamizador de 60 µm	
Procedimiento:	
<p>-Lavar la leguminosa.</p> <p>-Dejar en remojo durante 12 horas.</p> <p>-Retirar la leguminosa de agua y colocar en un recipiente plástico.</p> <p>-Licuar 300g de materia prima con 500ml de agua destilada considerando el tiempo y las RPM establecidas.</p> <p>-Filtrar para separar la solución de residuos y obtener un sedimento.</p> <p>-Lavar el residuo obtenido y filtrar dos veces más.</p> <p>-Dejar reposar durante 10 horas.</p> <p>-Retirar el exceso de agua del sedimento.</p> <p>-Secar el almidón húmedo obtenido a temperatura ambiente durante 72 horas</p> <p>-Pesar el almidón seco</p> <p>-Triturar con un mortero y un pistilo hasta obtener gránulos más pequeños.</p> <p>-Tamizar por una malla de 60 µm.</p> <p>-Almacenar en material hermético (fundas ziploc).</p>	
Cálculos:	
Método de ensayo:	
(Simsek et al., 2009: pp.832-838).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2. Técnicas para la caracterización de almidón de arveja piquinegra

2.7.2.1. Técnica para determinar el pH

Tabla 5-2: Ensayo de pH.

pH	
Materiales y equipos	Reactivos
Vaso de precipitación de 200 ml y 100 ml.	Agua destilada
Medidor de pH	Arveja piquinegra

Varilla de agitación Balanza analítica Espátula Vidrio reloj Probeta Pipeta Pera de succión	Solución tampón de pH 4,0 y 7,0
Procedimiento:	
Calibrar el pH –metro con las soluciones tampón 4,0 y 7,0 de pH Pesar 20 gramos de almidón. Mezclar el almidón con 100 ml de agua destilada. Tomar una alícuota y medir el pH.	
Cálculos:	
Medición directa	
Método de ensayo:	
(FAO, 1999, pp.61-134).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.2. Técnica para determinar la viscosidad

Tabla 6-2: Ensayo de viscosidad.

VISCOSIDAD	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica Viscosímetro Vaso de precipitación de 1000 ml y 500ml Termómetro Probeta	Agua destilada Arveja piquinegra
Procedimiento:	
Pesar 25 gramos de almidón Disolver el almidón en 500 ml de agua destilada. Calentar la suspensión en un vaso de precipitación durante 15 minutos con agitación constante hasta llegar a la ebullición Enfriar el gel hasta alcanzar una temperatura de 25°C Utilizar una alícuota de la suspensión y medir la viscosidad a 25 °C con una velocidad de 10 RPM.	
Cálculos:	

Medición directa
Método de ensayo:
(ISI, 2002, p.10).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.3. Técnica para determinar la temperatura de gelatinización

Tabla 7-2: Ensayo de la temperatura de gelatinización.

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica Frascos volumétricos de 100 mL Vasos de precipitación de 100 y 250 mL Reverbero Termómetro Pinza de acero inoxidable	Agua destilada Arveja piquinegra
Procedimiento:	
Pesar 10 gramos de almidón Disolver el almidón en 100 ml de agua destilada. Calentar agua a una temperatura de 85°C Utilizar 50 mL de la mezcla y colocar en un vaso de precipitación En el agua a 85 °C colocar el vaso de precipitación que contiene la suspensión Agitar la suspensión de manera continua hasta que se forma un gel y tener en cuenta que la temperatura siga estable por unos segundos	
Cálculos:	
Medición directa	
Método de ensayo:	
(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.4. Técnica para determinar la solubilidad en agua

Tabla 8-2: Ensayo de la solubilidad en agua.

SOLUBILIDAD EN AGUA	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica	Agua destilada

Baño maría Centrifuga Tubos de centrifuga de 50 ml Vasos de precipitación de 50 ml Estufa Pipeta volumétrica de 10 ml	Arveja piquinegra
Procedimiento:	
<p>Pesar los tubos de centrifuga posteriormente secos a 60 °C</p> <p>Pesar 1.25 gramos de almidón en los tubos de ensayo y colocar 30 ml de agua destilada previamente calentado a una temperatura de 60 °C y agitar</p> <p>Colocar en baño maría a una temperatura de 60 °C por un periodo de 30 minutos posteriormente agitar la mezcla a los 10 minutos de haber empezado el calentamiento.</p> <p>Durante 30 minutos centrifugar a 3000 RPM con temperatura ambiente</p> <p>Decantar la muestra rápidamente después de centrifugar y medir el volumen.</p> <p>Tomar 10 ml de la muestra decantada y colocar en un vaso de precipitados de 50 ml (previamente pesado).</p> <p>Secar la muestra en una estufa por 12 horas a 70 °C.</p> <p>Pesar el tubo de centrifuga con la muestra de gel.</p> <p>Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.</p>	
Cálculos:	
<p>Índice de solubilidad en agua (IAA):</p> $\frac{\text{peso de solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$ <p>Ecuación 1-2: Índice de solubilidad de almidón de arveja</p>	
Método de ensayo:	
(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.5. Técnica para determinar el porcentaje de ceniza

Tabla 9-2: Ensayo de ceniza.

CENIZA	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica	Arveja piquinegra
Crisoles de porcelana	

Desecador Mufla Pinza Espátula Vidrio reloj	
Procedimiento:	
<p>Pesar 1,0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en una estufa y pesado.</p> <p>Colocar el crisol con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media.</p> <p>Colocar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante.</p> <p>Pesar el crisol con las cenizas</p>	
Cálculos:	
<p>Cenizas (%):</p> $\frac{\text{peso de cenizas (g)} \times 100}{\text{Peso muestra (g)}}$	
Ecuación 2-2: Porcentaje de ceniza de almidón de arveja	
Método de ensayo:	
(AOAC, 2000, p.56).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.6. Técnica para determinar la humedad

Tabla 10-2: Ensayo de humedad.

HUMEDAD	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica Vidrio reloj Crisoles Pinza para crisoles	Arveja piquinegra
Procedimiento:	
<p>Tarar los crisoles por dos horas.</p> <p>Sacar al desecador por 30 minutos.</p> <p>Pesar el crisol vacío.</p> <p>Añadir en el crisol 3 gramos de almidón.</p> <p>Dejar en la estufa.</p> <p>Pesar hasta tener un peso constante.</p>	

Cálculos:
% humedad: $\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$
Ecuación 3-2: Porcentaje de humedad en el almidón de arveja
Método de ensayo:
(NTE INEN-ISO1666, 2014, p.5).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.2.7. *Técnica para determinar la fibra*

El ensayo para determinar la fibra en el almidón de arveja piquinegra se la realizo en el laboratorio AQMIC a cargo de la ingeniera Gina Álvarez docente de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, mediante una hidrolisis acida moderada.

2.7.2.8. *Técnica para determinar la proteína*

El ensayo para determinar la proteína en el almidón de arveja piquinegra se la realizo en el laboratorio SAQMIC a cargo de la ingeniera Gina Álvarez docente de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, mediante el método Kjeldahl.

2.7.2.9. *Técnica para determinar los carbohidratos totales*

Es el cálculo de la diferencia del análisis proximal en gramos

2.7.2.10. *Técnica para determinar amilosa y amilopectina*

El ensayo para determinar la amilosa y amilopectina en el almidón de arveja piquinegra se realizó en el Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Departamento de Nutrición de Calidad “INIAP”. Los datos obtenidos fueron en base al método MO-LSAIA-04 realizado en base seca.

2.7.2.11. *Técnica para determinar hongos, levaduras - mohos y coliformes totales*

El ensayo para determinar hongos, levaduras – mohos y coliformes totales en el almidón de arveja piquinegra se realizó en el laboratorio SAQMIC a cargo de la ingeniera Gina Álvarez docente de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, mediante la utilización de medios de cultivo.

2.7.3. Obtención de láminas de bioplástico

La obtención de láminas de bioplástico a partir de almidón de arveja piquinegra se realizó mediante el método descrito en la Gráfico 4-2.

2.7.3.1. Técnica para la obtención de láminas de bioplástico

Tabla 11-2: Ensayo para obtener láminas de bioplástico.

BIOPLÁSTICO	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza	Agua destilada
Probeta	Almidón de arveja piquinegra
Espátula	Ácido acético
Vidrio reloj	Glicerol
Varilla de agitación	
Vaso de precipitación	
Moldes de vidrio	
Procedimiento:	
Preparar una solución de almidón y agua destilada en un vaso de precipitación. Colocar la solución en baño maría Agitar constantemente la solución hasta alcanzar la temperatura de gelatinización. Agregar glicerol (plastificante) y ácido acético (conservante) Agitar hasta obtener un gel y dejar enfriar Colocar la mezcla en el molde de vidrio Dejar secar a temperatura ambiente hasta que tenga las propiedades deseadas	
Cálculos:	
Método de ensayo:	
(Carvajal et al., 2019: p.5).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.4. Técnicas para la caracterización de las láminas de bioplástico

2.7.4.1. Técnica para determinar el espesor

Tabla 12-2: Ensayo para determinar el espesor.

ESPESOR	
Materiales y equipos	Reactivos
Pie de rey Cúter	Lámina de bioplástico
Procedimiento:	
Cortar 10 las láminas de bioplástico con medidas de 2,5 cm ² Medir con el pie de rey cada una de las láminas. Realizar el promedio de todas las mediciones.	
Cálculos:	
Medición directa	
Método de ensayo:	
(INNOTECH, 2009, p.5).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.4.2. Técnica para determinar la humedad de las láminas de bioplástico

Tabla 13-2: Ensayo de humedad de las láminas de bioplástico.

HUMEDAD	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica Vidrio reloj Crisoles Pinza para crisoles	Lámina de bioplástico
Procedimiento:	
Dejar los crisoles en la estufa por dos horas a una temperatura de 105°C. Sacar de la estufa y colocar en el desecador. Pesar el crisol frío. Pesar 3 gramos de la muestra en el crisol. Introducir los crisoles con la muestra en la estufa a una temperatura de 105°C. Pesar luego de 2 horas. Repetir el procedimiento hasta que se tenga peso constante.	

Cálculos:
<p>% humedad :</p> $\frac{(m_w - m_d)}{m_w} * 100$ <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de humedad las láminas de bioplástico</p> <p>m_w = peso de las láminas acondicionadas a 75% HR. m_d = peso seco de las láminas.</p>
Método de ensayo:

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.4.3. Técnica para determinar la solubilidad en agua de la lámina de bioplástico

Tabla 14-2: Ensayo de solubilidad en agua de las láminas de bioplástico.

SOLUBILIDAD EN AGUA	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica	Lámina de bioplástico
Centrifuga	Agua destilada
Tubos de centrifuga de 80 ml	
Vasos de precipitación de 100 ml	
Estufa	
Procedimiento:	
<p>Cortar láminas de bioplástico con medidas de 2,5cm²</p> <p>Las láminas de bioplástico secas se colocaron en los tubos de centrifuga con 80 ml de agua destilada a 200 rpm de agitación durante de 60 minutos</p> <p>Filtrar y colocar en una estufa a temperatura de 40 °C hasta que esté completamente seca.</p> <p>Aumentar la temperatura a 105 °C hasta que tenga mantenga un peso constante.</p>	
Cálculos:	
<p>% de solubilidad:</p> $\frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$ <p>Ecuación 5-2: Porcentaje de solubilidad en el agua de las láminas de bioplástico</p>	
Método de ensayo:	
(INNOTEC, 2009, p.6).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.4.4. Técnica para determinar la permeabilidad en las láminas de bioplástico

Tabla 15-2: Ensayo de la permeabilidad de las láminas de bioplástico.

PERMEABILIDAD	
Materiales y equipos	Reactivos
Balanza analítica	Lámina de bioplástico
Tubos de ensayo	Agua destilada
Cúter	Sílica gel
Estufa	
Cronometro	
Procedimiento:	
<p>Activar sílica gel durante 24 horas a 200°C</p> <p>Cortar láminas de bioplástico de 2.5 cm² para cada muestra</p> <p>Llenar los tubos de ensayo con sílica gel dejando un espacio</p> <p>Colocar las láminas de bioplástico previamente cortadas en los tubos de ensayo que contiene sílica gel.</p> <p>Sellar los tubos de ensayo</p> <p>Colocar una solución salina en la base del desecador</p> <p>Pesar los tubos sellados y colocar en el desecador con una humedad relativa del 50% por una hora</p> <p>Pesar las muestras durante 6 horas consecutivas.</p>	
Cálculos:	
$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$	
<p>Ecuación 6-2: Permeabilidad de las láminas de bioplástico</p> <p>P_2: Peso de la lámina final</p> <p>P_1: Peso de la lámina inicial.</p> <p>E: espesor de la lámina.</p> <p>T: tiempo de determinación.</p> <p>pv: presión de vapor del proceso.</p> <p>φ_1: Humedad relativa al interior de la celda.</p> <p>φ_2: Humedad relativa de la camara con NaCl saturado.</p>	

Método de ensayo:
(ASTM D1653 - 93, 1999, p.5).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

2.7.4.5. Técnica para determinar la tracción de las láminas de bioplástico

El ensayo para determinar la tracción de las láminas de bioplástico se realizó en la Facultad de Ciencias Pecuarias en el laboratorio de curtiembres, basándose en la norma INEN NTE 2635:2012

Se envió muestras de en forma de probetas de 2,5 cm de ancho y 6,5cm de largo para ser analizados mediante un elastómero

2.7.4.6. Técnica para determinar la biodegradabilidad de las láminas de bioplástico

Tabla 16-2: Ensayo de biodegradabilidad.

BIODEGRADABILIDAD	
Materiales y equipos	Reactivos
Recipientes herméticos	Lámina de bioplástico
Lamina de bioplástico	Agua destilada
Cúter	
Tierra	
Procedimiento:	
Cortar láminas de bioplástico de 2,5cm ² Se realizara en agua, aire y tierra Colocar 100 ml de agua en el recipiente y colocar la muestra de lámina de bioplástico Colocar la muestra de bioplástico en la tierra a 2cm de profundidad Colocar la muestra de bioplástico en el recipiente y exponer al aire Revisar cada 7 días y así verificar la presencia de la lámina de bioplástico	
Cálculos:	
% pérdida de peso: $\frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$	
Ecuación 7-2: Porcentaje de biodegradabilidad	
Método de ensayo:	
(NTE INEN2643:2012, 2012, pp.7-8).	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados y discusión

3.1.1. Análisis físicos a la metería prima (arveja piquinegra)

En la Tabla 1-3 se muestra los análisis físicos que se realizó a la arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) como materia prima para la extracción de almidón, se tomó una población de cinco muestras y se procedió a realizar el análisis a cada una de las muestras para finalmente hacer una media de las mediciones realizadas.

Tabla 1-3: Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima.

N°	Arveja piquinegra (<i>Pisum sativum L</i>)	
	Peso (g)	Diámetro (cm)
1	0,382	0,73
2	0,342	0,731
3	0,288	0,728
4	0,302	0,73
5	0,338	0,728
PROMEDIO	0,3304	0,7294

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

3.1.2. Análisis sensorial del almidón de arveja piquinegra

En la Tabla 2-3 se muestran el análisis sensorial realizado al almidón de arveja piquinegra

Tabla 2-3: Análisis sensorial de almidón de arveja piquinegra.

No.	ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA	
	Característica	
1	Olor	Dulce
2	Sabor	Insípido
4	Color	Blanco antiguo
5	Textura	Polvo

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Luego de haber realizado el análisis sensorial al almidón de arveja piquinegra se puede decir que los resultados presentes son los esperados, según (BERNESA, 2016, pp.1-2) menciona que el almidón de arveja tiene un color blanco y un textura de polvo fino.

3.1.3. Resultados del diseño factorial 2^k en la extracción de almidón de arveja piquinegra

Mediante el método de diseño factorial 2^k en donde se trabajó con dos variables muy importantes; revoluciones por minuto (RPM) alta y baja, y tiempo 45 y 60 segundos se obtuvieron los resultados que muestra la Tabla 3-3 donde se especifica los pesos y rendimientos para cada tratamiento respectivamente, según (Zúñiga, 2019, p.57) la extracción de almidón se puede realizar por varios métodos por ello hay que tener en cuenta la materia prima y el tipo de compuestos, para este proyecto se optó por utilizar el método húmedo debido a que es más factible, económico. (Miranda, Marrugo y Montero, 2013: p.57) en su investigación caracterización funcional de del almidón de Fríjol Zaragoza tiene un 15 % de rendimiento, el rendimiento del almidón de arveja piquinegra es de 5,830 % lo que indica que no se obtuvo un buen rendimiento debido a que los granos de arveja quedaron muy gruesos.

Tabla 3-3: Resultado del diseño factorial 2² para obtener el mejor rendimiento del almidón.

No	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)	TIEMPO SECADO (h)
					PRODUCTO	ALMIDÓN		PROMEDIO		
						(g)	R			
1	T1	RPM A : 45	R1	500	300	11,31	9	3,773	48	
2			R2			20,95	4	15,094		6,985
3			R3			13,78	9	60,378		4,596
4			R4			14,31	7	4,772		
5	T2	RPM A : 60	R1	500	300	12,16	5	4,055	72	
6			R2			11,17	4	10,337		3,725
7			R3			8,605		41,348		2,868
8			R4			9,403		3,134		
9	T3	RPM B : 45	R1	500	300	9,872		3,291	48	
10			R2			8,367		11,600		2,789

				13,84				
11		R3		3			4,614	
				14,31				
12		R4		7			4,772	
				15,53				
13		R1		5			5,178	
				23,52				
14	T4	R2	RPM B : 60	4	17,489	69,954	7,841	5,830
				12,42				72
15		R3		3			4,141	
				18,47				
16		R4		2			6,157	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

3.1.4. Análisis ANOVA de la extracción de almidón de arveja piquinegra

Mediante la hoja de cálculo Excel se obtuvo el valor de la varianza por medio del estudio ANOVA para los cuatro tratamientos, teniendo un valor de probabilidad de 0,011 siendo este menor a 0,05 por lo tanto se deduce que si existe diferencia significativa y se procede a realizar el análisis de comparación múltiple TUKEY.

Tabla 4-3: Análisis ANOVA de la extracción de almidón de arveja piquinegra.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	1,485351562	1	1,485351562	1,05864019	0,3238187	4,747225347
Columnas	0,141940562	1	0,141940562	0,10116392	0,75590432	4,747225347
Interacción	12,59362656	1	12,59362656	8,97573312	0,01115025	4,747225347
Dentro del grupo	16,83689975	12	1,403074979			
Total	31,05781844	15				

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Se utilizó un nivel de confianza del 95 % y un nivel de significancia del 5 % para realizar el análisis ANOVA.

3.1.5. Análisis TUKEY de la extracción de almidón de arveja piquinegra

El análisis TUKEY se realizó debido a que en el análisis ANOVA existe diferencia significativa, en la hoja de cálculo Excel mediante los datos obtenidos de la Tabla 4-3 tales como la suma de cuadrados y los grados de libertad se tienen los siguientes resultados diferenciados por colores.

Tabla 5-3: Análisis TUKEY de la extracción de almidón de arveja piquinegra

T1	T2	T3	T4
3,773	4,055	3,291	5,178
6,985	3,725	2,789	7,841
4,596	2,868	4,614	4,141
4,772	3,134	4,772	6,157

Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
5,0315	3,4455	3,8665	5,82925
HSD	0,83098144		
Multiplicador	4,2		
Mse	1,40307498		
n	4		

	T1	T2	T3	T4
T1		1,59	1,17	0,80
T2			0,42	2,38
T3				1,96
T4				

	No hay diferencia significativa
	Si hay diferencia significativa

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Deduciendo así que si hay una diferencia significativa en los tratamientos para la obtención de almidón de arveja piquinegra.

3.1.6. Resultados del análisis físico, químico y microbiológico de almidón de arveja piquinegra

Después de haber obtenido almidón de arveja piquinegra mediante el análisis factorial 2^k y realizado sus respectivos análisis para determinar el mejor rendimiento, se procedió a realizar ensayos para cada una de las pruebas descritas en la Tabla 6-3, Tabla 7-3, Tabla 8-3.

3.1.6.1. Resultados del análisis físico-químico

Tabla 6-3: Análisis físico, químico de almidón de arveja piquinegra.

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
-----	------------	----------	-------	----------	---------------------

1	pH		8,76	6 - 6,5	(FAO, 1999, pp.61-134).
2	Viscosidad	cP	16745	1800- 3000	(BERNESA, 2016, pp.1-2).
3	Temperatura de gelatinización	°C	75	57,5-70°C	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).
4	Solubilidad	%	7,35	0,27-12,32 %	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).
5	Amilosa	%	38,02	25-30%	(NTE INEN-ISO 6647-1, 2014, pp.8-9).
6	Amilopectina	%	61,98	70-75%	(NTE INEN-ISO 6647-1, 2014, pp.8-9).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En la Tabla 6-3 se muestra los resultados tales como pH de 8,76 este valor señala que no está en el rango de 6 a 6,5 como lo indica (FAO, 1999, pp.61-134) en la caracterización de almidón de yuca sin embargo (Ricardo, Yaneth y Liliana, 2012, p.3) indica que con un pH ácido se obtiene rendimientos bajos en comparación con un pH básico lo que quiere decir que en el método de extracción por vía húmeda tubo el mejor rendimiento, así también se obtuvo una viscosidad de 1645cP teniendo una referencia de 1800 - 3000 cP según (BERNESA, 2016, pp.1-2) menciona que la viscosidad va incrementando durante el periodo de enfriamiento deduciendo que es valor obtenido experimentalmente es aceptable.

La temperatura de gelatinización experimentalmente es de 75°C basándonos en (Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134) que tiene un rango de 57,5 a 70°C lo que indica que no se encuentra en los rangos establecidos y realizando una comparación notablemente se puede observar que hay una variación de 5°C lo que puede afectar al momento de realizar la lámina de bioplástico pero considerado que es un valor que no excede mayormente el rango, además (CHARRO, 2015, pp.50-80) en su investigación obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata indica un valor de 65 a 75°C mostrando que el almidón extraído si está en el rango para esta investigación .

La de solubilidad para el almidón de arveja piquinegra es de 7,3% este valor se encuentra dentro del rango establecido por (Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134) que varía desde 0,27-12,32% .

El informe del análisis de amilosa y amilopectina enviada por el “INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS” (INIAP) refleja valores 38,02 y 61,98 % respectivamente, según (Miranda, Marrugo y Montero, 2013: p.17) su estudio denominado

Caracterización funcional del almidón de fríjol zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y cuantificación de su almidón resistente indica que el porcentaje de amilosa y amilopectina es de 21,1% y 78,19% y considerando que la arveja es una leguminosa estaría en rangos similares, el porcentaje de amilosa ayuda a determinar si se requiere mejor concentración de almidón para realizar la lámina de bioplástico.

3.1.6.2. Resultados del análisis proximal de almidón de arveja piquinegra

Tabla 7-3: Análisis proximal de almidón de arveja piquinegra.

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Ceniza	%	0,05	< 0,12 %	(AOAC, 2000, p.56).
2	Humedad	%	11,07	15%	(NTE INEN-ISO1666, 2014, p.5).
3	Fibra	%	0,223	Trazas	(BERNESA, 2016, pp.1-2).
4	Proteína	%	0,607	Máx. 0,2	(BERNESA, 2016, pp.1-2).
5	Carbohidratos Totales	%	88,05	70-80%	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Por otro lado en la Tabla 7-3 se indica los resultados del análisis proximal tales como el porcentaje de ceniza que fue de 0,05 % y comparado con el valor establecido por (AOAC, 2000, p.56) que establece que el contenido de ceniza debe ser < 0,12 %, así pues el almidón extraído de arveja piquinegra cumple con lo establecido con la norma.

La humedad que tiene el almidón es de 11,07% siendo este inferior al establecido por la norma (NTE INEN-ISO1666, 2014, p.5) que debe ser del 15% pero según (Lucas, Quintero y Valencia, 2013: pp.83-96) en su investigación indica que los valores de humedad están entre 8.15 ± 2.35 por ende el almidón extraído está con un promedio bueno ya que si no existe mucha humedad en el almidón extraído no existirá la formación de mohos y levaduras.

La cantidad de fibra y proteína presente en el almidón de arveja es de 0,223% y 0,607 % respectivamente pero (BERNESA, 2016, pp.1-2) indica que en el almidón de arveja debe existir trazas de fibra y máximo 0,2 % de proteína, en cambio en el estudio realizado por (CHARRO, 2015, pp.50-

80) establecer un rango de 0,6 y 2,1 % de fibra y proteína lo cual indica que el almidón de arveja si está en estos rangos

Los resultados de los carbohidratos totales es del 88,05 % y según (Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134) indica que el porcentaje varía entre 70-80% notablemente hay diferencia, sin embargo (Soraya y Soto, 2010: pp.93-94) establece el 87,83 % para los carbohidratos totales obteniendo así valores próximos con él almidón de arveja piquinegra, es muy importante mencionar que el contenido de humedad fibra y carbohidratos totales se ve afectado por el remojo realizado antes de la extracción y también por el tiempo de secado.

3.1.6.3. Resultados del análisis microbiológico de almidón de arveja piquinegra

Tabla 8-3: Análisis microbiológico de almidón de arveja piquinegra

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Hongos	UPC/g	0	<10	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).
2	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).
3	Coliformes totales	UPC/g	44	-	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.134).

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

El análisis microbiológico fue realizado en el laboratorio de “SERVICIOS ANÁLITICOS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS” (SAQMIC), los resultados están reflejados en la Tabla 8-3 y según la técnica realizada el almidón expuesto a este análisis está en condiciones aptas para ser aplicados en la elaboración de láminas de bioplástico y ser aplicada a nivel alimenticio.

3.1.7. Resultado del diseño factorial 2^k en la obtención de las láminas de bioplástico

Luego de la caracterización de almidón de arveja piquinegra se procedió a realizar las formulaciones utilizando el diseño factorial 2^k , las variables que se consideró son concentración de almidón y concentración de plastificante. Se utilizó de 3 a 4 gramos de almidón, 1 a 2 mililitros de plastificante manteniendo constante 70 mililitros de agua y 2 mililitros de ácido acético como se indica en la Tabla 9-3

Tabla 9-3: Resultado del diseño factorial 2^k en la obtención de las láminas de bioplástico.

TRATAMIE NTO	VARIABLE	REPETI CIÓN	TEMPE RATUR A (°C)	TIEMPO ELABORA CIÓN (min)	SECADO			PESO (g)	ESPEJOR (mm)	
					LUGAR	MÉTODO	TEMPER ATURA (°C)			
TP1	CA1 : CG1	R1	75	4	LABORA TORIO INVESTI GACIÓN	SECADO NATURAL	25	48	0,118	0,2
		R2		4					0,11	0,19
		R3		4					0,068	0,16
		R4		4					0,122	0,18
TP2	CA1 : CG2	R1		5					0,086	0,19
		R2		5					0,078	0,2
		R3		5					0,082	0,17
		R4		5					0,086	0,18
TP3	CA2 : CG1	R1		4					0,132	0,18
		R2		4					0,128	0,17
		R3		4					0,086	0,14
		R4		4					0,09	0,18
TP4	CA2 : CG2	R1		5					0,122	0,17
		R2		5					0,096	0,15
		R3		5					0,07	0,17
		R4		5					0,11	0,15

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

3.1.8. Análisis ANOVA para la formulación de las láminas de bioplástico

Por medio de la hoja de Excel se pudo determinar el valor de varianza por medio del análisis ANOVA para los tratamientos, obteniendo un valor de probabilidad de 0,528 siendo este superior a 0,05 por lo cual no existe diferencia significativa y no se requiere realizar el análisis TUKEY.

Tabla 10-3: Análisis ANOVA para la formulación de las láminas de bioplástico.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Valor crítico para F	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
4,74722535	Muestra	0,0016	1	0,0016	6,73684211	0,0234175	4,74722535
4,74722535	Columnas	2,5E-05	1	2,5E-05	0,10526316	0,75118853	4,74722535
4,74722535	Interacción	0,0001	1	0,0001	0,42105263	0,52863556	4,74722535
	Dentro del grupo	0,00285	12	0,0002375			
	Total	0,004575	15				

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

3.1.9. Formulaciones mediante el diseño factorial 2^k

Tabla 11-3: Formulaciones realizadas con el análisis factorial 2^k .

Formulación	Porcentaje Peso a Peso			
	Almidón	Glicerina	Agua Destilada	Ácido acético
1	3	1	70	2
2	3	2	70	2
3	4	1	70	2
4	4	2	70	2

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Se realizó estudios preliminares para identificar la mejor formulación teniendo en cuenta que la cantidad de almidón depende de la cantidad de amilosa presente, la glicerina también tiene un papel muy importante ya que ayudara a que la lámina de bioplástico tenga flexibilidad y maleabilidad, así como también el ácido acético puesto que actúa como conservante también es importante recalcar el método de ensayo y las condiciones de todos estos factores dependerá que

la lámina de bioplástico tenga las características requeridas para posteriormente ser sometidos a los análisis físico - mecánico.



Figura 2-3: Lámina de bioplástico obtenida por el análisis factorial 2^k

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

3.1.10. Resultados físicos mecánicos de las láminas de bioplástico

Se realizó los análisis para cada uno de los tratamientos en donde el primer análisis fue el sensorial indicado en la Tabla 12-3 para posteriormente realizar láminas de bioplástico más grandes para de ahí tomar muestras que serán utilizadas para la caracterización físicas y mecánicas.

3.1.10.1. Análisis sensorial de las láminas de bioplástico

En la Tabla 12-3 Se muestra los resultados del análisis sensorial realizado a las láminas de bioplástico procedentes del almidón de arveja piquinegra.

Tabla 12-3: Análisis sensorial de las láminas de bioplástico.

Formulaciones	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
T1	Ligeramente opaco	Lisa	Poco flexible	Débil
T2	Poco opaco	Lisa	Flexible	Fuerte
T3	Traslucido	Lisa	Poco flexible	Débil
T4	Ligeramente translucido	Lisa	Flexible	Fuerte

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Luego de realizar el análisis sensorial a cada uno de los tratamientos determinando resultados cualitativamente en la Tabla 12-3 los tratamientos dos y cuatro son los que presentan mejores resultados según (Ruiz Avilés, 2005, p.97) hay que tener en cuenta que el aspecto del plástico depende de la temperatura a la que se trabaja si se excede puede que la lámina de bioplástico presente burbujas esto debido a que posiblemente se evapore algún compuesto, cuando hay mayor cantidad de glicerina en el bioplástico se hace más flexible y menos traslucida. Sin embargo (Guamán, 2019, p.88) en su investigación denominada “Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial” indica que las láminas de bioplástico deben ser lisas, flexible y fuerte por lo tanto el T2 presenta dichas característica y sería considerado la mejor lamina de bioplástico analizada sensorialmente.

3.1.10.2. Resultado del análisis de espesor

En la Tabla 13-3 se muestra los resultados del análisis de espesor para cada una de las repeticiones de las láminas de bioplástico.

Tabla 13-3: Ensayo de espesor de las láminas de bioplástico.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR	REFERENCIA
T1	CA1 : CG1	R1	0,2	0,120 ± 0,010 mm (Escobar et al., 2009: pp.33-36).
		R2	0,19	
		R3	0,16	
		R4	0,18	
T2	CA1 : CG2	R1	0,19	
		R2	0,2	
		R3	0,17	
		R4	0,18	
T3	CA2 : CG1	R1	0,18	
		R2	0,17	
		R3	0,14	
		R4	0,18	
T4	CA2 : CG2	R1	0,17	
		R2	0,15	
		R3	0,17	
		R4	0,15	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En el Gráfico 1-3 se visualiza como varía el espesor de las láminas de bioplástico para cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

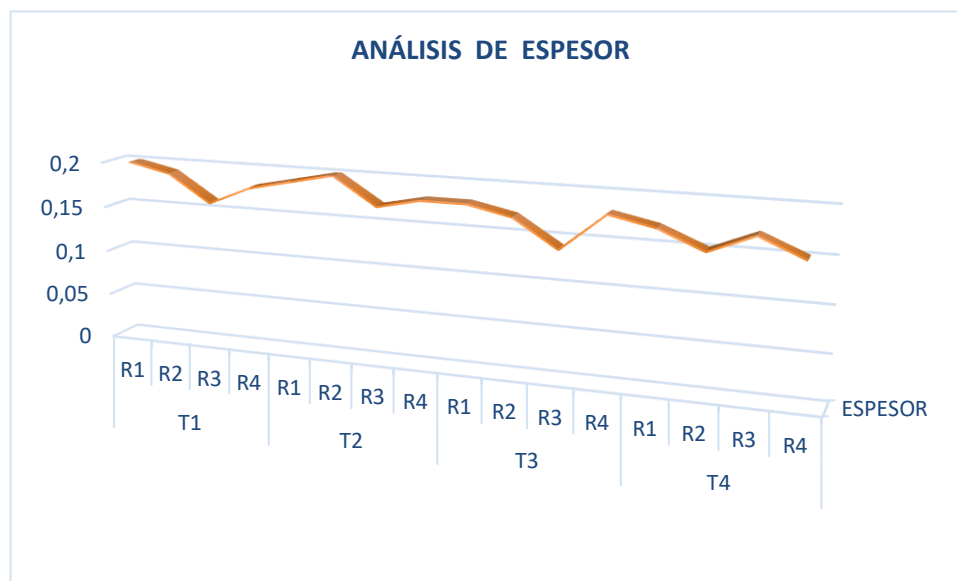


Gráfico1-3: Análisis de espesor de las láminas de bioplástico

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En la Tabla 13-3 se indica el ensayo de espesor realizadas a las láminas de bioplástico, se basó en lo dispuesto por (Escobar et al., 2009: pp33-36) en donde indica que los rangos establecidos son $0,120 \pm 0,01\text{mm}$ en donde notoriamente las láminas elaboradas no están en este rango, sin embargo en las normas (NTE INEN-ISO 4593, 2014, p.4) Y (NTE INEN 2542, 2010, p.21) indica que el espesor es de 0,2 mm por lo tanto si sería considerable analizar basándonos en esas normas es por ello que mediante el Gráfico 1-3 es aún más notorio la variación del espesor de los cuatro tratamientos con sus repeticiones por lo que al realizar un promedio tenemos un valor de 0,17375mm y así las láminas de bioplástico cumplen con lo dispuesto.

3.1.10.3. Resultado del análisis de humedad

Mediante la Tabla 14-3 se puede visualizar el análisis de humedad realizado a los cuatro tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tabla 14-3: Ensayo de humedad de las láminas de bioplástico.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	REFERENCIA
T1	CA1 : CG1	R1	16,4	16,64 – 26,33 % (Buensuceso, 2010, p.52)
		R2	15,1	
		R3	17	
		R4	16,7	
T2	CA1 : CG2	R1	15,6	
		R2	17,3	
		R3	18,5	
		R4	14,8	
T3	CA2 : CG1	R1	14,7	
		R2	13,8	
		R3	17,2	
		R4	16,4	
T4	CA2 : CG2	R1	16	
		R2	13,6	
		R3	16,5	
		R4	17,1	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En el análisis gráfico se puede evidenciar como varia el análisis de solubilidad en agua para los tratamientos con las repeticiones.

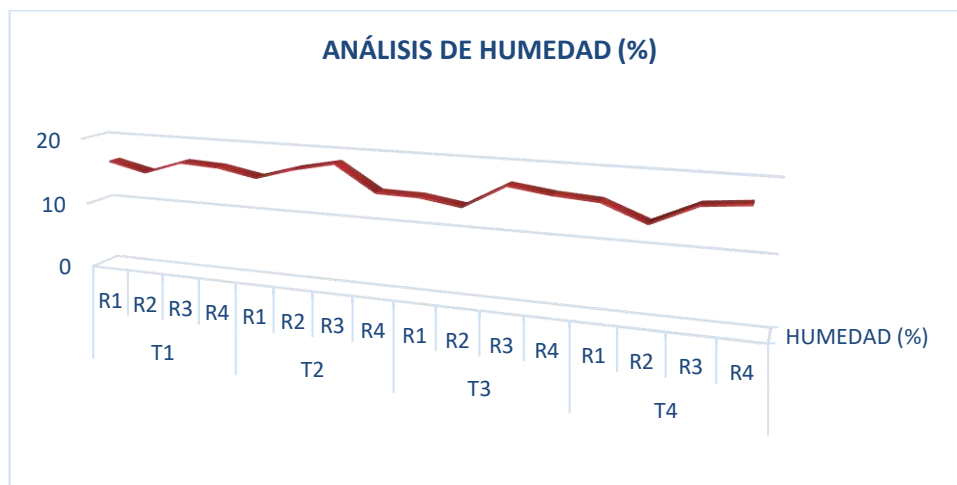


Gráfico 2-3: Análisis de humedad de las láminas de bioplástico.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn, 2021

En la Tabla 14-3 se indica los resultados del ensayo de humedad obteniendo 16,04375 % como promedio, Según (Buensuceso, 2010, p.52) el porcentaje de humedad debe estar entre 16,64 – 26,33 % afirmando que se encuentra dentro de los rangos establecidos y al analizar la Gráfica 2-3 la humedad en todas las repeticiones son parecidas. Finalmente el resultado de la humedad nos indica que es bueno porque si no hay mucha humedad al momento de ser aplicado en alimentos como envoltura no se reflejara cambios como por ejemplo la presencia de mohos y así se podrá conservar el alimento.

3.1.10.4. Resultado del análisis de solubilidad en agua

En la Tabla 15-3 se muestra el análisis de solubilidad realizadas a las láminas de bioplástico.

Tabla 15-3: Ensayo de solubilidad en agua de las láminas de bioplástico.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	SOLUBILIDAD (%)	REFERENCIA
T1	CA1 : CG1	R1	44,65	39,0-59,5 % (Escobar et al., 2009: pp.33-36)
		R2	42,71	
		R3	44,67	
		R4	43,85	
T2	CA1 : CG2	R1	51,34	
		R2	47,34	
		R3	50,45	
		R4	51,34	
T3	CA2 : CG1	R1	42,5	
		R2	41,23	
		R3	40,34	
		R4	43,21	
T4	CA2 : CG2	R1	55,46	
		R2	54,65	
		R3	53,89	
		R4	54,87	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En el siguiente gráfico se puede observar el comportamiento de la solubilidad en las láminas de bioplástico, mostrando que en el tratamiento 1 no hay una estabilidad así como también en los

tratamientos 2 y 4 a diferencia del tratamiento 3 que hay un poco de estabilidad pero todos están el rango establecido.

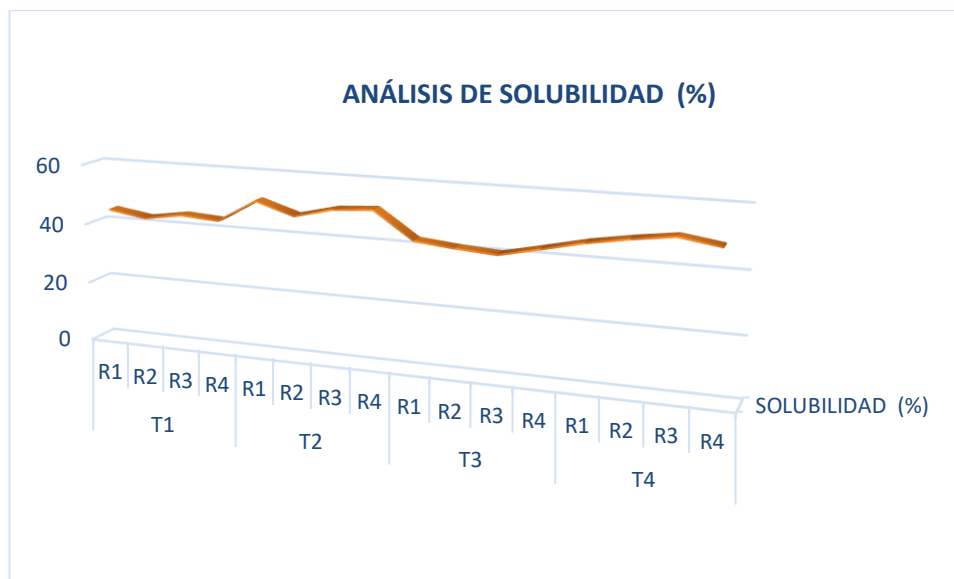


Gráfico 3-3: Análisis de solubilidad de las láminas de bioplástico.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En la Tabla 15-3 se indica los resultados del ensayo de solubilidad siendo 46,04625 % el resultado basándonos en los rangos establecidos por (Escobar et al., 2009: pp.33-36) que son 39,0-59,5 % si se encuentra dentro del rango las láminas de bioplástico obtenido a partir de almidón de arveja piquinegra. Esto ayudara a que el bioplástico sirva para recubrimiento comestible de los alimentos incluso si se desea lavar con agua sería muy fácil puesto que tiene una solubilidad bajo si la solubilidad fuese alta ya no sería aplicable como embalaje de alimentos si no se aplicaría como recubrimiento en el área de la medicina.

3.1.10.5. Resultado del análisis de tracción

El análisis de tracción se realizó en la Facultad de Ciencias Pecuarias en el Laboratorio de Curtiembres de la ESPOCH a cargo del ingeniero Julio Llerena para lo cual se llevó cuatro muestras de probetas de 6,5 cm de largo y 1,5 cm de ancho se utilizó el elastómero los resultados se refleja en la siguiente tabla

Tabla 16-3. Resultado de las pruebas de tracción de las láminas de bioplástico

No.	TRATAMIE NTO	ESPE SOR	ESFUER	MÓDUL	ESFUER	MÓDUL	ENLOGACI ÓN
			ZO	O	ZO	O	
			TENSIÓN	TENSIÓN	FLEXIÓ	FLEXIÓ	
			(MPa)	(Mpa)	N (a)	N (Mpa)	(%)

1	T1	0,020	4,567	2,87	28,08	7,27	62,86
2	T2	0,019	4,807	10,03	93,17	2,30	208,6
3	T3	0,018	5,444	10,58	86,79	2,80	194,3
4	T4	0,017	5,843	11,52	88,06	2,96	197,1

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

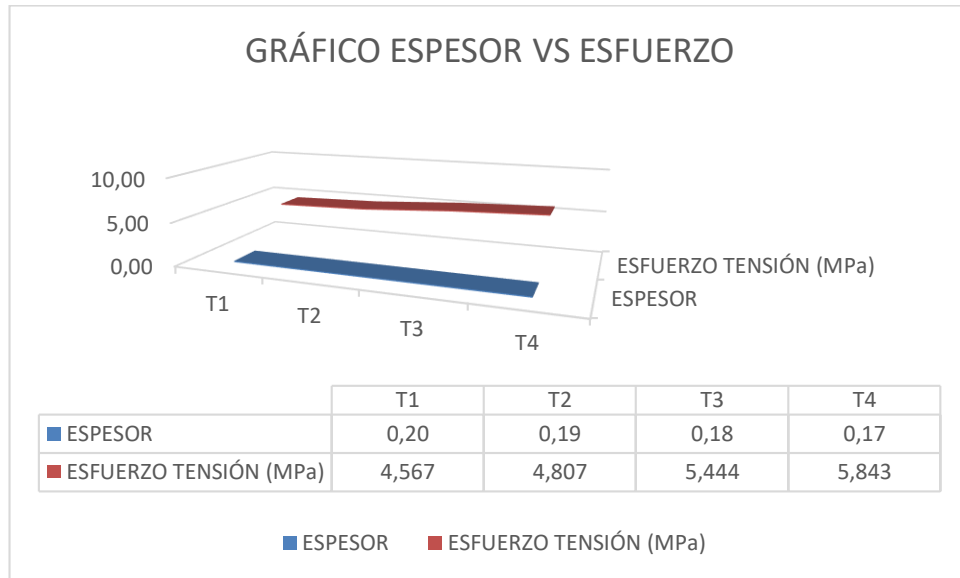


Gráfico 4-3: Gráfico espesor vs tensión.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

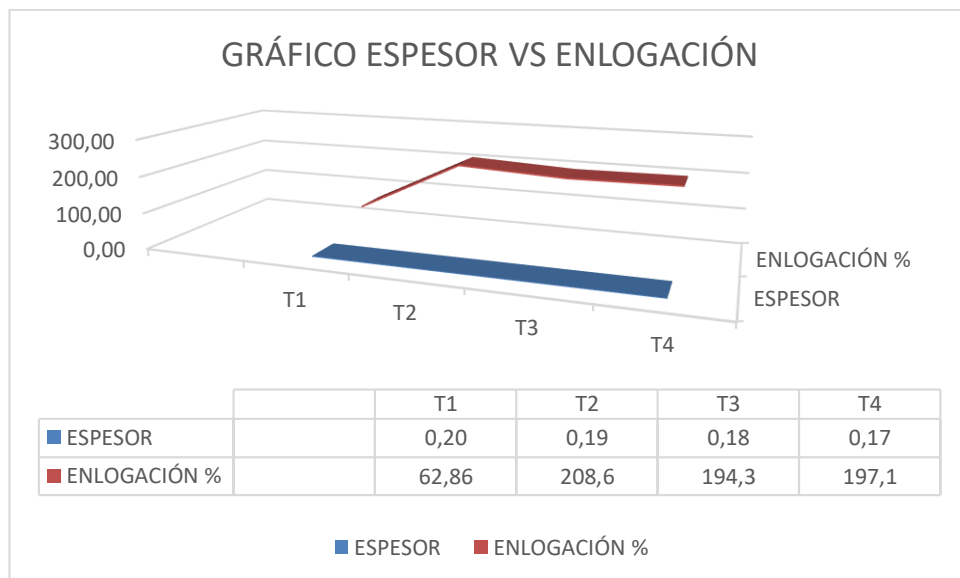


Gráfico 5-3: Gráfico espesor vs enlogación.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.



Figura 3-3: Análisis de tracción del tratamiento 3

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Luego de obtener las láminas de bioplástico con las cantidades de componentes establecidos se realizó probetas con medidas de 1,5 cm de ancho y 6,5 cm de largo de los cuatro tratamientos y fueron enviadas al laboratorio de curtiembres de la Facultad de Ciencias Pecuarias para ser analizadas, en la Tabla 14-3 se indica que el T1 los valores fueron de 4,567 MPa como esfuerzo máximo y 62,86 % de elongación con 0,20 mm de espesor así mismo para el T2 tenemos 4,807 MPa de esfuerzo y 208,6 % de elongación con 0,19 mm de espesor y para T3 5,444 MPa de esfuerzo máximo, 194,3 % de elongación, 0,18 de espesor y finalmente el T4 5,843 MPa de esfuerzo, 197,1 % de elongación y 0,17 de espesor.

Teniendo en cuenta que las láminas de bioplástico son para aplicar en la envoltura de alimentos debemos considerar que estos deben tener buena resistencia porque ello ayudara a conservar los alimentos no solo organolépticamente sino también al almacenamiento y transporte.

En el estudio realizado por (Meza, 2016, p.103) para obtención de plástico biodegradable a partir de almidón residual de papa establece valores tales como; 1,470 MPa de esfuerzo máximo y 19,987 % de elongación, cabe recalcar que mientras mayor sea el esfuerzo máximo menor será la resistencia, evidenciando que todos los tratamientos cumple con lo establecido debido a que el almidón le confiere la dureza y el plastificante la resistencia pero hay que destacar que el T2 es que tiene mayor resistencia

3.1.10.6. Resultado del análisis de permeabilidad

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los análisis de permeabilidad realizados a las láminas de bioplástico.

Tabla 17-3: Resultado del análisis de permeabilidad de las láminas de bioplástico.

TRATAMIENTOS	VARIABLE	REPETICIÓN	PERMEABILIDAD D (g/h*m*Mpa)	REFERENCIA
T1	CA1 : CG1	R1	0,00213109	0,00219±0,0010 (Joaquid y Villada, 2013: pp.59-68)
		R2	0,001084472	
		R3	0,00214511	
		R4	0,002299685	
T2	CA1 : CG2	R1	0,002084472	
		R2	0,001329828	
		R3	0,002804066	
		R4	0,002776025	
T3	CA2 : CG1	R1	0,001640379	
		R2	0,002621802	
		R3	0,001373992	
		R4	0,001388013	
T4	CA2 : CG2	R1	0,001906765	
		R2	0,00168244	
		R3	0,001787592	
		R4	0,003995794	

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Mediante el gráfico de análisis de permeabilidad se puede deducir que no existe una estabilidad en el comportamiento de los tratamientos con sus repeticiones. Según (Hernández et al., 2014: pp.22-25) el plastificante tiene una reciprocidad con la permeabilidad y así el comportamiento de las láminas de bioplástico.

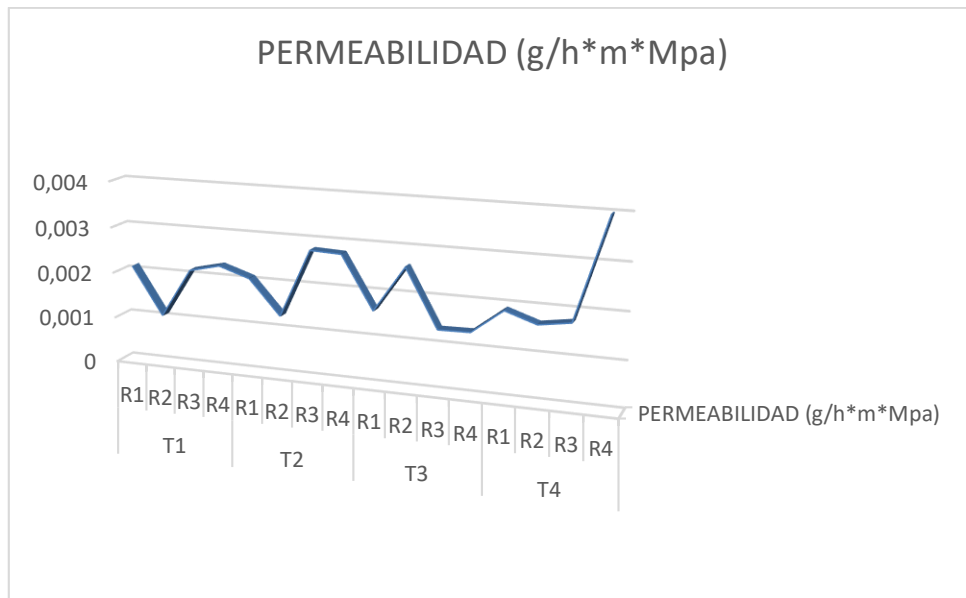


Gráfico 6-3: Análisis de permeabilidad en las láminas de bioplástico.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

En el ensayo de permeabilidad cabe recalcar que para mayor cantidad de plastificante se obtendrá mayor porcentaje de permeabilidad, esto provocara el paso de agua al producto pudiendo presentar alguna anomalía como por ejemplo la fruta envuelta puede deteriorarse rápidamente (Joaquid y Villada, 2013: pp.59-68) indica que el rango establecido para la permeabilidad es de $0,00219 \pm 0,0010$ recalcando que todos los tratamientos de la Tabla 17-3 cumplen con lo establecido, sin embargo en el tratamiento 2 y 4 hay mayor porcentaje de permeabilidad puesto que esos tratamientos tienen 2 ml de plastificante y el tratamiento 1 y 3 tienen 1ml de plastificante.

3.1.10.7. Resultado del análisis de biodegradabilidad

Para realizar el análisis de biodegradabilidad a las láminas de bioplástico se consideró tres métodos agua, tierra y aire, las muestras tenían un área de $2,5\text{cm}^2$ y mediante la herramienta Image j se logró obtener las áreas con valores exactos, la medición fue cada 5 días hasta los 30 días.

➤ Agua






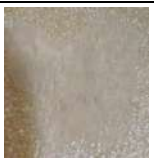

Tabla 18-3: Resultado del análisis de la biodegradabilidad en agua de las láminas de bioplástico

N°	BIODEGRADACIÓN EN AGUA												
	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%

T1	6,25	5,6 1	10,2 4	4,45	28,8	3,0 5	51,2	2,72	56,48	1,85	70,4	0,79	87,3 6
T2	6,25	5,9 7	4,48	4,86	22,24	4,2 1	32,64	3,87	38,08	1,9	69,6	0,88	85,9 2
T3	6,25	5,5	12	4,38	29,92	3,5 4	43,36	2,22	64,48	1,17	81,28	0,76	87,8 4
T4	6,25	5,8	7,2	4,58	26,72	4,1	34,4	3,27	47,68	1,8	71,2	0,86	86,2 4
													86,8 4

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Tabla 19-3: Resultados de la biodegradabilidad en agua.

Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
						

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

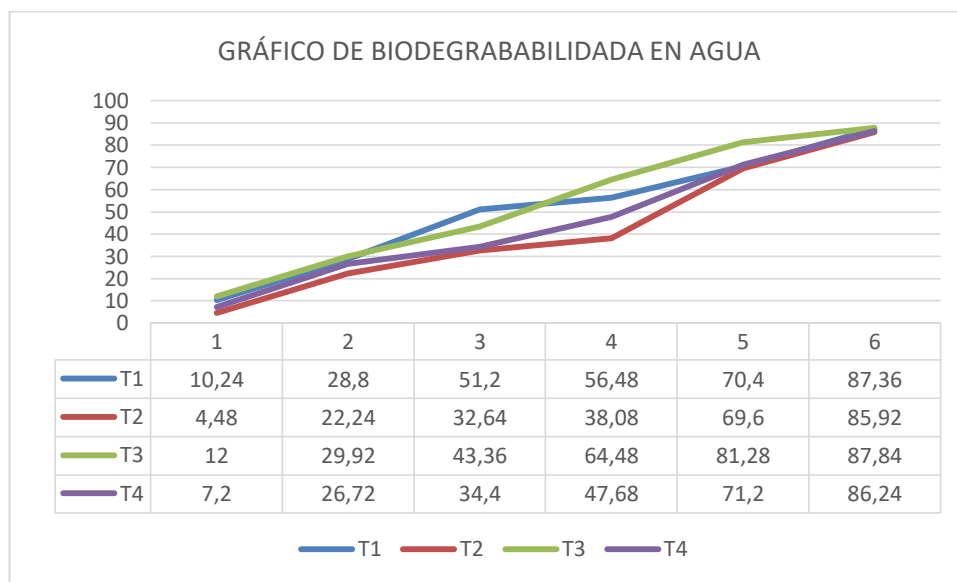


Gráfico 7-3: Gráfico de biodegradabilidad en agua.

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Tabla 20-3. Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en agua de las láminas de bioplástico

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,16972857	1	0,16972857	0,04150359	0,84028651	4,25967727
Columnas	1,31155714	1	1,31155714	0,32071398	0,57643679	4,25967727
Interacción	0,00515714	1	0,00515714	0,00126107	0,97196553	4,25967727
Dentro del grupo	98,1478	24	4,08949167			
Total	99,6342429	27				

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.


➤ Tierra

Tabla 21-3: Resultado del análisis de la biodegradabilidad en tierra de las láminas de bioplástico

BIODEGRADACIÓN EN TIERRA													
Nº	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	6,25	5,21	16,64	4,01	35,84	3,35	46,4	2,06	67,04	1,85	70,4	0,6	90,6
T2	6,25	5,19	16,96	4,19	32,96	3,51	43,84	2,56	59,04	1,9	69,6	0,7	88,6
T3	6,25	5,14	17,76	4,03	35,52	3,54	43,36	2,43	61,12	1,17	81,28	0,5	92,6
T4	6,25	5,13	17,92	4,15	33,6	3,67	41,28	2,63	57,92	1,8	71,2	0,7	88,96
													90,2

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Tabla 22-3: Resultados de la biodegradabilidad en tierra.

Día 0	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
						

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

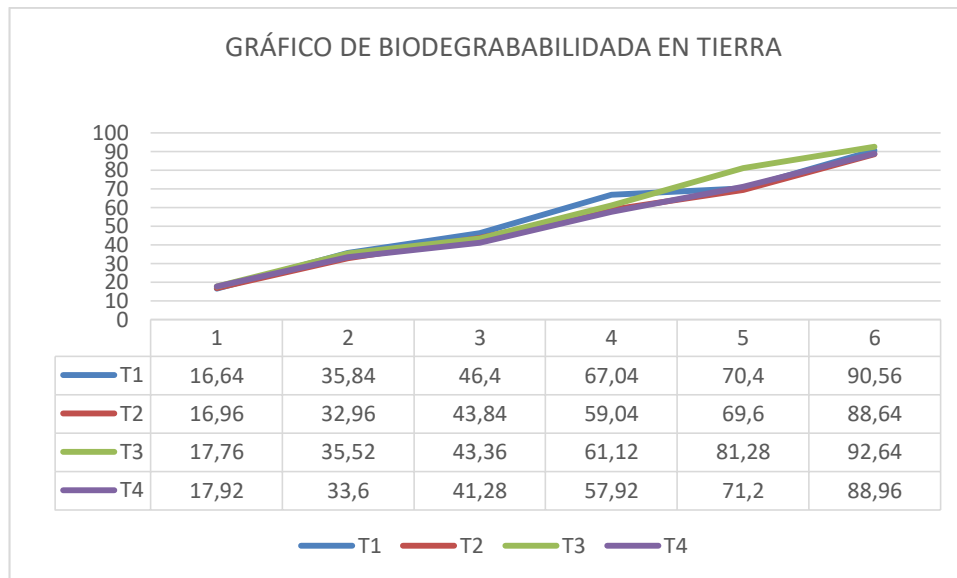


Gráfico 8-3: Gráfico de biodegradabilidad en tierra

Elaborado por: Arévalo, Evelyn, 2021.

Tabla 23-3: Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en tierra de las láminas de bioplástico.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para
						F
Muestra	0,003004	1	0,003	0,00076526	0,97815946	4,25967727
Columnas	0,187289	1	0,187	0,04771799	0,82892967	4,25967727
Interacción	0,003432	1	0,003	0,00087445	0,97665366	4,25967727
Dentro del grupo	94,19809	24	3,925			
Total	94,39181	27				

Elaborado por: Arévalo, Evelyn, 2021.

➤ Aire

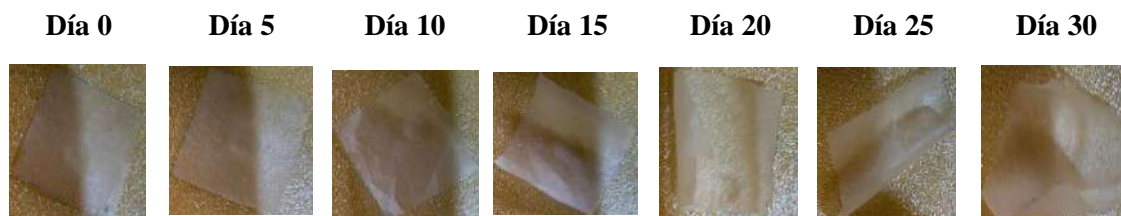
Tabla 24-3: Resultado del análisis de la biodegradabilidad en aire de las láminas de bioplástico.

BIODEGRADACIÓN EN AIRE													
Nº	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	6,25	6,14	1,76	6,03	3,52	5,84	6,56	5,64	9,76	5,35	14,4	5,12	18,08
T2	6,25	6,16	1,44	6,1	2,4	5,89	5,76	5,76	7,84	5,59	10,56	5,22	16,48
T3	6,25	6,13	1,92	6,06	3,04	5,86	6,24	5,63	9,92	5,28	15,52	5,16	17,44

T4	6,25	6,17	1,28	6,09	2,56	5,91	5,44	5,69	8,96	5,56	11,04	5,13	17,92
17,48													

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Tabla 25-3: Resultados de la biodegradabilidad en aire



Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

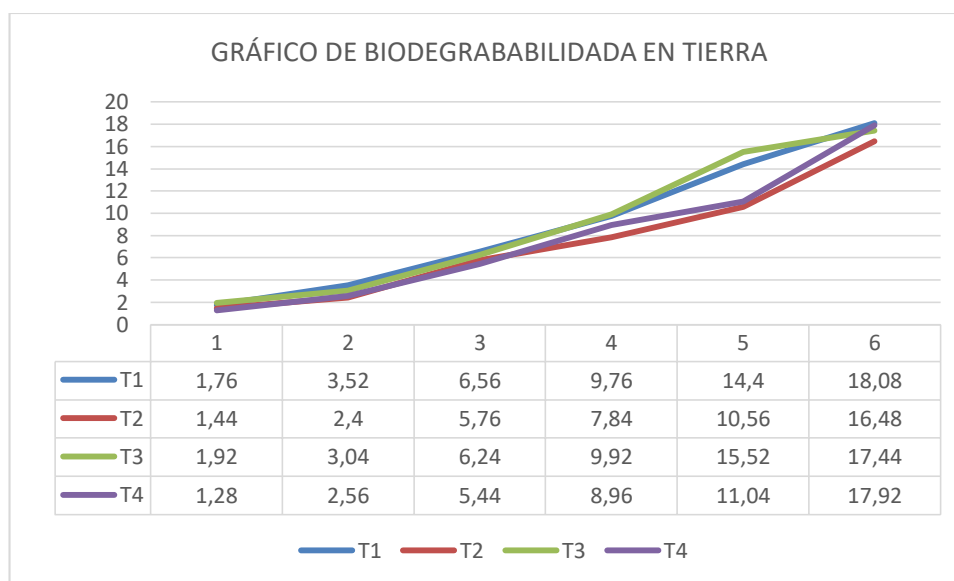


Gráfico 9-3: Gráfico de biodegradabilidad en aire

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Tabla 26-3: Resultado del análisis ANOVA de la biodegradabilidad en aire de las láminas de bioplástico.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0,00103214	1	0,00103214	0,00638321	0,93698323	4,25967727
Columnas	0,03788929	1	0,03788929	0,23432358	0,63272425	4,25967727
Interacción	0,00103214	1	0,00103214	0,00638321	0,93698323	4,25967727
Dentro del grupo	3,88071429	24	0,16169643			

Total	3,92066786	27
-------	------------	----

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

El ensayo de biodegradabilidad se realizó en condiciones normales sin alterar ningún medio, se obtuvo valores de área y porcentaje para cada análisis con los cuatro tratamientos así lo indica la Tabla 18-3 con un promedio de biodegradabilidad del 86,24 %, la Tabla 21-3 tiene un promedio de biodegradabilidad de 90,2 % y la Tabla 24-3 con un 17,48%. (Oropeza González et al. 2016) menciona que la biodegradabilidad es la alteración de los pesos, la pérdida de resistencia mecánica esto debido a los medios expuestos, en el presente estudio se analiza tres medio uno de ellos es el agua y tomando en cuenta que en este medio se encuentran presentes minerales que ayudan a la degradación del material polimérico en la Gráfico 7-3 se puede visualizar que la degradación se da de manera accedente es decir que mientras varia el tiempo varia la degradación y lo mismo sucede con el Gráfico 8-3 y con el Gráfico 9-3. En la tierra o medio anaerobio se encuentran presentes microorganismos que ayudan a que se dé una degradación más rápida, la degradación anaerobia se da de la siguiente manera; Polímero + bacterias anaeróbicas = CO₂ + CH₄ + biomasa + residuo + calor

En el aire o en medio aerobio están los microorganismos aerobios que directamente ayudan a la degradación y se da de la siguiente manera; Polímero + O₂+ microorganismos = CO₂ + H₂ O + biomasa + calor

Se realizó el análisis ANOVA para cada uno de los medios tratados, así se puede determinar que en la Tabla 20-3 no existe diferencia significativa ya que la probabilidad es de 0,97 lo mismo sucede en la Tabla 23-3 no existe diferencia significativa y la probabilidad es muy superior a 0,5 y en la Tabla 26-3 se tiene una probabilidad de 0,93 siendo este mayor a 0,5 por ende no existe diferencia significativa al momento de degradarse.

Las láminas de bioplástico se degradaron con mayor facilidad en agua y tierra pese a que en el aire se encuentran más propensas a una contaminación y degradarse más rápido no sucedió. Cabe recalcar que si en aire no se degrado rápido las láminas de bioplástico serían muy útiles en la envoltura de alimentos y mantenerlos al ambiente.

3.1.10.8. Resultado de la aplicación de la lámina de bioplástico en el producto

Para ver si la lámina de bioplástico es útil y aplicable a nivel industrial se realiza el análisis recubriendo una fruta en este caso una uva y se hace la comparación con otra fruta que no esté recubierta, mediante el análisis sensorial se podrá determinar si la fruta mantiene las propiedades organolépticas expuestas durante un periodo de 7 días a condiciones normales.

Tabla 27-3: Resultado del análisis sensorial a la fruta con recubrimiento y al blanco.

ANÁLISIS SENSORIAL DE LA UVA				
Tipo de estudio	Textura	Sabor	Olor	Aspecto
Uva al ambiente	Suave	Agrio - Dulce	Rancio	Deshidratado - envejecido
Uva envuelta	Semiduro	Mantiene su sabor natural	Dulce	Firme - mantiene su forma

Elaborado por: Arévalo, Evelyn. 2021.

Después de exponer la lámina de bioplástico al producto alimenticio por el periodo mencionado se realizó el análisis sensorial pudiendo deducir que si se puede conservar el alimento pero este no conserva al 100% las propiedades organolépticas, si existe cambio notorios.

3.2. Prueba de hipótesis

3.2.1. Hipótesis 1

*Las láminas de bioplástico obtenidos a partir del almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum. L*) tendrá las características necesarias para poder utilizar como sustituyentes al plástico sintético en la envoltura de alimentos.*

El almidón extraído de arveja piquinegra (*Pisum sativum. L*) mediante vía húmeda con la variación de variables tales como revoluciones por minuto y tiempo si cumple con las características para la elaboración de las láminas de bioplástico, así también las láminas obtenidas luego de su caracterización y ensayos previos en la envoltura de alimentos si presenta propiedades adecuadas para su uso como envoltura de alimentos, afirmando así la hipótesis planteada.

3.2.2. Hipótesis 2

*Es posible extraer almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum. L*) por medio del proceso de extracción por vía húmeda.*

Como se muestra en la Tabla 3-3 mediante el diseño factorial 2^k aplicado para determinar el mejor rendimiento de almidón de arveja piquinegra se deduce que si es posible extraer almidón por vía húmeda debido a que se obtuvo un buen rendimiento dentro de los tratamientos realizados, esto nos permitirá utilizar el almidón como materia prima para la formulación de las láminas de bioplástico, así afirmando la hipótesis general.

3.2.3. Hipótesis 3

El rendimiento del almidón obtenido se ve afectado por utilizar las revoluciones por minuto (RPM) y el tiempo establecido.

En el tratamiento 4 se obtuvo un rendimiento de 5,83 % considerado el más alto de todos los tratamientos a diferencia de los demás que presentaron un rendimiento bajo, debido a que en el momento de realizar la parte experimental y considerando que la extracción de almidón se lo realizó en casa si ve afectado por las dos variables mencionadas aceptando así la hipótesis.

3.2.4. Hipótesis 4

La adición del plastificante (glicerina) en la formulación de las láminas de bioplástico tiene un efecto favorable en la utilización de envoltura de alimentos.

Una vez realizado los ensayos preliminares para la realización de las láminas de bioplástico en donde intervinieron la cantidad de almidón, la cantidad de plastificante como variable y adicional a ello cantidad de agua y ácido acético como constantes. La adición del plastificante es muy importante ya que le confiere la propiedad de elasticidad a la lámina de bioplástico además la glicerina no es un compuesto tóxico que pueda afectar a los alimentos y algo muy importante es que por ser higroscópico absorbe la humedad de la atmósfera por ende este compuesto presente en las láminas de bioplástico si ayuda a que los alimentos se conserven.

3.2.5. Hipótesis 5

Las propiedades organolépticas de los alimentos se ven afectados al ser recubiertos por las láminas de bioplástico obtenidos

Mediante el análisis mostrado en la Tabla 27-3 las láminas de bioplástico fueron utilizadas en la envoltura de alimentos para determinar su factibilidad, y así comprobar la hipótesis planteada. Se hizo uso de dos frutas de uva una envuelta con la lámina de bioplástico y otra no en donde claramente se pudo evidenciar que la fruta envuelta si mantiene las propiedades organolépticas no en su 100% pero si en un promedio considerable tomando en cuenta que para que una lámina de bioplástico sea utilizada como recubrimiento no debe permitir la permeabilidad de vapor es por ello que si se cumple la hipótesis planteada.

CONCLUSIONES

- Se extrajo almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) mediante el método de decantación y por vía húmeda, teniendo resultados favorables ya que el tratamiento 4 presenta 5,830 % de rendimiento con una revolución por minuto (RPM) baja y con un tiempo de 60 segundos teóricamente siendo el mejor, pero el tratamiento 1 también presenta un rendimiento bueno 5,031 % con una revolución por minuto (RPM) alta y con un tiempo de 45 segundos entonces entre estos dos tratamientos el mejor es el 1 puesto que en este tratamiento se optimiza recursos tales como energía eléctrica y el valor económico, concluyendo así que para la extracción de almidón se debe tener en cuenta principalmente las condiciones del lugar, el tiempo de secado y las variables a utilizar.
- Se realizó la caracterización físico- química, proximal y microbiológico de almidón de arveja piquinegra para determinar si presenta características óptimas para su utilización como materia prima en la elaboración de las láminas de bioplástico teniendo como resultado en el análisis físico-químico un pH de 8,76 % , viscosidad de 1645cP, temperatura de gelatinización 75°C, solubilidad 7,35%, amilosa y amilopectina 38,02% & 1,98% respectivamente considerando que todos estos datos obtenidos están dentro de los parámetros establecidos, lo mismo ocurre en el análisis proximal; ceniza 0,05%, humedad 11,07%, fibra 0,223%, proteína 0,607, carbohidratos totales 88,05% recalcando que el análisis proximal tiende a variar un poco a lo establecido porque la extracción del almidón se realizó en casa y pudo haber tenido alguna anomalía en las condiciones, sin embargo en el análisis microbiológico refleja datos muy buenos hongos 0 UPC/g, levaduras y mohos 0 UPC/g, coliformes totales 44 debido a que el almidón se encuentra limpio y puede ser utilizado en la industria de los alimentos
- Se realizó formulaciones para obtener láminas de bioplástico a partir de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L*) utilizando el análisis factorial 2^k considerando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada una y las variables utilizadas fueron concentración de almidón y concentración de plastificante primordialmente pero también teniendo en cuenta la cantidad de agua 70 ml y cantidad de ácido actico 2 ml estos valores constantes, concluyendo que el tratamiento 1 se utilizó 3 gramos de almidón, 1ml de plastificante, 70 ml de agua y 2ml de ácido acético en el tratamiento 2; se utilizó 3 gramos de almidón, 2 ml de plastificante, 70 ml de agua y 2ml de ácido acético, en el tratamiento 3; se utilizó 4 gramos de almidón, 1ml de plastificante, 70 ml de agua y 2ml de ácido acético y finalmente en el tratamiento 4; se utilizó 4 gramos de almidón, 2 ml de plastificante, 70 ml de agua y 2ml de ácido acético siendo estas las mejores formulaciones y teniendo láminas de bioplástico resistentes que puedan ser utilizadas en la envoltura de alimentos.

- Se utilizó las láminas de bioplástico en la envoltura de alimentos, realizando el ensayo durante 7 días con una fruta de uva envuelta y otra no, para así poder comparar sus propiedades teniendo como respuesta final que la uva envuelta con la láminas de bioplástico si ayuda a conservar el alimento no es su 100% pero si algo considerable, en cambio la uva que no estaba envuelta igual perdió sus propiedades. Cabe mencionar que la lámina de bioplástico tiene la función de una barrera protectora ya que no permite el paso de alguna sustancia extraña que sea perjudicial y también no hay una permeabilidad bastante elevada es decir el vapor de agua no pasa al fruto significativamente concluyendo que las láminas de bioplástico si son utilizables en la envoltura de alimentos .

RECOMEDACIONES

- Durante la extracción de almidón se obtiene el desecho por lo que se recomienda reutilizar para extraer almidón puesto que al momento de realizar los tratamientos y principalmente en las revoluciones por minutos (RPM) bajas con tiempo de 45 segundos no se tritura completamente la materia prima es por ello que también se debe hacer un lavado luego de realizar la primera filtración así se obtendrá más contenido de almidón húmedo.
- Se recomienda utilizar un tamiz para disminuir el tamaño de granulo de almidón ya que si se procede a formular con el granulo grueso las láminas de bioplástico no presenta una superficie lisa
- Se recomienda mejorar las características de los bioplásticos como por ejemplo la permeabilidad y la biodegradabilidad mediante otros ensayos en donde se utilice otros plastificantes siempre y cuando este sea biodegradable y así no contamine el medio ambiente

BIBLIOGRAFÍA

AOAC. Métodos oficiales de análisis, 21a edición (2019) - AOAC International. *Official Methods of Analysis (OMA) es una publicación de AOAC INTERNATIONAL que comprende más de 3.000 métodos validados.* [en línea],(2000). [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>.

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao* [en línea], (2007). vol. 163, pp. 134. ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ASTM D1653 - 93. Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de revestimiento orgánico. *ASTM INTERNATIONAL* [en línea] (1999). [Consulta: 2 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D1653-93R99E1.htm>.

BERNESA. Almidón de arveja, (2016), vol. 2151, no. 54, pp. 1-2.

BRESSANI, R. Caracterización Química y Nutricional de la Arveja China Natural y Procesada y Desarrollo de Productos. [en línea], (2007) no. 035, pp. 78. ISSN 0387-3668. Disponible en: <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt 2007.35.pdf>.

BUENSUCESO, V. “*ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ)*”, (2010). S.l.: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ESCUELA.

CAMACHO, M. Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas. *CienciaAcierta Revista científica, tecnológica y humanística* [en línea], (2018) no. 56, pp. 9. [Consulta: 7 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2018/12/11/empaques-activos-para-conservacion-de-alimentos-en-base-de-formulaciones-polimericas/>.

CARVAJAL, J.M., RAMOS, M., JIMÉNEZ-ROSADO, M., PEREZ, V. y ROMERO, A. Development of Pea Protein Bioplastics by a Thermomoulding Process: Effect of the Mixing Stage. *Journal of Polymers and the Environment* [en línea], (2019). vol. 27, no. 5, pp. 968-978.

ISSN 15662543. DOI 10.1007/s10924-019-01404-3. Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.1007/s10924-019-01404-3>.

CHARRO, M. *OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA TRABAJO* [en línea], (2015). S.l.: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. Disponible en: <http://weekly.cnbnews.com/news/article.html?no=124000>.

CHARRO, P. y VALENCIA, K. “*Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (Musa paradisiaca)*.” [en línea], (2018), S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7578>.

DANE. Boletín mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. [en línea], (2015), pp. 78. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos31_mar_2015.pdf.

ENRÍQUEZ, M., VELASCO, R. y ORTIZ, V. COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES BASADAS EN ALMIDÓN COMPOSITION AND PROCESSING OF STARCH-BASED BIODEGRADABLE FILMS. COMPOSIÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS À BASE DE AMIDO. 2012. pp. 182-192.

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R. y MÁRQUEZ, R. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec*, (2019), vol. 0, no. 4, pp. 33-36. ISSN 1688-3691.

FAO. Análisis físicoquímico del almidón. *Guía técnica para la producción y análisis de almidón de Yuca.*, (1999), vol. 140, pp. 61-134.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEREROS DE COLOMBIA, 1998. *24733_7982.pdf*. S.l.: s.n.

FISHER SCIENTIFIC. Ácido acético glacial, extra puro, SLR, cumple con las certificaciones analíticas de la farmacopea europea, BP, USP, Fisher Chemical: Acetic Acid (C₂H₄O₂) Organic Acids | Fisher Scientific. *Fisher scientific part of Thermo Fisher Scientific* [en línea],

(2121), [Consulta: 7 marzo 2021]. Disponible en:

<https://www.fishersci.es/shop/products/acetic-acid-glacial-extra-pure-slr-4/p-7072766>.

GARAVITO, J. PLÁSTICOS PROTOCOLO Curso de Procesos de Manufactura. *FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL LABORATORIO DE PRODUCCION*, (2007), vol. 2, pp. 8-9.

GIBBENS, S. Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos | National Geographic.

NATIONAL GEOGRAPHIC [en línea], (2018). [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>.

GUAMÁN, J. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. *Facultad de ciencias*, (2019), pp. 1-54.

HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A., RODRÍGUEZ-TOMÉ, M. y CORDERO-

FERNÁNDEZ, D. Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar. *ICIDCA.*

Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, (2014). vol. 48, no. 3, pp. 22-25. ISSN 0138-6204.

INNOTEC. *Revista anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, (2009). 4. S.l.: s.n. ISBN 8430602674.

ISI. International Starch: ISI 17 Determination of Viscosity of Starch by Brookfield. *ISI 19-6E.*

In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI).

[en línea], (2002). [Consulta: 28 febrero 2021]. Disponible en:

<http://www.starch.dk/isi/methods/17brookfield.htm>.

JOAQUID, D. y VILLADA C, H. Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua

En Películas Producidas a Partir De Almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y*

Agroindustrial, (2013). vol. 11, no. spe, pp. 59-68. ISSN 1692-3561.

KNUTSON, C.A. y GROVE, M. Rapid Method for Estimation of Amylose in Maize

Starches. , (1994). vol. 71, no. 5, pp. 469-471.

LITTERTHUB, M. Impacto del abandono del plástico en la naturaleza. *Ecoembes* [en línea],

(2019). pp. 24. Disponible en: https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plasticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf.

LUCAS, J.C., QUINTERO, V.D. y VALENCIA, C.A.C. Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). *Acta Agronomica*, (2013). vol. 62, no. 2, pp. 83-96. ISSN 01202812.

LUDEÑA, F. *TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGISTER (MSc.) EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD ING.* [en línea], (2017). S.l.: Escuela politécnica nacional. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18998/1/CD-8399.pdf>.

MANCHENO, M., ASTUDILLO, S., ARÉVALO, P., MALO, I., NARANJO, T. y ESPINOZA, J. Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio del proceso de pirólisis. *La Granja*, (2016). vol. 23, no. 1, pp. 53-59. ISSN 1390-3799. DOI 10.17163/lgr.n23.2016.06.

MEZA, P. Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio. *Facultad De Ciencias* [en línea], (2016). pp. 103. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MIRANDA-VILLA, P.P., MARRUGO-LIGARDO, Y.A. y MONTERO-CASTILLO, P.M. Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *TecnoLógicas*, (2013). no. 30, pp. 17. ISSN 0123-7799. DOI 10.22430/22565337.80.

MIRANDA, P.P., MARRUGO, Y.A. y MONTERO, P.M. Caracterización funcional del almidón de fríjol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus* L.) y cuantificación de su almidón resistente. *TecnoLógicas*, (2013). no. 30, pp. 17. ISSN 0123-7799. DOI 10.22430/22565337.80.

NTE INEN-ISO 4593. PLÁSTICOS. PELÍCULAS Y HOJAS DE PLÁSTICO. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR POR MEDICIÓN DIRECTA CON MICRÓMETRO (ISO 4593:1993, IDT), (2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*, vol. 1.

NTE INEN-ISO 527-2. PLÁSTICOS. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES EN TRACCIÓN. PARTE 2: CONDICIONES DE ENSAYO DE PLÁSTICOS PARA MOLDEO Y

EXTRUSIÓN (ISO 527-2:2012, IDT) PLASTICS. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*, (2014). vol. 1, pp. 8.

NTE INEN-ISO 6647-1. NORMA TÉCNICA ECUATORINA. *ARROZ. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AMILOSA. PARTE 1: MÉTODO DE REFERENCIA (ISO 6647-1:2007, IDT) RICE.*, (2014). pp. 8-9.

NTE INEN-ISO1666. NORMA TÉCNICA ECUATORINA. *ALMIDONES Y FÉCULAS. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO EN HUMEDAD. MÉTODO DE DESECACIÓN EN ESTUFA (ISO 1666:1996, IDT) STARCH.* [en línea], (2014). vol. 1, pp. 5. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1666.pdf.

NTE INEN 2542:2010. Instituto Ecuatoriano de Normalizacion. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*, (2010). pp. 21.

NTE INEN2643:2012. Norma Técnica Ecuatoriana Especificación Para Plásticos Compostables. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, (2012). no. 7-8.

OROPEZA GONZÁLEZ, R.A., MONTES HERNÁNDEZ, A.I., ALBERTO, C. y PEREIRA, P. Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación Biodegradable films based on starch: mechanical/functional properties and biodegradation. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], (2016). vol. 7, no. 1, pp. 65-093. ISSN 2218-4384. Disponible en: <https://sites.google.com/site/1rvcta>.

RICARDO, P., YANETH, B. y LILIANA, V. Universidad de Antioquia. *EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y pH EN LA VELOCIDAD DE PRECIPITACIÓN Y RENDIMIENTO DE ALMIDÓN DE PAPA CRIOLLA (SOLANUM PHUREJA)*, (2012). vol. 1, pp. 3.

RUIZ AVILÉS, G. *Pólimeros Biodegradables a partir de almidón de yuca.* [en línea], (2005). S.l.: s.n. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.

RUIZ HUAMAN, J.S. Introducción de variedades mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L .) en condiciones del distrito de Huando – Huancavelica. *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo* [en línea], (2019). pp. 1-88. ISSN 1098-6596. Disponible en:

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5333/T010-46486985-B.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Afile:///C:/Users/User/Downloads/fvm939e.pdf>

SEGURA, D., NOGUEZ, R. y ESPÍN, G. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables, (2007). pp. 361-372.

SIMSEK, S., TULBEK, M.C., YAO, Y. y SCHATZ, B. Starch characteristics of dry peas (*Pisum sativum* L.) grown in the USA. *Food Chemistry*, (2009). vol. 115, no. 3, pp. 832-838. ISSN 03088146. DOI 10.1016/j.foodchem.2008.12.093.

SORAYA, V. y SOTO, A. Cuantificación De Almidón Total Y De Almidón Resistente En Harina De Plátano Verde (*Musa Cavendishii*) Y Banana Verde (*Musa Paradisiáca*). *Revista Boliviana de Química*, (2010). vol. 27, no. 2, pp. 94-93. ISSN 0250-5460.

YIN, L. y WANG, C. Morphological, Thermal and Physicochemical Properties of Starches from Squash (*Cucurbita maxima*) and Pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Journal of Horticulture*, (2016). vol. 03, no. 04, pp. 1-7. DOI 10.4172/2376-0354.1000187.

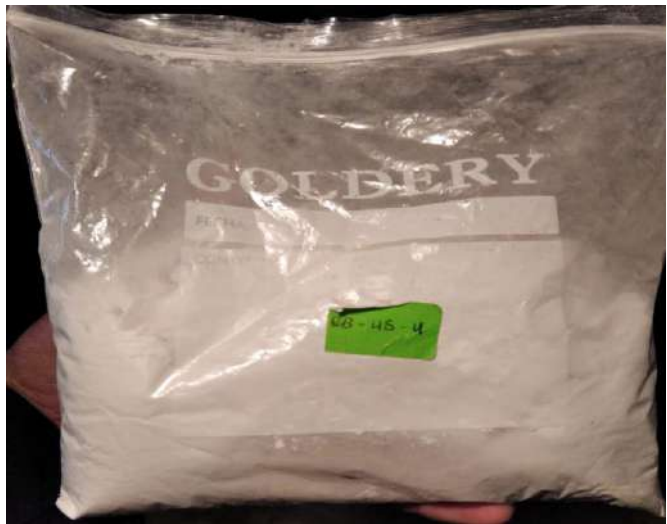
ZÚÑIGA, V. Universidad Nacional De Chimborazo. “*EXTRACCIÓN Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN DE MALANGA (*Xanthosoma Sagittifolium*), YUCA (*Manihot Esculenta*) Y PAPA CHINA (*Colocasia Esculenta*)*” [en línea], (2019). pp. 57. ISSN ISC. Disponible en:
<http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)





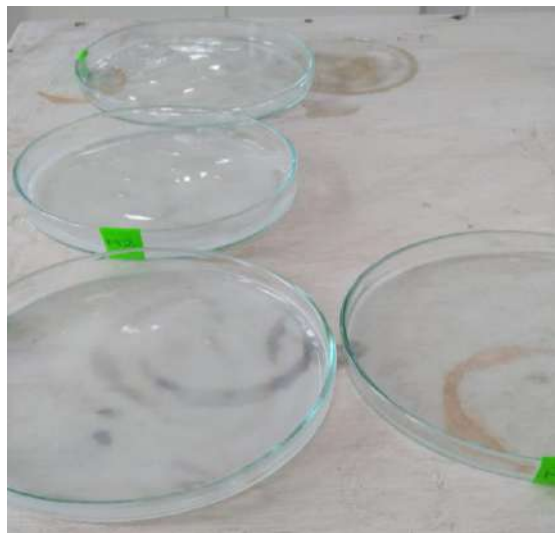


ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)





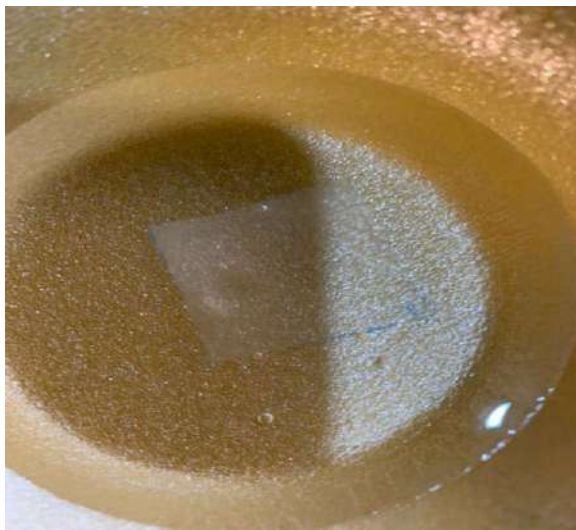
**ANEXO C: FORMULACIÓN DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE
ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)**



**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE
ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)**



ANEXO E: DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO A PARTIR A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (*Pisum sativum L*)





ANEXO F: APLICACIÓN DE LA LÁMINA DE BIOPLÁSTICO EN ALIMENTOS





ANEXO G: INFORME DE DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE AMILOSA POR EL INIAP

MC-LSAIA-2201-03

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-027

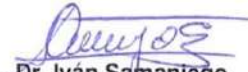
NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Evelyn Arévalo
DIRECCIÓN: Guaranda
FECHA DE EMISIÓN: 3 de febrero de 2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 25 enero al 2 de febrero de 2021

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Srta. Evelyn Arévalo
FECHA DE RECEPCIÓN.: 25/01/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 09H25
ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa


ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^{1,2}				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0247	12,64	38,02				Almidón de Arveja Piqui negra

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

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

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

ANEXO H: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	ARÉVALO CAIZA EVELYN NATALY
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (<i>Pisum sativum</i> L) QUE SUSTITUYA AL PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPELOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	267
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	13,7
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	4,566
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	62,86

Aprobado por




Julio Llerena
ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO I: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	ARÉVALO CAIZA EVELYN NATALY
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (<i>Pisum sativum</i> L) QUE SUSTITUYA AL PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,19
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	271
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,9
CARGA MÁXIMA (N)	13,7
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	4,724
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	208,57

Aprobado por



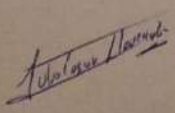
Julio Llerena
ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES


ANEXO J: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	ARÉVALO CAIZA EVELYN NATALY
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (<i>Pisum sativum L</i>) QUE SUSTITUYA AL PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,18
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	271
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,7
CARGA MÁXIMA (N)	14,7
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	5,444
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	194,29

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

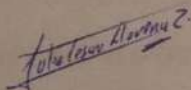



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO K: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA LA PROBETA 4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	ARÉVALO CAIZA EVELYN NATALY
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA PIQUINEGRA (<i>Pisum sativum</i> L) QUE SUSTITUYA AL PLÁSTICO CONVENCIONAL EN LA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,17
ANCHURA (mm)	15
LONGITUD INICIAL (mm)	268
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,6
CARGA MÁXIMA (N)	14,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	5,730
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	197,14

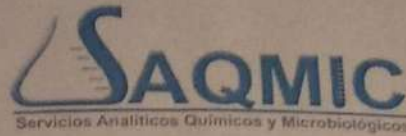
Aprobado por


ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO L: INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO



Contáctanos: 0998580374 - 032924322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Evelyn Nataly Arévalo Caiza
TIPO DE MUESTRA: Almidón de arveja piquinegra.
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021- 01-06
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-20

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

Almidón de arveja piquinegra			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	44
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	0
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	0

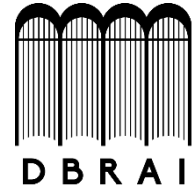
Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).



Dra. Gina Alvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

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



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

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

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Evelyn Nataly Arévalo Caiza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.11.09
10:37:28 -05'00'



2060-DBRA-UTP-2021