



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO (*Phaseolus vulgaris L.*) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: YOLANDA CAROLINA RUIZ TAPIA

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Yolanda Carolina Ruiz Tapia

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, Yolanda Carolina Ruiz Tapia, 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 autor 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 de 2021

**YOLANDA
CAROLINA
RUIZ TAPIA** Firmado
digitalmente por
YOLANDA CAROLINA
RUIZ TAPIA
Fecha: 2021.10.12
10:30:10 -05'00'

Yolanda Carolina Ruiz Tapia

060427193-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO (*Phaseolus vulgaris L.*) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS**”, realizado por la señorita: **YOLANDA CAROLINA RUIZ TAPIA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores Mgs.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**VIOLETA
MARICELA DALGO
FLORES**

16/09/2021

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MsC.
**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**



Firmado electrónicamente por:
**MARCO RAUL
CHUIZA**

16/09/2021

Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



16/09/2021

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado para mi madre y hermanos, ya que son el pilar fundamental en mi vida, quienes con su apoyo me ayudaron a no rendirme en el transcurso de mi carrera, gracias por brindarme toda su confianza y esfuerzo, este logro es por y para ustedes. Les amo.

Carolina

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFENCIAL.....	2
1.1 Identificación del Problema.....	2
1.2 Justificación de la Investigación	3
1.3 Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1 <i>General</i>	3
1.3.2 <i>Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO	4
2.1 Antecedentes de la Investigación	4
2.2 Marco Conceptual o Glosario.....	5
2.2.1 <i>Frejol Canario (Phaseolus vulgaris L.)</i>	5
2.2.1.1 <i>Generalidades</i>	5
2.2.1.2 <i>Taxonomía</i>	7
2.2.1.3 <i>Composición química</i>	7
2.2.2 <i>Bioplásticos</i>	7

2.2.2.1	<i>Métodos de producción de bioplásticos</i>	8
2.2.2.2	<i>Bioplásticos por extracción directa de biomasa</i>	8
2.2.2.3	<i>Almidón</i>	8
2.2.2.4	<i>Gelatinización</i>	9
2.2.2.5	<i>Plastificante</i>	9
2.2.2.6	<i>Glicerina</i>	10
2.2.2.7	<i>Agua destilada</i>	10
2.2.2.8	<i>Ácido acético</i>	10
2.2.2.9	<i>Biodegradabilidad</i>	11
2.3	Planteamiento de las Hipótesis	11
2.3.1	<i>General</i>	11
2.3.2	<i>Específicos</i>	11
2.4	Identificación de Variables	12
2.5	Operacionalización de Variables	13
2.6	Matriz de Consistencia	14
2.7	Tipo y Diseño de Investigación	16
2.7.1	<i>Tipo de Investigación</i>	16
2.7.2	<i>Diseño de la Investigación</i>	16
2.8	Unidad de Análisis	16
2.9	Población de Estudio	16
2.10	Tamaño de Muestra	17
2.11	Selección de Muestra	17
2.12	Técnicas de Recolección de Datos	17
2.12.1	<i>Obtención del almidón</i>	17
2.12.1.1	<i>Técnica de extracción del almidón de fréjol canario</i>	19
2.12.1.2	<i>Técnica para la caracterización del almidón extraído</i>	20
2.12.2	<i>Obtención del Bioplástico</i>	26

2.12.2.1	<i>Técnica para la obtención del bioplástico</i>	27
2.12.2.2	<i>Técnica para la caracterización del bioplástico</i>	29
CAPÍTULO III		
3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1	Datos obtenidos de los ensayos realizados para el fréjol canario	33
3.1.1	<i>Resultados obtenidos del proceso de extracción de almidón</i>	34
3.1.2	<i>Resultados de la caracterización del almidón de fréjol canario</i>	36
3.1.2.1	<i>Contenido de humedad y materia seca</i>	36
3.1.2.2	<i>Contenido de ceniza</i>	37
3.1.2.3	<i>Densidad aparente</i>	37
3.1.2.4	<i>Solubilidad</i>	37
3.1.2.5	<i>pH</i>	38
3.1.2.6	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	38
3.1.2.7	<i>Granulometría</i>	38
3.1.2.8	<i>Amilosa y amilopectina</i>	39
3.1.3	Requisitos para análisis de almidón	39
3.2	Resultados obtenidos del proceso de elaboración del bioplástico	40
3.2.1	<i>Análisis sensorial del bioplástico</i>	42
3.2.2	<i>Cálculos realizados a los ensayos de bioplástico de fréjol canario</i>	42
3.2.2.1	<i>Cálculo de humedad</i>	42
3.2.2.2	<i>Cálculo de solubilidad en agua</i>	43
3.2.2.3	<i>Cálculo de permeabilidad al vapor de agua</i>	43
3.2.2.4	<i>Cálculo de la biodegradabilidad</i>	43
3.2.3	<i>Resultados de la caracterización del bioplástico</i>	44
3.2.3.1	<i>Espesor</i>	44
3.2.3.2	<i>Humedad</i>	46
3.2.3.3	<i>Solubilidad en agua</i>	47

3.2.3.4	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	48
3.2.3.5	<i>Ensayo de tracción</i>	49
3.2.3.6	<i>Biodegradabilidad</i>	50
3.3	Prueba de Hipótesis	55
3.3.1	<i>Hipótesis 1</i>	55
3.3.2	<i>Hipótesis 2</i>	56
3.3.3	<i>Hipótesis 3</i>	56
3.3.4	<i>Hipótesis 4</i>	56
3.4	Discusión	57
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía del fréjol canario (<i>Phaseolus vulgaris L</i>).....	7
Tabla 2-2:	Composición química del fréjol canario (<i>Phaseolus vulgaris L</i>)	7
Tabla 3-2:	Variables dependientes e independientes del proceso	12
Tabla 4-2:	Operacionalización de Variables.....	13
Tabla 5-2:	Matriz de Consistencia.....	14
Tabla 6-2:	Diseño experimental aplicando el diseño factorial 2^k para la obtención del almidón.	18
Tabla 7-2:	Técnica de extracción del almidón de Fréjol Canario	19
Tabla 8-2:	Técnicas de ensayo para la caracterización del almidón de fréjol canario.....	20
Tabla 9-2:	Diseño experimental aplicando el diseño factorial 2^k para la obtención del bioplástico	27
Tabla 10-2:	Determinación de variables y constantes para la elaboración del bioplástico.....	27
Tabla 11-2:	Técnica para la obtención del bioplástico	27
Tabla 12-2:	Técnica de ensayo para la caracterización del bioplástico	29
Tabla 1-3:	Datos del análisis cualitativo del fréjol canario	33
Tabla 2-3:	Características organolépticas del fréjol canario	33
Tabla 3-3:	Características organolépticas del almidón de fréjol canario	33
Tabla 4-3:	Variables para la extracción de almidón de fréjol canario	34
Tabla 5-3:	Resultados obtenidos del rendimiento de extracción por el diseño factorial 2^k	35
Tabla 6-3:	Análisis de varianza ANOVA del rendimiento obtenido del fréjol canario	36
Tabla 7-3:	Resultados de humedad y materia seca	36
Tabla 8-3:	Resultados de ceniza	37
Tabla 9-3:	Resultados de densidad aparente.....	37
Tabla 10-3:	Resultados de solubilidad.....	37
Tabla 11-3:	Resultados de pH	38

Tabla 12-3: Resultados de la temperatura de gelatinización.....	38
Tabla 13-3: Resultados de granulometría.....	38
Tabla 14-3: Resultados de porcentaje de amilosa y amilopectina.....	39
Tabla 15-3: Requisitos físico, químico y microbiológico.....	39
Tabla 16-3: Concentraciones de las variables y constantes para la elaboración del bioplástico.....	40
Tabla 17-3: Resultados obtenidos de la elaboración del bioplástico por el diseño factorial 2^k	41
Tabla 18-3: Análisis sensorial de los bioplásticos.....	42
Tabla 19-3: Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos.....	45
Tabla 20-3: Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos.....	46
Tabla 21-3: Resultados del ensayo de solubilidad en agua de los bioplásticos.....	47
Tabla 22-3: Datos del ensayo de permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos.....	48
Tabla 23-3: Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos.....	49
Tabla 24-3: Resultados del ensayo de tracción de los bioplásticos.....	49
Tabla 25-3: Resultados de la biodegradabilidad en agua de los bioplásticos.....	51
Tabla 26-3: Resultados de la biodegradabilidad en aire de los bioplásticos.....	52
Tabla 27-3: Resultados de la biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Fréjol canario.....	6
Figura 2-2.	Diseño factorial 2^k para la obtención del almidón de fréjol canario.....	18
Figura 3-2.	Diagrama de flujo para la obtención de almidón de fréjol canario.....	20
Figura 4-2.	Diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico	26
Figura 5-2.	Diagrama de flujo para la obtención del bioplástico.....	28
Figura 6-2:	Probeta tipo A	31
Figura 1-3:	Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos T1	52
Figura 2-3:	Biodegradabilidad en aire de los bioplásticos T1.....	53
Figura 3-3:	Biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos T1	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-3.	Espesor de los bioplásticos.....	45
Gráfica 2-3.	Humedad de los bioplásticos.....	46
Gráfica 3-3.	Solubilidad de los bioplásticos	47
Gráfica 4-3.	Permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos.....	49
Gráfica 5-3.	Módulo de elasticidad	50
Gráfica 6-3.	Elongación	50
Gráfica 7-3.	Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos	51
Gráfica 8-3.	Biodegradabilidad en aire de los bioplásticos.....	53
Gráfica 9-3.	Biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos	54
Gráfica 10-3.	Rendimiento de la extracción del almidón de fréjol canario	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO F: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO

ANEXO I: PRUEBA DE AMILOSA

ANEXO J: ENSAYO DE TRACCIÓN T1

ANEXO K: ENSAYO DE TRACCIÓN T2

ANEXO L: ENSAYO DE TRACCIÓN T3

ANEXO M: ENSAYO DE TRACCIÓN T4

ANEXO N: ANÁLISIS DE FIBRA, PROTEÍNA Y MICROBIOLÓGICO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C.A:	Concentración de almidón
C.G:	Concentración de glicerina
P:	Promedio
R:	Repetición
RPM:	Revoluciones por minuto
RPM A:	Revoluciones por minuto alta
RPM B:	Revoluciones por minuto baja
T:	Tratamiento
t:	Tiempo
v:	Velocidad
WVP:	Permeabilidad al vapor de agua

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo investigativo fue obtener bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) para el uso en envolturas de alimentos. En un inicio se realizó la extracción del almidón de fréjol canario por el método húmedo mediante el diseño factorial 2^k , utilizando como variables la velocidad (alta y baja) y el tiempo (45 y 60 segundos), realizándose 4 tratamientos con 4 repeticiones cada una, se obtuvo que el mejor es el tratamiento dos (T2), con la velocidad alta y 60 segundos con un rendimiento de almidón del (26,52%). Posteriormente se realizó la caracterización físico, químico y microbiológico del almidón, por lo que los resultados derivados fueron favorables, donde se pudo decir que el almidón cumple con los parámetros necesarios para ser materia prima de bioplástico. En la elaboración de bioplástico, de igual manera se utilizó el diseño factorial 2^k , siendo el mejor el tratamiento cuatro (T4), para su formulación se realizó con la concentración de almidón (1,75 g) y la concentración de glicerina (0,50 mL), con sus constantes siendo el agua (30 mL) y el ácido acético (3 mL). Consecutivamente se realizó la caracterización físico, químico y mecánico, se analizó y comparó los resultados bibliográficamente, siendo el T4 que alcanzó las mejores características para ser utilizadas como envolturas y ayudando a la conservación de alimentos. Finalmente se ejecutó la degradación de los bioplásticos en agua, aire y tierra durante 28 días, donde se observó un mayor porcentaje de degradación en el tratamiento tres (T3), en agua el (83,33%), en aire el (36,08%) y en suelo el (100%). Se logró comprobar que los bioplásticos al venir de fuentes renovables son amigables con el medio ambiente, posee la misma utilidad y apariencia que los plásticos convencionales.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <FRÉJOL CANARIO (*Phaseolus vulgaris L.*)>, <ALMIDÓN>, <RENDIMIENTO>, <BIOPLÁSTICO>, <CARACTERIZACIÓN>.



Firmado electrónicamente por:
JHONATAN RODRIGO
PARREÑO UQUILLAS



08-04-2021

0900-DBRAI-UTP-2021

SUMMARY

The objective of this research was to obtain bioplastic from canary bean starch (*Phaseolus vulgaris* L.) to be used as food wrappers. In the beginning, the extraction of canary bean starch was carried out using the wet method through the 2k factorial design, using variables such as speed (high and low) and time (45 and 60 seconds), performing 4 treatments with 4 repetitions each, the best is treatment two (T2), with high speed and 60 seconds with a starch yield of (26.52%). Subsequently, the physical, chemical, and microbiological characterization of the starch was carried out, so the derived results were favourable, where it could be said that the starch meets the necessary parameters to be a bioplastic raw material. 2k factorial design was also used in the preparation of bioplastic, the result was treatment four (T4), for its formulation, the concentration of starch (1.75 g) and the concentration of glycerine (0.50 mL) were used, being water (30 mL) and acetic acid (3 mL), with the following constants, water (30 mL) and acetic acid (3 mL). Consecutively, the physical, chemical and mechanical characterization was carried out, the results were analysed and compared with the literature, T4 achieved the best characteristics to be used as wraps to better preserve food. Finally, the degradation of bioplastics in water, air and land was carried out for 28 days, where a higher percentage of degradation was observed in treatment three (T3), in water (83.33%), in the air (36.08%), and soil (100%). It was possible to verify that bioplastics from renewable sources are friendly to the environment, have the same utility and appearance as conventional plastics.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <CANARY BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.)>, <STARCH>, <PERFORMANCE>, <BIOPLASTIC>, <CHARACTERIZATION>.

ANGEL
PAUL
OBREGON
MAYORGA
A

Digitally signed
by ANGEL PAUL
OBREGON
MAYORGA
Date:
2021.12.09
08:55:00 -05'00'

INTRODUCCIÓN

La creciente dependencia del uso de los plásticos en los seres humanos provoca muchos impactos negativos ya que los plásticos no se degradan con facilidad y perduran años en el medio ambiente convirtiéndose una amenaza para el medio ambiente, causando acumulación de desechos plásticos en vertederos, además para la elaboración se requiere de mucha energía (Shafqat et al.,2020).

En Ecuador se producen más de 260.000 toneladas de plástico desechable, datos por la INEC en el 2018 indica que la basura arrojada diariamente es de 12.739,01 de esta cantidad el 11,43% era plástico, totalizando 531.461 toneladas al año (INEC, 2018).

Se han realizado investigaciones para el uso alternativo a estos materiales derivados del petróleo como son los bioplásticos siendo una alternativa ecológica, este material biodegradable se obtiene a partir de recursos renovables como puede ser de origen animal, vegetal o recursos fósiles, dichos plásticos contiene características similares a los plásticos convencionales (Santos, 2019).

El aumento de la producción de bioplásticos se atribuye a sus crecientes aplicaciones, desde envases hasta la fabricación de juguetes, alfombras y componentes electrónicos. Los bioplásticos se han convertido en una alternativa sostenible y su presencia en diversos campos industriales seguirá aumentando (Labeaga, 2018).

Los plásticos biodegradables se han elaborado a partir de polímeros orgánicos de la biomasa como es el almidón, mayor fuente de hidratos de carbono y el polisacárido de almacenamientos que contienen las plantas. Las principales fuentes de almidón que podemos mencionar son: la papa, trigo, arroz, cebada, avena y soya (Villaruel et al., 2018). Estos polímeros biodegradables pueden ser degradados completamente por el ambiente interviniendo microorganismos como son los hongos y las bacterias, así reduciendo el impacto ambiental (Rodríguez, 2012).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFENCIAL

1.1 Identificación del Problema

Con el paso del tiempo, el uso del plástico se ha vuelto cada vez más común debido a su versatilidad, lo que hace que se pueda encontrar en diferentes aplicaciones para envases, en ingredientes cosméticos, prendas de vestir, materiales de construcción y usos diversos, por lo que se convierte en un producto de uso diario. Por eso, en la última década, la producción de plástico ha superado toda la historia de la humanidad (Greenpeace, 2020).

En 2018, La producción mundial de plástico fue de 359 millones de toneladas, que es similar al peso aproximado de los habitantes del mundo. Según la ONU si las cifras continúan así, habrá más plástico que peces en el océano para 2050 (National Geographic, 2020). Según Aseplas, el consumo de plástico en Ecuador es menor que el de otros países. En Europa, el consumo promedio es de 140 kilos per cápita por año, en América Latina la cifra está entre 40 y 50 kilos. En Ecuador, el consumo promedio es de 20 kilos per cápita por año (Revista Líderes, 2018).

No obstante, el problema nace cuando una vez usado por el momento ya no lo deseamos, esto pasa más que nada con el plástico de embalar y envasar, el 42% de los plásticos del mundo se usan para alimentos y productos manufacturados. En otras palabras, los plásticos desechables apenas pasan unos minutos en manos de los consumidores (National Geographic, 2020). Esto se debe a que es fácil de usar y económico de fabricar además de durar un largo tiempo provoca que se deshaga de este material con mayor facilidad (Barbarin, 2007).

Los plásticos compuestos por polímeros de origen petroquímico dificultan su degradación, lo que plantea desafíos ecológicos para todo el planeta (National Geographic, 2020). Su larga existencia provoca que perdure mucho tiempo en el medio ambiente, lo que puede originar grandes daños, debido a que no se puede descomponer y requiere de rayos ultravioleta de alta intensidad para terminar con él (Barbarin, 2007).

1.2 Justificación de la Investigación

A nivel mundial se ha visto en la búsqueda de alternativas al uso del plástico derivado del petróleo como son los bioplásticos, por lo que en esta investigación se pretende obtener un bioplástico a partir del almidón de fréjol canario, que es un recurso renovable que no genera daños al medio ambiente.

Las plantas que se producen en la tierra contienen almidón, existe de varios tipos, que son muy útiles para obtener polímeros biodegradables para producir una variedad de productos amigables con el medio ambiente, en este caso el uso de polímeros biodegradables obtenidos a partir del almidón es fundamental por la gran variedad que existe en la tierra y es fácilmente biodegradable (Meneses et al., 2007). Lo que es relevante el estudio para obtener bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) para el uso en envolturas de alimentos. El siguiente proyecto se ejecutará 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

- Obtener bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) para el uso en envolturas de alimentos.

1.3.2 Específicos

- Extraer el almidón del fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*)
- Caracterizar el almidón de fréjol canario.
- Determinar la concentración óptima de la mezcla para la elaboración del bioplástico.
- Caracterizar los parámetros físicos, químicos y mecánicos del bioplástico.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Hoy en día, la liberación inadecuada de residuos plásticos es uno de los principales problemas ambientales y sociales, la resolución a estos problemas representa un gran desafío a escala mundial ya que los desechos plásticos son resistentes a la degradación y representa una amenaza a largo plazo. Lo que se han desarrollado materiales biodegradables para reemplazar los plásticos tradicionales lo que sería una posible solución a corto y medio plazo (Magni et al., 2020). En teoría, los plásticos biodegradables pueden acortar la vida útil de los plásticos y reducir la presión ambiental.

Los siguientes estudios de producción de polímeros biodegradables se consideran contribuyentes a este tema de investigación:

La investigación “Formación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente” se planteó como objetivo obtener un bioplástico ecológico que reemplace el uso de polímeros de origen sintético, reduciendo así su impacto ambiental. Por ello, se utilizó almidón a partir de papa de regazo y como fuente de mucílago, nopal y sábila. Mediante el uso del método oficial de la AOAC para analizar las propiedades físicas y químicas, determinaron la pureza del material y utilizaron glicerina como plastificante. Con diferentes concentraciones se hicieron películas de 3mm de espesor y 100 mm de largo lo cual establecieron el diseño experimental (DOE) 2⁵, dos niveles y cinco factores independientes, como variables se evaluó: olor, apariencia, moldeo y resistencia dando como resultado del total, solo 6 tratamientos lograron un 18.75% de resistencia y moldeo. Concluyeron que el bioplástico tiende a romperse debido a la cantidad elevada de almidón por su propia característica de amilosa y amilopectina, por lo que se necesita agregar más plastificante (Moreno et al., 2017).

Otro estudio “Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico” se propone realizar un estudio para la obtención de bioplástico a partir de almidón de papa, aprovechando la papa de cuarta categoría y buscar nuevos sustitutos físicos y químicos como una temperatura de mg/L. El bioplástico obtenido presenta características de 25.35 MPa de resistencia y

0.17 mm de calibre. Concluyeron que el almidón de papa richi tiene un alto potencial para la producción de bioplástico dando las mejores propiedades mecánicas en él mismo (Acosta et al., 2018).

La investigación “Obtención de productos alternativos y eco amigables a partir de almidón y harina de arroz.” propone crear una forma alternativa de obtener plástico a partir de almidón de arroz y otros productos del mismo. Los bioplásticos se producen a partir de: almidón extraído de granos de arroz, vinagre que actúa como acelerador, glicerina y alginato como plastificante. Este bioplástico tiene una gran resistencia para embolsar residuos orgánicos. Debido a su origen natural, el producto es fácil de fabricar y el costo del reactivo es bajo (Aguilera et al., 2018).

Estudio realizado en Ecuador “Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero” obtener almidón a partir de cáscaras de banano para su modificación y producción de bioplástico. A partir de dos métodos dando como resultado un rendimiento en método húmedo de 22.30% y en método seco de 42.33%, mediante la reacción de acetilación con ayuda de espectroscopia infrarroja IR y con su continua dosificación de un polímero termoplástico de policaprolactona. Usaron glicerina como plastificante y ácido acético (Cárdenas, 2018).

En la investigación “Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*)” se realizó plástico biodegradable a partir de la extracción de almidón de maíz, usando glicerol y ácido acético, obteniendo un rendimiento bajo a comparación a otros estudios realizados con un 5,72% y de biodegradabilidad de 89,40% en un lapso de 42 días, con un resultado favorable respecto a las normativas internacionales para dichos materiales (Avellán et al., 2020).

Todos estos antecedentes nos permiten tener una guía para la obtención de bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) para el uso en envolturas de alimentos, enfocándonos en las mejores técnicas y metodologías para así lograr los resultados deseados.

2.2 Marco Conceptual o Glosario

2.2.1 Frejol Canario (*Phaseolus vulgaris L.*)

2.2.1.1 Generalidades



Figura 1-2. Fréjol canario.
Realizado por: Ruiz Tapia, Y.2021

El fréjol es una leguminosa nativa de Mesoamérica y Sudamérica y muchas de sus especies se cultivan y es consumido en todo el mundo. En los países de habla hispana a estas semillas se les nombra de varias maneras como: caraota, fréjol, frijol, habichuela, judía o poroto (Perú Alimentos, 2017). El cultivo de este grano de la especie *Phaseolus* que “incluye alrededor de 55 especies de plantas anuales y semiperennes en las regiones templadas de los dos hemisferios, siendo difícil fijar el número definitivo de especies” (Guzmán, 2012, pp. 6-8).

El fréjol tipo voluble se cultiva entre 2200 y 2800 m.s.n.m. en la Sierra a distinto nivel y textura de suelo con un pH levemente ácido a una temperatura entre 20°C y 8°C. La mayor superficie relevante se localiza en zonas donde las precipitaciones varían entre 600 y 900 mm durante el periodo de cultivo, donde el riesgo climático es alto que puede producirse heladas, granizo, sequía o lluvias excesivas (Guzmán, 2012, pp.6-8).

El fréjol canario contiene un alto contenido de hidratos de carbono, que son los principales componentes de las leguminosas que varía entre el 55% al 65%, con el mayor contenido de almidón, el cual se utiliza para varias aplicaciones, como en la industria de alimentos principalmente para dar textura y consistencia y otras aplicaciones industriales que incluye la caracterización fisicoquímica como lo es la gelatinización, retrogradación solubilidad, poder de hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico (Rojas et al., 2017, pp.77-79).

2.2.1.2 Taxonomía

Tabla 1-2: Taxonomía del fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L*)

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	<i>Phaseolus L.</i>
Especie	<i>vulgaris L.</i>
Nombre Científico	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

Fuente: (Bazurto, 2019)

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.2.1.3 Composición química

Tabla 2-2: Composición química del fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L*)

N°	CARACTERÍSTICA	FRÉJOL CANARIO
1	Humedad (%)	14,5
2	Cenizas (%)	3,2
3	Grasa (%)	1,3
4	Proteína (%)	21,0
5	Fibra (%)	3,4

Fuente: (Guzmán, 2012)

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.2.2 Bioplásticos

La principal característica de un biopolímero o bioplástico, es su biodegradabilidad, tener en su composición una base que su fuente sea renovable o biocompatible (Jōgi y Bhat, 2020). European Bioplastics describe los materiales plásticos como "bioplásticos", siempre que el material sea biodegradable, de base biológica o tenga ambas características (European Bioplastics, 2018). Una visión medioambiental, la degradación de los materiales y la fuente de las materias primas son las

características más importantes. Para proporcionar un mejor enfoque general, todos los polímeros se pueden dividir en cuatro categorías:

- Polímeros biodegradables de base fósil (alcohol polivinílico)
- Polímeros no degradables de base fósil (poliolefinas y poliestireno)
- Polímeros biodegradables de base biológica (celulosa y PLA)
- Polímeros no degradables de base biológica (caucho natural y poliamidas) (Jōgi y Bhat, 2020).

2.2.2.2 Métodos de producción de bioplásticos

Según el origen de las materias primas y la tecnología de producción de polímeros correspondiente, se dividen en cinco categorías principales. Pueden ser: Extraídas directamente de la biomasa, producidas por organismos naturales o modificados genéticamente, sintetizadas por petroquímicos y combinando las tecnologías antes mencionadas y polímeros derivados de las mismas (Jōgi y Bhat, 2020).

2.2.2.3 Bioplásticos por extracción directa de biomasa

A partir de la extracción de biomasa se pueden producir bioplásticos a partir de biopolímeros de origen natural, los cuales son polisacáridos (almidón, celulosa) y proteínas. A nivel industrial se hace el uso de la biomasa como es la lignocelulosa y el almidón ya que es un recurso renovable que lo hace de bajo costo y su uso se expanda rápidamente (Imre et al., 2019). Sin embargo, la mayoría de los bioplásticos obtenidos de la extracción de biomasa requieren aditivos o mezcla con otros polímeros para mejorar las propiedades del material (Geueke, 2014).

2.2.2.4 Almidón

El almidón es el segundo material de biomasa más abundante en la Tierra, ya que es producido por una variedad de plantas como fuente de energía almacenada (Le Corre y Dufresne, 2010). Algunos ejemplos de plantas que contienen almidón incluyen papa, maíz, trigo, arroz, fréjol, cebada y yuca. El almidón también es uno de los polisacáridos vegetales más utilizados para la producción de

bioplásticos, estructuralmente se compone principalmente de dos tipos de macromoléculas de glucosa, amilosa y amilopectina (Shafqat et al., 2020).

- *Amilosa*

Es un polímero lineal de unidades de glucosa conectadas por enlaces α (1-6). Esta molécula es insoluble en agua, pero debido a su capacidad de conectar moléculas adyacentes a través de enlaces de hidrógeno, forma micelas hidratadas y forma una estructura helicoidal y al adicionar yodo puede mostrarse una coloración azul (Hernández et al., 2008).

- *Amilopectina*

Es un polímero ramificado de 94-96% de la unidad de glucosa, que está conectado por enlaces α (1-4) y 4-6% de enlaces α (1-6). Estas ramificaciones se encuentran aproximadamente cada 15-25 unidades de glucosa. Este polímero es parcialmente soluble en agua caliente y al adicionar yodo produce una coloración rojizo violeta (Hernández et al., 2008).

2.2.2.5 *Gelatinización*

La gelatinización se da cuando en presencia de agua y altas temperaturas el gránulo de almidón pierde su semicristalinidad, en este proceso se produce el hinchamiento provocando el rompimiento de su orden estructural, para determinar la temperatura de gelatinización va a depender del tipo de almidón que se esté utilizando y de la concentración de la mezcla tanto del agua como la de almidón (Meré, 2009).

2.2.2.6 *Plastificante*

“De acuerdo con la normativa (ASTM D-883), un plastificante es un material, que se incorpora a un plástico para facilitar su proceso y mejorar su flexibilidad o distensibilidad. La adición de un plastificante puede hacer que disminuya la viscosidad en estado fundido, el módulo de elasticidad, y la temperatura de transición vítrea de un plástico. La temperatura de transición vítrea (T_g). Es la

temperatura a la cual un polímero cambia de estado rígido a blando, sobre esta temperatura la movilidad molecular se incrementa y la viscosidad disminuye” (Charro, 2015, p. 17).

2.2.2.7 *Glicerina*

Es un alcohol compuesto de tres grupos hidroxilo (OH), lo que le permite ser soluble en agua y no es tóxico, su fórmula molecular es $C_3H_8O_3$. Es una sustancia líquida, incolora y viscosa, lo cual es usado como lubricante. En varios estudios sobre la elaboración de polímeros termoplástico a partir de almidón, los plastificantes más utilizados son la glicerina y el agua destilada (Meré, 2009). La glicerina hace que aumente su permeabilidad al vapor al producto final, debido a que forma fácilmente enlaces de hidrógeno con moléculas de agua por su naturaleza hidrofílica (Enríquez et al., 2012).

2.2.2.8 *Agua destilada*

Está compuesta de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, su fórmula molecular es H_2O , contiene un pH de 5,8. Dicha sustancia se ha sometido a un proceso de destilación, donde se eliminan las impurezas y los iones del agua, donde su pureza es ideal para el sector industrial se usa como un disolvente, hospitales, laboratorios como reactivo químico y en los hogares (EcuRed, 2020). El agua destilada se usa generalmente como plastificante para la desintegración del almidón con el objetivo de obtener un mejor desempeño en el producto final. Es un plastificante de origen natural y de bajo costo (Meré, 2009).

2.2.2.9 *Ácido acético*

Es un ácido orgánico de dos átomos de carbono, sus propiedades ácidas le dan el grupo carboxilo, es un líquido incoloro con un olor característico (vinagre), su fórmula molecular es $C_2H_4O_2$, es miscible en agua (EcuRed, 2020). El ácido acético para la elaboración del bioplástico se usa como un aditivo para que no genere microorganismos.

2.2.2.10 Biodegradabilidad

Los bioplásticos debe mineralizarse mediante la actividad biológica, mediante la interacción de microorganismos en su entorno natural como por ejemplo en el suelo, aguas superficiales o compost. Con este proceso como resultados son la energía, biomasa, agua y dióxido de carbono o metano. Si el polímero se degrada, se puede marcar como compostable (Geueke, 2014).

La biodegradabilidad de los bioplásticos depende de la estructura física y química del polímero como también del pH, la temperatura, la humedad y el contenido de oxígeno tienen una gran influencia en la biodegradación, por lo que no todos los bioplásticos pueden biodegradarse en las mismas condiciones (Jōgi y Bhat, 2020).

2.3 Planteamiento de las Hipótesis

2.3.1 General

- A partir del almidón del fréjol canario (*Phaseolus vulgaris* L.), se podrá producir bioplástico que presente características necesarias para ser utilizado en envolturas de alimentos.

2.3.2 Específicos

- El método en base húmeda utilizada presenta diferencias en el rendimiento para la extracción de almidón al variar la velocidad y tiempo de trituración.
- El almidón es indicado para realizar pruebas de caracterización mediante ensayos de laboratorio, cumpliendo las características necesarias para ser materia prima de bioplásticos.
- Por medio de la variación de almidón y plastificante, se obtendrán formulaciones adecuadas para la elaboración del bioplástico a nivel de laboratorio, verificando características de flexibilidad y dureza propias de plásticos convencionales.
- El bioplástico obtenido cumple con los parámetros de humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad, ensayo de tracción y biodegradabilidad.

2.4 Identificación de Variables

Tabla 3-2: Variables dependientes e independientes del proceso

ETAPAS DEL PROCESO	VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Extracción del almidón de fréjol canario	Revoluciones por minuto	Almidón
	Tiempo	
Formulación del bioplástico	Cantidad de almidón	Bioplástico
	Cantidad de plastificantes	

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 4-2: Operacionalización de Variables

VARIABLES	CONCEPTO	CATEGORIZACIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE				
Rpm	Medida de frecuencia, indicando la velocidad de funcionamiento de dicho equipo en un momento específico (DERCOCENTER, 2020).	Trituración del fréjol canario	Velocidad del molino: Baja (6800 rpm) Alta (20000 rpm)	Características del molino
Tiempo	Magnitud física que se mide y permite ordenar la secuencia de acontecimientos (RAE, 2020).	Tiempo de molienda	Segundos: 45 seg 60 seg	Cronómetro
Cantidad de almidón	Por sus propiedades tiene la capacidad de formar gel y a su vez la formación de películas	Proporción de mezcla	Peso (g)	Balanza
Cantidad de plastificante	Sustancia que da como producto un material flexible, duradero y fácil de manejar (GreenFacts, 2020).	Proporción de mezcla	Volumen (mL)	Probeta
DEPENDIENTE				
Almidón	Polisacárido, principal reserva energética de vegetales que tiene usos alimentarios e industriales (Castells, 2009).	-	Caracterización del almidón	Análisis Proximal
Bioplástico	Son plásticos biodegradables porque están hechos de materia prima renovables y llegan a biodegradar por medio de microorganismos (Salgado y Herrero, 2020)	-	Caracterización de las películas bioplásticas	Ensayos físicos, químicos y mecánicos.

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.6 Matriz de Consistencia

Tabla 5-2: Matriz de Consistencia

TEMA: “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO (<i>PHASEOLUS VULGARIS L.</i>) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Se obtendrá un bioplástico con características similares a uno convencional para envolturas para alimentos a partir de almidón de fréjol canario (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)?		Obtener bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) para el uso en envolturas de alimentos.	A partir del almidón del frejol canario (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>), se podrá producir bioplástico que presente características necesarias para ser utilizado en envolturas de alimentos.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
¿Cuál será el método de trabajo para la elaboración del bioplástico?	Extraer el almidón del fréjol canario (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	El método en base húmeda utilizada presenta diferencias en el rendimiento para la extracción de almidón al variar la velocidad y tiempo de trituración.	Independiente: <ul style="list-style-type: none"> • Rpm • Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón por vía húmeda • Cálculo de rendimiento del proceso
¿Cuáles pruebas se realizarán para caracterizar la materia prima?	Caracterizar el almidón de fréjol canario.	El almidón es indicado para realizar pruebas de caracterización mediante ensayos de laboratorio, cumpliendo las características necesarias para ser materia prima de bioplásticos.	Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> • Almidón 	Ensayos: <ul style="list-style-type: none"> • Físicos • Químicos • Microbiológicos

<p>¿Cómo se determinará la calidad del bioplástico obtenido?</p>	<p>Determinar la concentración óptima de la mezcla para la elaboración del bioplástico.</p>	<p>Por medio de la variación de almidón y plastificante, se obtendrá formulaciones adecuadas para la elaboración del bioplástico a nivel de laboratorio, verificando características de flexibilidad y dureza propias de plásticos convencionales</p>	<p>Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de almidón • Cantidad de plastificante 	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de reactivos • Facilidad de moldeo • Formación o no de la película
<p>¿Qué parámetros deben tomarse en cuenta para comprobar la validación del bioplástico?</p>	<p>Caracterizar los parámetros físicos, químicos y mecánicos del bioplástico.</p>	<p>El bioplástico obtenido cumple con los parámetros de humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad, ensayo de tracción y biodegradabilidad.</p>	<p>Dependiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico 	<ul style="list-style-type: none"> • INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) • Revisión Bibliográfica • Pie de rey

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.7 Tipo y Diseño de Investigación

2.7.1 Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental que se lo realizará mediante pruebas de laboratorio, instrumentos y componentes tecnológicos se procederá a la caracterización de la materia prima, además de obtener almidón del fréjol canario para después agregar aditivos y la validación del producto con la finalidad que dicho bioplástico cumpla con las normativas.

2.7.2 Diseño de la Investigación

El presente estudio trabajará con el diseño factorial 2^k , con la finalidad de obtener el método más adecuado para la obtención del almidón y así observar su rendimiento con los diferentes tratamientos, la misma se aplicará para la elaboración del bioplástico para determinar la concentración óptima de la mezcla y obtener un producto con características propias de plásticos convencionales.

2.8 Unidad de Análisis

El objetivo de estudio es obtener bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) partiendo del diseño factorial 2^k , debido a que sólo hay dos niveles para cada factor, asumimos que la respuesta es aproximadamente lineal en el rango de los niveles elegidos de los factores, el almidón posee dos variables rpm y tiempo y se determinará cuáles son los tratamientos y si existen diferencias significativas entre el almidón, en cuanto al bioplástico, las variables son la concentración de almidón y el plastificante y se tendrá cuatro tratamientos con cuatro repeticiones para observar un porcentaje de error experimental, las mismas que se llevarán a cabo las pruebas físicos, químicos, mecánicos y biodegradabilidad del plástico.

2.9 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 GIADE como un aporte a su proyecto “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”

2.10 Tamaño de Muestra

Se tomará 7 kg de fréjol canario con la finalidad de obtener una mayor cantidad de almidón mediante un muestreo aleatorio simple obteniendo una muestra diversa y representativa en los ensayos experimentales.

2.11 Selección de Muestra

Se retendrá contaminantes, material extraño en la muestra a analizar, para que no exista interferencia en la obtención del bioplástico. Determinando el método de extracción del almidón con mayor rendimiento. La materia prima debe tener: un buen color, baja o nula humedad y que no se encuentre en estado de descomposición.

2.12 Técnicas de Recolección de Datos

Después de una exhaustiva revisión bibliográfica de primer nivel, se elegirá los mejores procedimientos y métodos para la elaboración de bioplástico.

2.12.1 Obtención del almidón

Para la obtención del almidón se utilizará el método húmedo, usando el método factorial 2^k donde,

2 = (rpm y tiempo); k = Número de repeticiones; obteniendo $2^k = (2*2)4 = 16$ pruebas con 4 tratamientos como se puede observar en la tabla 6-2.

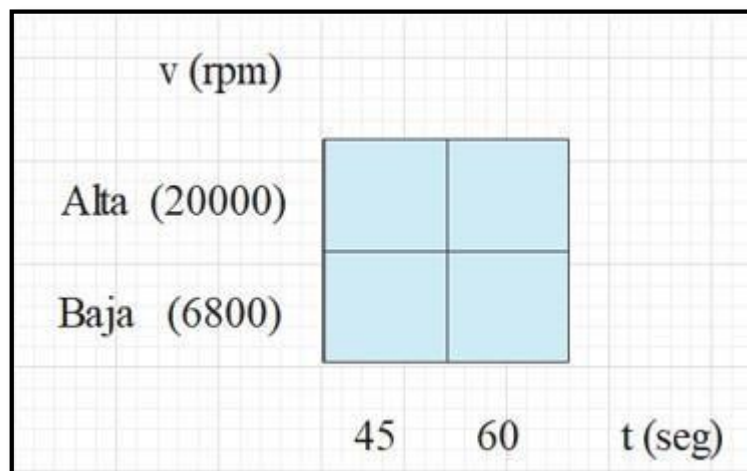


Figura 2-2. Diseño factorial 2^k para la obtención del almidón de fréjol canario
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 6-2: Diseño experimental aplicando el diseño factorial 2^k para la obtención del almidón

N°	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	MATERIA PRIMA (g)
1	T1	RPM A: 45	R1	500	200
2			R2		
3			R3		
4			R4		
5	T2	RPM A: 60	R1		
6			R2		
7			R3		
8			R4		
9	T3	RPM B: 45	R1		
10			R2		
11			R3		
12			R4		
13	T4	RPM B: 60	R1		
14			R2		
15			R3		
16			R4		

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.12.1.1 Técnica de extracción del almidón de fréjol canario

Tabla 7-2: Técnica de extracción del almidón de Fréjol Canario

MÉTODO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVO	PROCEDIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> Vía Húmeda 	<ul style="list-style-type: none"> Licuadaora Balanza Cronómetro Vaso de precipitación de 500 mL Vasos plásticos de 32 oz. Colador Tela filtrante Recipientes de plásticos Bandejas de aluminio Fundas ziploc Mortero 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada Almidón de fréjol canario 	<ul style="list-style-type: none"> Recepción de la materia prima (Fréjol Canario). Trocear el fréjol. Remojar el fréjol, por cada 200 (g) de fréjol 500 (mL) de agua, durante 24 horas. Se procede a licuar con las diferentes velocidades, alta (20000 rpm) y baja (6800 rpm) con tiempos (45 y 60 segundos) y así obtener las 16 pruebas. Filtrar para separar el almidón que es el líquido de la materia fibrosa Sedimentar por 8 horas, para lograr separar el almidón del líquido en suspensión. Decantar el agua. Secar el sedimento a temperatura ambiente por 24 horas, distribuyendo uniformemente por las bandejas de aluminio. Moler la muestra ya seca con la ayuda de un mortero, hasta obtener una granulometría de 53 μm. Pesar el almidón obtenido de las 16 pruebas para posterior obtener el rendimiento del mismo. Realizar la caracterización del almidón obtenido.

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

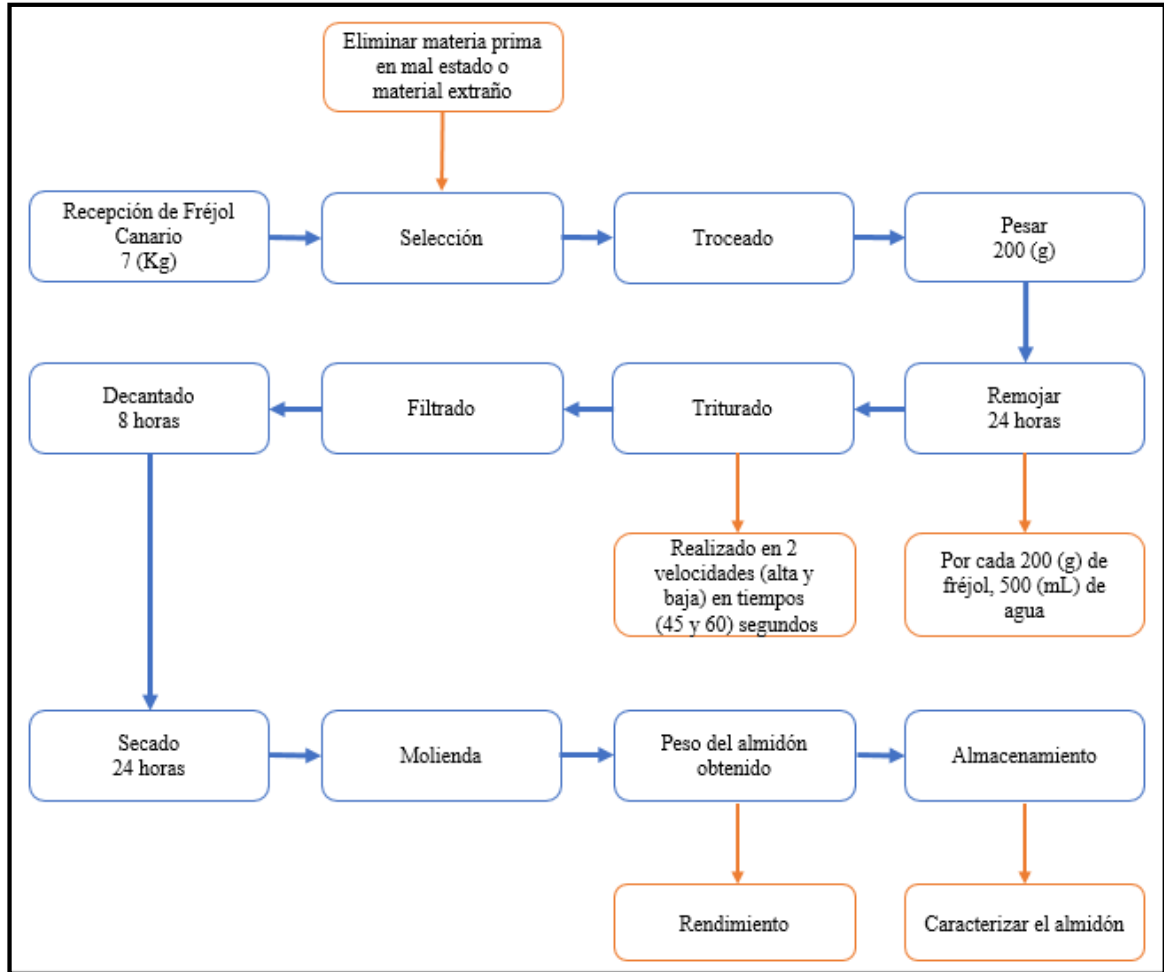


Figura 3-2. Diagrama de flujo para la obtención de almidón de fréjol canario
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.12.1.2 Técnica para la caracterización del almidón extraído

Tabla 8-2: Técnicas de ensayo para la caracterización del almidón de fréjol canario

Nº	ENSAYOS
1	CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA
	Materiales y Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Crisoles plásticos o de vidrio • Horno con temperatura constante y ventilación forzada • Desecador con un agente de secado

	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C (P1). • Pesar en el crisol vacío 5 g de la muestra de almidón (P2). • Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C 24 horas. • Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45)(P3). • Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca. <p>Cálculo:</p> <p>Ecuación 1-2: Contenido de materia seca</p> $\% \text{ humedad} = \frac{(P3 - P1) * 100}{(P1 - P2)}$ $\% \text{ materia seca} = 100 - (\% \text{ humedad})$ <p>Donde:</p> <p>P1: Crisol vacíos</p> <p>P2: Peso de la muestra (g)</p> <p>P3: Crisol vacío más la muestra seco después de obtener un peso constante</p> <p>Método de Ensayo:</p> <p>Técnica usada (ICONTEC, 2002)</p> <p>Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO, 2007)</p>
2	<p style="text-align: center;">CONTENIDO DE CENIZA</p> <p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Crisoles de porcelana • Desecador • Mufla <p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar aproximadamente 1 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado • Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. • Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. • Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. • Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. <p>Cálculo:</p> $\text{cenizas (\%)} = \frac{(\text{Peso ceniza} - \text{Peso crisol vacío})}{\text{Peso de muestra}} * 100$ <p>Ecuación 2-2: Contenido de cenizas</p>

	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>
3	DENSIDAD APARENTE
	<p>Materiales y Equipos:</p> <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 de base de madera
	<p>Procedimiento:</p> <p>Densidad aparente del almidón suelto</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. <p>Densidad aparente del almidón empacado</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sostener la probeta con la muestra de almidón en un vibrador y adicionar almidón hasta que el volumen ocupado sea el valor mínimo • Realizar la vibración durante cinco minutos a una frecuencia y amplitud de manera tal que la probeta vibre rítmicamente con la base de madera. • Medir el volumen de muestra empacada.
	<p>Cálculo:</p> $\text{Densidad aparente del almidón suelto } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía}(\text{g})}{50 \text{ mL}}$ <p>Ecuación 3-2: Densidad aparente del almidón suelto</p> $\text{Densidad aparente del almidón empacado } \left(\frac{\text{g}}{\text{mL}} \right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón empacado})(\text{g})] - \text{peso probeta vacía}(\text{g})}{50 \text{ mL}}$ <p>Ecuación 4-2: Densidad aparente del almidón empacado</p>
	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>
4	SOLUBILIDAD
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Baño con calentamiento constante • Centrífuga

	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de centrifuga plásticos de 50 MI • Vasos de precipitado de vidrio de 50 MI • Horno con temperatura constante • Pipeta volumétrica de 10 MI • Pipeteador de 30 mL
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C. • Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar. • Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 3° minutos. • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen. • Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL. • Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C. • Pesar el tubo de centrifuga con el gel. • Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.
	<p>Cálculo:</p> $\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} * V * 10}{\text{Peso muestra (g) bs} - \text{Peso solubles (g)}}$ <p>Ecuación 4-2: Índice de solubilidad en agua</p>
	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>
5	pH
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH • Electrodo de vidrio y de calomel • Agitador de vidrio
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 g de almidón en base seca, disolver en 25 mL de agua destilada. • Normalizar el medidor de pH a 25 °C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura. • Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón. • Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo. • Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. • Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25 °C. • Accionar el control de lectura y leer el pH.
	<p>Cálculo:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> Medición directa
	<p>Método de Ensayo: (NTE INEN 1456, 2012)</p>
6	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01 g Plancha de calentamiento Vasos de precipitado de vidrio de 100 y 250 mL Frascos volumétricos de 100 mL Pinzas de acero inoxidable Termómetro con escala de 0-100 °C
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pesar 10 g de almidón (bs) disolver en agua destilada y completar a 100 mL. Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85°C. Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL. Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua de 85°C. Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. Leer la temperatura de gelatinización.
	<p>Cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se lee directamente en el termómetro
	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>
7	SENSIBILIDAD
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vaso de precipitación, de 25 y 250 mL Calentador de placa Probeta graduada, de 200 mL Pipetas graduadas Perilla aspiradora
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> En un vaso de precipitación de 25 mL pesar 1 g de muestra. Añadir 5 mL de agua fría y agitar. Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación con 200 mL de agua hirviendo. Enfriar y añadir 5 mL de esta solución a 100 mL de agua conteniendo 50 mg de Ioduro de potasio. Añadir 0,05 mL de solución de lodo 0,1 N.
	<p>Cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Medición Cualitativo
	<p>Método de Ensayo: (NTE INEN 1456, 2012)</p>

8	VISCOSIDAD
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Viscosímetro Brookfield • Aguja • Vaso de precipitado de vidrio de 1000 mL • Plancha con agitador • Termómetro
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL. • Colocar la suspensión en un vaso de precipitado de 1000 mL y calentar con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos). • Enfriar el gel hasta 25 °C y tomar una alícuota de 15 mL. • Medir la viscosidad a 25 °C.
	<p>Cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medición directa
	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>
9	DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRÁNULO
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Equipo Ro-tap con tapa y fondo
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios. • Pesar 100 g de la muestra de almidón. • Seleccionar mínimo 5 tamices y armar la torre • Colocar la muestra de almidón en el tamiz superior • Agitar el grupo de tamices de 15 a 20 minutos). • Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón.
	<p>Cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peso neto individual = (peso tamiz + fracción de almidón) – (peso de cada tamiz vacío) <p>Ecuación 5-2: Porcentaje del tamaño de gránulo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gran total = \sum pesos netos individuales • Registrar cada fracción de almidón como porcentaje del gran total, caracterizado por el ancho de la malla en micrómetros
	<p>Método de Ensayo: (Aristizábal y Sánchez, 2007) (Brito, 2000)</p>

10	FIBRA, PROTEÍNA Y ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS
	La determinación del porcentaje de fibra, proteína y los análisis microbiológicos se realizó en el laboratorio Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos SAQMIC, a cargo de la Dra. Gina Álvarez responsable técnica de laboratorio, los cuales los métodos utilizados son: para el porcentaje de fibra método gravimétrico, para porcentaje de proteína método micro-keldahl y para el análisis microbiológicos el método siembra en masa.
11	AMILOSA Y AMILOPECTINA
	La determinación del porcentaje de amilosa se realizó en el Instituto Nacional Autónomo De Investigaciones Agropecuarias INIAP, para el porcentaje de amilosa se utiliza el método MO-LSAIA-04 y para la obtención del porcentaje de amilopeptina se tomó la diferencia 100% a partir del porcentaje de amilosa.

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.12.2 Obtención del Bioplástico

Para la obtención del bioplástico se utilizará el método factorial 2^k donde, 2 = (concentración de almidón y plastificante); k = Número de repeticiones; obteniendo $2^k = (2*2)^4 = 16$ pruebas con 4 tratamientos, como se puede observar en la tabla 9-2.

En la tabla 10-2 se puede observar las diferentes sustancias que se escogieron para variables y constantes para la elaboración del bioplástico aplicando el método factorial 2^k

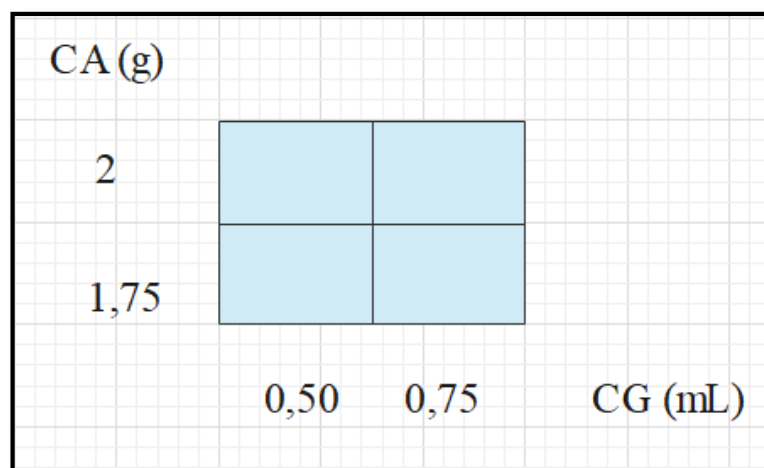


Figura 4-2. Diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 9-2: Diseño experimental aplicando el diseño factorial 2^k para la obtención del bioplástico

N°	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN
1	T1	CA1: CG1	R1
2			R2
3			R3
4			R4
5	T2	CA1: CG2	R1
6			R2
7			R3
8			R4
9	T3	CA2: CG1	R1
10			R2
11			R3
12			R4
13	T4	CA2: CG2	R1
14			R2
15			R3
16			R4

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 10-2: Determinación de variables y constantes para la elaboración del bioplástico

VARIABLES				CONSTANTES	
CA	Almidón	CG	Glicerina	Ácido acético	Agua destilada

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.12.2.1 Técnica para la obtención del bioplástico

Tabla 11-2: Técnica para la obtención del bioplástico

MÉTODO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVO	PROCEDIMIENTO
Diseño factorial 2^k para la obtención de bioplástico	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01 g Espátula Vasos de precipitación de 250 y 500 mL. Probeta de 50 mL. Vidrio reloj 	<ul style="list-style-type: none"> Agua destilada Glicerina Ácido acético Almidón de fréjol canario 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar 2 g de almidón de fréjol canario, disolver en 30 mL de agua destilada y agitar. Colocar a baño maría. Agitar con la varilla de agitación constantemente.

	<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de agitación • Termómetro • Reverbero • Cajas Petri de vidrio • Bandejas de vidrio 		<ul style="list-style-type: none"> • Leer la temperatura con la ayuda del termómetro hasta alcanzar los 60 °C. • Agregar el plastificante (glicerina 0,75 mL) y el conservante (ácido acético 3 mL), agitar constantemente hasta homogenizar la mezcla hasta que alcance su temperatura de gelatinización. • Colocar nuestra muestra en cajas Petri y dejar secar a temperatura ambiente por 24 horas. • Desmoldar el bioplástico. • Realizar la caracterización físicos, químicos y mecánicos.
--	--	--	--

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

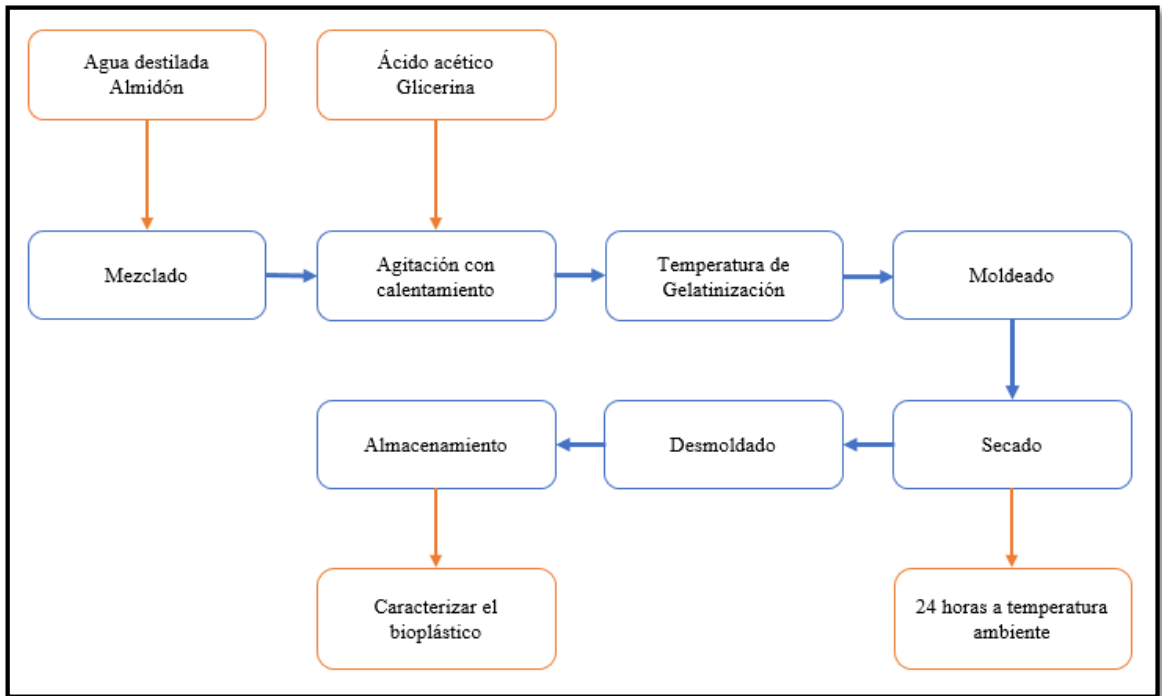


Figura 5-2. Diagrama de flujo para la obtención del bioplástico

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

2.12.2.2 Técnica para la caracterización del bioplástico

Tabla 12-2: Técnica de ensayo para la caracterización del bioplástico

N°	ENSAYOS
1	ESPESOR
	Materiales y Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey • Bioplástico
	Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Recortar bioplástico con medidas (3 cm x 3 cm). • Medir con un calibrador pie de rey el espesor por distintos puntos del bioplástico se obtendrá 10 datos de medición. • Realizar un promedio de los datos obtenidos.
	Cálculo: <ul style="list-style-type: none"> • Medición directa
	Método de ensayo: (Charro, 2015)
2	HUMEDAD
	Materiales y Equipos: <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Estufa • Desecador • Pinzas de acero inoxidable • Cápsulas
	Procedimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Estabilizar la estufa durante 15 minutos hasta alcanzar una temperatura de 105 °C • Calentar una cápsula durante 1 hora y dejar enfriar. • Pesar 2 gramos de muestra bien mezclada y colocarla en la cápsula para ser llevada a la estufa a 130°C durante 1 hora. • Dejar enfriar con la ayuda de un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente. • Una vez fría la muestra reportar el residuo de harina como cantidad de sólidos totales y pérdida de peso (método indirecto).
	Cálculo: $\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$
	Ecuación 6-2: Porcentaje de humedad del bioplástico Método de ensayo: (Charro, 2015)

3	SOLUBILIDAD EN AGUA
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 100 mL • Probeta • Papel filtro • Balanza analítica • Agitador Shaker
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las películas se colocan en los vasos de precipitación con 80 mL de agua destilada. • Colocar en el agitador Shaker a 100 rpm por 1 hora. • Filtrar y posterior colocar en la estufa a 70 °C por 30 minutos. • Luego colocar en la estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante.
	<p>Cálculo:</p> $\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$ <p>Ecuación 7-2: Porcentaje de solubilidad en el agua del bioplástico</p>
	<p>Método de ensayo:</p> <p>Laboratorio Tecnológico de Uruguay No 4-2009-INN TEC-33</p>
4	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 g • Tubos de ensayo • Desecador
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se usó el método desecante, mediante el uso de sílica gel activada previamente durante 24 horas a 200°C. • Se utilizaron tubos de ensayo de 10 cm de altura y 16 mm de diámetro, lo que se le llenaron ¾ de sílica. • Se utilizaron láminas de bioplástico de 3 cm² para ser colocados en la boca de 16 tubos de ensayo, sellándoles herméticamente con ayuda de cinta scotch. • Una vez sellados los tubos de ensayo se procedió a colocar en un desecador y después de 1 hora fueron pesados, así durante 6 horas.
	<p>Cálculo:</p> <p>Ecuación 8-2: Transmisión de vapor de agua</p> $WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * p_v * (\varphi_2 - \varphi_1)}$

Donde:

WVP= es la permeabilidad al vapor de agua

P_2 = peso final

P_1 =peso inicial

e = espesor (m)

t = tiempo de la prueba en horas

p_v = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) $T=20^\circ\text{C}$

ϕ_2 = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada

ϕ_1 = es la humedad relativa en el interior de la celda (HR1= 0%)

Método de ensayo:

ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico

5

ENSAYO DE TRACCIÓN

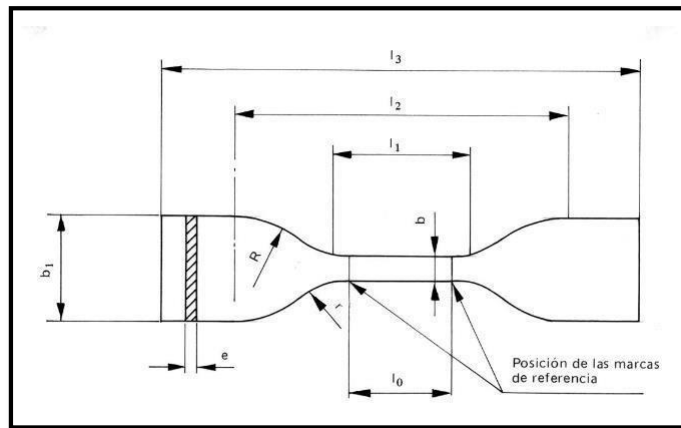


Figura 6-2: Probeta tipo A

Fuente: (NTE INEN 2043, 2013)

Materiales y Equipos:

- Lámina de plástico
- Máquina Universal de Ensayos – WAW600B

Procedimiento:

- Colocar la probeta de ensayo en las mordazas de la máquina de ensayo, teniendo cuidado de alinear el eje longitudinal de la probeta con una línea imaginaria que une los puntos de fijación de las mordazas a la máquina.
- Apretar las mordazas uniforme y firmemente en la medida necesaria para reducir al mínimo el deslizamiento de la probeta durante el ensayo.
- Poner en marcha la máquina y registrar la carga versus la extensión

	<p>Método de ensayo: (NTE INEN 2635, 2012)</p>
6	BIODEGRADABILIDAD
	<p>Materiales y Equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico
	<p>Procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La biodegradabilidad se evaluó por el método gravimétrico • Se tomaron varias muestras de dimensiones 2,5 cm x 2,5 cm. • Estas películas se las evaluó en agua, aire y suelo. • Agua, se coloca el bioplástico en un recipiente con 250 mL de agua. • Aire, colocar el bioplástico en una bandeja. • Suelo, en un recipiente se colocar una primera capa de tierra de 2 cm de altura, posterior se coloca el bioplástico, adicionar una segunda capa de tierra de 10 cm de altura. • Tomar los pesos del bioplástico durante 28 días.
	<p>Cálculo:</p> $\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$
	<p>Ecuación 9-2: Porcentaje de biodegradabilidad</p>
	<p>Método de ensayo: Este ensayo se realizó en función de un trabajo de investigación realizado en un conjunto de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y la Universidad Simón Bolívar, en Venezuela. El trabajo es titulado “ DEGRADACIÓN DE PELÍCULAS PLASTIFICADAS DE QUITOSANO OBTENIDAS A PARTIR DE CONCHAS DE CAMARÓN”</p>

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Datos obtenidos de los ensayos realizados para el fréjol canario

Tabla 1-3: Datos del análisis cualitativo del fréjol canario

FRÉJOL CANARIO			
N°	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	0,93	1,4	0,9
2	0,76	1,2	0,9
3	0,80	1,3	0,8
4	0,98	1,4	0,9
5	0,82	1,3	0,9
Promedio	0,86	1,32	0,88

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 2-3: Características organolépticas del fréjol canario

N°	CARACTERÍSTICAS	
1	Olor	Característico
2	Sabor	Insípido
3	Color	Amarillo
4	Textura interna	Seco
5	Textura externa	Liso

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 3-3: Características organolépticas del almidón de fréjol canario

N°	CARACTERÍSTICAS	
1	Olor	Inoloro
2	Sabor	Insípido
3	Color	Blanco
4	Textura	Granular

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.1 Resultados obtenidos del proceso de extracción de almidón

Tabla 4-3: Variables para la extracción de almidón de fréjol canario

VARIABLES			
Velocidad (rpm)		Tiempo (seg)	
RPM A (20000)	RPM B (6800)	45	60

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 5-3: Resultados obtenidos del rendimiento de extracción por el diseño factorial 2^k

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (mL)	Peso (g)			Rendimiento (%)		Tiempo Secado (h)	
					Producto (g)	Almidón		R	Promedio		
						R	Promedio				Total
1	T1	RPM A : 45	R1	500	200	49,662	49,197	196,788	24,831	24,599	30
2			R2			48,203			24,102		
3			R3			49,349			24,675		
4			R4			49,574			24,787		
5	T2	RPM A : 60	R1			52,928	53,044	212,177	26,464	26,522	36
6			R2			53,492			26,746		
7			R3			53,100			26,550		
8			R4			52,657			26,329		
9	T3	RPM B : 45	R1			38,196	38,154	152,615	19,098	19,077	30
10			R2			37,203			18,602		
11			R3			38,670			19,335		
12			R4			38,546			19,273		
13	T4	RPM B : 60	R1			41,053	41,564	166,254	20,527	20,782	36
14			R2			41,619			20,810		
15			R3			42,024			21,012		
16			R4			41,558			20,779		

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 6-3: Análisis de varianza ANOVA del rendimiento obtenido del fréjol canario

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	507,330576	1	507,330576	1720,5304	2,4981E-14	4,74722535
Columnas	52,664049	1	52,664049	178,601688	1,4444E-08	4,74722535
Interacción	0,19140625	1	0,19140625	0,64912364	0,44	4,74722535
Dentro del grupo	3,5384245	12	0,29486871			
Total	563,724456	15				

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

La tabla 6-3 nos indica que no existe diferencias significativas entre los diferentes tratamientos para la obtención del almidón de fréjol canario.

3.1.2 *Resultados de la caracterización del almidón de fréjol canario*

Para la caracterización del almidón se realizaron 3 repeticiones para cada prueba y se procedió a obtener un promedio para cada uno de los ensayos.

3.1.2.1 *Contenido de humedad y materia seca*

Tabla 7-3: Resultados de humedad y materia seca

N°	Humedad (%)	Materia Seca (%)
1	12,293	87,707
2	12,837	87,163
3	13,814	86,186
Promedio	12,98	87,02

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.2 Contenido de ceniza

Tabla 8-3: Resultados de ceniza

N°	Ceniza (%)
1	0,12
2	0,12
3	0,11
Promedio	0,12

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.3 Densidad aparente

Tabla 9-3: Resultados de densidad aparente

N°	Densidad Aparente con Almidón Suelto (g/mL)	Densidad Aparente con Almidón Empacado (g/mL)
1	0,68	0,89
2	0,68	0,89
3	0,67	0,88
Promedio	0,67	0,89

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.4 Solubilidad

Tabla 10-3: Resultados de solubilidad

N°	Índice de Solubilidad en Agua (%)
1	0,47
2	0,48
3	0,48
Promedio	0,48

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.5 pH

Tabla 11-3: Resultados de pH

N°	pH
1	5,15
2	5,13
3	5,14
Promedio	5,14

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.6 Temperatura de Gelatinización

Tabla 12-3: Resultados de la temperatura de gelatinización

N°	Temperatura de Gelatinización
1	78
2	78
3	78
Promedio	78

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.7 Granulometría

Tabla 13-3: Resultados de granulometría

N°	Tamiz (µm)	(%)
1	250	5,35
2	180	4,03
3	63	13,37
4	53	8,98
5	Base	68,27
Total	Total	100

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.2.8 Amilosa y amilopectina

Tabla 14-3: Resultados de porcentaje de amilosa y amilopectina

Ensayo	(%)	Institución
Amilosa	20,12	INIAP
Amilopectina	79,88	INIAP

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.1.3 Requisitos para análisis de almidón

Tabla 15-3: Requisitos físico, químico y microbiológico

N°	Parámetros	Unidades	Valor	Rango Estándar	Ensayo
1	Tamaño de gránulo (Pasa por malla 100 µm)	%	90,62	99	(ISI, 1999)
2	Densidad aparente suelto	(g/ml)	0,7	< 1,560	(FAO, 2007)
3	Densidad aparente empacado	(g/ml)	0,9	< 1,560	(FAO, 2007)
4	Humedad	%	13	10-13	(ICONTEC, 2002)
5	Materia seca	%	87	87-90	(ICONTEC 2002)
6	Ceniza	%	0,12	< 0,12	(FAO, 2007)
7	Solubilidad	%	0,48	0,27-12,32	(FAO, 2007)
8	Sensibilidad	-	Color azul intenso	Color azul intenso	(NTE INEN 1456 2012)
9	pH		5,14	5,0-7,0	(NTE INEN 1456, 2012)
10	Fibra	%	0,165	< 2,0	ISO 5498 (1981)
11	Proteína	%	0,738	> 7,0	ISO 1871 (1975)
12	Viscosidad	mPa.s	872,9	840-1500	(FAO, 2007)
13	Temperatura de gelatinización	°C	68	57,5-70	(FAO, 2007)
14	Amilosa	%	20,12	17-24	ISO 6647-1 (2014)
15	Amilopectina	%	79,88	76-83	ISO 6647-1 (2014)
16	Coliformes fecales	UPC/g	-	<10	(FAO, 2007)
17	Levaduras y mohos	UPC/g	-	1000-5000	(FAO, 2007)
18	Coliformes totales	UPC/g	10	-	(FAO, 2007)

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2 Resultados obtenidos del proceso de elaboración del bioplástico

Una vez que realizado la caracterización del almidón se procede con la elaboración del bioplástico mediante el diseño factorial 2^k , lo que vamos a tener dos variables que son la concentración de almidón (CA) y la concentración de glicerina (CG), así tendremos 4 tratamientos con 4 repeticiones, obteniendo un total de 16 pruebas como se puede observar en la tabla 17-3.

Tabla 16-3: Concentraciones de las variables y constantes para la elaboración del bioplástico

VARIABLES				CONSTANTES	
Almidón (g)		Glicerina (mL)		Ácido acético (mL)	Agua destilada (mL)
CA1	2	CG1	0,75	3	30
CA2	1,75	CG2	0,5	3	30

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 17-3: Resultados obtenidos de la elaboración del bioplástico por el diseño factorial 2^k

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	Temperatura (°C)	Tiempo Elaboración (min)	Secado				PESO (g)	ESPESOR (mm)	
						Lugar	Método	Temperatura (°C)	Tiempo (h)			
1	T1	CA1 : CG1	R1	68	5	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN	SECADO AL AMBIENTE	25	24	0,094	0,11	0,11
2			R2		5					0,094	0,11	
3			R3		5					0,093	0,12	
4			R4		5					0,092	0,10	
5	T2	CA1 : CG2	R1		6					0,055	0,10	0,10
6			R2		6					0,057	0,10	
7			R3		6					0,056	0,10	
8			R4		6					0,055	0,10	
9	T3	CA2 : CG1	R1		5					0,096	0,11	0,11
10			R2		5					0,097	0,11	
11			R3		5					0,097	0,12	
12			R4		5					0,096	0,10	
13	T4	CA2 : CG2	R1		6					0,050	0,10	0,10
14			R2		6					0,051	0,10	
15			R3		6					0,053	0,10	
16			R4		6					0,051	0,10	

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.1 Análisis sensorial del bioplástico

Se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones por cada una, con las diferentes variables como lo son la concentración de almidón y concentración de glicerina para la elaboración del bioplástico, después de que los bioplásticos estuvieron completamente secas, se realizaron los análisis sensoriales como se puede observar en la tabla 18-3.

Tabla 18-3: Análisis sensorial de los bioplásticos

Tratamiento	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Moldeo	Forma Película	Transparencia	Estabilidad
T1	2	0,75	Si	Si	Si	Si
T2	2	0,5	Si	Si	Si	Si
T3	1,75	0,75	Si	Si	Si	Si
T4	1,75	0,5	Si	Si	Si	Si

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.2 Cálculos realizados a los ensayos de bioplástico de fréjol canario

3.2.2.1 Cálculo de humedad

Para este ensayo se realizaron por triplicado, así obteniendo un promedio para cada uno de los cuatro tratamientos, de la ecuación 6-2 se obtendrá el cálculo de porcentaje de humedad del bioplástico para T1.

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

$$\% \text{Humedad} = \frac{2,002 - 1,501}{2,002} * 100$$

$$\% \text{Humedad} = 25,025$$

3.2.2.2 Cálculo de solubilidad en agua

Para este ensayo se realizaron por triplicado con bioplástico de 2,5 x 2,5 cm, así obteniendo un promedio para cada uno de los cuatro tratamientos, de la ecuación 7-2 se obtendrá el cálculo de porcentaje de solubilidad del bioplástico para T1.

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$$

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{0,094 - 0,052}{0,094} * 100$$

$$\% \text{Solubilidad} = 44,681$$

3.2.2.3 Cálculo de permeabilidad al vapor de agua

Para este ensayo se realizaron por triplicado con bioplástico de 3 x 3 cm, así obteniendo un promedio para cada uno de los cuatro tratamientos, de la ecuación 8-2 se obtendrá el cálculo de transmisión de vapor de agua del bioplástico para T1.

$$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * p_v * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$WVP = \frac{(14,310 - 14,290) * 0,000}{1}{6 * 0,00317 * (75 - 0)}$$

$$WVP = 1,4254E - 06 \text{ g/h*m*MPa}$$

3.2.2.4 Cálculo de la biodegradabilidad

Para la biodegradación se lo realizó en agua, aire y tierra, obteniendo un peso cada siete días para agua y aire, para el suelo se tomó el peso cada dos días para tener un dato exacto de su

biodegradabilidad ya que no se puede observar directamente, de la ecuación 9-2 se obtendrá el cálculo de la biodegradabilidad del bioplástico para T1 en los tres medios de biodegradación.

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso agua} = \frac{0,096 - 0,080}{0,096} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso agua} = 16,667$$

$$\% \text{Pérdida de peso aire} = \frac{0,096 - 0,089}{0,096} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso aire} = 7,292$$

$$\% \text{Pérdida de peso suelo} = \frac{0,096 - 0,087}{0,096} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso suelo} = 9,375$$

3.2.3 *Resultados de la caracterización del bioplástico*

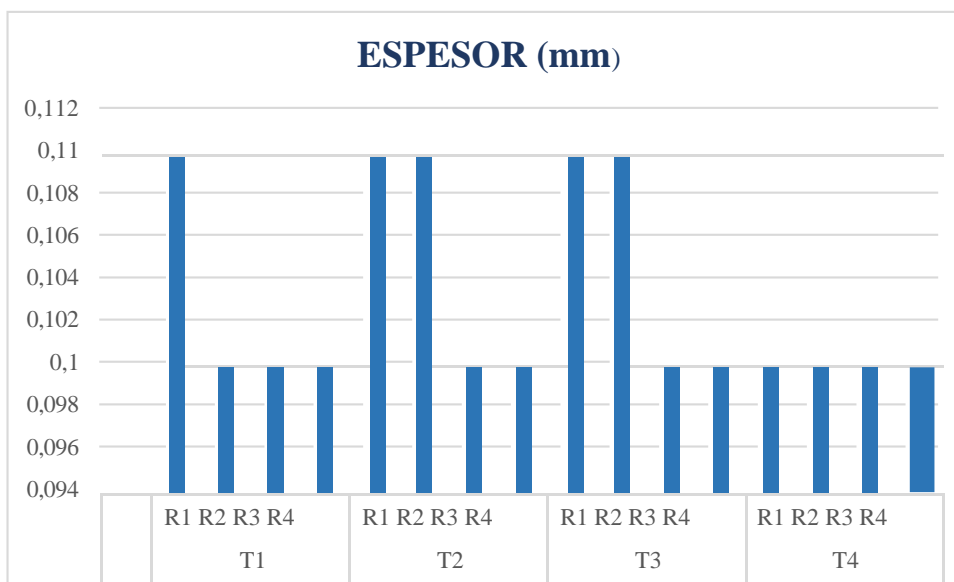
3.2.3.1 *Espesor*

Para la toma del espesor se tomó 4 bioplásticos de 3 x 3 cm por cada uno de los 4 tratamientos y se realizó 10 mediciones por diferentes puntos del bioplástico con la ayuda de un pie de rey para los diferentes tratamientos y de los resultados se obtuvo un promedio.

Tabla 19-3: Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	Espesor (mm)	Promedio (mm)
1	T1	CA1 : CG1	R1	0,11	0,11
2			R2	0,11	
3			R3	0,12	
4			R4	0,10	
5	T2	CA1 : CG2	R1	0,10	0,10
6			R2	0,10	
7			R3	0,10	
8			R4	0,10	
9	T3	CA2 : CG1	R1	0,11	0,11
10			R2	0,11	
11			R3	0,12	
12			R4	0,10	
13	T4	CA2 : CG2	R1	0,10	0,10
14			R2	0,10	
15			R3	0,10	
16			R4	0,10	

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 1-3. Espesor de los bioplásticos

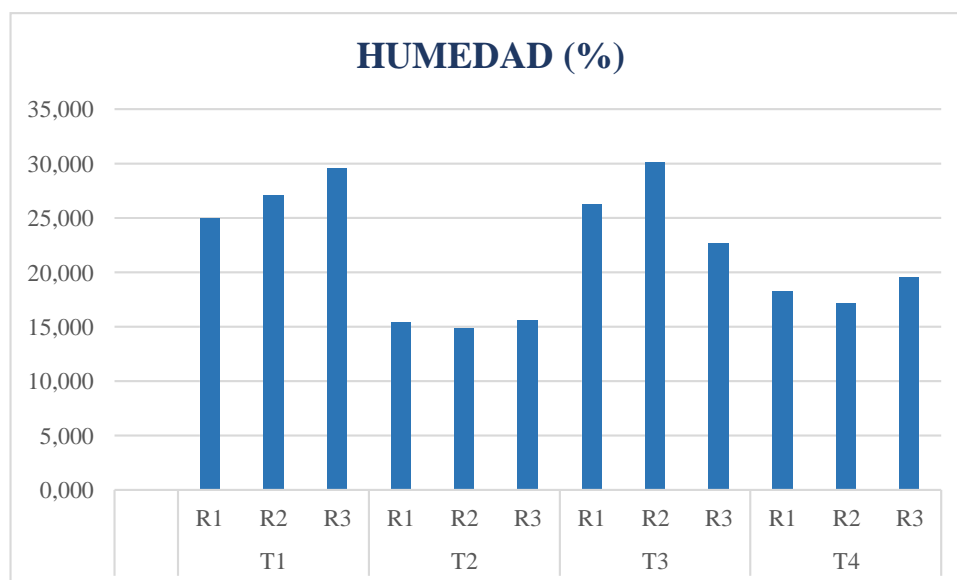
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.3.2 Humedad

Tabla 20-3: Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	Peso Inicial	Peso Final	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
1	T1	CA1 : CG1	R1	2,002	1,501	25,025	27,246
2			R2	2,002	1,459	27,123	
3			R3	2,004	1,411	29,591	
4	T2	CA1 : CG2	R1	2,007	1,698	15,396	15,261
5			R2	2,009	1,711	14,833	
6			R3	2,019	1,705	15,552	
7	T3	CA2 : CG1	R1	2,022	1,491	26,261	26,364
8			R2	2,018	1,410	30,129	
9			R3	2,013	1,556	22,702	
10	T4	CA2 : CG2	R1	2,009	1,643	18,218	18,293
11			R2	2,006	1,662	17,149	
12			R3	2,004	1,613	19,511	

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 2-3. Humedad de los bioplásticos

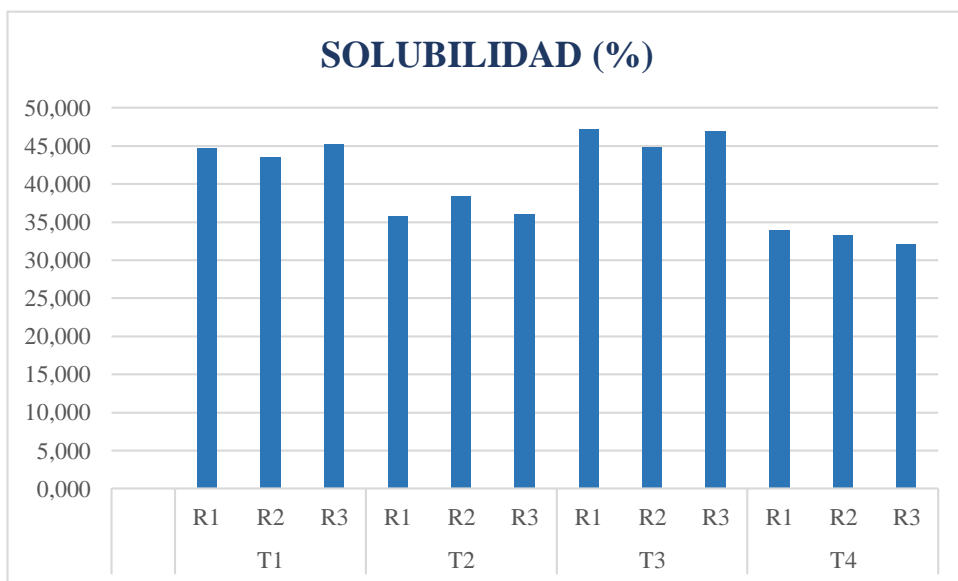
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.3.3 Solubilidad en agua

Tabla 21-3: Resultados del ensayo de solubilidad en agua de los bioplásticos

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	Peso Inicial Seco (g)	Peso Final Seco (g)	Solubilidad (%)	Solubilidad Promedio (%)
1	T1	CA1 : CG1	R1	0,094	0,052	44,681	44,527
2			R2	0,094	0,053	43,617	
3			R3	0,106	0,058	45,283	
4	T2	CA1 : CG2	R1	0,081	0,052	35,802	36,777
5			R2	0,052	0,032	38,462	
6			R3	0,061	0,039	36,066	
7	T3	CA2 : CG1	R1	0,127	0,067	47,244	46,378
8			R2	0,127	0,070	44,882	
9			R3	0,117	0,062	47,009	
10	T4	CA2 : CG2	R1	0,05	0,033	34,000	33,136
11			R2	0,051	0,034	33,333	
12			R3	0,053	0,036	32,075	

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 3-3. Solubilidad de los bioplásticos

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.3.4 Permeabilidad al vapor de agua

En la tabla 22-3 se muestra los datos de los pesos tomados cada 1 hora, durante 6 horas de los 12 tubos de ensayos que contenían sílica gel y bioplástico, expuesta a humedad con una solución de agua y cloruro de sodio.

Tabla 22-3: Datos del ensayo de permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos

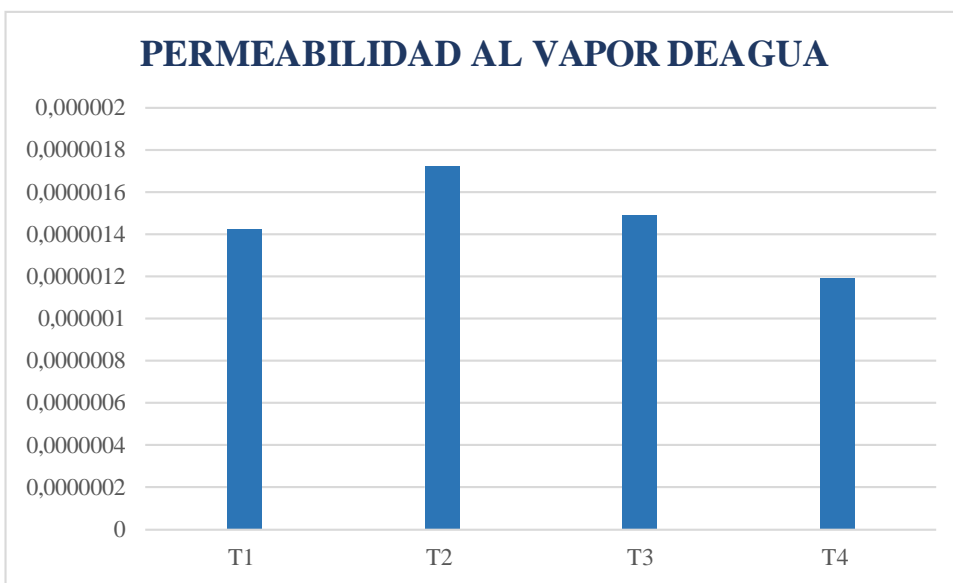
TRATAMIENTO																
Tiempo (horas)	T1				T2				T3				T4			
	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P
1	14,18	14,44	14,24	14,29	14,36	14,44	14,32	14,37	14,85	14,70	14,70	14,75	14,28	14,19	14,36	14,28
	14,18	14,44	14,24	14,29	14,36	14,44	14,32	14,37	14,85	14,70	14,70	14,75	14,28	14,19	14,36	14,28
2	14,18	14,44	14,24	14,29	14,36	14,44	14,32	14,37	14,85	14,70	14,70	14,75	14,28	14,19	14,36	14,28
	14,19	14,45	14,25	14,29	14,36	14,45	14,32	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,29	14,19	14,36	14,28
3	14,19	14,45	14,25	14,29	14,36	14,45	14,32	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,29	14,19	14,36	14,28
	14,19	14,45	14,25	14,30	14,37	14,45	14,32	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,29	14,19	14,36	14,28
4	14,19	14,45	14,25	14,30	14,37	14,45	14,32	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,29	14,19	14,36	14,28
	14,20	14,46	14,26	14,30	14,37	14,45	14,33	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,30	14,19	14,37	14,29
5	14,20	14,46	14,26	14,30	14,37	14,45	14,33	14,38	14,86	14,71	14,71	14,76	14,30	14,19	14,37	14,29
	14,20	14,46	14,26	14,31	14,38	14,46	14,33	14,39	14,87	14,72	14,72	14,77	14,30	14,20	14,37	14,29
6	14,20	14,46	14,26	14,31	14,38	14,46	14,33	14,39	14,87	14,72	14,72	14,77	14,30	14,20	14,37	14,29
	14,20	14,46	14,27	14,31	14,38	14,46	14,34	14,39	14,88	14,72	14,72	14,77	14,30	14,20	14,38	14,29

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 23-3: Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.MPa)				
Tiempo (horas)	T1	T2	T3	T4
6	1,43E-06	1,72E-06	1,49E-06	1,19E-06

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 4-3. Permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos

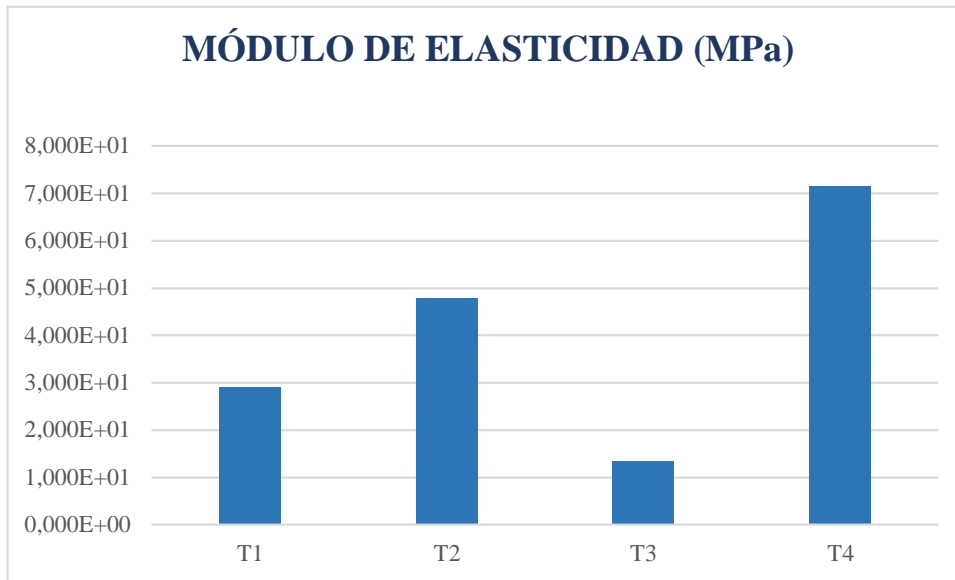
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.3.5 Ensayo de tracción

Tabla 24-3: Resultados del ensayo de tracción de los bioplásticos

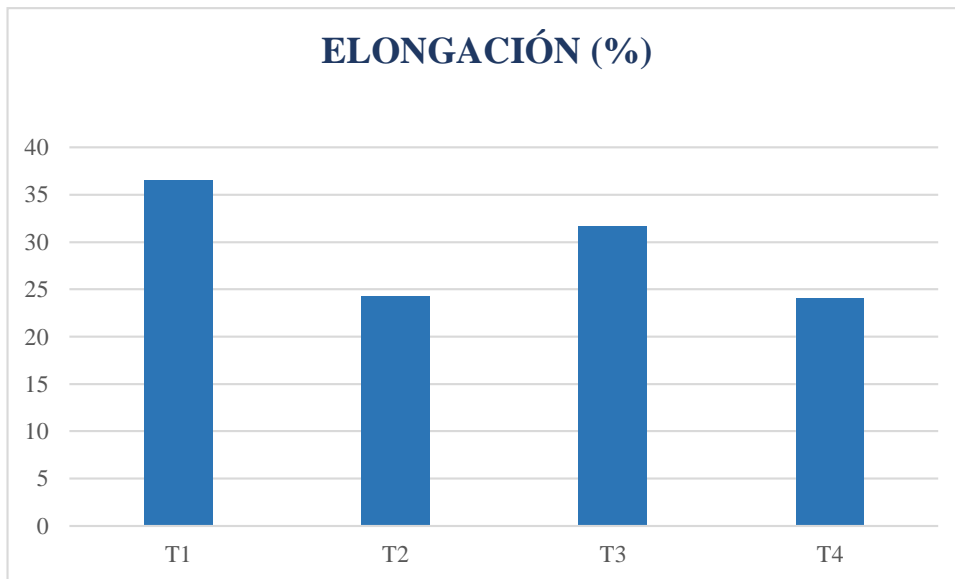
N°	Tratamiento	Módulo Elasticidad (Mpa)	Carga De Fluencia (N)	Esfuerzo De Fluencia (Mpa)	Carga Máxima (N)	Esfuerzo Máximo (Mpa)	Elongación (%)
1	T1	2,902.E+01	3,35	3,4	5,54	5,63	36,52
2	T2	4,790.E+01	3,04	5,81	3,65	6,97	24,28
3	T3	1,348.E+01	2,37	1,65	3,91	2,73	31,58
4	T4	7,152.E+01	3,65	6,5	4,29	7,64	24,08

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 5-3. Módulo de elasticidad

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 6-3. Elongación

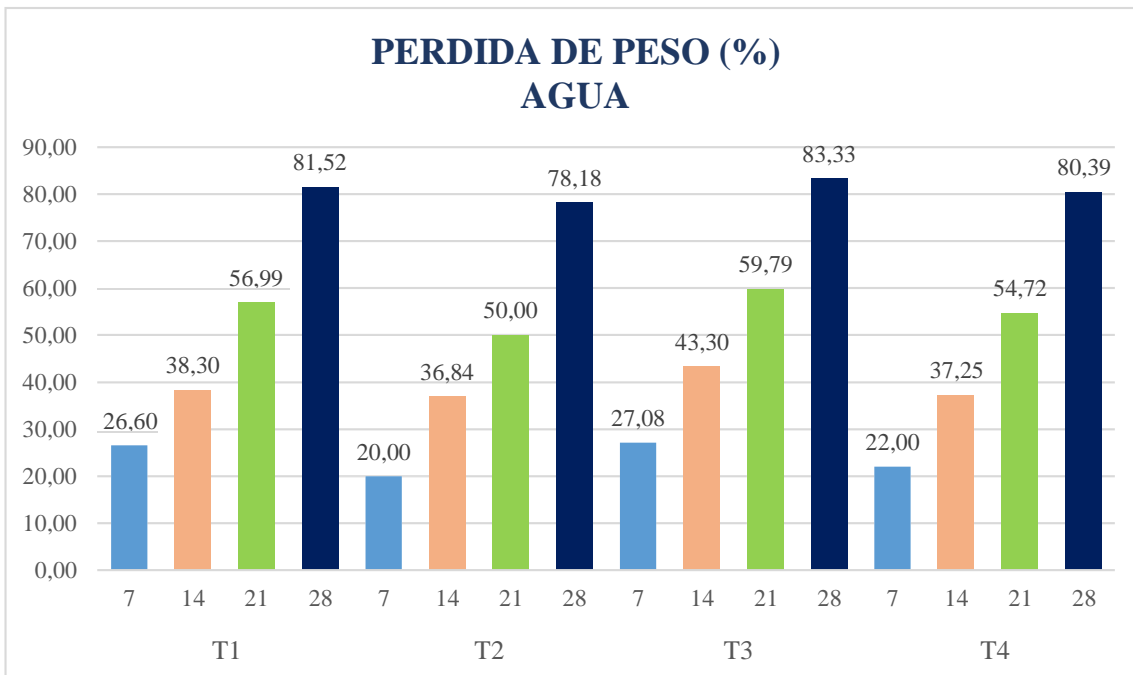
Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.2.3.6 Biodegradabilidad

Tabla 25-3: Resultados de la biodegradabilidad en agua de los bioplásticos

BIODEGRADABILIDAD EN AGUA					
N°	Tratamiento	Peso Inicial seco (g)	Días	Peso Final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	T1	0,094	7	0,069	26,596
2		0,094	14	0,058	38,298
3		0,093	21	0,040	56,989
4		0,092	28	0,017	81,522
1	T2	0,055	7	0,044	20,000
2		0,057	14	0,036	36,842
3		0,056	21	0,028	50,000
4		0,055	28	0,012	78,182
1	T3	0,096	7	0,070	27,083
2		0,097	14	0,055	43,299
3		0,097	21	0,039	59,794
4		0,096	28	0,016	83,333
1	T4	0,050	7	0,039	22,000
2		0,051	14	0,032	37,255
3		0,053	21	0,024	54,717
4		0,051	28	0,010	80,392

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 7-3. Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

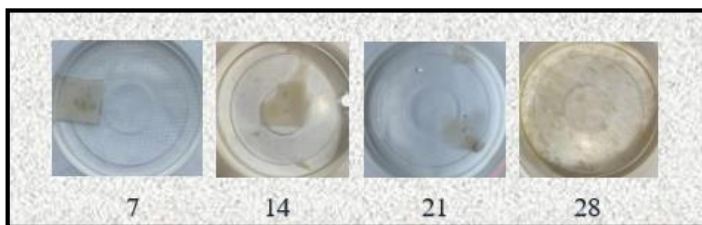


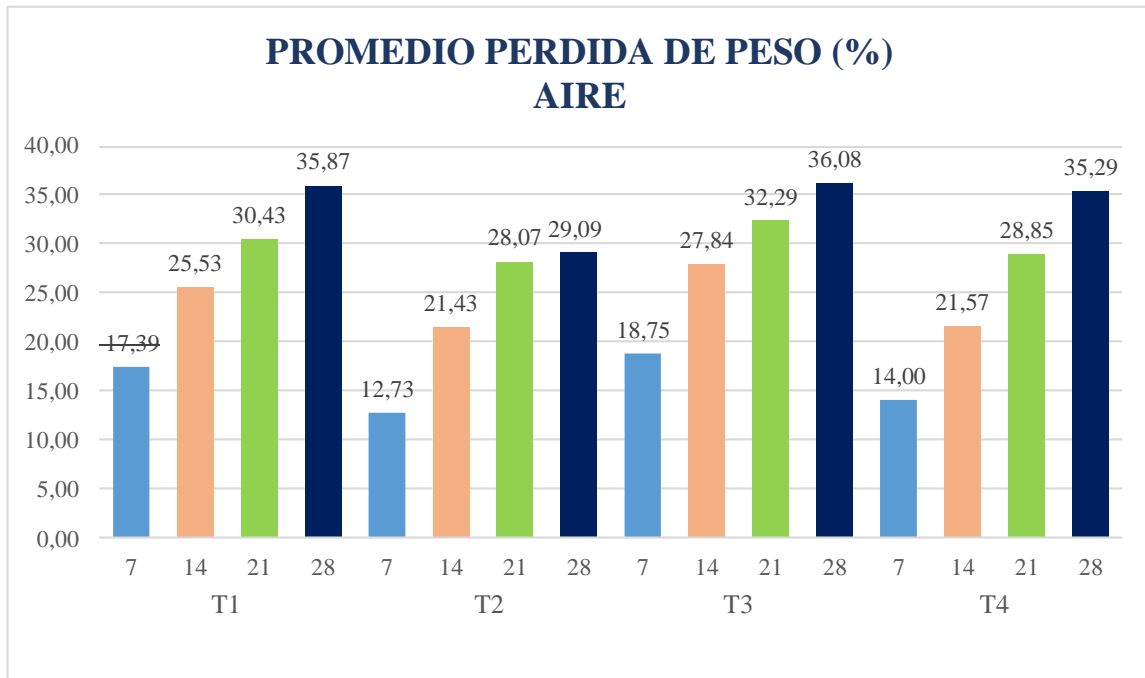
Figura 1-3: Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos T1

Fuente: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 26-3: Resultados de la biodegradabilidad en aire de los bioplásticos

BIODEGRADABILIDAD EN AIRE					
N°	Tratamiento	Peso Inicial seco (g)	Días	Peso Final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	T1	0,092	7	0,076	17,391
2		0,094	14	0,070	25,532
3		0,092	21	0,064	30,435
4		0,092	28	0,059	35,870
1	T2	0,055	7	0,048	12,727
2		0,056	14	0,044	21,429
3		0,057	21	0,041	28,070
4		0,055	28	0,039	29,091
1	T3	0,096	7	0,078	18,750
2		0,097	14	0,070	27,835
3		0,096	21	0,065	32,292
4		0,097	28	0,062	36,082
1	T4	0,050	7	0,043	14,000
2		0,051	14	0,040	21,569
3		0,052	21	0,037	28,846
4		0,051	28	0,033	35,294

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 8-3. Biodegradabilidad en aire de los bioplásticos

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Figura 2-3: Biodegradabilidad en aire de los bioplásticos T1

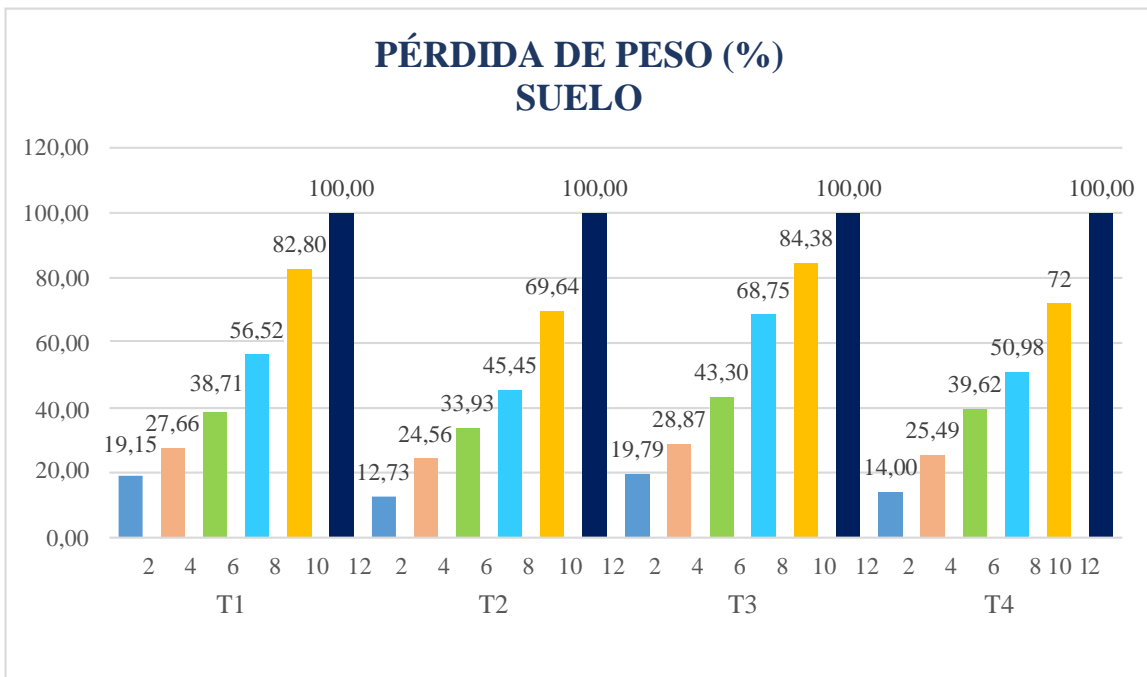
Fuente: Ruiz Tapia, Y. 2021

Tabla 27-3: Resultados de la biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos

BIODEGRADABILIDAD EN SUELO					
N°	Tratamiento	Peso Inicial seco (g)	Días	Peso Final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	T1	0,094	2	0,076	19,149
2		0,094	4	0,068	27,660
3		0,093	6	0,057	38,710
4		0,092	8	0,040	56,522
5		0,093	10	0,016	82,796
6		0,092	12	0,000	100,000
1		0,055	2	0,048	12,727

2	T2	0,057	4	0,043	24,561
3		0,056	6	0,037	33,929
4		0,055	8	0,030	45,455
5		0,056	10	0,017	69,643
6		0,055	12	0,000	100,000
1	T3	0,096	2	0,077	19,792
2		0,097	4	0,069	28,866
3		0,097	6	0,055	43,299
4		0,096	8	0,030	68,750
5		0,096	10	0,015	84,375
6		0,097	12	0,000	100,000
1	T4	0,050	2	0,043	14,000
2		0,051	4	0,038	25,490
3		0,053	6	0,032	39,623
4		0,051	8	0,025	50,980
5		0,050	10	0,014	72,000
6		0,050	12	0,000	100,000

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



Gráfica 9-3. Biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021



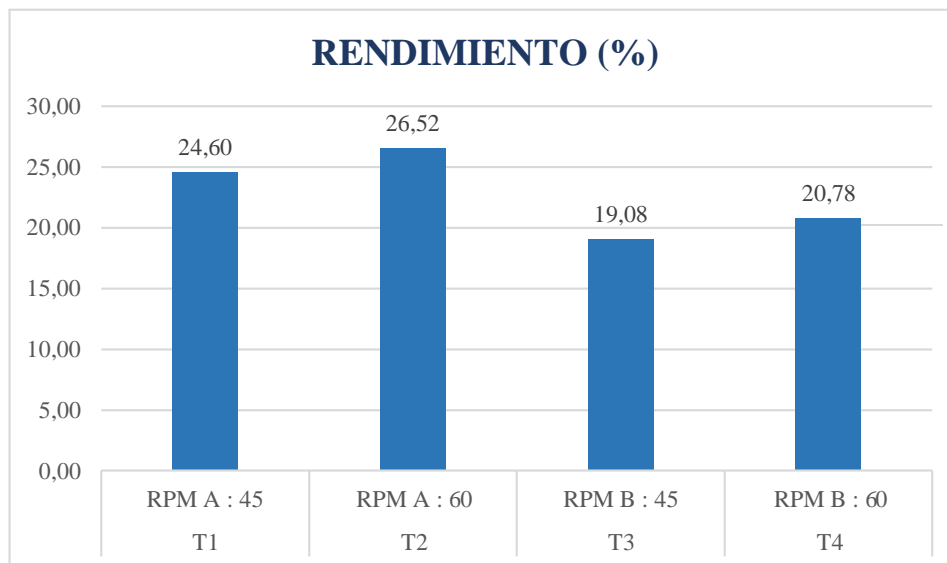
Figura 3-3: Biodegradabilidad en suelo de los bioplásticos T1

Fuente: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.3 Prueba de Hipótesis

3.3.1 Hipótesis 1

Para extraer el almidón de fréjol canario se lo realizó por vía húmeda, aplicando el diseño factorial 2^k , donde las 2 variables que se usaron fueron las rpm (alta (20000) y baja (6800)) y el tiempo (45 y 60 segundos), así obteniendo 4 tratamientos y un total de 16 pruebas como se observa en la tabla 17-3, obteniendo un mayor rendimiento de almidón en el T2 con rpm alta de 60 segundos como se puede observar en la gráfica 10-3. Sin embargo, para determinar si existe diferencias significativas entre los tratamientos se realizó el análisis de varianza ANOVA donde se obtuvo un valor de $0,44 > 0,05$ donde indica que no existen diferencias significativas entre los tratamientos realizados.



Gráfica 10-3. Rendimiento de la extracción del almidón de fréjol canario

Realizado por: Ruiz Tapia, Y. 2021

3.3.2 Hipótesis 2

El almidón utilizado fue del T2 que obtuvo un mejor rendimiento, el cual se usó para los diferentes ensayos para la caracterización dando unos resultados favorables comparando con los valores de referencia de la guía técnica de la FAO y de la NTE INEN 1456:1986 como se indica en la tabla 15-3, lo que nos indica que los resultados obtenidos cumplen con las características necesarias para ser materia prima para la elaboración de bioplástico.

3.3.3 Hipótesis 3

Para la obtención de la formulación adecuada para la elaboración del bioplástico se lo realizó mediante el diseño factorial 2^k obteniendo 4 tratamientos y un total de 16 pruebas, donde se estableció que las variables son la concentración de almidón (2 y 1,75 g) y la concentración de glicerina (0,75 y 0,5 mL) y para las constantes se estableció: agua (30 mL) y ácido acético (3 mL), para el secado de los bioplásticos se lo realizó a temperatura ambiente (25 °C) durante 24 horas. Obteniendo los bioplásticos se realizó pruebas preliminares sensoriales verificando características propias de los plásticos convencionales como se puede observar en la tabla 18-3.

3.3.4 Hipótesis 4

Los bioplásticos obtenidos a partir de almidón de fréjol canario se caracterizaron donde se obtuvo resultados óptimos para un bioplástico, donde en los análisis sensoriales se obtuvo un buen moldeo, una formación de película, transparencia y estabilidad para los 4 tratamientos realizados, en cuanto al espesor se tiene un buen resultado ya que cumple con el límite establecido, para el ensayo de humedad, solubilidad y permeabilidad los 4 tratamientos pueden ser utilizado para envolturas y a la conservación de alimentos, en las propiedades de tracción presentaron un buen porcentaje de elongación y para la biodegradabilidad en los 28 días establecidos se obtuvo resultados favorables ya que la norma europea EN 13432 menciona que un material se debe biodegradar el 90% en seis meses como máximo.

3.4 Discusión

Para la elaboración de los bioplásticos a partir de la materia prima de fréjol canario se realizó la extracción por método húmedo mediante el diseño factorial 2^k donde se elaboró 4 tratamientos con 4 repeticiones, obteniendo un mayor rendimiento en el T2 de 26,52 % siendo un valor mayor comparando el rendimiento de 15% obtenido por (Miranda et al. 2013) en su estudio.

El porcentaje de amilosa y amilopectina de fréjol canario fue de 20,12 % y 79,88 % respectivamente, según la (FAO, 2007), el contenido de amilosa varía entre 17 - 24 % y de amilopectina varía entre 76-83%, lo que entra en el rango establecido el almidón de fréjol canario.

Para la obtención de los bioplásticos se partió de 4 distintas formulaciones aplicando el diseño factorial 2^2 , donde se pudo verificar la formación de lámina de bioplástico con características de flexibilidad y dureza propias de un plástico al variar la concentración de almidón (2 y 1,75 g) y glicerina (0,75 y 0,5 mL), logrando un resultado favorable sensorial para los bioplásticos de los 4 tratamientos, lo que se procedió a realizar la caracterización físico, químico y mecánica.

Para el análisis de espesor, según la NTE INEN 2542 (Láminas plásticas requisitos), establece un rango máximo de 0,2 mm para las láminas plásticas, así determinando que los bioplásticos de los 4 tratamientos cumplen con el espesor establecido, como se puede observar en la gráfica 1-3.

Según (Escobar et al. 2009), menciona en su estudio que el contenido de humedad presente en los bioplásticos varía entre 19,3 - 22,1 %. De manera que los valores obtenidos de T1 y T3 se encuentran fuera del rango expuesto, esto se debe a la alta concentración de glicerina en la formulación, en comparación a la del T2 y T4, la presencia de glicerina en el bioplástico hace que se puedan hidratar fácilmente por ser un componente hidrófilo. En la gráfica 2-3 se puede observar el porcentaje de humedad para los 4 tratamientos.

El análisis de solubilidad en agua para los bioplásticos nos permite determinar si es apto o no para su aplicación. Según (Trujillo, 2014), menciona si el porcentaje de solubilidad en el bioplástico es menor al 70 % sirve para cubrir alimentos. La adición de plastificantes es relevante en la solubilidad en este caso la glicerina ya que mayor concentración mayor será la solubilidad (Paspuel, 2016). En este caso los porcentajes obtenidos en los bioplásticos de los 4 tratamientos son menores al 70% como se observa en la gráfica 3-3.

La permeabilidad al vapor de agua es afectada por la adición de plastificantes en este caso la glicerina ya que es un componente hidrófilo, lo que su mayor concentración de glicerina reduce las fuerzas intermoleculares y mayor será la permeabilidad al vapor de agua (Joaqui y Villada, 2013). En el estudio de (Buensuceso, 2010), expone sus valores de permeabilidad siendo (1,6125 a 2,1367 g/Mpa.m.h) durante 24 horas, comparando los resultados expuestos con los valores obtenidos en el presente estudio son menores como se puede observar en la gráfica 4-3, demostrando que los bioplásticos de los 4 tratamientos son aptas para el uso en envolturas y conservación de alimentos.

En el estudio de (Chariguamán, 2015), menciona que el módulo de elasticidad indica la rigidez del bioplástico, mientras más rígido es el bioplástico mayor va hacer su módulo de elasticidad, donde obtuvo valores de 0,64 hasta 2.23 Mpa al adicionar el 50% de glicerina a su tratamiento, comparando con los valores obtenidos son mayores a los mencionados, pero se mantiene dentro de la teoría expuesta ya que al adicionar mayor porcentaje de glicerina menor será el módulo de elasticidad, en los tratamientos realizados en el presente estudio la adición de glicerina es menor por lo tanto los valores de módulo de elasticidad son altos, arrojándonos resultados para el T1 y T3 (2,902E+01 - 1,348E+01 MPa) menores al T2 y T4 (4,790E+01 - 7,152E+01 MPa), donde T1 y T3 son menores por la alta concentración de glicerina del (2,1 %) para el T2 y T4 que contiene una concentración baja de glicerina de (1,4 %). Con la misma teoría mencionada se puede decir que la elongación a mayor concentración de glicerina mayor porcentaje de elongación en este caso se tiene porcentajes altos para T1 y T3 (36,52 - 31,58 %) por su mayor concentración de glicerina que T2 y T4 (24,28 - 24,08 %). En este caso se escogió el mejor tratamiento en relación al módulo de elasticidad se escoge el T4 ya que contiene características altas para el módulo de elasticidad, lo que cumple con una buena resistencia.

Para el porcentaje de la biodegradabilidad se estudió por tres medios que fueron agua, aire y suelo durante 28 días. Según (Sernaqué et al. 2020), menciona que el bioplástico se degrada en menor tiempo debido a la mayor concentración de glicerina ya que este componente reduce las fuerzas intermoleculares, así afirmando que en los resultados obtenidos en T3 y T1 tienen un mayor porcentaje de biodegradabilidad debido a la alta concentración de glicerina (0,75 g) que T4 y T2 que contiene (0,50 g) de glicerina. También menciona la norma europea EN 13432 que un material se debe biodegradar el 90% en seis meses como máximo, los bioplásticos obtenidos se degradaron en presencia de agua en un tiempo de 28 días el 78,18% - 83,33%, en suelo en 12 días el 100% y en aire se degradó el 29% - 36 % en 28 días.

CONCLUSIONES

- Se extrajo el almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris L.*) mediante el método húmedo con variables de velocidad RPM Alta (20000), RPM Baja (6800) y el tiempo de trituración (45 y 60 segundos), obteniéndose que el mejor tratamiento es el T2 con la velocidad RPM alta y 60 segundos con un rendimiento de almidón del (26,52%).
- La caracterización del almidón de fréjol canario se lo realizó mediante métodos de ensayos, con resultados para humedad del (13%), ceniza (0,12%), pH (5,14%), temperatura de gelatinización (78°C), solubilidad (0,48%), viscosidad (872,9 mPa.s), granulometría (91,79%), fibra (0,165%), proteína (0,738%), amilosa (20,12%), amilopectina (79,88%), coliformes fecales (0 UPC/g), levaduras y mohos (0 UPC/g), coliformes totales (10 UPC/g), siendo valores aceptables dentro de las normas para ser utilizado en la elaboración de bioplástico
- Se determinó las concentraciones óptimas para la obtención del bioplástico, mediante el diseño factorial 2^k siendo el mejor tratamiento el T4, para su formulación se utilizó concentración de almidón (1,75 g) y la concentración de glicerina (0,50 mL) y sus constantes siendo el agua (30 mL) y el ácido acético (3 mL).
- Los bioplásticos fueron caracterizadas, donde el T4 obtuvo resultados favorables mediante los métodos de ensayo, se manifestó derivaciones asertivas para humedad de (18,29%), solubilidad (33,136%), para el ensayo de tracción un espesor de (0,06 mm), módulo de elasticidad (7,152E+01 MPa), esfuerzo máximo (7,64 MPa), encontrándose dentro del rango estándar de los valores de referencia y así obteniendo características similares a los plásticos convencionales.
- La biodegradabilidad se realizó en agua, aire y tierra durante 28 días, donde se observó un mayor porcentaje de degradación en el T3, obteniéndose en agua el (83,33%), en aire el (36,08%) y en suelo el (100%) por consecuencia de mayor concentración deplastificante.

RECOMENDACIONES

- Investigar nuevos métodos de extracción de almidón para que sea aprovechado todo el almidón existente en la materia prima y así mejorar el rendimiento.
- Lavar varias veces el material filtrado ya que aún puede quedar cierta cantidad de almidón y aprovechar en su totalidad.
- Lavar el almidón sedimentado ya que suele quedar en su superficie una capa del color característico de la materia prima.
- Agitar continuamente la mezcla para evitar la formación de grumos en los bioplásticos.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J, et al. "Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico". *Bionatura Latin American Journal of Biotechnology and Life Sciences* [en línea], 2018, vol.1. [Consulta: 9 enero 2021]. ISSN 1390-9355. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/CS/2018.01.01.2>.

AGUILERA, B, et al. "Obtención de productos alternativos y eco amigables a partir de almidón y harina de arroz". *Universidad Iberoamericana Puebla* [en línea], 2018, pp. 1-3. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: [https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos alternativos a partir de arroz_modalidad interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos_alternativos_a_partir_de_arroz_modalidad_interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

AVELLÁN, A, et al. "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*)". *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, vol. 7, n° 1 (2020), (Panamá) pp. 1-11. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/215974004.pdf>.

BARBARIN, F. *El problema del plástico*. [blog]. [Consulta: 3 febrero 2021]. Disponible en: <http://nu2.es/listas/reportajes/el-problema-del-plastico/>.

BAZURTO, M. Manejo agronómico del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris L.*), bajo condición de humedad a capacidad de campo en la zona de Mocache [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2019. [Consulta: 3 febrero 2021] Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3632/1/T-UTEQ-0168.pdf>.

BRITO, H. *Texto Básico de Operaciones Unitarias I* [en línea]. Riobamba - Ecuador, 2000. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I

BRITO, H. Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) [en línea], 2019. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338828575>.

BUENSUCESO, V. Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional, México. 2010. [Consulta: 6 febrero 2021] Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/25079>

CÁRDENAS FREIRE, Marcos Adrián. Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero. [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca - Ecuador. 2018. [Consulta: 6 febrero 2021] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16241/1/UPS-CT007893.pdf>.

CASTELLS, P. *El almidón.* [blog]. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/biocarburantes-489/el-almidn-1136>.

CHARIGUAMÁN, J. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano - Honduras. 2015. [Consulta: 8 febrero 2021] 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] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Quito - Ecuador. 2015. [Consulta: 8 febrero 2021] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

DERCOCENTER. *¿Qué son las revoluciones por minuto de un motor?* [blog]. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.dercocenter.cl/noticias/que-son-revoluciones-minuto-motor>.

ECURED. *Ácido acético.* [blog]. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Ácido_acético#Disponibilidad_comercial.

ECURED. *Agua destilada.* [blog]. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Agua_destilada#Usos_m.C3.A1s_frecuentes_del_agua_destilada.

ENRÍQUEZ, M, et al. "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, vol. 10, n.º 1, pp. 182-192. [Consulta: 22 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>.

ESCOBAR, D, et al. "Tecnología alimentaria". *Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, vol. 4, n.º 4, (2009), (Uruguay) pp. 33-36.

EUROPEAN BIOPLASTICS. *Global production capacities of bioplastics 2018-2023 Bioplastics market data 2018.* [blog]. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: www.european-bioplastics.org.

FAO. "Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca". *Boletín de Servicios Agrícolas*

de la FAO [en línea] 2007, vol. 163, pp. 134. ISSN 1944-8244. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13325/81719_62161.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

GEUEKE, B. "Bioplastics as Food Contact Materials". *Food Packaging Forum* [en línea], 2014, pp. 1-8. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: https://www.foodpackagingforum.org/fpf-2016/wp-content/uploads/2015/11/FPF_Dossier06_Bioplastics.pdf.

GREENFACTS. *Plastificante*. [blog]. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/plastificante.htm>.

GREENPEACE. *Datos sobre la producción de plásticos*. [blog]. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>.

GUZMÁN, V. Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de cinco variedades de fréjol: Canario, Bayo, Blanco, Rojo y Negro. [en línea] (Trabajo de titulación). (Licenciada) Universidad Católica Del Ecuador, Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales, Quito - Ecuador. 2012. [Consulta: 8 febrero 2021] Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7111/4.7.001037.pdf;sequence=4>.

HERNÁNDEZ, M, et al. "Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México". *Ciencia e Tecnología de Alimentos* [en línea], 2008,(México) vol. 28, no. 3, pp. 718-726. [Consulta: 8 febrero 2021]. ISSN 0101-2061. Disponible en: [moz-extension://064cbec9-6e09-4f2a-839e-8d85f611875d/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.scielo.br%2Fpdf%2Fcta%2Fv28n3%2Fa31v28n3.pdf](https://www.scielo.br/ct/pdf/ct.v28n3.a31v28n3.pdf?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.scielo.br%2Fpdf%2Fcta%2Fv28n3%2Fa31v28n3.pdf).

ICONTEC. "Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal NTC 3528". *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)* [en línea] 2002. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13325/81719_62161.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

IMRE, B, et al. "Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations and reality". *Carbohydrate Polymers*, vol. 209 (2019), pp. 20-37.

INEC. Metodología de Gestión de Residuos Sólidos. [en línea] 2018. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2018/Residuos_solidos_2018/20200617_GIRS_2018_DOCUMENTO_METODOLOGICO.pdf.

ISI. "Determination of starch size distribution by screening. ISI 32". Laboratory methods. [en línea] 1999. [Consulta: 8 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.starch.dk/isi/methods/index.asp>.

JOAQUI, D.; & VILLADA, H. "Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón". Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial [en línea], 2013, n.º. 2, pp. 59-68. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>.

JÕGI, K.; & BHAT, R. "Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production". Sustainable Chemistry and Pharmacy [en línea], 2020 vol. 18. [Consulta: 14 febrero 2021]. ISSN 23525541. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554120305659>.

LABEAGA, A. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional De Educación a Distancia. 2018. [Consulta: 14 febrero 2021]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf.

LE CORRE, D, et al. Starch nanoparticles [en línea] 2010. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/bm901428y>.

MAGNI, S, et al. "Plastics and biodegradable plastics: ecotoxicity comparison between polyvinylchloride and Mater-Bi® micro-debris in a freshwater biological model". Science of the Total Environment [en línea], 2020, vol. 720, pp. 137602. [Consulta: 20 febrero 2021] ISSN 18791026. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972031113X>.

MENESES, J, et al. "Síntesis y Caracterización de un Polímero Biodegradable a partir del Almidón de Yuca". Revista EIA [en línea], 2007, vol. 8, pp. 57-67. [Consulta: 21 febrero 2021] ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a06.pdf>.

MERÉ, J. Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio ambiente. [en línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Carlos III de Madrid. 2009. [Consulta: 21 febrero 2021]. Disponible en: <moz-extension://064cbec9-6e09-4f2a-839e-8d85f611875d/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fcore.ac.uk%2Fdownload%2Fpdf%2F30043724.pdf>.

MIRANDA, P, et al. "Caracterización Funcional del Almidón de Fríjol Zaragoza (Phaseolus Lunatus L.) y Cuantificación de su Almidón Resistente". *Tecnológicas* [en línea], 2013, no. 30, pp. 17-32. [Consulta: 13 marzo 2021]. ISSN 0123-7799. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n30/n30a02.pdf>.

MORENO, A, et al. "Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente". *Ra Ximhai* [en línea], 2017, (México) vol. 13, pp. 365-382. [Consulta: 13 febrero 2021]. ISSN 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>.

NATIONAL GEOGRAPHIC. *20 datos sobre el problema del plástico en el mundo.* [blog]. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282.

NTE INEN 1456. Reactivos para análisis. Almidón soluble (para iodometría). Métodos de ensayo. Norma Técnica Ecuatoriana 1456:1986 [en línea] 2012. [Consulta: 11 febrero 2021] Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

NTE INEN 2043. Plásticos. Método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión. Norma Técnica Ecuatoriana 2043:2013 [en línea] 2013. [Consulta: 11 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2043-1.pdf>.

NTE INEN 2635. Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. Norma Técnica Ecuatoriana 2635:2012 [en línea] 2012. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

PASPUEL, A. Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antocianinas de repollo morado (*Brassica oleracea*) como potencial indicador de pH [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 2016. [Consulta: 14 marzo 2021] Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5838/1/AGI-2016-T034.pdf>.

PERÚ ALIMENTOS. *Frijol canario.* [blog]. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: http://perualimentos.com/?page=1_canario.

RAE. *Tiempo.* [blog]. [Consulta: 7 febrero 2021]. Disponible en: <https://dle.rae.es/tiempo>.

REVISTA LÍDERES. *La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas.* [blog]. [Consulta: 2 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>.

RODRÍGUEZ, A. "Biodegradabilidad de materiales bioplásticos". Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea], 2012, vol. 22, No.3, pp. 69-72. [Consulta: 16 marzo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos

ROJAS, M, 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. [Consulta: 14 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume2/3/1/13.pdf>.

SALGADO CANTARO, L.R. & HERRERO VALERIO, V.A. Análisis de la Sostenibilidad para la producción de bioplásticos a partir de los residuos de Musa Balbisiana y Zea Mays. [en línea] 2020. [Consulta: 10 marzo 2021] Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3174/Lourdes_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SANTOS, V. Estudio de la implementación de bolsas plásticas oxo biodegradables y su impacto social y ambiental en la ciudad de Loja. [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Nacional de Loja, Loja. 2019. [Consulta: 10 marzo 2021] Disponible en: http://dspace.unl.edu.ec:9001/jspui/bitstream/123456789/22225/1/Vivian_Jamileth_Santos_Orellana.pdf.

SERNAQUÉ, F, et al. "Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca". Centro de Investigaciones Agropecuarias [en línea], 2020, vol. 47, no. 4, pp. 22-31. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 2072-2001. Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu>.

SHAFQAT, A, et al. "Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers". Saudi Journal of Biological Sciences [en línea], 2020. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISSN 1319562X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20306707>

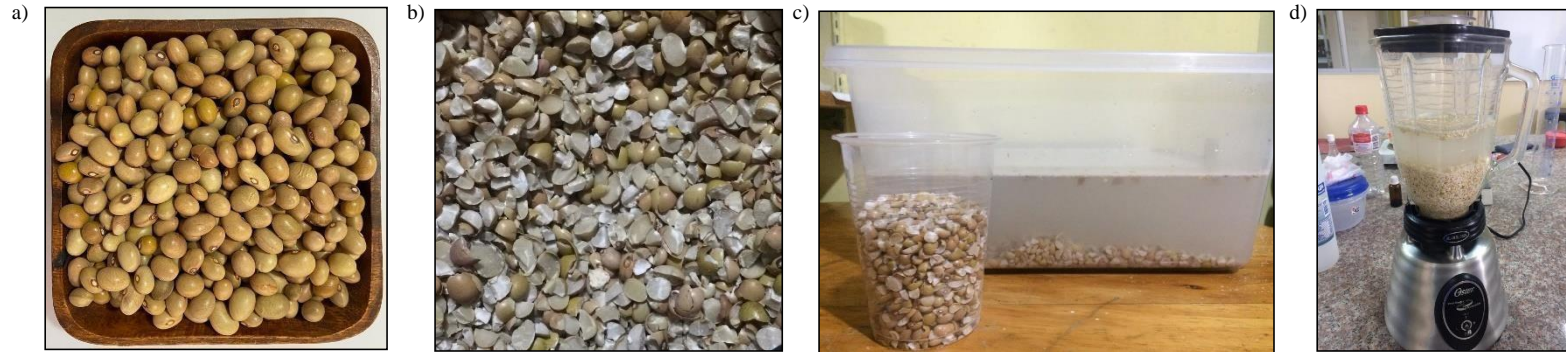
TRUJILLO, C. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. [en línea] (Tesis). (Ingeniería) Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado - Perú. 2014. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VILLARROEL, P, et al. "Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos Resistant". Revista Chilena de Nutricion [en línea], 2018, vol. 45, no. 3, pp. 271-278. [Consulta: 16 marzo 2021]. ISSN 07177518. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>.



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

ANEXO A
EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO		
a) Materia prima fréjol canario b) Troceado de la materia prima c) Remojo de la materia prima d) Licuado del fréjol canario con agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/02/01

ANEXO B
EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO		
a) Sedimentado y decantado b) Secado del almidón al ambiente c) Almidón de fréjol canario seco	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/02/01

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO		
a) Prueba de humedad del almidón b) Prueba de ceniza del almidón c) Prueba de densidad aparente del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/02/01

ANEXO D
CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO

a)



b)

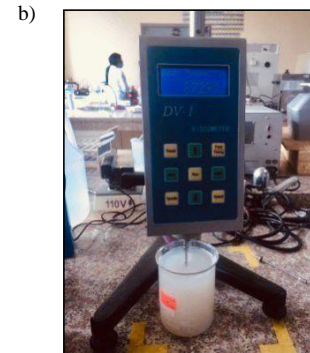


c)



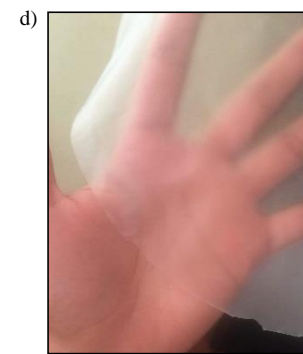
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO	
a) Prueba de solubilidad del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	LÁMINA	ESCALA
b) Prueba de pH del almidón	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1
c) Prueba para determinar la temperatura de gelatinización del almidón	<input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		FECHA	2021/02/01

ANEXO E
CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE FRÉJOL CANARIO		
a) Prueba de sensibilidad del almidón b) Prueba de viscosidad del almidón c) Prueba de granulometría del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2021/02/01	

ANEXO F
ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO



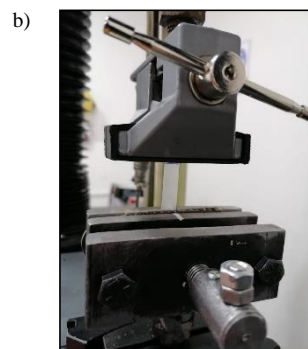
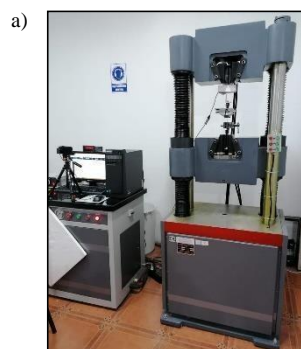
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO		
a) Materiales y sustancias para la elaboración del bioplástico	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Mezcla de las sustancias para obtener el bioplástico	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1	2021/02/01
c) Vertido de muestra en cajas Petri	<input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
d) Desmoldado del bioplástico					

ANEXO G
CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO		
a) Ensayo de humedad del bioplástico	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Ensayo de solubilidad en agua del bioplástico	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1	2021/02/01
c) Ensayo de solubilidad en agua del bioplástico	<input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
d) Ensayo de permeabilidad del bioplástico					

ANEXO H
CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE FRÉJOL CANARIO	
a) Máquina universal de ensayos – WAW600B	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	LÁMINA	ESCALA
b) Ensayo de tracción del bioplástico			1	1:1
c) Biodegradabilidad del bioplástico				FECHA 2021/02/01

ANEXO I PRUEBA DE AMILOSA

a)

INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS <small>Panamericano Sur Km. 1, Cullaguaguá Tto. 2696691-3007134, Fax: 3007134 Casilla postal: 17.01.340</small>			
INFORME DE ENSAYO No: 21-031			
NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Carolina Ruiz	Particular	
DIRECCIÓN:	Riobamba	INSTITUCIÓN: Srta. Carolina Ruiz	
FECHA DE EMISIÓN:	3 de febrero de 2021	FECHA DE RECEPCIÓN: 25/01/2021	
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 25 enero al 2 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 11H30	
		ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa	
ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA^U	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970		
UNIDAD	%	%	
21-0258	8,56	20,12	
<small>Los ensayos marcados con U se reportan en base seca OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente</small>			
 Dr. Iván Samaniego RESPONSABLE TÉCNICO		 Ing. Bladimir Ortiz RESPONSABLE CALIDAD	
<small>Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo. NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por 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 prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor, notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.</small>			

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PRUEBA DE AMILOSA	
a) Resultados de amilosa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	Elaborado por: Yolanda Carolina Ruiz Tapia	LÁMINA	ESCALA
			1	1:1
				FECHA
				2021/02/01

ANEXO J


ENSAYO DE TRACCIÓN T1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 01	
SOLICITADO POR:	Yolanda Carolina Ruiz Tapia
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO (Phaseolus Vulgaris L) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	9.84
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	0.98
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.902.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.35
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.40
CARGA MAXIMA [N]	5.54
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	5.63
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	36.52
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
 Riobamba - Ecuador

ANEXO K

ENSAYO DE TRACCIÓN T2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
Nº 02	
SOLICITADO POR:	Yolanda Carolina Ruiz Tapia
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO (Phaseolus Vulgaris L) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.06
ANCHURA [mm]	8.73
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	0.52
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.790.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.04
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	5.81
CARGA MAXIMA [N]	3.65
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	6.97
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	24.28
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

Dir: Calle Roma Nº7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
 Riobamba - Ecuador

ANEXO L

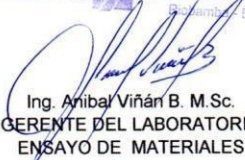
ENSAYO DE TRACCIÓN T3



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
Nº 03	
SOLICITADO POR:	Yolanda Carolina Ruiz Tapia
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO (Phaseolus Vulgaris L) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.14
ANCHURA [mm]	10.26
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	1.44
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.348.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.37
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.65
CARGA MAXIMA [N]	3.91
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.73
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	31.58
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

Dir: Calle Roma Nº7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
 Riobamba - Ecuador

ANEXO M


ENSAYO DE TRACCIÓN T4



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
Nº 04	
SOLICITADO POR:	Yolanda Carolina Ruiz Tapia
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO (Phaseolus Vulgaris L) PARA EL USO EN ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - ALMIDÓN DE FREJOL CANARIO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-ene-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T 4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.06
ANCHURA [mm]	9.35
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	0.56
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	7.152.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.65
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	6.50
CARGA MAXIMA [N]	4.29
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	7.64
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	24.08
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

Dir: Calle Roma Nº7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
 Riobamba - Ecuador

ANEXO N

ANÁLISIS DE FIBRA, PROTEÍNA Y MICROBIOLÓGICO



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

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 01 de marzo de 2021
Análisis solicitado por: Srta. Yolanda Carolina Ruiz Tapia
Tipo de muestras: Almidón de Fréjol Canario
Procedencia de la muestra: Riobamba

Análisis Químico

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Fibra	%	Gravimétrico	0.165
Proteína	%	Micro-keldahl	0.738
Coliformes Totales	UFC/100mL	Siembra en masa	10
Coliformes Fecales	UFC/100mL	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/100mL	Siembra en masa	Ausencia

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO





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: 27/ 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: YOLANDA CAROLINA RUIZ TAPIA

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



27-10-2021
0900-DBRAI-UTP-2021