



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR
DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.)
PARA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.”**

Trabajo De Titulación:

Tipo: Proyecto De Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: JESSICA NATALIA ICHINA MUQUINCHE

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba - Ecuador

2021

© 2021 Jessica Natalia Ichina Muquinche

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

Yo, Jessica Natalia Ichina Muquinche, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 16 de septiembre del 2021

JESSICA
NATALIA ICHINA
MUQUINCHE



Firmado digitalmente por
JESSICA NATALIA ICHINA
MUQUINCHE
Fecha: 2021.10.12 20:36:57
-05'00'

Jessica Natalia Ichina Muquinche

180426117-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **“OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA ENVOLTURA DE ALIMENTOS.”** , realizado por la señorita: JESSICA NATALIA ICHINA MUQUINCHE, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Adrián Rodríguez P. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ADRIAN ALEJANDRO RODRIGUEZ PINOS	2021-09-16
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: MARCO RAUL CHUIZA	2021-09-16
Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína Ph.D. MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA DE CERTIFICACION DE FIRMANCIAS, OU=ENTIDAD CN=AUTORIDAD DE CERTIFICACION SUBCA-2 SECURITY DATA Razón: Soy el autor de este documento Fecha: miércoles, 13 de octubre de 2021 06:16:51 a. m.	2021-09-16

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico principalmente a Dios por darme la fuerza necesaria para obtener mi título, a mis padres Cesar y Clemencia por su sacrificio y trabajo que han hecho en estos años, por brindarme su amor y apoyo incondicional. A mi hermano querido por los ánimos que me daba para poder culminar mi carrera por su apoyo tanto emocional como económico. A mi eterna mamita, mi viejita, mi abuelita Rosita que estuvo en todo el transcurso de mi carrera, se adelantó al llamado de Dios, sé que está en cielo y hasta halla le dedico este trabajo porque siempre confió en mí y estará orgullosa porque lo logre.

Jessica

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme salud y la vida para poder seguir con este sueño anhelado.

Gracias a mi hermosa familia: mi abuelita Rosita, a mi mamá Clemencia, a mi papá Cesar, a mi hermano Patricio; por su amor, trabajo y apoyo, también por ser un pilar fundamental para mis estudios, y no dejarme decaer en los momentos de dificultades.

Agradezco a mis profesores por compartirme sus conocimientos, al Ingeniero Marco Chuiza y al Ingeniero Hannibal Brito por ayudarme con este proyecto de investigación.

Agradezco a mi amigo, mi hermano Jeffito que siempre me apoyo en todo, me enseñó lo que significa una verdadera amistad; a todos mis amigos que fueron como una familia en Riobamba que siempre estuvieron conmigo en las buenas y más en las malas Mauricio O, Yanira P, Valeria P, Paola H, Oswaldo A, Jessy T.

Jessica

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Identificación del Problema.....	3
1.2. Justificación de la Investigación	3
1.3. Objetivos de la investigación	4
1.3.1. <i>General</i>	4
1.3.2. <i>Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la Investigación	5
2.2. Marco Conceptual	7
2.2.1. <i>Fréjol negro (Phaseolus vulgaris L)</i>	7
2.2.1.1. <i>Taxonomía</i>	8
2.2.1.2. <i>Características Físico-Química</i>	8
2.2.2. <i>Generalidades</i>	9
2.2.2.1. <i>Almidón</i>	9
2.2.2.2. <i>Plastificante</i>	10
2.2.2.3. <i>Ácido Acético</i>	10
2.2.2.4. <i>Agua destilada</i>	11
2.2.3. <i>Viscosidad</i>	11
2.2.4. <i>Gelatinización</i>	11

2.2.5.	<i>Plástico biodegradable</i>	11
2.2.5.1.	<i>Clasificación de los bioplásticos en función de su origen</i>	12
2.3.	Planteamiento de las hipótesis	12
2.3.1.	<i>General</i>	12
2.3.2.	<i>Específicas</i>	12
2.4.	Identificación de Variables	13
2.5.	Operacionalización de Variables	13
2.6.	Matriz de consistencia	14
2.7.	Tipo y diseño de Investigación	17
2.7.1.	<i>Método experimental</i>	17
2.8.	Diseño de la investigación	17
2.9.	Unidad de Análisis	17
2.10.	Población de estudio	17
2.11.	Tamaño de muestra	18
2.12.	Selección de muestra	18
2.13.	Técnicas de Recolección de Datos	18
2.13.1.	<i>Extracción del almidón</i>	18
2.13.1.1.	<i>Técnica de extracción del almidón de fréjol negro (Phaseolus vulgaris L.)</i>	18
2.13.1.2.	<i>Técnica para realizar la caracterización físico-químico del almidón</i>	20
2.14.	Técnica de obtención de plástico biodegradable	26
2.14.1.	<i>Obtención de plástico biodegradable</i>	26
2.14.2.	<i>Técnica para la caracterización de bioplástico</i>	28

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
3.1.	Datos obtenidos de los ensayos físicos- químicos del fréjol negro	34
3.1.1.	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda</i>	35
3.1.2.	<i>Ensayos físicos químico para el almidón de fréjol negro</i>	38
3.1.2.1.	<i>Tamaño de gránulo</i>	38
3.1.2.2.	<i>Densidad aparente</i>	38
3.1.2.3.	<i>Contenido de humedad y materia seca</i>	38
3.1.2.4.	<i>Contenido de ceniza</i>	38
3.1.2.5.	<i>Solubilidad</i>	39
3.1.2.6.	<i>pH</i>	39
3.1.2.7.	<i>Resultados de temperatura de gelatinización</i>	39
3.1.2.8.	<i>Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de fréjol negro</i>	39

3.1.3. <i>Datos obtenidos de los ensayos físico-químicos y microbiológicos del almidón de fréjol negro</i>	40
3.2. Datos obtenidos de plástico biodegradable	41
3.2.1. <i>Pruebas preliminares para la elaboración de plástico biodegradable</i>	41
3.2.1.1. <i>Análisis sensorial</i>	43
3.2.2. <i>Cálculos de caracterización físico-químico y mecánicos del plástico biodegradable</i> ...	43
3.2.2.1. <i>Cálculo de Humedad</i>	43
3.2.2.2. <i>Cálculo de Solubilidad</i>	43
3.2.2.3. <i>Cálculo de permeabilidad de vapor</i>	44
3.2.2.4. <i>Cálculo de biodegradabilidad</i>	44
3.2.3. <i>Resultados de la caracterización físico-químico y mecánicos de plástico biodegradable</i>	45
3.2.3.1. <i>Ensayo del espesor</i>	45
3.2.3.2. <i>Contenido de Humedad</i>	46
3.2.3.3. <i>Solubilidad</i>	47
3.2.3.4. <i>Permeabilidad</i>	48
3.2.3.5. <i>Ensayo de tracción</i>	50
3.2.3.6. <i>Biodegradabilidad</i>	51
3.3. Discusión	55
3.3.1. <i>Análisis de resultados de la composición química del almidón</i>	55
3.3.2. <i>Análisis de resultados de la caracterización del plástico biodegradable</i>	55
3.3.2.1. <i>Análisis del Espesor</i>	55
3.3.2.2. <i>Análisis de Humedad</i>	56
3.3.2.3. <i>Análisis de Permeabilidad</i>	56
3.3.2.4. <i>Ensayo de tracción</i>	57
3.3.2.5. <i>Análisis de Solubilidad</i>	57
3.3.2.6. <i>Biodegradabilidad</i>	58
3.4. Prueba de Hipótesis	58
3.4.1. <i>Hipótesis 1</i>	58
3.4.2. <i>Hipótesis 2</i>	59
3.4.3. <i>Hipótesis 3</i>	60
3.4.4. <i>Hipótesis 4</i>	60
3.4.5. <i>Hipótesis 5</i>	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2.	Taxonomía del fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	8
Tabla 2-2.	Composición química de fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	8
Tabla 3-2.	Identificación de variables	13
Tabla 4-2.	Operacionalidad de Variables	13
Tabla 5-2.	Matriz de Consistencia	15
Tabla 6-2.	Técnica de extracción del almidón de fréjol negro	19
Tabla 7-2.	Técnicas de ensayos físico-químico para almidón	21
Tabla 8-2.	Concentraciones de variables y constantes para la elaboración de bioplástico... ..	27
Tabla 9-2.	Proceso para la obtención de los bioplástico	27
Tabla 10-2.	Ensayos para realizar la caracterización de bioplástico.....	29
Tabla 1-3.	Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima	34
Tabla 2-3.	Características organolépticas de fréjol negro	34
Tabla 3-3.	Características organolépticas de Almidón.....	34
Tabla 4-3.	Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda	36
Tabla 5-3.	Análisis de varianza ANOVA del rendimiento obtenido del fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).	36
Tabla 6-3.	Resultados del tamaño de gránulo	38
Tabla 7-3.	Resultados de densidad suelta y empacada	38
Tabla 8-3.	Resultados de humedad y materia seca	38
Tabla 9-3.	Resultados del contenido de ceniza	39
Tabla 10-3.	Resultados de solubilidad	39
Tabla 11-3.	Resultados de pH.....	39
Tabla 12-3.	Resultados de la temperatura de gelatinización.....	39
Tabla 13-3.	Resultados de la amilosa y amilopectina.....	40
Tabla 14-3.	Datos analizados del almidón de fréjol negro como materia prima	40
Tabla 15-3.	Ensayos preliminares para la elaboración del plástico biodegradable.....	41
Tabla 16-3.	Resultado del análisis factorial 2 de plástico biodegradables.....	42
Tabla 17-3.	Análisis de varianza ANOVA de la formulación del plástico biodegradable.....	43
Tabla 18-3.	Resultados de análisis sensorial de los plásticos biodegradables	43
Tabla 19-3.	Resultados del ensayo de determinación de espesor de bioplásticos	45
Tabla 20-3.	Resultados del ensayo de humedad de los plásticos biodegradables	46
Tabla 21-3.	Resultado del análisis de solubilidad de los plásticos biodegradables	47
Tabla 22-3.	Resultados de la permeabilidad obtenida de los plásticos biodegradables.....	49
Tabla 23-3.	Resultados de la permeabilidad al vapor de agua	49

Tabla 24-3.	Resultados de ensayos de tracción para cada tratamiento	50
Tabla 25-3.	Resultados de biodegradabilidad en medio aerobio	51
Tabla 26-3.	Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en medio aerobio	52
Tabla 27-3.	Resultados de biodegradabilidad en agua	52
Tabla 28-3.	Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en agua	53
Tabla 29-3.	Resultados de biodegradabilidad en anaeróbico	53
Tabla 30-3.	Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en medio anaeróbico.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)	7
Figura 2-2. Estructura molecular de la amilosa.....	9
Figura 3-2. Estructura molecular de la amilopectina	10
Figura 4-2. Diseño factorial 2^k para la obtención del almidón de fréjol negro	18
Figura 5-2. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de fréjol negro	20
Figura 6-2. Diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico de fréjol negro	27
Figura 7-2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de plástico biodegradable.....	28
Figura 8-2. Probeta tipo A.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3.	Análisis gráfico del espesor de los plásticos biodegradables	46
Gráfico 2-3.	Análisis gráfico de la humedad de los plásticos biodegradables	47
Gráfico 3-3.	Análisis gráfico de la solubilidad de los plásticos biodegradables	48
Gráfico 4-3.	Análisis gráfico de la permeabilidad obtenida de los plásticos biodegradables	50
Gráfico 5-3.	Análisis gráfico de módulo de elasticidad de los plásticos biodegradables	50
Gráfico 6-3.	Análisis gráfico de elongación de los plásticos biodegradables	51
Gráfico 7-3.	Análisis gráfico de biodegradabilidad en medio aerobio	52
Gráfico 8-3.	Análisis gráfico de biodegradabilidad en agua	53
Gráfico 9-3.	Análisis gráfico de biodegradabilidad en medio anaeróbico	54
Gráfico 10-3.	Espesor de bioplástico de fréjol negro	56
Gráfico 11-3.	Humedad de bioplástico de fréjol negro	56
Gráfico 12-3.	Solubilidad de bioplástico de fréjol negro	58
Gráfico 13-3.	Rendimiento de bioplástico de fréjol negro	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO E: ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO F: ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO G: ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLE

ANEXO H: ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLE

ANEXO I: PRUEBA DE AMILOSA

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO, FIBRA Y PROTEÍNA DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

ANEXO K: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 1

ANEXO L: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 2.

ANEXO M: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 3

ANEXO N: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 4.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CA= Concentración de almidón

CG= Concentración de glicerina

PVA= Permeabilidad a vapor de agua

RPM = Revoluciones por minutos

R= Repetición

RPM A: 30= Revoluciones por minuto alto, 30 segundos

RPM A: 45= Revoluciones por minuto alto, 45 segundos

RPM A: 60= Revoluciones por minuto alto, 60 segundos

RPM B: 30= Revoluciones por minuto baja, 30 segundos

RPM B: 45= Revoluciones por minuto baja, 45 segundos

RPM B: 60= Revoluciones por minuto baja, 60 segundos

T1= Tratamiento 1

T2= Tratamiento 2

T3= Tratamiento 3

T4= Tratamiento 4

TP1FN= Tratamiento plástico 1 frejol negro

TP2FN= Tratamiento plástico 2 frejol negro

TP3FN= Tratamiento plástico 3 frejol negro

TP4FN= Tratamiento plástico 3 frejol negro

RESUMEN

La investigación tiene como propósito obtener un plástico biodegradable para envoltura de alimentos a partir del almidón de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris* L.). El almidón se extrajo por vía húmeda utilizando un diseño factorial 2^k de 2 variables, revoluciones por minuto y tiempo, dando como resultado que el tratamiento T2 fue el mejor con un rendimiento de 26,07 y en el análisis de varianza ANOVA no existe diferencia significativa, a continuación se realizó la caracterización fisicoquímica de almidón siguiendo la norma INEN 1456, donde se obtuvieron resultados que se encuentran dentro de la norma establecida, las pruebas microbiológicas se realizaron en un laboratorio externo, mientras que el porcentaje de amilosa y amilopectina resulto (21,09- 78,91). Para la obtención de bioplástico, se realizaron pruebas para determinar la formulación adecuada con el diseño factorial 2^k de 4 tratamientos con 4 repeticiones, se manipulo 2 variables la concentración de glicerina y almidón. El mejor plástico biodegradable fue el TP2FN con una concentración de almidón (2g), glicerina (0,5ml) agua destilada (30ml), ácido acético (4ml) está formulación nos condujo a los siguientes resultados del análisis fisicoquímicos y mecánicos: el espesor de (0.06 mm), humedad (19.6%), solubilidad en agua (32,81) y permeabilidad al vapor de agua (2,94427E-06). En lo que respecta a los ensayos de tracción de la lámina de bioplástico, basadas en la norma (INEN 2635, 2012) se obtuvo un módulo de elasticidad de 2,38E+01 MPa , esfuerzo máximo 5,02 MPa; además la biodegradabilidad del plástico en 28 días en medio ambiente se degrado (43,55%) en agua (84,13%), para los plásticos en tierra en un periodo de 12 días (91,3%) lo que nos indica que el material obtenido puede ser utilizado como envoltura de alimentos ya que cumple con los parámetros establecidos en la norma correspondiente.

Palabras clave: <ALMIDON>, <FRÉJOL NEGRO>, <CARACTERIZACIÓN>, <BIOPLÁSTICO>, <TRATAMIENTOS>, <AMILOSA>, <FORMULACIONES>, <GLICERINA>, <BIODEGRADABILIDAD>.



Firmado electrónicamente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS**



29-06-2021

1253-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The aim of this research work is to obtain a biodegradable plastic from black beans starch (*Phaseolus vulgaris*) in order to be used in food packaging. The starch was extracted by means of the wet method using a 2k factorial design of 2 variables, revolutions per minute and time, giving as a result that T2 treatment was the best with a yield of 26.07 and in the analysis of variance ANOVA, there is no significant difference, then, the physicochemical characterization of starch was carried out following the INEN 1456 standard, where results obtained were within the established standard, the microbiological tests were carried out in an external laboratory, while the percentage of amylose and amylopectin resulted (21.09-78.91). To obtain bioplastic, tests were carried out to determine the adequate formulation with the 2k factorial design of 4 treatments with 4 repetitions, the concentration of glycerin and starch was manipulated with 2 variables. The best biodegradable plastic was TP2FN with a concentration of starch (2g), glycerin (0.5ml) distilled water (30ml), acetic acid (4ml). This formulation led us to the following results of the physicochemical and mechanical analysis: the thickness of (0.06 mm), moisture (19.6%), solubility in water (32.81) and permeability to water vapor ($2.94427E-06$). Regarding the tensile tests of the bioplastic sheet, based on the standard (INEN 2635, 2012) a modulus of elasticity of $2.38E + 01$ MPa was obtained, maximum stress 5.02 MPa; In addition, the biodegradability of plastic in 28 days in the environment (43.55%), in water (84.13%), for plastics on land in a period of 12 days (91.3%), which indicates that the material obtained can be used as a food wrap as it meets with the parameters established in the corresponding standard.

Keywords: <STARCH>, <BLACK BEAN>, <CHARACTERIZATION>, <BIOPLASTIC>, <TREATMENTS>, <AMYLOSE>, <FORMULATIONS>, <GLYCERIN>, <BIODEGRADABILITY>.

EDISON
HERNAN
SALAZAR
CALDER
ON

Firmado digitalmente
por EDISON
HERNAN
SALAZAR
CALDERON
Fecha:
2021.12.03
08:43:29 -05'00'

INTRODUCCIÓN

La utilización exhaustiva de plásticos en el medio ambiente, ha creado residuos difíciles de manejar, comenzando en que no es degradable, esto significa que una vez que se desecha, no se descompone de forma fácil, y por su estructura química de la que están fabricados. En la actualidad, el plástico es responsable en parte importante de los residuos contaminantes que se acumulan en el planeta. Para comprender cuál es el efecto ambiental de los plásticos, se debe saber el daño que realizan a las especies de todo el planeta, en especial a las marinas. (Alcaldía mayor de Bogotá, 2017)

Se calcula que anualmente se vierten en los océanos de todo el mundo hasta 13 millones de toneladas de plástico, de las cuales la mitad corresponde a plásticos desechables como bolsas y sorbetes, que tienen la posibilidad de quedar en el medio ambiente hasta por 500 años. (Ministerios de agua y ambiente, 2018)

La mayor parte de los polímeros sintéticos se generan desde compuestos petroquímicos y sus desechos están en el medio ambiente produciendo un elevado nivel de contaminación en la vida silvestre. El reciclaje de los plásticos convencionales es una manera de minimizar el problema sin embargo varios empaques plásticos no tienen la posibilidad de reciclarse ya que permanecen contaminados con alimentos y tintas, de esta forma que es primordial limpiarlos antes lo que resulta costoso. (Ruiz Avilés, 2012)

A partir de las islas Galápagos, el Régimen de Ecuador y Organización de las Naciones Unidas Medio Ambiente hicieron un denominado a los dirigentes principales a forzar los trabajos contra la contaminación por plásticos, un problema que amenaza la salud de los mares inclusive en los sitios más remotos del mundo, como el emblemático Archipiélago Ecuatoriano. (Ministerio de agua y ambiente, 2018)

Los plásticos biodegradables es una opción para disminuir la contaminación ambiental, estos biopolímeros son fabricados con materias primas renovables, como trigo, maíz, fréjol, maicena, etc. Dada su forma de producción, dichos plásticos sí se degradan por medio de microorganismos, a modo de abono orgánico benéfico para el suelo con un tiempo de degradación menor al de los plásticos convencionales. (Manjon, 2019)

El almidón es un polímero natural (carbohidrato) compuesto por la amilosa y la amilopectina es de especial importancia por ser un recurso renovable que sustituye el petróleo, para la obtención de bioplástico es indispensable la glicerina que actúa como plastificante; siendo una molécula que

disminuye la cristalinidad del almidón, permite la movilidad de las cadenas poliméricas del biopolímero perfeccionando la flexibilidad del bioplástico.

Las moléculas de amilosa conforman enlaces de hidrógeno del hidroxilo de polímeros adyacentes; como consecuencia, la afinidad del polímero por el agua se disminuye, lo cual beneficia la formación de pastas opacas y biopelículas resistentes. Los bioplásticos de compuestos de almidón resultan muy frágiles, lo cual crea la necesidad de aumentar plastificantes compatibles con los polisacáridos, dichos compuestos ayudan a mejorar la flexibilidad de las biopelículas. (Chariguamán C., Ruano y Cardona, 2015)

Los plastificantes principalmente son líquidos, inodoros, incoloros y de baja volatilidad que al adicionar a otro material cambia sus características físicas, mecánicas y suavizan el polímero por abajo de su transición vítrea para minimizar su cristalinidad o punto de fusión. Los plastificantes como por ejemplo el glicerol y el sorbitol disminuyen los enlaces de hidrógeno internos y paralelamente incrementan los espacios intermoleculares evitando las grietas en los bioplásticos a lo largo de la manipulación y almacenamiento. (Chariguamán C., Ruano y Cardona, 2015).

Los plásticos biodegradables se obtienen desde materias primas renovables a Plásticos fabricados con aditivos biodegradables estos no son hechos 100% con materias primas renovables, sino que dichos plásticos se conforman de petroquímicos que mejoran su biodegradación.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Identificación del Problema

Es indudable el daño generado por los desechos de plástico hacia el medio ambiente. A medida que avanza el planeta incrementa su consumo de plástico, al ser un material con virtudes económicas hace que alrededor de 300 millones de toneladas de plástico sean producidas anualmente, de las cuales en su gran mayoría desembocan en ríos y mares tanto así que se puedan encontrar islas de plástico del tamaño de continentes. (Rojas, 2018).

Tan solo una funda de plástico puede tardar 100 años en degradarse, lo que hace que la acumulación de plástico desechado en nuestro mundo sea un problema cada vez más grande.(Avellán y Mendoza, 2020) .

El 80% de hogares en Ecuador utiliza bolsas plásticas y a diario cada persona usa al menos dos elementos plásticos desechables. Esto significó en 2020 la generación de 528.000 toneladas de residuos plásticos, equivalentes al 11% del total de desechos sólidos producidos este año. (Hidalgo, 2019).

Entre los plásticos más producidos están el polietileno, polipropileno y poliestireno, son utilizados en la industria, para envolturas, los envases representan entre un 25 y un 30% de los desechos domésticos que se incorporan diariamente en las actividades cotidianas. Aproximadamente 52% de los materiales plásticos se destinan a la fabricación de envases y embalajes. (Negocios,2011)

1.2. Justificación de la Investigación

Un plástico biodegradable puede ser fácilmente utilizado, logrando reemplazar a los productos derivados del petróleo, y disminuyendo la contaminación, debido a su solubilidad y degradabilidad. Los plásticos de origen natural tienen la ventaja de degradarse con facilidad, ya que provienen de fuentes renovables como lo son, lípidos, proteínas y polisacáridos, siendo estos conocidos por su abundancia en la naturaleza y facilidad en el proceso de plastificación para la fabricación de diferentes biopolímeros. (Pizá et al., 2017).

Para la realización de esta investigación se va a utilizar el fréjol negro como materia prima, porque a más de ser un producto alimenticio rico en proteínas, también tiene una cantidad considerable de almidón apropiada para poder realizar plástico biodegradable y utilizarlas en envolturas de alimentos. El proyecto se desarrollará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con el grupo de Investigación GIADE como un aporte a su proyecto “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador” con fecha de inicio 2020/01/07 de la convocatoria 2019.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

- Elaborar plásticos biodegradables a partir del almidón de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) para el uso en envolturas de alimentos

1.3.2. Específicos

- Extraer almidón a partir de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*).
- Caracterizar el almidón del fréjol negro.
- Elaborar plástico biodegradable utilizando diferentes concentraciones de plastificantes y solventes.
- Caracterizar el plástico biodegradable obtenido mediante pruebas físico-químicos y mecánicas.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

Investigaciones internacionales que influyeron en la presente investigación:

Panamá, en su investigación “Bioplástico a base de la cáscara del plátano” tiene como objetivo fundamental obtener un bioplástico a base de almidón extraído de la cáscara de plátano. La propuesta se basa en la extracción del almidón que contiene las cáscaras de plátano, las cuales son consideradas residuos agrícolas, para utilizarlo como materia prima, posterior la producción de bioplásticos. La sustracción del almidón, empezó rayando el endocarpio, apartando el exocarpio; una vez obtenido el rayado se procedió a sumergir en una solución antipardeante (concentrado de jugo de cítricos). Más adelante, se procedió a la obtención del bioplásticos, debido a que gran parte importante de las averiguaciones llevadas a cabo sobre dichos biomateriales, en los últimos años, se han concentrado en minimizar precios de producción e incrementar la productividad usando distintas tácticas. Concluye que obtuvieron como producto final bioplásticos con características y propiedades favorables. (Castillo 2015).

El Salvador, en su investigación “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz” se plantea un procedimiento de obtención de un biopolímero a partir de almidón de maíz, que es un recurso natural renovable. Una serie de ventajas se comprobó cuando se comparan con los plásticos convencionales en la parte experimental. Al material obtenido se le realizaron pruebas mecánicas y fisicoquímicas, para comprobar su solidez y porcentaje de biodegradabilidad, con la finalidad de demostrar que es un biopolímero y dar recomendaciones de los posibles usos industriales que pueda tener. Esta investigación se limitó hasta la elaboración de una lámina de bioplástico, García recomienda seguir con el proceso hasta la obtención de una bandeja ideal además de implicar una investigación de tipo económica para conocer la factibilidad de este tipo de material. (Garcia 2015).

Nicaragua, su estudio “Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia Esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua” consistió en obtener un biopolímero plástico, con propiedades semejantes a las de los plásticos convencionales. Escogió la malanga como fuente del almidón, debido a que el almidón, pertenece a los biopolímeros naturales más baratos y abundantes gracias a su simple

obtención desde diversas fuentes vegetales. La malanga la obtuvo de una finca ubicada en la comunidad de Santa Fe, donde se cosecha en abundancia. El proceso de obtención del almidón fue sencillo, y la calidad del mismo es muy buena. Como reactivos utilizó ácido acético 0.1 M, Hidróxido de Sodio 0.1 M, glicerina y agua. Al biopolímero que obtuvo realizó análisis de dureza, humedad, densidad, flexibilidad y biodegradabilidad. (Rosales 2016).

Otra investigación, Perú, con el título “Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia, 2017”(Sánchez, 2017). Tiene como propósito relacionar la calidad de bioplásticos logrados del almidón de los desperdicios de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de Independencia comenzó el progreso con la obtención del almidón de los desechos tanto de la papa como del camote que se mezcló con la glicerina, ácido acético y agua destilada. Se hizo su pertinente prueba mecánica. En el que concluyó que la fuerza de elongación de los bioplásticos logrados del almidón de los desechos de camote es de $18,67 \pm 6,17$ (%), siendo este el que tiene la fuerza de elongación de los bioplásticos conseguidos, del almidón de los desechos de papa fue de $10,85 \pm 2,50$ (%). Además, concluyó que la fuerza de tracción de los bioplásticos logrados de los desechos de camote es de $1,88 \pm 0,92$ newton, siendo este el idóneo que los bioplásticos conseguidos de los desechos de papa cuyo resultado es de $0,93 \pm 0,14$ newton. Al final, concluyó que la fuerza de tracción es de $0,148 \pm 0,92$ (Mpa), y la fuerza de elasticidad es de $18,67 \pm 6,17$ de los bioplásticos conseguidos de los residuos de camote, siendo dichos valores no más grandes que el polietileno de baja densidad con una fuerza de tracción de $6,98 \pm 0,095$ (Mpa) y la fuerza de elongación es de $51,25 \pm 0,95$ %.(Sánchez 2017).

España, “Bioplástico de mango” el estudio se centra en la fabricación del bioplástico de mango, capaz de simular la gran parte de propiedades mecánicas que los plásticos actuales, el material que utilizaron fue harina de maíz, agua, vinagre, glicerina y piel de mango, el estudio aplicó ensayos frente a la humedad, calor, fuego, resistencia a ser penetrado y tracción. Obtuvieron como resultados que soporta poco más de 5 kg, previamente con deformación plástica el biomaterial se debilita y a temperaturas mayores a los 50°C , por el aporte de calor que acelera la descomposición. En la presencia de fuego, no se funde, se quema. Concluye lograr un biomaterial ecológico y de producción rápida, capaz de sustituir a plásticos convencionales como el PET. (Herráez et al 2019).

En su investigación “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador” Luego de revisar los residuos registrados en el espacio geográfico de su interés, trató de recomendar el uso de métodos de análisis multiestándar entre los métodos existentes para seleccionar los residuos agrícolas más adecuados para la producción de bioplásticos en Ecuador. Al proponer la posibilidad de utilizar métodos científicamente rigurosos

desde un punto de vista científico y económico, se utilizará como plástico de referencia a la hora de seleccionar materiales desarrollados experimentalmente para la producción de materiales biodegradables a nivel industrial.(Riera & Palma, 2018).

Todas estas investigaciones nos brindan una guía para la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón del frejol negro, nos permite enfocarnos en la metodología y parámetros adecuados con el fin de obtener los resultados deseados.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L*)



Figura 1-2. Fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L*)

Fuente: (Nacionales, 2014)

Es nombrado como una de las principales fuentes de nutrientes en todo el mundo, ocupando un lugar especial en la dieta humana, por su alto contenido de proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Contiene 2,5 veces más proteínas que los cereales. (Pérez 2020).

En Ecuador, se cultivan varios tipos de frijoles negros, los más populares son la calima y el caratao. El producto es muy popular en países como Cuba, México, Brasil, Colombia y Venezuela.(Comercio, 2011) Crece a una temperatura tropical y templada. Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Territorio del Ecuador, el área de plantación de leguminosas es de 35.000 hectáreas, mientras que la sierra norte de la Sierra es de 8.000 hectáreas, que es la zona de mayor producción de cereales del país.(Torres et al. 2013).

2.2.1.1. *Taxonomía*

Tabla 1-2. Taxonomía del fréjol negro (*Phaseolus vulgaris*)

Súper reino:	<i>Eucariota</i>
Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliófitas</i>
Clase:	<i>Dicotiledóneas</i>
Subclase:	<i>Rósidas</i>
Orden:	<i>Fabales</i>
Familia:	<i>Leguminoceae</i>
Género:	<i>Phaseolus</i>
Especie:	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

Fuente: (Gutiérrez & Quiñonez 2011)

Realizado por: Ichina, Jessica. 2020.

2.2.1.2. *Características Físico-Química*

Tabla 2-2. Composición química de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris*)

PRODUCTO			
Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Humedad	%	13,28
2	Ceniza	%	4,54
3	Proteína	%	18,2
4	Fibra	g	3,6
5	Grasa	g	1,30
6	Calcio	%	133
7	Hierro	mg	9,30
8	Energía	mg	332
9	Glúcidos	Kca	63,4
10	Vitamina C	mg	2,3

Fuente: (Guzman, 2012)

Realizado por: Ichina, Jessica. 2020.

2.2.2. Generalidades

Los constituyentes mayoritarios del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) son los hidratos de carbono, los cuales forman el componente principal de los granos de leguminosas (55 al 65%) y dentro de estos el de mayor presencia es el almidón. El almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones, principalmente la impartición de textura y consistencia en alimentos. El frijol es una leguminosa considerada como fuente potencial de almidón. El almidón se utiliza en los alimentos debido a las propiedades que posee, sin embargo, la aplicación de almidones nativos está limitada, es por ello, que el almidón requiere ser modificado para desarrollar características funcionales deseables. (Rojas et al., 2017).

Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles. (Rojas et al., 2017)

2.2.2.1. Almidón

El almidón es el principal polisacárido de reserva en plantas y constituye una fuente de energía primordial para varios organismos, especialmente el hombre. Se encuentran en los granos de cereales, tubérculos, leguminosas y frutas inmaduras o verdes. Está formado por la unión de moléculas de α -D-glucosa con estructura lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina). (Miranda, Marrugo y Castillo, 2013)

✓ Amilosa

La amilosa es una molécula lineal que está constituida de glucosa unidas por enlaces α (1-4), también pueden estar presentes algunos enlaces α (1-6), para formar largas moléculas que no tienen ramificaciones. Este polisacárido no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su facultad para enlazar moléculas por puentes de hidrógeno y formar una estructura helicoidal. (Hernández & Torruco 2008).

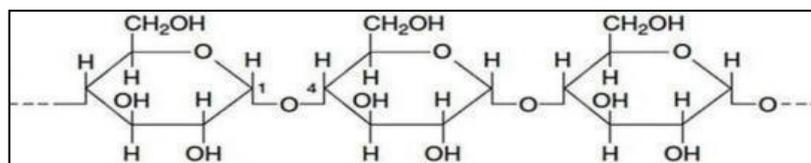


Figura 2-2. Estructura molecular de la amilosa

Fuente: (Parra, 2019)

✓ Amilopectina

La amilopectina es una molécula ramificada que constituye por lo general el 80% de los almidones, conformada por anillos de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). Estas ramificaciones laterales se localizan a cada 15-25 unidades de glucosa. Las ramificaciones hacen que sea menos soluble en agua a comparación de la amilosa y que tengan un peso molecular elevado de hasta 200 millones de daltones (Hernández y Torruco, 2008).

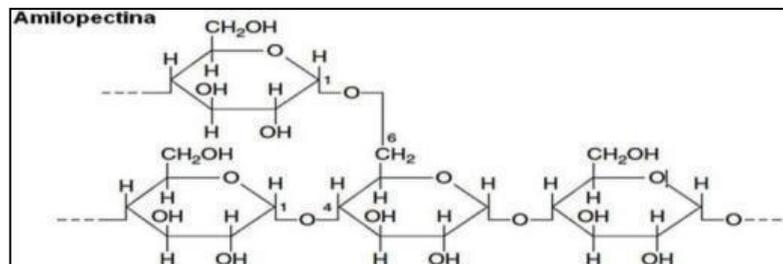


Figura 3-2. Estructura molecular de la amilopectina

Fuente: (Parra 2019)

2.2.2.2. *Plastificante*

El plastificante es una sustancia comúnmente líquida y de viscosidad superior a la del agua que se adiciona a la mezcla con el propósito de mejorar la flexibilidad del material por medio de la reducción de las fuerzas intermoleculares. Son eficaces por la capacidad que poseen para minimizar los enlaces de hidrogeno internos e incrementa espacios intermoleculares los más frecuentes son sorbitol, glicerol o el polietileno siendo el más eficaz el glicerol, permite la movilidad de cadenas del almidón poliméricas como acción lubricante. Los plastificantes como el glicerol son agentes suavizantes para los almidones, perfeccionando la flexibilidad de las biopelículas resultantes. Cuanto más se incluye un plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación se aumentan.(Enríquez et al. 2012)

2.2.2.3. *Ácido Acético*

El ácido acético es un ácido carboxílico que fue conocido a lo largo de varios años por la raza humana. Se halló como vinagre ya que el vino se echó a perder. En la actualidad el ácido acético no solo se utiliza en la preparación de ensaladas. Además, es un conservante habitualmente usado para prevenir el incremento bacteriano, fúngico, y conservante natural, usado en tecnología de conservación. Su fórmula molecular es ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$). (Parra 2019)

2.2.2.4. Agua destilada

Es agua desionizada utilizada en procesos industriales, está compuesta por 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno, cuya molécula se representa por la fórmula H₂O, por medio del proceso de destilación se le han eliminado iones e impurezas. Esta clase de agua es utilizada como un plastificador para conseguir la desintegración estructural del almidón a lo largo de la preparación de la mezcla para obtener un almidón termoplástico. (Guaman 2019)

2.2.3. Viscosidad

Es la propiedad que poseen los fluidos de dar resistencia al desplazamiento relativo de sus moléculas. También se frecuenta conceptualizar la viscosidad como una propiedad de los fluidos que causa fricción, esto da origen a la pérdida de energía en el fluido. La trascendencia de la fricción en las situaciones físicas es dependiente del tipo de fluido y de la configuración física o patrón. La viscosidad suele ser constante y solo depende de la temperatura y de la presión. (Mardones 2014)

2.2.4. Gelatinización

Es el proceso donde los gránulos de almidón son insolubles en agua fría debido a su composición que son enormemente estructurados, se calientan (60-70°C) y comienza un proceso lento de absorción de agua en las regiones intermicelares amorfas, que son menos organizadas y las más disponibles. Según aumenta la temperatura se retiene más agua y el granulo comienza a hincharse e incrementa su volumen. (Sataloff et al. 2016)

2.2.5. Plástico biodegradable

Se define como plásticos biodegradables a esos que se hallan químicamente estructurados para poder desintegrar por medio de la acción de microbios del suelo como por ejemplo bacterias y hongos. Otro autor concuerda con esta idea y menciona que “un plástico que sufre degradación debido a un proceso biológico produciendo CO₂ agua, compuestos inorgánicos y biomasa, a una velocidad consistente con otros materiales compostables conocidos, sin dejar evidencias visibles, distinguibles o desechos tóxicos”; citado (Alvarez & Carpio 2019).

Un material plástico se define como bioplástico si es de base biológica, biodegradable o muestra las dos características. Y se forman por una gigantesca familia de materiales con diferentes características y aplicaciones. (European Bioplastics, 2020)

2.2.5.1. *Clasificación de los bioplásticos en función de su origen*

Según su procedencia, los bioplásticos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

- ✓ Bioplásticos que proceden de recursos renovables. Extraídos de manera directa desde biomasa, tales como el almidón y la celulosa, como aquéllos cuyos monómeros tiene la posibilidad de producirse mediante fermentación de recursos renovables, aun cuando el proceso de polimerización posterior sea por vía química usual.
- ✓ Polímeros biodegradables basados en monómeros que proceden de la industria petroquímica, como el poli (alcohol vinílico) y el poliéster-amida.
- ✓ Bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica. Hay dos puntos de vista a partir de los que la biotecnología puede intervenir en la producción de bioplásticos. Otro criterio se apoya en la síntesis integral de los bioplásticos por medio de métodos biotecnológicos, básicamente por fermentación microbiana, aunque se están contemplando a más largo plazo otras tecnologías fundamentadas en la implementación de plantas genéticamente modificadas como auténticas factorías de bioplásticos. (Ochoa & Diaz 2007)

2.3. **Planteamiento de las hipótesis**

2.3.1. *General*

- Con el uso del almidón de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), será posible generar un plástico biodegradable con características adecuadas para el uso de envolturas de alimentos.

2.3.2. *Específicas*

- El método utilizado para la extracción de almidón por vía húmeda será el óptimo
- El almidón extraído del fréjol negro será indicado para formar el bioplástico
- La formulación requerirá de plastificantes y solventes para que el plástico biodegradable sea adecuado para el uso de envoltura de alimentos
- El plástico elaborado se degradará con facilidad

2.4. Identificación de Variables

Tabla 3-2. Identificación de variables

Etapas del proceso	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Extracción del almidón de fréjol negro	Revolución por minuto Tiempo Temperatura	Cantidad de almidón
Mezcla para la elaboración del bioplástico.	Concentración de almidón-plastificantes Temperatura	Plástico biodegradable

Realizado por: Ichina, Jessica. 2020

2.5. Operacionalización de Variables

Tabla 4-2. Operacionalidad de Variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADORES	RANGO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTES				
Rpm	Medida de frecuencia, para indicar la velocidad del equipo en uso	Rpm	6800-20000	Características del molino
Tiempo	Tiempo de Secado de almidón.	Horas (h)	24	Cronómetro
	Tiempo de secado del bioplástico	Horas (h)	24	Cronómetro
Temperatura	Temperatura de secado de almidón	°C	45	Secador de bandejas Termómetro
	Temperatura de agitación de aditivos en la mezcla para elaborar bioplástico.	°C	65	Secador de bandejas Termómetro
	Temperatura de secado del bioplástico	°C	28	Secador de bandejas Termómetro
Concentración de almidón-plastificantes	Cantidad de almidón para plástico biodegradable	G		Balanza analítica
	Cantidad de plastificante (Glicerina) para plástico biodegradable	g		Vaso de precipitación
	Degradabilidad	%		Balanza
DEPENDIENTES				

Cantidad de materia prima	Contenido de almidón total	%		$\frac{6}{+ 100}$
	Cantidad de fréjol negro	Kg		Balanza analítica
	Cantidad de Amilopectina y Amilosa	Kg		Balanza analítica
Plástico biodegradable	Fabricados con materia prima orgánica capaz de desintegrarse en el medio ambiente y organismo biológicos	g		Balanza analítica

Realizado por: Ichina, Jessica. 2020

2.6. Matriz de consistencia

Tabla 5-2. Matriz de Consistencia

TEMA: “OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (<i>PHASEOLUS VULGARIS L.</i>) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”.				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Cómo elaborar plásticos biodegradables a partir de almidón de fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) que tengan las cualidades que se necesitan para ser utilizados en envolturas de alimentos?		Elaborar plásticos biodegradables a partir del almidón de fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) para el uso en envolturas de alimentos	Con el uso del almidón de fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), será posible generar un plástico biodegradable con características adecuadas para el uso de envolturas de alimentos	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
¿Cuál será la metodología de trabajo para la elaboración del bioplástico?	Extraer almidón a partir de fréjol negro (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).	El método utilizado para la extracción de almidón por vía húmeda será el óptimo	Temperatura Tiempo Revoluciones por minuto	Extracción de almidón por vía húmeda Molienda o trituración
¿Qué pruebas se realizarán para caracterizar la materia prima?	Caracterizar el almidón del fréjol negro.	El almidón extraído del fréjol negro será indicado para formar el bioplástico	Solubilidad Densidad Ph Sensibilidad Ceniza Humedad Porcentaje de amilosa Porcentaje de amilopectina	Análisis proximal (Inen 1456, 2012) “Reactivos para análisis. almidón soluble (para iodometría). metodos de ensayo”
¿Cuáles son las cantidades de almidón, plastificantes y solventes para elaborar plástico biodegradable para el uso de envoltura de alimentos?	Elaborar plástico biodegradable utilizando diferentes concentraciones de plastificantes y solventes.	La formulación requerirá de plastificantes y solventes para que el plástico biodegradable sea adecuado para el uso de envoltura de alimentos	% almidón % plastificante	Formulaciones

¿Bajo qué parámetros se puede comprobar la funcionalidad del plástico biodegradable elaborado?	Caracterizar el plástico biodegradable elaborado mediante pruebas físico-químicas y mecánicas.	El plástico elaborado se degradará con facilidad.	Plástico biodegradable	(INEN 2635, 2012) (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción)
--	--	---	------------------------	---

Realizado por: Ichina, Jessica, 2020.

2.7. Tipo y diseño de Investigación

2.7.1. Método experimental

Este método nos permite manipular una o más variables que afectan al proceso controlándolas y observar las conductas generadas, es decir, cambiar el valor de una variable (variable independiente) y observar cómo esto influye en otra variable (variable dependiente). Esta parte experimental se llevará bajo control con ayuda de ensayos de laboratorio, instrumentos y tecnología con el fin de describir la causa por la cual se produce una situación en la obtención de plástico biodegradable a partir de almidón. Los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis.

2.8. Diseño de la investigación

La investigación es de tipo experimental, tiene como objetivo obtener plástico biodegradable, para esto se realizara un matriz de experimentos factoriales 2 para observar el cambio de las propiedades mecánicas del plástico biodegradable en relación al almidón ya que cada factor (almidón y plástico) posee dos niveles, en el caso del almidón: cantidad de frejol negro y la extracción del almidón; y para el plástico biodegradable: concentración del almidón y cantidad de plastificante tendremos que realizar 4 tratamientos.

2.9. Unidad de Análisis

El fréjol negro será el elemento que servirá como base de estudio, ya que de él se extraerá el almidón, parte fundamental de la investigación.

2.10. Población de estudio

La población de estudio para esta investigación corresponde al cantón Riobamba perteneciente a la provincia de Chimborazo. El proyecto se desarrollará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con el grupo de Investigación GIADÉ como un aporte a su proyecto “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”

2.11. Tamaño de muestra

Se tomará 7 kg de fréjol negro, de las cuales se tendrá que extraer una gran cantidad de almidón, necesario para los ensayos experimentales.

2.12. Selección de muestra

La selección de muestra de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) se llevará a cabo en la región Sierra considerando la producción agrícola en el mercado mayorista de la ciudad de Riobamba. La materia prima estará libre de contaminantes, material extraño, para que no exista interferencia en la extracción del almidón y posterior obtención de plástico biodegradable.

2.13. Técnicas de Recolección de Datos

2.13.1. Extracción del almidón

La extracción del almidón se realizará por vía húmeda, utilizando el factorial 2 con 4 tratamientos tomando en cuenta las diferentes revoluciones por minuto (RPM), reduciendo así el tamaño del fréjol negro y retirando en medio líquido los componentes de la pulpa con mayor tamaño, como la fibra y proteína, después se facilita la eliminación de agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes al almidón y finalmente someter al almidón purificado a secado.

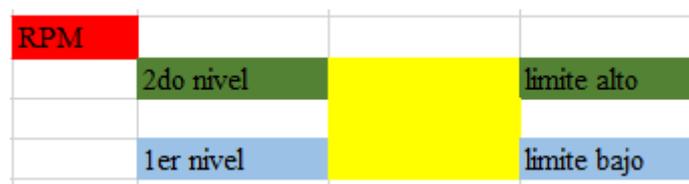


Figura 4-2. Diseño factorial 2^k para la obtención del almidón de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021.

2.13.1.1. Técnica de extracción del almidón de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*).

Tabla 6-2. Técnica de extracción del almidón de fréjol negro

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de Ensayo
<i>Vía Húmeda</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vasos de precipitación 1000 ml Probetas de 250 ml y 50 ml Espátula Licadora industrial Recipiente de vidrio y plástico Guantes aislantes Cronómetro Tela filtrante Tamices Bandejas de aluminio Fundas abre fácil Balanza Analítica Molino Mortero y pistilo 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada Frejol negro 	<ul style="list-style-type: none"> El fréjol negro se triturará en un molino Después se remoja por 12 horas Retirar las cascaras que se eleva en el agua Licuar con agua destilada, por cada 0.3 kg de materia prima 500 ml de agua Filtrar para poder dividir los residuos de la materia prima y de esta forma obtener una suspensión. El filtrado se dejará sedimentar durante 4 horas Luego se separará el líquido sobrenadante junto a una capa oscura con un alto contenido de proteína. Se procede a lavar el almidón 3 veces El almidón obtenido se secará artificialmente en bandejas de aluminio en un secador por 8 horas a 45°C Pesar el almidón obtenido 	(Miranda, Marrugo y Castillo, 2013)

Realizado por: Ichina, Jessica, 2021

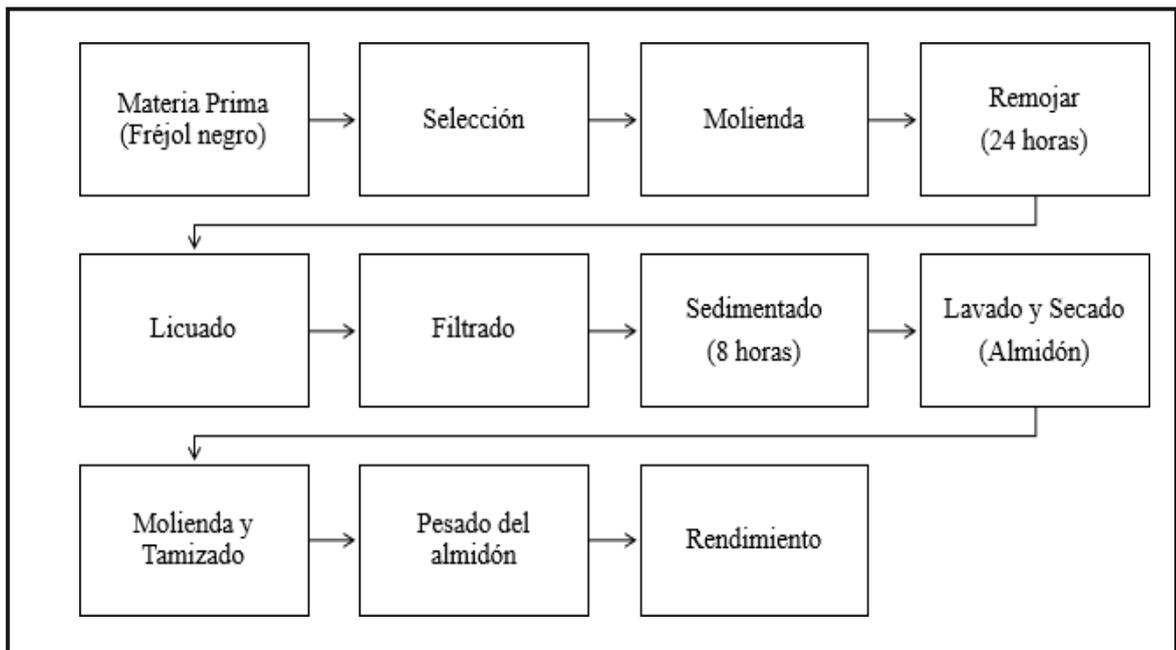


Figura 5-2. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021.

2.13.1.2. *Técnica para realizar la caracterización físico-químico del almidón*

Tabla 7-2. Técnicas de ensayos físico-químico para almidón

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Formula	Métodos de Ensayo
1	<i>Densidad aparente</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza analítica con una precisión de 0,01 g ▪ Probeta graduada de 50 mL ▪ Embudo ▪ Espátula ▪ Equipo de vibración 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Almidón de fréjol negro 	<p><i>Densidad aparente del almidón suelto</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesar la probeta graduada vacía. ▪ Adicionar cuidadosamente con una espátula la muestra de almidón a la probeta de 50 mL por medio de un embudo hasta que el volumen total sea libremente completado. 	$\text{Ecuación 1-2: } \text{densidad aparente} = \frac{m}{v}$ <p>m= masa v= volumen</p>	(Aristizábal y Sánchez, 2007) (Smith, 1967)
				<p><i>Densidad aparente del almidón empacado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sostener la probeta con la muestra de almidón en un vibrador y adicionar almidón hasta que el volumen ocupado sea el valor mínimo ▪ Realizar la vibración durante cinco minutos a una frecuencia y amplitud de manera tal que la probeta vibre rítmicamente ▪ Medir el volumen de muestra empacada 	$\text{Ecuación 2-2: } \text{densidad del almidón empacado} = \frac{m}{v}$ <p>DONDE: m= masa v= volumen compacto</p>	
2	<i>pH</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pH-metro normalizado a 30°C ▪ vaso de precipitación ▪ termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solución del ensayo de solubilidad 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mezclar 5g de almidón en base seca con 25mL de agua destilada ▪ Normalizar el agitador Shaker a 30°C por 30min ▪ Sumergir los electrodos en solución tampón pH 7, 0 y ajustar el control a 25°C. 	Medición directa	(INEN 1456, 2012)

				<ul style="list-style-type: none"> Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25°C. Accionar el control de lectura y leer el pH 		
3	<i>Solubilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vaso de precipitación Reverbero Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> Hacer una suspensión en un vaso de precipitación de 25 mL compuesta por 1.25 g de almidón y 30 mL de agua fría y agitar. Transferir la suspensión sobre 100ml de agua hirviendo contenidos en un vaso de 200mL y continuar la ebullición por 2 minutos. 	$= \frac{() * 10}{\frac{0}{0}}$ <p>Ecuación 3-2: solubilidad DONDE: V: volumen</p>	(INEN 1456, 2012)
4	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vaso de precipitación Reverbero Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar 10 g de almidón y colocar agua destilada, disolver y completar hasta 100mL. Tomar 50mL de esta suspensión y colocarlo a baño maría con una temperatura de 85°C Agitar constantemente hasta que se forme una pasta Leer directamente la temperatura de gelatinización del termómetro. 	Medición directa	(Aristizábal y Sánchez, 2007) (Grace, 1977)
5	<i>Viscosidad de</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vaso de 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar 25g de almidón y disolver con 	Medición directa	(Aristizábal y

	<i>Brookfield.</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ precipitación ▪ Varilla de agitación ▪ Reverbero ▪ Viscosímetro de Brookfield. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> 500 mL de agua destilada ▪ Transferir la suspensión en un vaso de precipitación de 1000mL ▪ Calentar en un reverbero hasta ebullición por aproximadamente 15 min ▪ Enfriar el gel hasta los 25°C y ▪ Leer directamente la viscosidad de un viscosímetro de Brookfield. 		Sánchez, 2007)
6	<i>Sensibilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza analítica ▪ Vasos de precipitación de 25 mL ▪ Reverbero ▪ Pipetas graduadas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ioduro de potasio R.A. ▪ Solución de Iodo 0,1 N. ▪ Solución de tiosulfato de sodio 0,1 N. ▪ Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En un vaso de precipitación de 25 cm³ pesar 1 g de muestra. ▪ Añadir 5 cm³ de agua fría y agitar. ▪ Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación con 200 cm³ de agua hirviendo. ▪ Enfriar y añadir 5 cm³ de esta solución a 100 cm³ de agua conteniendo 50 mg de Ioduro de potasio. Añadir 0,05 cm³ de solución de Iodo 0,1 N. ▪ Considerar que la muestra cumple con el requisito cuando se produce color azul profundo que desaparece por adición de 0,05 cm³ de solución de tiosulfato de sodio 0,1 N 	Medición directa	(INEN 1456, 2012)
7	<i>Contenido de Humedad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza analítica con una precisión de 0,01 g ▪ Crisoles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C (P1). 	$\% = \frac{-}{()} * 100$ Ecuación 4-2: Humedad DONDE:	(Aristizábal y Sánchez, 2007)

		<ul style="list-style-type: none"> Estufa con ventilación forzada Desecador con un agente de secado 		<ul style="list-style-type: none"> Pesar en el crisol vacío entre 5 g de la muestra de almidón (P2). Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C durante 24 horas Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3). Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca. 	<p>PT: pesos totales</p> <p>PF: peso final</p> <p>g: gramos</p>	
8	Contenido de Ceniza	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01g Crisoles de porcelana Desecador Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar aproximadamente 5,0 g aproximadamente de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. 	$\% \frac{\text{—}}{(\text{ })} * 100$ <p>Ecuación 5-2: Ceniza</p> <p>DONDE:</p> <p>PF= peso final</p> <p>g= gramos de la muestra</p>	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
9	Distribución Del Tamaño Del Gránulo	<ul style="list-style-type: none"> Balanza Tamiz 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios. Pesar 50g de la muestra de almidón y transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices. 	$= ($ $+$ $\text{ó } \hat{\text{ó}} - ($ $\hat{\text{í}}$ \cdot $= \sum$	(Aristizábal y Sánchez, 2007)

				<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos). ▪ Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz sea insignificante. ▪ Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos. ▪ Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón. 	<p>Ecuación 6-2: Rendimiento para el tamaño del granulo</p>	
--	--	--	--	---	--	--

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

✓ *Determinación de fibra y proteína*

La prueba de fibra y proteína fue realizada en el laboratorio de aguas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la Dra. Gina Álvarez, siguiendo el método de Análisis Micro-Kendahl para la determinación de Proteína y para obtención de fibra siguiendo el método gravimétrico.

✓ *Análisis microbiológicos*

Los análisis microbiológicos fueron realizados en el laboratorio de aguas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la Dra. Gina Álvarez, siguiendo la Norma Técnica Colombiana NTC 4092, para la determinación de coliformes totales, coliformes fecales, mohos y levaduras.

✓ *Amilosa y Amilopectina*

La determinación del porcentaje de amilosa y amilopectina fueron realizadas en la Institución de Investigación INIAP, la prueba se realizó en base seca utilizando el método MO-LSAIA-04. Para el porcentaje de amilopectina se restos de 100 la cantidad de amilosa obtenida.

2.14. Técnica de obtención de plástico biodegradable

2.14.1. Obtención de plástico biodegradable

Para obtener plástico biodegradable se hará uso de operaciones unitarias como mezclado y secado, además de esto se emplearán el análisis factorial, 2^k donde 2 = (Concentración almidón y plastificante); k = Número de repeticiones; Diseño factorial; $2^k = (2*2)^4 = 16$ pruebas con 4 tratamientos, en diferentes condiciones del proceso, se realizará su validación con el fin de determinar el proceso con mejor rendimiento y desempeño. Finalmente se comprobará la biodegradabilidad del plástico.

DISEÑO EXPERIMENTAL			
CA (g)	2		Límite alto
		2^k	
	1,75		Límite bajo
CG (ml)	0,5	0,75	Límite alto
	Límite bajo		

Figura 6-2. Diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 8-2. Concentraciones de variables y constantes para la elaboración de bioplástico

VARIABLES				CONSTANTES	
Almidón (g)		Glicerina (ml)		Ácido acético (ml)	Agua destilada (ml)
CA1	CA2	CG1	CG2	4	30
2	1.75	0.75	0.5		
Almidón (%)		Glicerina (%)		Ácido Acético (%)	Agua destilada (%)
5.4	4.83	2.04	1.38	10.88	81.63

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 9-2. Proceso para la obtención de los bioplástico

Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
<i>Obtención de bioplástico</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vasos de precipitación de 250 ml ▪ Varilla de agitación ▪ Probetas de 100 ml y 50ml ▪ Espátula ▪ Cajas Petri ▪ Recipiente de vidrio y plástico ▪ Guantes aislantes ▪ Balanza analítica ▪ Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua ▪ Glicerol ▪ Ácido Acético ▪ Almidón de fréjol negro 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pesar 2 g de almidón en un vaso de precipitación de 100 mL. Adicionar 30 mL de agua destilada. ▪ Agitar con calentamiento en baño maría hasta la temperatura de 60°C. ▪ Seguido de esto adicionar el plastificante (glicerina 0.75mL) con 4mL de ácido acético. ▪ Agitar hasta temperaturade gelatinización del almidón ▪ Vaciar la mezcla viscosa en las Cajas Petri. ▪ Secar a temperatura ambiente 27 °C (24 horas) hasta que la película se pueda desmoldar con facilidad. ▪ Realizar pruebas para determinar sus propiedades según la norma NTE (INEN 2635, 2012), posteriormente se realizarán ensayos para determinar su biodegradabilidad. 	(Charro, 2015)

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

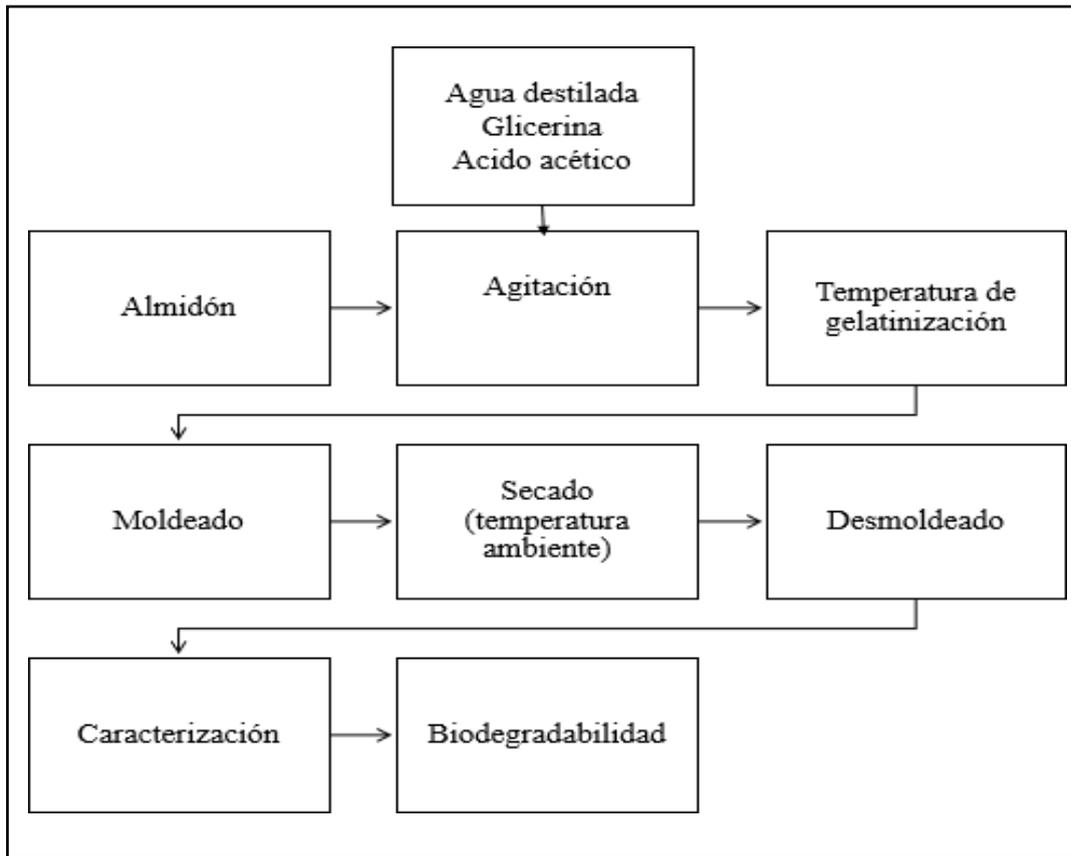


Figura 7-2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención de plástico biodegradable

Realizado Por: Ichina, Jessica. 2021

2.14.2. Técnica para la caracterización de bioplástico

Tabla 10-2. Ensayos para realizar la caracterización de bioplástico

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
1	<i>Espesor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pie de rey ▪ Láminas de bioplástico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Medir con un pie de rey, en cual debe tener una resolución de 0,002 cm ▪ Recortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada una de las muestras y el resultado del espesor Realizar el promedio de ▪ las mediciones dadas. 	Medición directa	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33 (INNOTECH, 2009)
2	<i>Humedad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanza analítica ▪ Estufa ▪ Bioplástico de almidón de fréjol negro ▪ Crisoles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tomar el peso inicial de las muestras ▪ Colocar en la estufa a 105°C durante 24 horas, se toman los pesos finales ▪ Se realizaron tres ensayos por cada muestra. 	% Humedad $\% = \frac{1 - 2}{1} 100$ Ecuación 7-2: Porcentaje de Humedad DONDE: P1 = Peso inicial del bioplástico (g) P2 = Peso final seco del bioplástico(g)	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33 (INNOTECH, 2009)
3	<i>Solubilidad En El Agua</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vaso de precipitación ▪ Probetas ▪ Papel filtro ▪ Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Agua destilada ▪ Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las películas secas se colocaron en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora ▪ Posteriormente se filtró y se colocó en la estufa a 40 °C hasta que esté seca. 	% Solubilidad $\% = \frac{1 - 2}{1} 100$ Ecuación 8-2: Porcentaje de solubilidad	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33 (INNOTECH, 2009)

				<ul style="list-style-type: none"> Luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película. 	<p>DONDE: P1 = Peso inicial seco de la película (g) P2 = Peso final seco de la película (g)</p>	
4	Transmisión De Vapor De Agua	<ul style="list-style-type: none"> Tubos de ensayo Balanza analítica Desecador cinta scotch 	<ul style="list-style-type: none"> Sílica gel NaCl Bioplástico a ensayar 	<ul style="list-style-type: none"> Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas. Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar o guardar en una gradilla. Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente 	<p>=) (—</p> <p>Ecuación 9-2: Ecuación de la tasa de transmisión de vapor expresada en (/h *)</p> <p>DONDE: Q = peso ganado del desecante en gramos WVTR = tasa de transmisión de vapor de agua t = tiempo de la prueba en horas A = Área total del bioplástico</p> <p>= — *</p> <p>$\Delta = s'(H_2 - H_1)$</p> <p>Ecuación 10-2: Transmisión de vapor de agua</p> <p>DONDE:</p>	<p>ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.(ASTM, 1999)</p>

				<p>de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas.</p>	<p>WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-2} \cdot Pa^{-1}$). WVTR = es la pendiente de la curva (g/h) sobre área expuesta de la lámina (m^2). s^* = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (Pa). HR2 = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada ($HR2 = 75\%$). HR1 = es la humedad relativa en el interior de la celda ($HR1 = 0\%$).</p>	
5	<i>Ensayo De Tracción</i>	<ul style="list-style-type: none"> Maquina universal de pruebas de tracción 	<ul style="list-style-type: none"> Bioplástico a ensayar Probeta Tipo A 	<ul style="list-style-type: none"> Molde de probeta Tipo A como se observa en la Figura 8.2 El ensayo se basa en deformar la probeta durante su eje más grande, a velocidad constante implementando una fuerza definida hasta que la probeta 	<p>Prueba realizada en el laboratorio LenMav</p>	<p>INEN 2635: Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas (INEN 2635, 2012) Plásticos. método de ensayo para la determinación de las</p>

				se rompa o hasta que la carga o el alargamiento alcance un valor anteriormente escogido		propiedades de tensión (INEN 2043, 2013)
6	<i>Biodegradabilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recipientes herméticos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tierra Orgánica ▪ Agua 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico, se consideró un tiempo de exposición de 10 días, y se evaluó la pérdida de peso cada dos días en condiciones aeróbicas. ▪ Se tomaron varias muestras de dimensiones 2.5 cm x 2.5 cm. A estas películas se las evaluó en condiciones aeróbicas (2 cm de profundidad) 	<p>% de pérdida de peso</p> $= \frac{1 - 2}{1} 100$ <p>Ecuación 11-2: Porcentaje de biodegradabilidad</p> <p>Donde:</p> <p>Ppeso = pérdida de peso P1 = Peso inicial seco de la película (g)</p> <p>P2 = Peso final seco de la película (g)</p>	Especificación para plásticos compostables (INEN 2643, 2012)

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

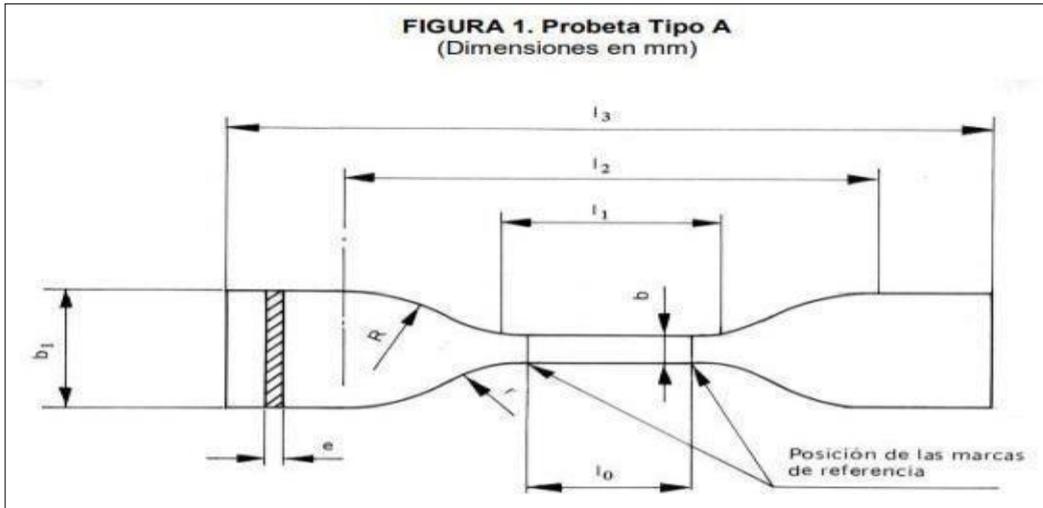


Figura 8-2. Probeta tipo A

Fuente: (INEN 2043, 2013)

DONDE:

l_3 = Longitud total mínima 115

r = Radio menor 14 ± 1

l_2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5

l_1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2

l_0 = Longitud de referencia $25 \pm 0,25$

b_1 = Anchura en los extremos 25 ± 1

R = Radio mayor 25 ± 2

b = Anchura de la parte calibrada $6 \pm 0,4$

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

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

Tabla 11-3. Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima

No.	FRÉJOL NEGRO		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	0,284	11,2	4,7
2	0,198	10,2	4,1
3	0,188	10,0	3,9
4	0,272	10,9	4,9
5	0,217	10,5	3,7
PROMEDIO	0,23	10,56	4,26

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 12-3. Características organolépticas de fréjol negro

No.	PRODUCTO	
	Característica	
1	Olor	característico
2	Sabor	insípido
3	Color	negro
4	Textura interna	Seco
5	Textura externa	Liso

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 13-3. Características organolépticas de Almidón

No.	ALMIDÓN	
	Característica	
1	Olor	Dulce
2	Sabor	Insípido
3	Color	Gris
4	Textura	Granular

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.1. Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

Se muestra los resultados obtenidos de la extracción de almidón por vía húmeda, que consiste en triturar el fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) luego dejarlos a remojar por 24 horas, y consiguiente aplicar el diseño de factorial 2^k , este método se basa en realizar 4 tratamientos con 4 repeticiones dando un total de 16 experimentaciones en muestras de 200 gramos de materia prima con 500 ml de agua. Teniendo presente que se tienen 2 variables que son las revoluciones por minuto (alta, baja) y tiempo de licuado de 45 y 60 segundos.

Tabla 14-3. Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
					FRÉJOL NEGRO	ALMIDÓN		100			
						R	PROMEDIO	TOTAL	R		PROMEDIO
1	T1	RPM A: 45	R1	500	200	52,623	51,77925	207,117	26,3115	25,889625	36
2			R2			52,121			26,0605		
3			R3			51,228			25,614		
4			R4			51,145			25,5725		
5	T2	RPM A: 60	R1			50,645	52,14575	208,583	25,3225	26,072875	48
6			R2			52,919			26,4595		
7			R3			53,438			26,719		
8			R4			51,581			25,7905		
9	T3	RPM B: 45	R1			47,673	48,405	193,62	23,8365	24,2025	36
10			R2			48,986			24,493		
11			R3			48,99			24,495		
12			R4			47,971			23,9855		
13	T4	RPM B: 60	R1			46,749	48,10475	192,419	23,3745	24,052375	48
14			R2			47,805			23,9025		
15			R3			47,974			23,987		
16			R4			49,891			24,9455		

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 15-3. Análisis de varianza ANOVA del rendimiento obtenido del fréjol negro (*Phaseolus vulgaris L.*).

ANÁLISIS DE VARIANZA						
ORIGEN DE LAS VARIACIONES	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	PROBABILIDAD	VALOR CRÍTICO PARA F
MUESTRA	13,74648314	1	13,74648314	51,09609639	1,16722E-05	4,747225347
COLUMNAS	0,001097266	1	0,001097266	0,00407857	0,950130283	4,747225347
INTERACCIÓN	0,111138891	1	0,111138891	0,41310664	0,532485634	4,747225347
DENTRO DEL GRUPO	3,228383562	12	0,269031964			
TOTAL	17,08710286	15				

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

No existe diferencia significativa en la obtención del almidón

3.1.2. Ensayos físicos químico para el almidón de frejol negro

3.1.2.1. Tamaño de gránulo

Tabla 16-3. Resultados del tamaño de gránulo

FREJOL NEGRO		
Um	(%)	(%)
>250	5,7	6
250-180	4,22	4
180-63	22,11	22
<53	67,97	68
TOTAL	100	100

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.2. Densidad aparente

Tabla 17-3. Resultados de densidad suelta y empacada

DENSIDAD APARENTE		
N°	DENSIDAD SUELTA	DENSIDAD EMPACADA
1	0,48	0,73
2	0,47	0,74
3	0,47	0,72
PROMEDIO	0,473	0,730

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.3. Contenido de humedad y materia seca

Tabla 18-3. Resultados de humedad y materia seca

CONTENIDO DE HUMEDAD			CONTENIDO DE MATERIA SECA	
N°	%H	PROMEDIO	% M. S	PROMEDIO
1	13,536	13,082	86,463	86,917
2	12,518		87,481	
3	13,194		86,805	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.4. Contenido de ceniza

Tabla 19-3. Resultados del contenido de ceniza

CONTENIDO DE CENIZA		
N°	%C	PROMEDIO
1	0,126	0,119
2	0,118	
3	0,112	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.5. *Solubilidad*

Tabla 20-3. Resultados de solubilidad

N°	PESO DE LA MUESTRA	SOLUBILIDAD	PROMEDIO
1	1,25	0,72	0,56
2	1,251	0,48	
3	1,253	0,47	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.6. *pH*

Tabla 21-3. Resultados de pH

N°	PH	PROMEDIO
1	6,029	6,025
2	6,004	
3	6,044	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.7. *Resultados de temperatura de gelatinización*

Tabla 22-3. Resultados de la temperatura de gelatinización

No.	Temperatura Gelatinización fréjol negro (°C)	PROMEDIO
1	67	67
2	68	
3	66	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.1.2.8. *Contenido de amilosa y amilopectina en el almidón de fréjol negro*

Tabla 23-3. Resultados de la amilosa y amilopectina

No.	Prueba	%
1	Amilosa	21,09 %
2	Amilopectina	78,91%

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Fuente: INIAP

3.1.3. Datos obtenidos de los ensayos físico-químicos y microbiológicos del almidón de fréjol negro.

Luego de haber extraído el almidón se realizó la caracterización correspondiente, en el que se determinó el análisis químico proximal del almidón de fréjol negro, las experimentaciones en su mayoría se han realizado en el laboratorio de investigación. En lo que corresponde el análisis de amilosa se realizó en un laboratorio fuera de la institución INIAP. Los análisis de fibra, proteína, coliformes fecales, coliformes totales, mohos y levaduras fueron realizados en el laboratorio SAQMIC a cargo de la Dra. Gina Álvarez.

Tabla 24-3. Datos analizados del almidón de fréjol negro como materia prima

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Tamaño de granulo	µm	53		FAO,2007
2	Humedad	%	13	10--13	FAO,2007
3	Materia seca	%	87	87-90	FAO,2007
4	Ceniza	%	0,12	<0,12	FAO,2007
5	Solubilidad	%	0,56	0,27-12,32	FAO,2007
6	pH		6,02	5_7	NTE INEN 1456:1986
7	Fibra	%	0,21	12 ± 1,30	Metodo micro-khendal
8	Proteína	%	0,78	8.80 ± 1.00	metodo gravimetrico
9	Viscosidad	mPa	855	840-1500	(Grace, 1977)
10	Temperatura de gelatinización	°C	67	58,5-70,0	(Grace, 1977, p.116)
11	Amilosa	%	21,63	25-30%	INIAP
12	Amilopectina	%	78,37	70-75%	INIAP
13	Coliformes fecales	UPC/g	0	<10	Norma NTC 4092
14	Levaduras y mohos	UPC/g	10	1000-5000	Norma NTC 4092
15	Coliformes totales	UPC/g	0	--	Norma NTC 4092
16	densidad aparente suelta	g/ml	0,48	--	FAO,2007
17	densidad aparente empacado	g/ml	0,73	max.1,56 gml	FAO,2007

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2. Datos obtenidos de plástico biodegradable

3.2.1. Pruebas preliminares para la elaboración de plástico biodegradable

Las pruebas preliminares se realizaron con 4 tratamientos variando la concentración de almidón y glicerina (plastificante) las cantidades de agua destilada y ácido acético son constantes, para la elaboración de plásticos biodegradables.

Tabla 25-3. Ensayos preliminares para la elaboración del plástico biodegradable

TRATAMIENTOS	CANTIDAD			
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
T1FN	2	0,75	30	4
T2FN	2	0,5	30	4
T3FN	1,75	0,75	30	4
T4FN	1,75	0,5	30	4

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Se muestran los datos obtenidos por el factorial 2, este método se basa en realizar 4 tratamientos con 4 repeticiones dando un total de 16 experimentaciones tomando en cuenta las 2 variables, almidón y plastificante (glicerina) para la elaboración de los plásticos biodegradables.

Tabla 26-3. Resultado del análisis factorial 2 de plástico biodegradables

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN (min)	SECADO				PESO (g)	ESPESOR (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)			
1	TP1FN	CA1 : CG1	R1	25	5	Laboratorio de Investigación	Secado Natural	Temperatura Ambiente	24	0,121	0,1	0,105
2			R2		5					0,113	0,13	
3			R3		5					0,087	0,11	
4			R4		5					0,105	0,08	
5	TP2FN	CA1 : CG2	R1		6					0,126	0,06	0,09
6			R2		6					0,119	0,11	
7			R3		6					0,098	0,09	
8			R4		6					0,134	0,1	
9	TP3FN	CA2 : CG1	R1		5					0,116	0,07	0,1025
10			R2		5					0,125	0,11	
11			R3		5					0,104	0,11	
12			R4		5					0,103	0,12	
13	TP4FN	CA2 : CG2	R1		6					0,121	0,1	0,085
14			R2		6					0,123	0,08	
15			R3		6					0,132	0,1	
16			R4		6					0,109	0,06	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 27-3. Análisis de varianza ANOVA de la formulación del plástico biodegradable

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,00	1,00	0,00	0,13	0,73	4,75
Columnas	0,00	1,00	0,00	2,40	0,15	4,75
Interacción	0,00	1,00	0,00	0,01	0,91	4,75
Dentro del grupo	0,01	12,00	0,00			
Total	0,01	15,00				

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.1.1. *Análisis sensorial***Tabla 28-3.** Resultados de análisis sensorial de los plásticos biodegradables

Tratamientos	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Forma Biopelícula	Facilidad de moldeo	Transparencia
T1FN	2	0,75	SI	SI	SI
T2FN	2	0,5	SI	SI	SI
T3FN	1,75	0,75	SI	SI	SI
T4FN	1,75	0,5	SI	SI	SI

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.2. *Cálculos de caracterización físico-químico y mecánicos del plástico biodegradable*3.2.2.1. *Cálculo de Humedad.*

Las pruebas de humedad se realizaron por triplicado, lo cual se obtuvo un promedio de las repeticiones por tratamiento, se muestra el cálculo del TP1FN, con la **ecuación 7-2**.

$$1\% = \frac{1-2}{1} 100$$

$$1\% = \frac{34,92-24,97}{5,031} 100$$

$$1\% = 28,49$$

3.2.2.2. *Cálculo de Solubilidad.*

Las pruebas de solubilidad se realizaron por triplicado, lo cual se obtuvo un promedio de las repeticiones por tratamiento, se muestra el cálculo del TP1FN, con la **ecuación 8-2**.

$$1\% = \frac{1-2}{1} 100$$

$$1\% = \frac{0,068-0,038}{0,068} 100$$

$$1\% = 44,118$$

3.2.2.3. Cálculo de permeabilidad de vapor

Las pruebas de permeabilidad se realizaron cortando 3 muestras de plástico por cada tratamiento, se muestra como referencia el cálculo del TP1FN, con la **ecuación 9-2 y 10-2**

$$= \frac{()}{}$$

$$= \frac{(2 - 1) *}{* * (H - H) \substack{2 \\ 1}}$$

$$= \frac{(15,694 - 15,637)/h \pm 0,00015 \ 6h \pm}{0,00317 \pm (75 - 0)}$$

$$= 4,19510^{-6}/h \pm \pm$$

3.2.2.4. Cálculo de biodegradabilidad

Para las pruebas de biodegradabilidad se cortaron 4 plásticos por tratamiento para cada medio; agua, tierra y ambiente, como referencia se toma la biodegradación del TP1FN en el medio aeróbico, utilizando la ecuación la **ecuación 8-2**.

$$\% \acute{e} = \frac{1-2}{1} 100$$

$$\% \acute{e} = \frac{0,078-0,076}{0,078} 100$$

$$\% \epsilon = 2,564$$

3.2.3. Resultados de la caracterización físico-químico y mecánicos de plástico biodegradable

3.2.3.1. Ensayo del espesor

Este ensayo se realizó utilizando el pie de rey con una resolución de 0,002cm y 4 plástico biodegradables por tratamiento recortadas de 2,5 x2,5 cada una, se toma el dato y el resultado es el promedio de las mismas.

Tabla 29-3. Resultados del ensayo de determinación de espesor de bioplásticos

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR (mm)	
TP1FN	CA1: CG1	R1	0,1	0,105
		R2	0,13	
		R3	0,11	
		R4	0,08	
TP2FN	CA1: CG2	R1	0,06	0,09
		R2	0,11	
		R3	0,09	
		R4	0,1	
TP3FN	CA2: CG1	R1	0,07	0,1025
		R2	0,11	
		R3	0,11	
		R4	0,12	
TP4FN	CA2: CG2	R1	0,1	0,085
		R2	0,08	
		R3	0,1	
		R4	0,06	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

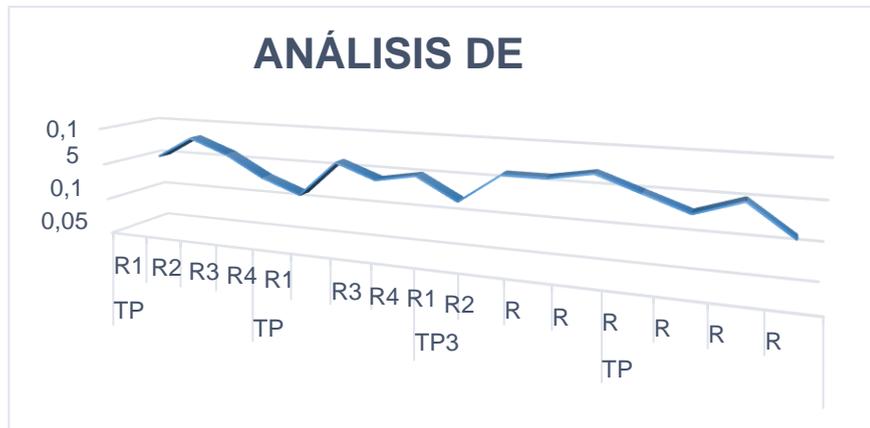


Gráfico 1-3. Análisis gráfico del espesor de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.3.2. *Contenido de Humedad*

Tabla 30-3. Resultados del ensayo de humedad de los plásticos biodegradables.

TRATAMIENTO	VARIABLE	%H	H% PROMEDIO
TP1FN	R1	15,326	20,006
	R2	23,392	
	R3	21,3	
TP2FN	R1	19,658	19,906
	R2	19,834	
	R3	20,227	
TP3FN	R1	21,336	21,381
	R2	20,785	
	R3	22,022	
TP4FN	R1	18,836	19,834
	R2	19,814	
	R3	20,853	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

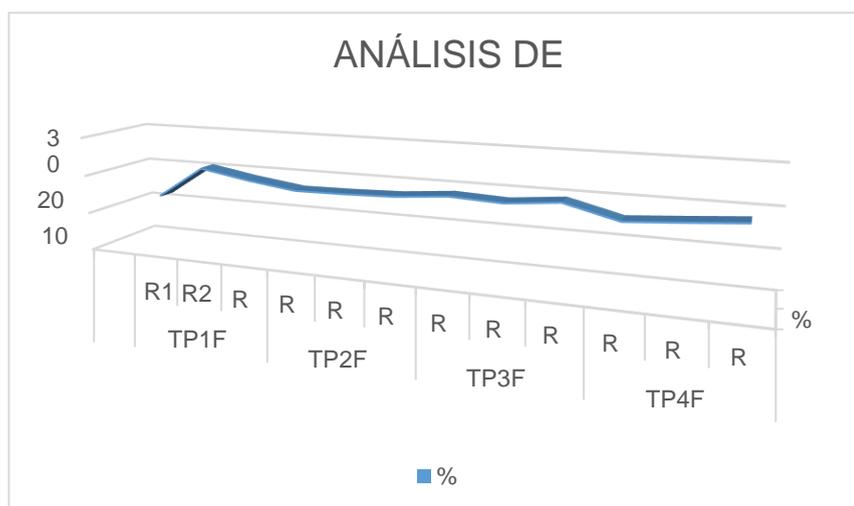


Gráfico 2-3. Análisis gráfico de la humedad de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.3.3. Solubilidad

Tabla 31-3. Resultado del análisis de solubilidad de los plásticos biodegradables

TRATAMIENTO	PESO INICIAL SECO	PESO FINAL SECO	%S	S% PROMEDIO
T1FN	0,065	0,035	46,154	44,780
	0,068	0,038	44,118	
	0,059	0,033	44,068	
T2FN	0,052	0,037	28,846	32,816
	0,058	0,039	32,759	
	0,057	0,036	36,842	
T3FN	0,089	0,057	35,955	42,345
	0,098	0,053	45,918	
	0,093	0,051	45,161	
T4FN	0,078	0,051	34,615	30,798
	0,084	0,056	33,333	
	0,081	0,0612	24,444	

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

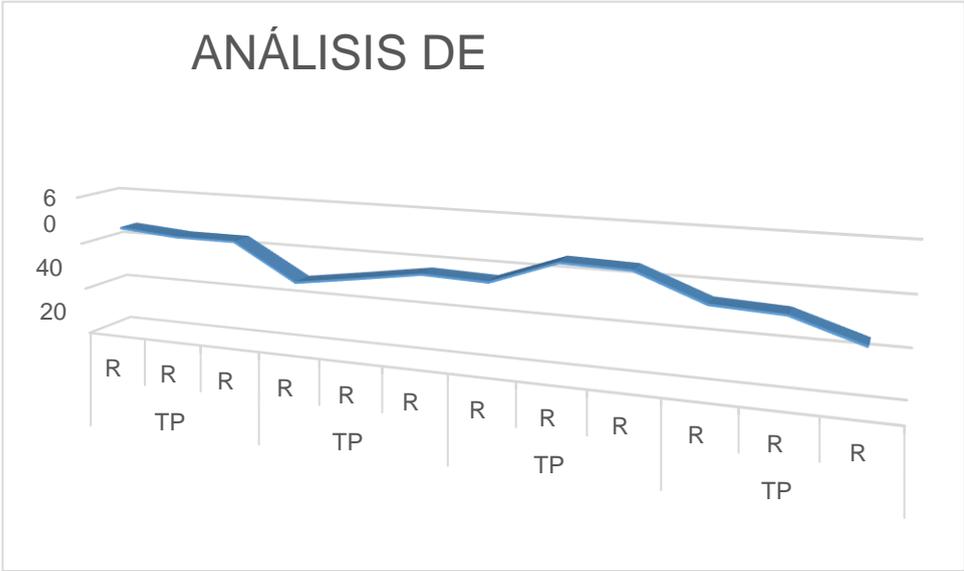


Gráfico 3-3. Análisis gráfico de la solubilidad de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.3.4. *Permeabilidad*

Tabla 32-3. Resultados de la permeabilidad obtenida de los plásticos biodegradables

Tiempo (horas)	TRATAMIENTOS															
	TP1FN				TP2FN				TP3FN				TP4FN			
	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P
1	15,436	16,008	15,466	15,637	15,683	15,474	15,481	15,546	15,507	15,19	15,549	15,415	15,888	15,716	15,394	15,666
	15,444	16,016	15,472	15,644	15,69	15,483	15,489	15,554	15,514	15,197	15,558	15,423	15,895	15,724	15,401	15,673
2	15,444	16,016	15,472	15,644	15,69	15,483	15,489	15,554	15,514	15,197	15,558	15,423	15,895	15,724	15,401	15,673
	15,453	16,025	15,481	15,467	15,705	15,491	15,493	15,563	15,518	15,202	15,562	15,427	15,906	15,733	15,497	15,712
3	15,453	16,025	15,481	15,653	15,705	15,491	15,493	15,563	15,518	15,202	15,562	15,427	15,906	15,733	15,497	15,712
	15,468	16,032	15,49	15,663	15,714	15,498	15,502	15,571	15,522	15,209	15,57	15,434	15,913	15,742	15,505	15,72
4	15,468	16,032	15,49	15,663	15,714	15,498	15,502	15,571	15,522	15,209	15,57	15,434	15,913	15,742	15,505	15,72
	15,475	16,039	15,502	15,672	15,721	15,506	15,509	15,579	15,529	15,216	15,578	15,441	15,918	15,751	15,514	15,728
5	15,475	16,039	15,502	15,672	15,721	15,506	15,509	15,579	15,529	15,216	15,578	15,441	15,918	15,751	15,514	15,728
	15,491	16,048	15,509	15,683	15,728	15,512	15,515	15,585	15,533	15,221	15,584	15,446	15,925	15,757	15,523	15,735
6	15,491	16,048	15,509	15,683	15,728	15,512	15,515	15,585	15,533	15,221	15,584	15,446	15,925	15,757	15,523	15,735
	15,506	16,059	15,517	15,694	15,736	15,519	15,523	15,593	15,54	15,227	15,589	15,452	15,931	15,762	15,531	15,741

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 33-3. Resultados de la permeabilidad al vapor de agua

Tiempo (horas)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.Mpa)			
	TP1FN	TP2FN	TP3FN	TP4FN
6	4,2201E-06	2,94427E-06	2,63465E-06	4,48884E-06

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

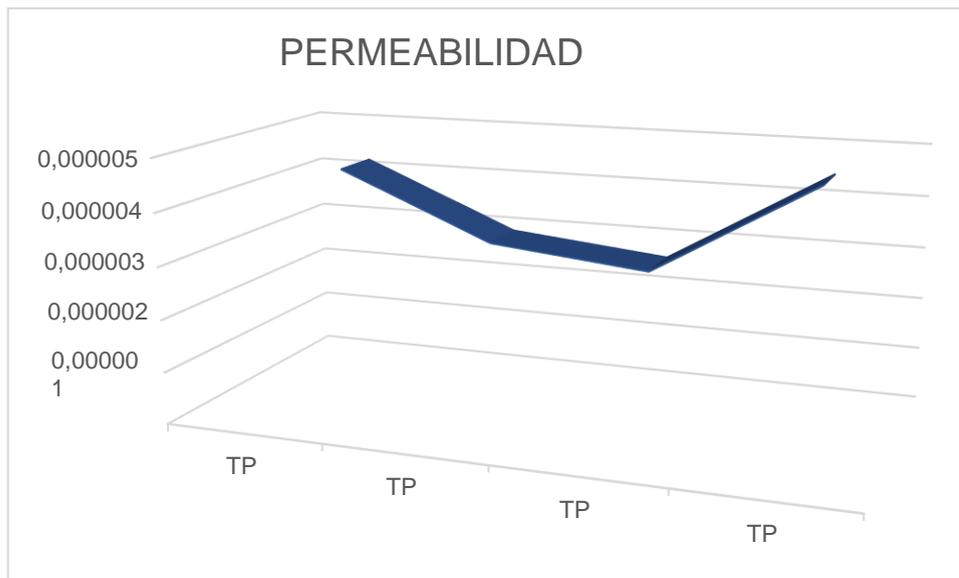


Gráfico 4-3. Análisis gráfico de la permeabilidad obtenida de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.2.3.5. Ensayo de tracción

Tabla 34-3. Resultados de ensayos de tracción para cada tratamiento

TRATAMIENTO	MÓDULO ELASTICIDAD (Mpa)	CARGA DE FLUENCIA (N)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	ELONGACIÓN (%)
TP1FN	1,64E+01	1,76	2,35	2,34	3,13	22,65
TP2FN	2,38E+01	2,39	3,9	3,19	5,2	31,22
TP3FN	9,19E+01	1,03	1,45	1,15	1,61	20,16
TP4FN	2,40E+01	1,42	2,3	2,23	3,61	28,07

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

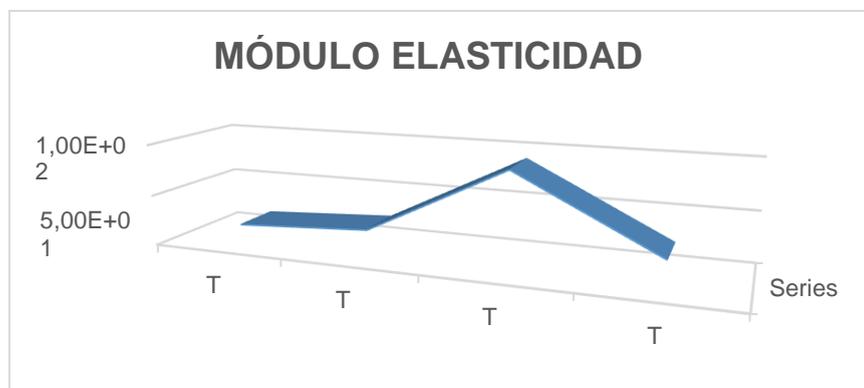


Gráfico 5-3. Análisis gráfico de módulo de elasticidad de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

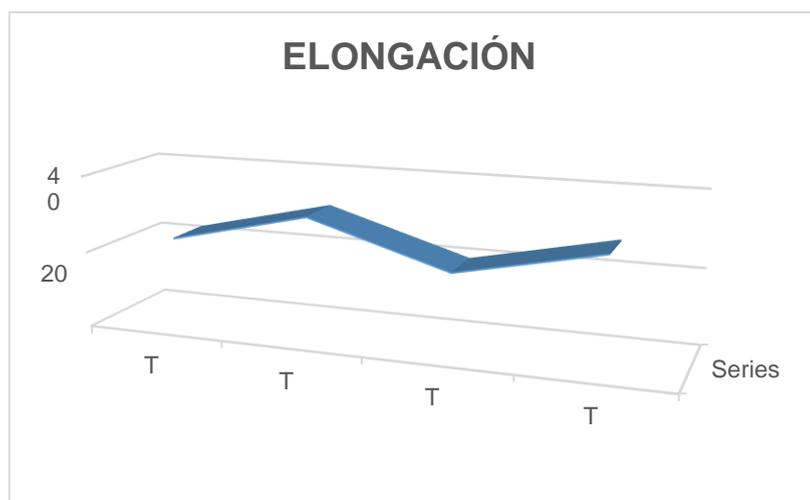


Gráfico 6-3. Análisis gráfico de elongación de los plásticos biodegradables

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

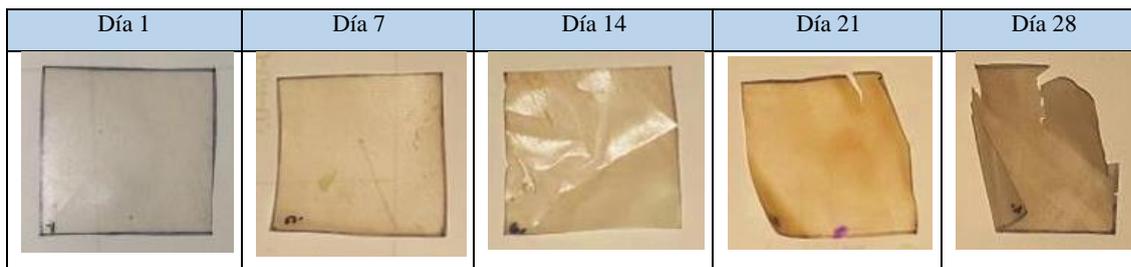
3.2.3.6. Biodegradabilidad

Tabla 35-3. Resultados de biodegradabilidad en medio aerobio.

BIODEGRADACIÓN EN AMBIENTE					
Nº	Tratamientos	peso inicial seco (g)	Días	peso final seco (g)	% de pérdida de peso
1	TP1FN	0,078	7	0,072	7,692
2		0,076	14	0,062	18,421
3		0,076	21	0,057	25,000
4		0,074	28	0,048	35,135
1	TP2FN	0,064	7	0,056	12,500
2		0,063	14	0,049	22,222
3		0,064	21	0,041	35,938
4		0,062	28	0,035	43,548
1	TP3FN	0,083	7	0,08	3,614
2		0,081	14	0,067	17,284
3		0,08	21	0,061	23,750
4		0,082	28	0,055	32,927
1	TP4FN	0,071	7	0,065	8,451
2		0,072	14	0,058	19,444
3		0,071	21	0,052	26,761
4		0,063	28	0,037	41,270

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 36-3. Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en medio aerobio.



Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

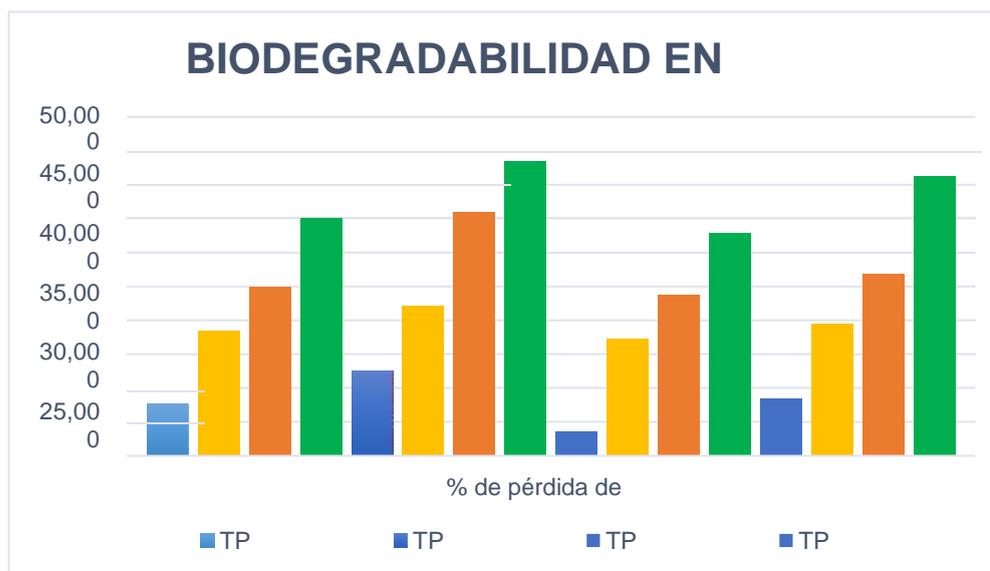


Gráfico 7-3. Análisis gráfico de biodegradabilidad en medio aerobio

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

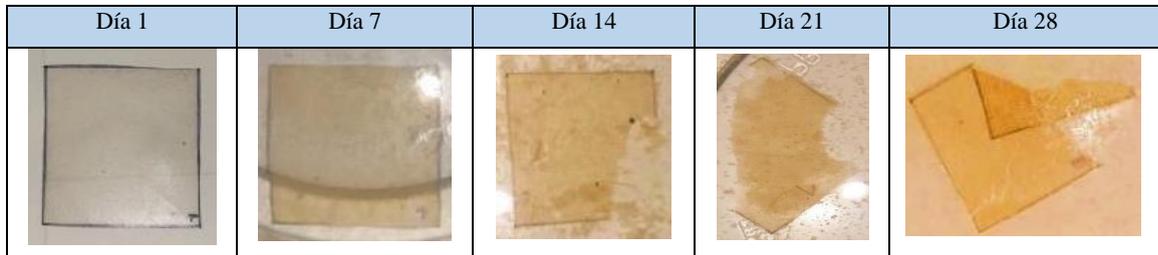
Tabla 37-3. Resultados de biodegradabilidad en agua

BIODEGRADACION EN AGUA			
Tratamientos	Días	peso final seco (g)	% de pérdida de peso
TP1FN	7	0,051	38,554
	14	0,034	59,036
	21	0,027	67,073
	28	0,018	77,778
TP2FN	7	0,039	40
	14	0,027	55
	21	0,019	72,464
	28	0,01	84,127
TP3FN	7	0,052	38,095
	14	0,041	53,933
	21	0,036	60
	28	0,021	75
TP4FN	7	0,037	39,344

	14	0,028	54,098
	21	0,021	68,182
	28	0,013	80,882

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 38-3. Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en agua.



Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

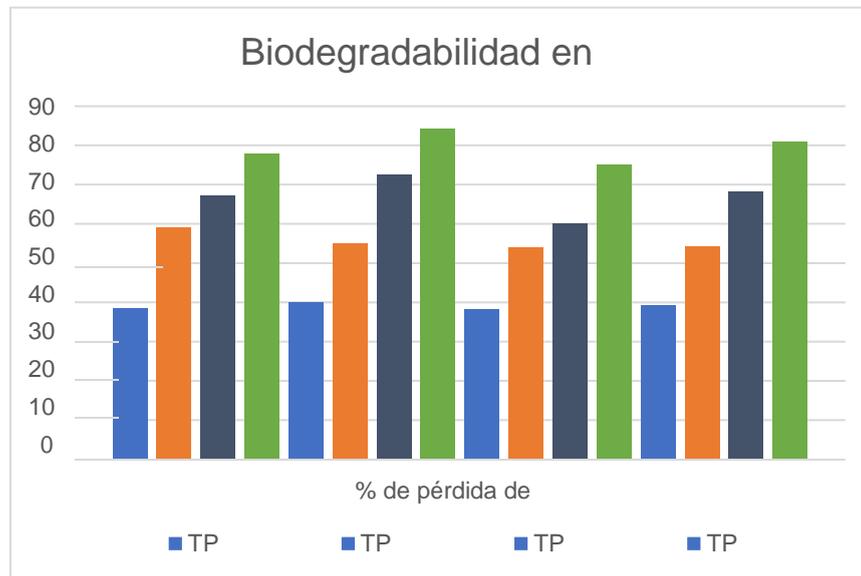


Gráfico 8-3. Análisis gráfico de biodegradabilidad en agua

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 39-3. Resultados de biodegradabilidad en anaeróbico.

BIODEGRADABILIDAD EN TIERRA			
Tratamientos	Días	peso final seco (g)	% de pérdida de peso
TP1FN	2	0,047	21,667
	4	0,036	40,984
	6	0,031	58,108
	8	0,023	66,176
	10	0,019	73,239
	12	0,011	84,722
TP2FN	2	0,048	25
	4	0,036	47,059

	6	0,023	64,615
	8	0,017	73,438
	10	0,01	84,848
	12	0,006	91,304
TP3FN	2	0,066	18,519
	4	0,041	47,436
	6	0,034	55,844
	8	0,026	65,789
	10	0,022	71,429
	12	0,013	82,432
TP4FN	2	0,049	25,758
	4	0,031	48,333
	6	0,019	68,852
	8	0,02	70,149
	10	0,015	76,923
	12	0,009	87,324

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

Tabla 40-3. Resultados de la apariencia de la biodegradabilidad en medio anaeróbico.

Inicio	Día 2	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10	Día 12
						

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

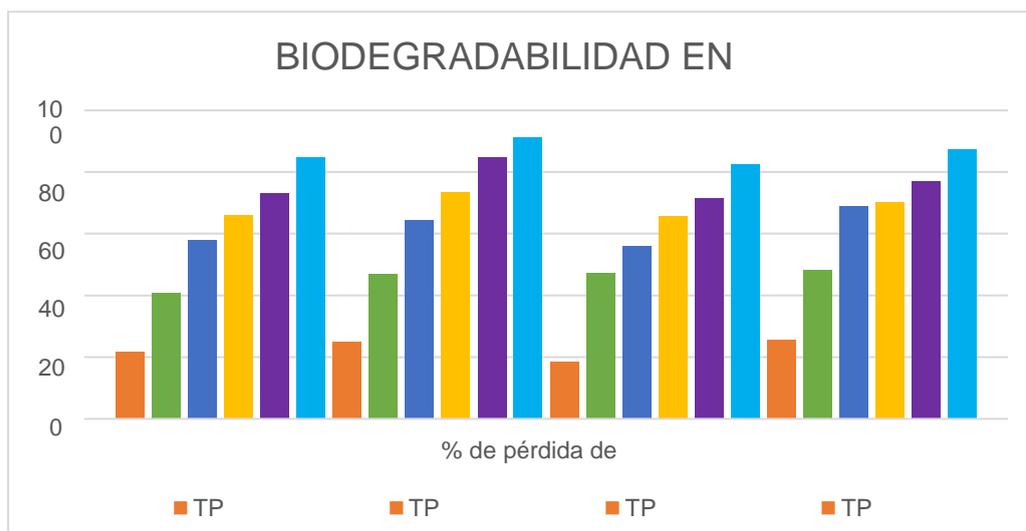


Gráfico 9-3. Análisis gráfico de biodegradabilidad en medio anaeróbico

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021.

3.3. Discusión

3.3.1. *Análisis de resultados de la composición química del almidón.*

La elaboración de plásticos biodegradables comienza con la extracción de almidón de fréjol negro por el método de vía húmeda, mediante el diseño factorial 2 se elaboraron 6 tratamientos cada uno con 4 repeticiones dando un total de 24 muestras, con un rendimiento de almidón de 26,07.

El contenido de amilosa y amilopectina del almidón fue de 21,09-78,91% el cual es un resultado idóneo para la elaboración de un bioplástico según la investigación de (Miranda, Marrugo y Castillo, 2013) entra a la clasificación de un almidón normal de 17 y 24%.

Para el contenido de humedad a partir del almidón de fréjol negro fue de 13% que se encuentra dentro del rango establecido por (Aristizábal y Sánchez, 2007) este parámetro determina las condiciones adecuadas para su estabilidad y no se desarrollen microorganismos en la muestra.

3.3.2. *Análisis de resultados de la caracterización del plástico biodegradable.*

Se realizaron ensayos preliminares llevando a cabo el factorial 2 para obtener las condiciones y las concentraciones idóneas de almidón y glicerina que son las variables correspondientes para la obtención de un plástico biodegradable. Para la formulación se efectuaron 4 tratamientos con 4 repeticiones dando un total de 16 muestras.

3.3.2.1. *Análisis del Espesor*

De acuerdo con la investigación de (INNOTECH, 2009) las láminas de películas biodegradables deben tener un espesor $0,120 \pm 0,010$ mm. Por lo tanto, el bioplástico obtenido de fréjol negro detallados en la **Tabla 19-3** comprobando de tal manera que TP1FN, TP2FN, TP3FN, TP4FN fueron un resultado conforme a este rango. En la norma (NTE INEN 2642, 2006) Láminas plásticas requisitos establece un rango un máximo de hasta 0,22 mm confirmando así de esta manera que los plásticos biodegradables obtenidos cumplen con el espesor establecido.

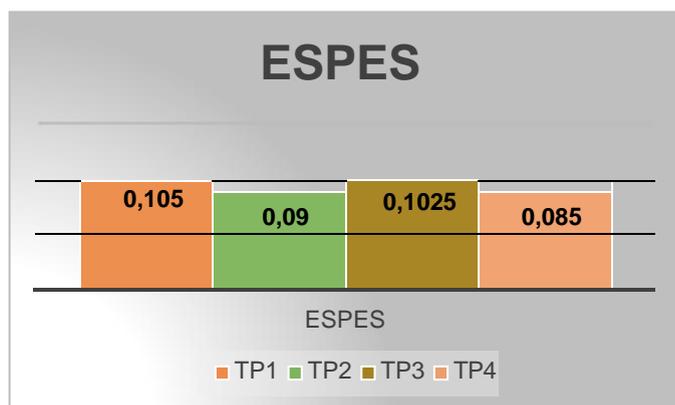


Gráfico 10-3. Espesor de bioplástico de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.3.2.2. Análisis de Humedad

De acuerdo con las investigaciones de (INNOTEC, 2009) los plásticos biodegradables deben contener una humedad de 19,3 – 22,1%. Por lo tanto, los valores obtenidos de los bioplásticos se detallan en la **Tabla 20-3** se encuentran dentro del parámetro mencionado, el mayor porcentaje de humedad son de los tratamientos TP2FN (20,006%) y TP4FN (21,38%). importante para evitar el crecimiento de microorganismo en la biopelícula. Las diferencias referentes a los valores de humedad tienen la posibilidad de estar en relación desde la materia prima con la cual se elaboraron los plásticos biodegradables.

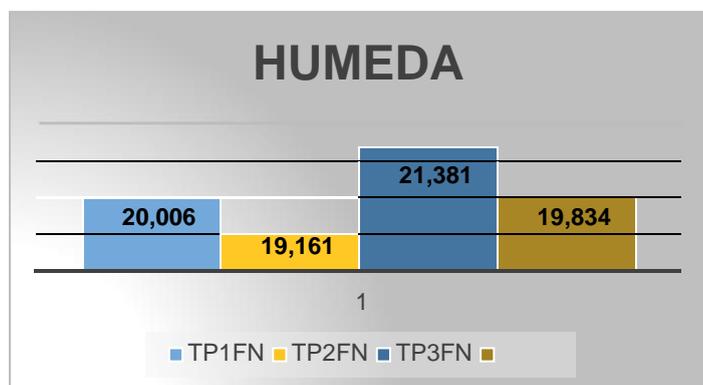


Gráfico 11-3. Humedad de bioplástico de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.3.2.3. Análisis de Permeabilidad

La función principal de una biopelícula es impedir la transferencia de humedad, que mientras más contenido de plastificante mayor será su PVA entre los alimentos y la atmósfera, debido a que el glicerol es un componente hidrófilo lo cual provoca que se enlace de forma idónea, por

consiguiente, la permeabilidad al vapor de agua debería ser lo más baja viable, el nivel de permeabilidad de vapor tiene que ser menores ya que van a interferir en el proceso de conservación de los alimentos.(Villada, H. Y Joaquín, 2013)

Los valores de permeabilidad para bioplástico dependen de las diferentes concentraciones de almidón con plastificante y su tiempo de almacenamiento, como se pueden observar en los datos recolectados de la **Tabla 22-3** obtenidas cada 2 horas. La permeabilidad al vapor de agua más grandes son los casos de TP1FN y TP4FN respectivamente de (4,2201E-06 a 4,48884E-06 g/MPa.m.h) . Estos resultados son menores a los resultados de la investigación de Buensuceso (2010, p. 50) que tiene resultados de (1,6125 a 2,1367 g/MPa.m.h) al cabo de 24 horas. De esta manera se puede determinar que el plástico biodegradable tiene una permeabilidad baja conveniente para que sea expuesta como una envoltura.

3.3.2.4. *Ensayo de tracción*

Para el ensayo de tracción está basado a la norma (INEN NTE 2635:2012, 2012) “ las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas” utilizando las probetas de bioplástico de frejol negro como se detallan los datos obtenidos de la **Tabla 24-3**. En los resultado se demuestra que el esfuerzo máximo fue de 1,61 a 5,2 MPa, el módulo de elasticidad de 1,64E+1 para el tratamiento TP1FN y 9,19E+01 en el tratamiento TP3FN, por otro lado la elongación máxima fue de 20,16% para PT3FN y 31,22% para PT3FN , cuyos valores según la investigación de (Chariguamán C., Ruano y Cardona, 2015) el módulo de elasticidad dispone de 0,64 a 2,23 Mpa, y la elongación se encuentra entre 11,7 y 27,05 % confirmando de esta manera que los plásticos obtenidos se encuentran dentro del rango.

3.3.2.5. *Análisis de Solubilidad*

De acuerdo con la investigación de (Chariguamán C., Ruano y Cardona, 2015) los porcentajes de solubilidad del bioplástico tiene un rango de 39,88 a 54,76%. Por lo tanto, los datos obtenidos de solubilidad de los plásticos biodegradables de fréjol negro que se detallan en la **Tabla 21-3** cumple con los rangos establecidos con un porcentaje de 30,79 a 44,78%. Los valores con menor solubilidad se deben a su formulación ya que poseen una porción menor de glicerol, como es el caso de los tratamientos TP2FN Y TP4FN, aseverando de tal forma que este elemento ayuda a incrementar o reducir la solubilidad.

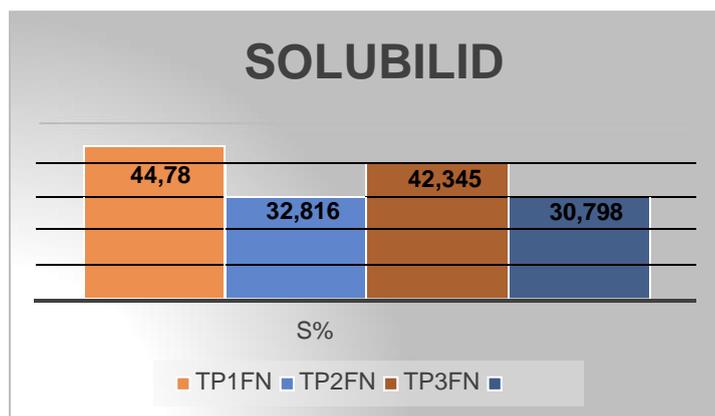


Gráfico 12-3. Solubilidad de bioplástico de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021

3.3.2.6. Biodegradabilidad

Para el análisis de biodegradabilidad se realizaron por 3 medios diferente; en agua, tierra y ambiente para este estudio se recaudó los datos necesarios durante 28 días, para el medio de agua y ambiente se tomó el peso cada 7 días, en cambio para el medio de tierra por 12 días se recaudó datos cada 2, lo cual se detallan en las **Tablas 25-3, 27-3 y 29-4**.

Según la investigación de (Guaman, 2019) la biodegradación de las láminas de bioplástico se degradan de 92,05% a 90,77 en un periodo de 30 días en tierra agrícola , comparando con estos resultados las láminas de bioplástico de fréjol negro se degradan de 87% a 90% en el transcurso de 12 días, debido a la cantidad de glicerina utilizada en las formulaciones de bioplástico.

Según la investigación de (Charro, 2015) la biodegradabilidad en medio aeróbico tiene un porcentaje de degradación de (21,57-33,19 al cabo de 10 días), comparando con los resultados de fréjol negro se degradan de 32 a 4% por un perdido de 28 días, cuyos resultados son similares a los rango de la comparación.

Los tratamientos que obtienen más glicerina TP1FN y TP3FN con 0,75 ml se degradan lentamente con respecto a los tratamientos TP2FN y TP4FN con 0,5. Dichos resultados se brindaron debido a que la glicerina como plastificante tiene una propiedad hidrofílica que provoca que su tiempo de degradación sea menor del plástico. (INEN 2643, 2012)

3.4. Prueba de Hipótesis

3.4.1. Hipótesis 1

Con el uso del almidón de fréjol negro (Phaseolus vulgaris L.), será posible generar un plástico biodegradable con características adecuadas para el uso de envolturas de alimentos

El almidón obtenido procedentes del fréjol negro cumple con las características adecuadas para la formulación de plásticos biodegradables ya que contiene un porcentaje de amilosa y amilopectina óptimas para la elaboración de bioplástico adecuados en el uso de envoltura de alimentos. De igual manera según las propiedades mecánicas que presenta el plástico biodegradable cumplen con el rango establecido por la norma (INEN NTE 2635:2012, 2012) “propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas” se tiene que el bioplástico elaborada de almidón tiene propiedades físicas semejantes a los plásticos convencionales con la diferencia del tiempo de degradación supera los 50 años. De esta manera se puede confirmar la hipótesis general

3.4.2. Hipótesis 2

El método utilizado para la extracción de almidón por vía húmeda será el óptimo

Mediante el factorial 2 de 4 tratamientos con 4 repeticiones en vía húmeda siendo la más adecuada para la extracción de almidón, el mayor rendimiento fue de 26,07 % que se obtuvo en **T3-RPMA60**, según un análisis de Varianza se observó que no existió diferencia significativa entre los tratamientos realizados como se observa en **la Tabla 4-3 y 5-3**.

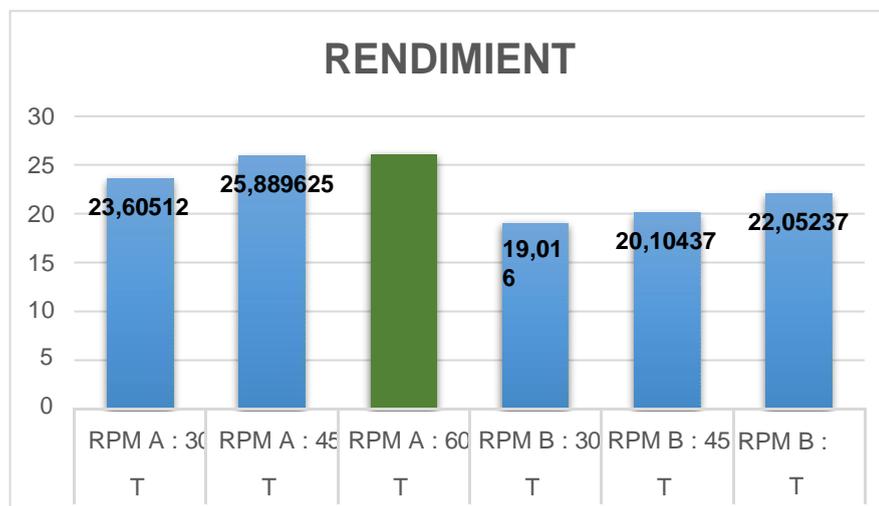


Gráfico 13-3. Rendimiento de bioplástico de fréjol negro

Realizado por: Ichina, Jessica. 2021.

3.4.3. Hipótesis 3

El almidón extraído del fréjol negro será indicado para formar el bioplástico

Para determinar la calidad del almidón de fréjol negro se realizaron las pruebas fisicoquímico según la norma INEN 1456 y la guía FAO, pruebas microbiológicas, fibra, proteína, amilosa, y amilopectina obteniendo resultados favorables debido a que todos los estudios permanecen en los parámetros establecidos datos que se encuentran en la **Tabla 14-3**.

Un factor importante para la elaboración de bioplástico es la cantidad presente de amilosa y amilopectina (21% -79%) respectivamente dentro del almidón de fréjol negro a mayor porcentaje de amilosa menor será la concentración de almidón se utilizará, a mayor concentración de amilopectina mayor será la transparencia de la biopelícula.

3.4.4. Hipótesis 4

La formulación requerirá de plastificantes y solventes para que el plástico biodegradable sea adecuado para el uso de envoltura de alimentos

Las formulaciones requeridas se realizaron según el factorial 2 de 4 tratamientos con 4 repeticiones en la que se utilizaron 2 variables como la concentración de almidón que varían de 1,75 a 2 g y la concentración de plastificante de 0,5 a 0,75 ml. Para el estudio estadístico se utilizó en análisis de varianza datos que se encuentran en la **Tabla17-3** lo que demuestra que no existe diferencias significativas. Los plásticos biodegradables obtenidos fue sometido a pruebas físico químicos según (INNOTEC, 2009) se encuentran dentro de los rangos establecidos, las propiedades mecánicas que presento los 4 tratamientos de bioplásticos cumplen con el rango de (INEN NTE 2635:2012, 2012) siendo así el biopolímero tiene características similares a los plásticos tradicionales datos que se encuentran en la **Tabla 24-3**. El tratamiento **TP2FN** forman bioplásticos resistentes transparentes y flexibles afirmando de esta manera que se cumple con la hipótesis.

3.4.5. Hipótesis 5

El plástico elaborado se degradará con facilidad

El bioplástico elaborado fue sometido a 3 tipos de medios para su degradación tanto en agua, tierra en medio ambiente, se tomaron pesos cada 7 días de los plásticos que se encontraban en el

ambiente y agua por 28 días, para las biopelículas que se encontraban en la tierra se tomaron datos cada 2 días por un periodo de 12 días datos que se encuentran en la tabla **Tablas 25-3, 27-3 y 29-4**. Los bioplásticos que se encontraban en tierra se biodegradaron un 91% de su totalidad en 12 días, los que se encontraban en el medio ambiente se degradaron un 80% y el agua se un 43% de su totalidad en 28 días, contribuyendo de esta manera con la contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

- La extracción de almidón de fréjol negro se realizó por el método húmedo con el diseño factorial 2, el mejor tratamiento fue el **T2** donde se utilizaron 2 variables, la velocidad RPMA (20000 rpm) y el tiempo de trituración de 60 segundos dio resultado un rendimiento de 26,07 respectivamente y por medio del análisis de varianza se determinó que no existen diferencias significativas.
- La caracterización fisicoquímica y microbiológico de almidón de fréjol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) se realizó mediante métodos de ensayo, lo cual se obtuvo resultados satisfactorios para utilizarlo en la elaboración de plástico biodegradable: humedad (12.5 a 13.1%), pH (6,01 a 6,02), ceniza (0,11 a 0,12%), la temperatura de gelatinización (66 a 68°C), solubilidad de (0,56%), amilosa (21,09), amilopectina (78,91), mohos y levaduras (0 UPC /g), coliformes totales (0 UPC /g).
- Las formulaciones ensayadas para la obtención de plástico biodegradable se muestran después de realizar el diseño factorial 2, se realizaron las pruebas correspondientes resultando que el tratamiento **TP2FN** es el adecuado, mismo que dentro de su formulación es 0,5 ml de glicerina, 4 ml de ácido acético, 2 g de almidón de fréjol negro y 30 ml de agua destilada.
- La caracterización de los bioplástico se llevó a cabo a cada uno de los tratamientos, que fueron realizados mediante ensayos, siendo el mejor el tratamiento **TP2FN** dio como resultados :humedad (19.16%) y solubilidad (32,81%) en cuanto es las pruebas de tracción el porcentaje de elongación fue (31,22%), de esfuerzo máximo (5,2 Mpa), finalmente las pruebas de biodegradabilidad fueron realizadas en 3 medios en agua, ambiente y tierra como resultados la biodegradación fue 84,12% en agua, 43,55% en ambiente y 91.3 % en tierra.

RECOMENDACIONES

- Utilizar otros procedimientos para la obtención de almidón para mejorar su rendimiento.
- Para la elaboración de las láminas de plástico biodegradable, es aconsejable añadir los aditivos en la formulación a una temperatura menor a la de gelatinización para que puedan interactuar entre sí y también ayudaría a un fácil moldeo del bioplástico
- Investigar nuevos procedimientos de formulación para mejorar las propiedades de plásticos biodegradables
- Se recomienda tamizar el almidón antes elaborar un bioplástico para que su aspecto sea liso y transparente.
- Tener a disposición moldes adecuados para la elaboración de plásticos biodegradables

BIBLIOGRAFÍA.

ALVAREZ, et al., “*Estudio bibliográfico preliminar para la producción de plásticos biodegradables a partir de harina de yuca*” [en línea]. S.l.: Universidad Católica San Pablo 2019. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16051/1/ALVARES_MAMANI_MAR_BIO.pdf.

ARISTIZÁBAL, et al., Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. [en línea]. Roma: 2007 [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ASTM, D., Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films. [en línea]. 1999 [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://img.nbchao.com/upload/2017/7/1500444045848.pdf>.

AVELLÁN, et al., Almidón De Maíz (*Zea mays L.*) (Obtaining bioplastic from corn starch (*Zea mays L.*)). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios Universidad de Panamá, Panamá* [en línea], vol. 7, nú. (2020) Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/html/>.

BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. 2000 Riobamba, Chimborazo - Ecuador. SE.

BRITO, H; et. al. 2019. Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). [En línea] 25 de Julio de 2019. [Citado el: 15 de enero de 2021.] <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

BRITO, H., 2020. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 981-994. [Consulta: 20 febrero 2021]. ISSN 2477-8818. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza.

CHARIGUAMÁN C., et al., Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis spp.*). [en línea], vol. 2, pp. 18-20. (2015) Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>.

CHARRO, M., *Obtención De Plástico Biodegradable A Partir De Almidón De Patata* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. 2015 [Consulta: 11 febrero 2021].

Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

COMERCIO, E., 4 variedades de fréjol se consumen | El Comercio. [en línea]. 2011 [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/variedades-de-frejol-se-consumen.html>.

El plástico, ¿un problema ambiental? | Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte. [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 14 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogotanitos/biodiversidad/el-plastico-un-problema-ambiental>.

ENRÍQUEZ, et al., 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. [en línea]. Brasil: 2012 [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>.

EUROPEAN BIOPLASTICS, Bioplásticos - European Bioplastics eV. [en línea]. 2020 [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.european-bioplastics.org/bioplastics/>.

FUNIFER, Composición Nutricional de Frijol Negro. [en línea]. 2005. [Consulta: 19 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.composicionnutricional.com/alimentos/FRIJOL-NEGRO-4>.

GARCIA, *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. "OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A* [en línea]. S.l.: s.n. 2015. [Consulta: 3 febrero 2021]. ISBN 978-99961-50-21-0. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.

GRACE, M., *Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.* 1977.FAO. Roma: s.n.

GUAMAN, J., “Obtención De Plásticos Biodegradables A Partir De Almidón De Cascaras De Papa Para Su Aplicación Industrial”. [en línea]. Riobamba-Ecuador: 2019. [Consulta: 9 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.

GUTIÉRREZ et al., “Evaluación Agronómica de 130 cultivares de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la zona de Taura, provincia del Guayas” [en línea]. Guayaquil-Ecuador: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. 2011. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8167/1/TESIS DE FREJOL.pdf>.

GUZMÁN., 2012. *Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de cinco variedades de fréjol: Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro* [en línea]. Quito-Ecuador: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADO. 2011. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5078/T-PUCE-5302.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=vi> Los resultados revelaron que, fibra cruda y aproximadamente 50%25.

HERNÁNDEZ, et al., Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 718. 2008. [Consulta: 8 febrero 2021]. ISSN 0101-2061. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>.

HERRÁEZ, et al., Bioplastico de mango. *Ingenia Materiales* [en línea]. Madrid-España: 2019. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: [http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=142\[5\]](http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=142[5])<http://cienciahoy.org.ar/2014/06/bioplasticos/>[6] <https://www.alamy.es/>.

HIDALGO., El Telégrafo - Lo cotidiano está ligado a los plásticos. *El uso excesivo de los plásticos aumenta la contaminación del ambiente* [en línea]. 2019. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/plasticos-contaminacion-ecuador>.

INEN., Reactivos Para Análisis. Almidón Soluble (Para Iodometría). Metodos De Ensayo. [en línea]. Quito-Ecuador: 2012. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

INEN 2043, N., Plásticos. Método De Ensayo Para La Determinación De Las Propiedades De Tensión. [en línea]. Quito-Ecuador: 2013. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>.

INEN 2635, N., Método De Ensayo Para Las Propiedades De Tracción De Láminas Plásticas Delgadas. [en línea]. Quito-Ecuador: 2012. [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en:

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

INEN 2643, N., Especificación Para Plásticos Compostables. [en línea]. Quito-Ecuador: 2012. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>.

INEN NTE 2635, Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

INNOTEC, Revista anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay Swiss Association for Quality and Management Systems ISO 9001:2000 NRO. 15367 International Certification Network. *INNOTEC* [en línea], vol. 4. (2009) [Consulta: 12 febrero 2021]. ISSN 1510-6593. Disponible en: www.latu.org.uy.

MORCILLO, et al., BIOPLÁSTICO A BASE DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO. *Biological Conservation* [en línea], vol. 11, (2015) no. 1, pp. 59-66. ISSN 00063207. DOI 10.1016/0006-3207(77)90028-3. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/339>.

MANJON, N., PLÁSTICOS BIODEGRADABLES: Qué son y Tipos. *Ecología verde* [en línea]. 2019. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/plasticos-biodegradables-que-son-y-tipos-1986.html>.

MARDONES, L., Laboratorio: Medida de viscosidad. *Química Aplicada* [en línea], 2014. [Consulta: 8 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/iec/LABviscosidad.pdf>.

MINISTERIOS DE AGUA Y AMBIENTE, Ecuador y ONU Medio Ambiente lanzan un llamado para terminar con la contaminación por plásticos – Ministerio del Ambiente y Agua. [en línea], 2018. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-onu-medio-ambiente-lanzan-llamado-terminar-la-contaminacion-plasticos/>.

MIRANDA, et al., Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente Functional Characterization of Bean Zaragoza Starch (Phaseolus Lunatus L.) and Quantification of the Resistant Starch. [en línea]. Cartagena-Colombia: 2013 [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n30/n30a02.pdf>.

NACIONALES, Frijoles Negros, propiedades y distribución de su producción a nivel mundial. *Nota INTA* [en línea], 2014. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:24123-frijoles-negros-propiedades-y-distribucion-de-su-produccion-a-nivel-mundial>.

NEGOCIOS, Residuos: Una oportunidad en la industria del empaque. [en línea], 2011. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <https://tuinterfaz.mx/articulos/1/4/residuos-una-oportunidad-en-la-industria-del-empaque/>.

NTE INEN 2642, Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2006. pp. 21. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>.

OCHOA et al., Bioplástico. *Observatorio Industrial del sector químico* [en línea], 2007 Disponible en: <file:///C:/Users/dell/Downloads/BIOPOLMEROSENPLSTICOS-ActividadesObservatorioQuimico2007FEDIT.pdf>.

PARRA, J., «Obtención De Biofilm A Partir Del Almidón De Zanahoria Blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) Y De Camote (*Ipomoea Batatas*) Como Alternativa Al Uso De Material Plástico Derivado De Petróleo» [en línea]. Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. 2019. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>.

PÉREZ, E., Bioaccesibilidad de compuestos antioxidantes de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México, mediante un sistema gastrointestinal in vitro. [en línea]. Chihuahua- México: 2020. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: <http://biotecnia.unison.mx>.

PIZÁ, et al., Análisis Experimental De La Elaboración De Bioplástico a Partir De La Cáscara De Plátano Para El Diseño De Una Línea De Producción Alterna Para Las Chifleras De Piura, Perú. *Pirhua* [en línea], 2017. pp. 1-106. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

RIERA, et al., Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. [en línea]. Manabí-Ecuador: 2018. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: www.saber.ula.ve/avancesenquimicaAvancesenQuímica,13.

ROJAS, K., La contaminación por plástico. *El financiero* [en línea]. (2018) Disponible en: <https://www.elfinancierocr.com/tecnologia/la-conta>.

ROJAS et al., Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de almidón de frijol modificado hidrotérmicamente. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], 2017. vol. 2, pp. 77-83. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/1/13.pdf>.

RUIZ., Pólimeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. *Eafit* [en línea], (2012) pp. 97. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.

SÁNCHEZ, K., “Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia, 2017”. [en línea]. LIMA – PERÚ: 2017. [Consulta: 4 febrero 2021]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12651/Sanchez_HKR.pdf?sequence=4.

SATALOFF, et al., GELATINIZACION. [en línea], (2016.) pp. 70. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Gelatinizacionyretrogradacion_25483.pdf.

SMITH, *Characterization and analysis of starches. In Whistler, R.L. & Paschall, E. Starch: Chemistry and Technology.* Volumen II. 1967. Industrial Aspects. New York: s.n.

TORRES et al., Caracterización De La Producción De Frijol En La Provincia De Cotopaxi Ecuador: Caso Comuna Panyatug Characterization Of Production Of Bean In Ecuador Cotopaxi Province: Case Commune Panyatug. *Ciencia y Tecnología* [en línea], vol. 6(1), pp. 24. 2013. [Consulta: 4 febrero 2021]. ISSN 1390-4043. Disponible en: https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_V6_N1_4Caract_produccion_frijol,Comuna_Panyatug.pdf.

VILLADA et al., *Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón.* 2013. S.l.: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 59-68



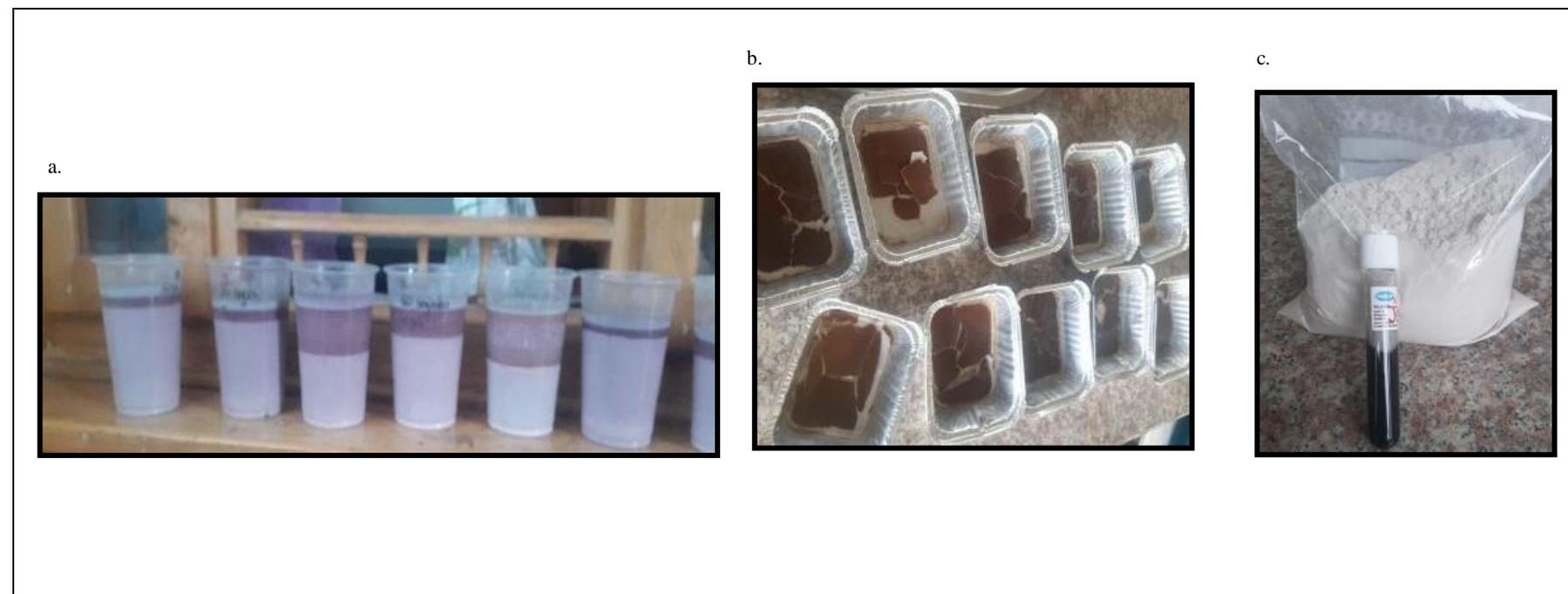
Firmado electrónicamente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS**

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

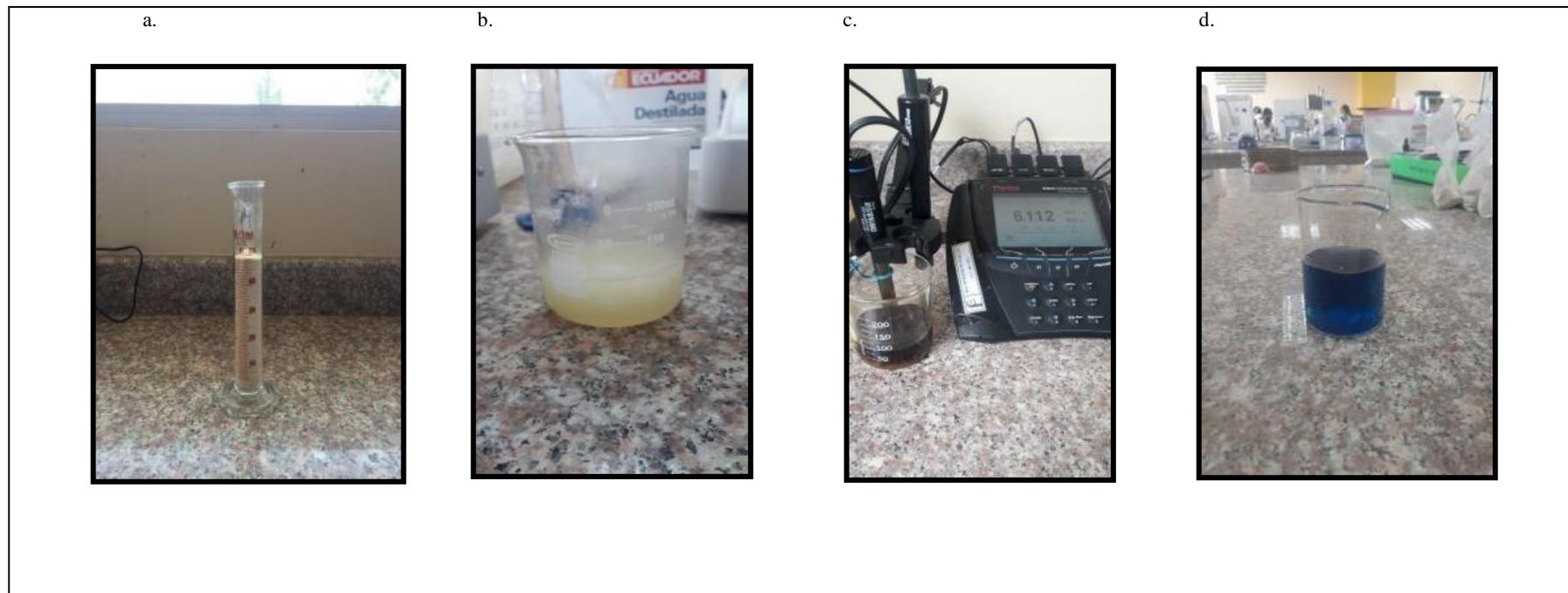
<p>a.</p> 	<p>b.</p> 	<p>c.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>	<p> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p>Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche</p>	<p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)</p>		
<p> a. Materia prima triturada b. Licuado de fréjol negro remojado c. Filtrado de fréjol negro </p>			<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/03/5</p>

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)		
a. Sedimentado de frejol negro b. Secado c. Almidón de frejol negro	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p align="center"> Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche </p>	CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)		
a. Determinación de la densidad aparente b. Determinaciones la Temperatura de gelatinización c. pH d. Determinación de sensibilidad de almidón	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

<p>a.</p> 	<p>b.</p> 	<p>c.</p> 	<p>d.</p> 		
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).</p>		
<p>a. Determinación de humedad y Ceniza</p>	<p> Aprobado Preliminar</p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS</p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
<p>b. Viscosidad</p>	<p> Certificado Por aprobar</p>	<p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/03/5</p>
<p>c. Determinación de solubilidad</p>	<p> Información Por calificar</p>	<p>Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche</p>			
<p>d. Prueba de tamaño del granulo</p>					

ANEXO E: ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ELBAROACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Materiales y concentraciones para la elaboración de bioplástico b. Agitación de formulación c. Solución en cajas petric d. Plástico biodegradable seco	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO F: ELABORACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

a.



b.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ELBAROACIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Formulaciones en moldes grandes b. Plástico biodegradable	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

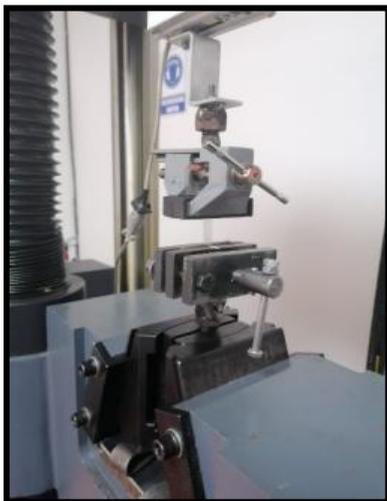
ANEXO G: ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLE



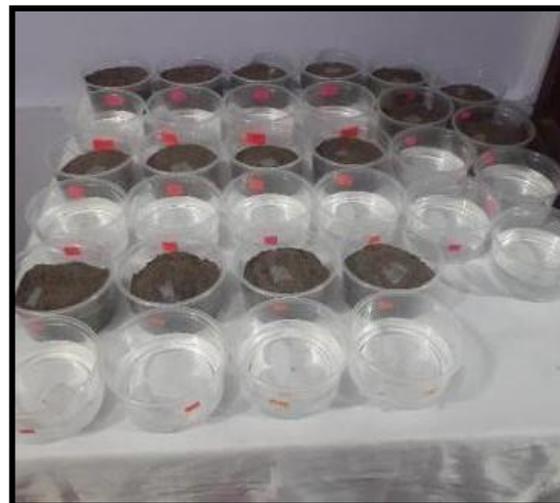
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Determinación de solubilidad de bioplástico b. Prueba de humedad de bioplástico c. Prueba de permeabilidad de plástico biodegradable	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO H: ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLE

a.



b.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Pruebas mecánicas de plástico biodegradable b. Biodegradabilidad en medios de Tierra, agua y ambiente	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO I: PRUEBA DE AMILOSA

a.

MAC-LSAIA 2001-03



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1, Cutugaguá Tfs. 2610691-3007134, Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-043

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Jessica Natalia Ichina DIRECCIÓN: Ambato FECHA DE EMISIÓN: 12/02/2021 FECHA DE ANÁLISIS: Del 1 al 11 de febrero de 2021	INSTITUCIÓN: Particular ATENCIÓN: Srta. Jessica Natalia Ichina FECHA DE RECEPCIÓN: 01/02/2021 HORA DE RECEPCIÓN: 15H10 ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa
---	--

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA TM	IDENTIFICACIÓN		
MÉTODO	MO-LSAIA-01 01	MO-LSAIA-04			
METODO REF.	U. FLORIDA 1970				
UNIDAD	%	%			
21-0274	13.75	21.09			Almidón de trébol negro

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


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO


RESPONSABLES DEL INFORME


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, dirigida 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.

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Prueba de amilosa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	1	1:1

ANEXO J: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO, FIBRA Y PROTEÍNA DE ALMIDÓN DE FRÉJOL NEGRO

a.

SAQMIC
 Contactos: 0998580374- 032924417
 Av.11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba- Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS
 Fecha: 10 de marzo del 2021
 Análisis solicitado por: Sra. Jessica Ichina
 Tipo de muestras: Almidón de Fréjol Negro
 Procedencia de la muestra: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	Método de análisis	Resultados
Fibra	%	Gravimétrico	0,21
Proteína	%	Micro-Kjeldahl	0,78
Coliformes Totales	UFC/100ml	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/100ml	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/100ml	Siembra en masa	10

Observaciones
 Ateritamente

SaQMIC
 Servicio de Análisis Químico y Microbiológico
 Dra. Gina Álvarez R.
 Tel: 2 924 322 71 - 0998580374

Dra. Gina Álvarez R.
 RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
a. Análisis microbiológico, fibra y proteína de almidón de fréjol negro	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/03/5

ANEXO K: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 1.

a.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
SOLICITADO POR:	Nº 01 Jessica Natalia Ichina Muquinche
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO (Phaseolus Vulgaris L) PARA ENVOLUTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	INTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	22-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNNF-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T - 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.08
ANCHURA [mm]	9.36
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.75
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.639.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.76
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.35
CARGA MAXIMA [N]	2.34
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.13
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	22.65
OBSERVACIONES:	


 Recibido en: 22/ene/21
 Ing. Arifaj Vitar B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Aprobado por:

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Ensayo de tracción T1	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	1	1:1	2021/03/5

ANEXO L: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 2.

a.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG-18 - 1
SOLICITADO POR:	Jessica Natalia Ichina Muquinche
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO (Phaseolus Vulgaris L) PARA ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635/012
FECHA DE ENSAYO:	22-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006; COD IDENT: MZ
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.06
ANCHURA [mm]	10.21
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm ²]	0.61
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.379.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.39
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.90
CARGA MÁXIMA [N]	3.19
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	5.20
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN [%]	31.22
OBSERVACIONES:	

Aprobado por: 
LENMAY
 LABORATORIO DE MATERIALES
 Facultad de Ingeniería
 Ing. Arribat Virián B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Ensayo de tracción T2	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	1	1:1	2021/03/5

ANEXO M: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 3.

a.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
SOLICITADO POR:	Nº 03 Jessica Natalia Ichina Muquinche
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO (Phaseolus Vulgatis L) PARA ENVOLUTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	22-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM4-F-201650006- COD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T - 3
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.07
ANCHURA [mm]	10.17
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm ²]	0.71
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9.185 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.03
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.45
CARGA MAXIMA [N]	1.15
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.61
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	20.16
OBSERVACIONES:	
 Aprobado por:  Ing. Anibal Vírban B. M. Sc. GERENTE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES	

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Ensayo de tracción T3	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	1	1:1	2021/03/5

ANEXO N: INFORME DE ENSAYO DE TRACCIÓN PARA TRATAMIENTO 4.

a.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAJO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
SOLICITADO POR:	Jessica Natalia Ichina Muquinche
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO (Phaseolus Vulgaris L) PARA ENVOLUTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - ALMIDÓN DE FREJOL NEGRO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	22-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T - 4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.06
ANCHURA [mm]	10.28
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.62
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.396.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.42
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.30
CARGA MAXIMA [N]	2.23
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.61
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	28.07
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Vianán B. M.Sc.
SERENTE DEL LABORATORIO
ENSAJO DE MATERIALES

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PARA EL PLÁSTICO BIODEGRADABLES		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Ensayo de tracción T4	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Jessica Natalia Ichina Muquinche	1	1:1	2021/03/5



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 25/ 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: JESSICA NATALIA ICHINA MUQUINCHE

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: CIENCIAS

Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA

Título a optar: INGENIERA QUÍMICA

f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.



Firmado electrónicamente por:
**JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS**



25-10-2021
1253-DBRA-UTP-2021