



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN
DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*) PARA USO EN EMBALAJE
DE ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyectos de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

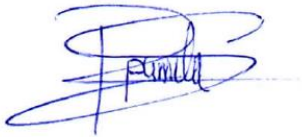
©2022, Pamela Mishell Robalino Silva

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, PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 03 de junio del 2022


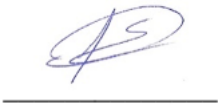



Pamela Mishell Robalino Silva

C.I. 060595556-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular. Tipo: Proyecto de Investigación, **ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS**, de responsabilidad de la señorita **PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mónica Lilian Andrade Ávalos, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-06-03
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-06-03
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-06-03

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, quienes han sido los pilares de mi vida, y a mis abuelitos por su cariño y apoyo.

Pamela

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen Dolorosa por cuidarme, darme salud y bendecirme con una hermosa familia.

A mis padres Byron e Irene, quienes con su amor y sabiduría han sabido guiarme y sobretodo apoyarme en cada momento y adversidad.

A mis hermanos Ronny y Danilo, que siempre han estado dispuestos a brindar su ayuda y paciencia.

A mis abuelitos Luis y Soledad, que con su cariño y amor me acompañan en cada momento.

Agradezco al Ing. Marco Chuiza Rojas por su guía en la realización del presente trabajo, por compartir conmigo su sabiduría y por su preocupación. También agradezco a la Ing. Linda Flores por su colaboración.

Pamela

TABLA DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	3
1.2.	Marco conceptual o glosario	4
1.2.1.	<i>Arveja</i>	4
1.2.1.1.	<i>Clasificación taxonómica</i>.....	4
1.2.1.2.	<i>Arveja amarilla</i>	4
1.2.2.	<i>Almidón</i>	5
1.2.2.1.	<i>Almidón modificado</i>	6
1.2.3.	<i>Bioplásticos</i>	6
1.2.3.1.	<i>Plásticos biobasados</i>.....	6
1.2.3.2.	<i>Plásticos biodegradables</i>	6
1.2.4.	<i>Tipos de plásticos</i>.....	7
1.2.5.	<i>Plastificantes y Aditivos</i>	8
1.2.5.1.	<i>Glicerina</i>	8
1.2.5.2.	<i>Ácido acético</i>.....	8

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	9
2.1.	Hipótesis.....	9
2.2.1.	<i>Hipótesis general</i>.....	9
2.2.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	9

2.2.	Identificación de variables	9
2.3.	Operacionalización de variables	10
2.5.	Matriz de consistencia	12
2.6.	Tipo y diseño de investigación	16
2.6.1.	<i>Tipo de investigación</i>	16
2.6.2	<i>Diseño de Investigación</i>	16
2.6.2.1.	<i>Diseño factorial 2k para obtención de almidón</i>	16
2.6.2.2.	<i>Diseño factorial 2k para la formulación del bioplástico a partir del almidón de arveja amarilla</i>	17
2.6.3.	Descripciones de materia prima, reactivas, materiales y equipos	20
2.6.3.1.	<i>Equipos</i>	20
2.6.3.2.	<i>Materiales</i>	20
2.6.3.3.	<i>Reactivos</i>	20
2.7.	Unidad de análisis	21
2.8.	Población de estudio	21
2.9.	Tamaño de muestra	21
2.10.	Selección de muestra	21
2.11.	Técnicas de recolección de datos	22
2.11.1.	<i>Lugar de realización</i>	22
2.11.2.	<i>Técnica de extracción de almidón</i>	22
2.11.3.	<i>Caracterización del almidón de arveja amarilla</i>	23
2.11.3.1.	<i>Prueba de pH</i>	23
2.11.3.2.	<i>Viscosidad brookfield</i>	24
2.11.3.3.	<i>T° de gelatinización</i>	24
2.11.3.4.	<i>Índice de solubilidad</i>	25
2.11.3.4.	<i>Humedad</i>	26
2.11.3.5.	<i>Ceniza</i>	26
2.11.3.6.	<i>Análisis de porcentaje de fibra y proteína</i>	27
2.11.3.7.	<i>Carbohidratos totales</i>	27
2.11.3.8.	<i>Amilosa y amilopectina</i>	27
2.11.3.9.	<i>Levaduras, mohos y coliformes totales</i>	27
2.11.3.10.	<i>Prueba del lugol</i>	27
2.11.4.	<i>Técnica de formulación de bioplástico a partir de almidón de arveja</i>	28
2.11.5.	Caracterización del bioplástico	28
2.11.5.1.	<i>Análisis sensorial</i>	28
2.11.5.2.	<i>Determinación del espesor</i>	29

2.11.5.3.	<i>Humedad del bioplástico</i>	29
2.11.5.4.	<i>Solubilidad de biopelículas</i>	30
2.11.5.5.	<i>Permeabilidad del plástico</i>	30
2.11.5.6.	<i>Pruebas de mecánicas del bioplástico</i>	31
2.11.5.7.	<i>Prueba de biodegradabilidad</i>	31
2.11.5.8.	<i>Análisis de utilidad para embalaje de alimentos</i>	32

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1.	Resultados	33
3.1.1.	<i>Resultados de la aplicación del diseño factorial 22 para determinar el mejor rendimiento del almidón de arveja amarilla por vía húmeda</i>	33
3.1.2.	<i>Resultados del análisis físico-químico y microbiológico del almidón de arveja amarilla y la materia prima</i>	38
3.1.3.	<i>Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico 22</i>	39
3.1.4.1.	<i>Espesor</i>	42
3.1.4.2.	<i>Humedad</i>	43
3.1.4.3.	<i>Solubilidad</i>	44
3.1.4.4.	<i>Permeabilidad</i>	46
3.1.4.5.	<i>Resultados de las características mecánicas del bioplástico</i>	47
3.1.4.6.	<i>Resultados biodegradabilidad</i>	48
3.1.5.	<i>Resultados de la aplicación de la biopelícula en el producto</i>	49
3.2.	Pruebas de hipótesis	49
3.2.1.	<i>Prueba hipótesis general</i>	50
3.2.2.	<i>Prueba hipótesis específicas</i>	50
3.3.	Discusión de Resultados	50
3.3.1.	<i>Análisis de resultados de la caracterización del almidón extraído a base de almidón de arveja amarilla (Vicia lutea)</i>	50
3.3.1.1.	<i>Análisis de determinación de espesor</i>	51
3.3.1.2.	<i>Análisis de determinación de humedad</i>	52
3.3.1.3.	<i>Análisis de determinación de Solubilidad</i>	52
3.3.1.4.	<i>Análisis de determinación de permeabilidad</i>	52
3.3.1.5.	<i>Análisis de determinación de la prueba de tracción</i>	52
3.3.1.6.	<i>Análisis de determinación de la biodegradabilidad del plástico</i>	53

CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Estructura química de la amilosa	5
Figura 2-1.	Estructura química de la amilopectina	5
Figura 1-3.	Tratamientos para la extracción del almidón de arveja amarilla	38
Figura 2-3.	Realización del ensayo de tracción del tratamiento 1	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de la arveja.....	4
Tabla 1-2:	Identificación de variables en la obtención de almidón de arveja amarilla y en la formulación de biopelículas.....	9
Tabla 2-2:	Operacionalización de variables en la obtención de almidón de arveja amarilla y en la formulación del bioplástico.....	10
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia.....	12
Tabla 4-2:	Diseño factorial 2k para la obtención de almidón de arveja amarilla	16
Tabla 5-2:	Método de la evaluación de pH.....	23
Tabla 6-2:	Método de la evaluación de viscosidad brookfield	24
Tabla 7-2:	Método de la evaluación de T° de gelatinización	24
Tabla 8-2:	Método de la evaluación de índice de solubilidad	25
Tabla 9-2:	Método de la evaluación de humedad.....	26
Tabla 10-2:	Método de la evaluación de ceniza	26
Tabla 11-2:	Proceso para la obtención de bioplástico	28
Tabla 12-2:	Valoración sensorial para los bioplásticos	29
Tabla 13-2:	Humedad del bioplástico.....	29
Tabla 14-2:	Método de solubilidad del bioplástico	30
Tabla 15-2:	Evaluación de permeabilidad del bioplástico.....	30
Tabla 16-2:	Método de evaluación de la biodegradabilidad para el bioplástico	32
Tabla 1-3:	Resultados del diseño factorial 2k para la determinación del mejor rendimiento del almidón de arveja amarilla.....	34
Tabla 2-3:	Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de arveja amarilla	36
Tabla 3-3:	Análisis de resultados según la prueba TUKEY para la extracción de almidón de arveja amarilla.....	37
Tabla 4-3:	Análisis físico-químico y microbiológico del almidón de arveja amarilla y materia prima	38
Tabla 5-3:	Formulaciones realizadas basándose en el diseño factorial 2k.....	39
Tabla 6-3:	Resultados análisis factorial 2 ² para la formulación del bioplástico a partir del almidón de arveja amarilla.....	40
Tabla 7-3:	Análisis de varianza ANOVA para la formulación de bioplásticos en base al espesor	41
Tabla 8-3:	Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del	

	bioplástico en base a las características organolépticas.....	41
Tabla 9-3:	Resultados del ensayo de determinación de espesor del bioplástico	42
Tabla 10-3:	Resultados del ensayo de determinación de humedad del bioplástico.....	43
Tabla 11-3:	Análisis de varianza ANOVA para la humedad de bioplásticos.....	44
Tabla 12-3:	Resultados del ensayo de determinación de solubilidad del bioplástico.....	44
Tabla 13-3:	Análisis de varianza ANOVA para la solubilidad de bioplásticos	45
Tabla 14-3:	Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad del bioplástico	46
Tabla 15-3:	Análisis de varianza ANOVA para la permeabilidad de bioplásticos	47
Tabla 16-3:	Resultados de las pruebas mecánicas del bioplástico	47
Tabla 17-3:	Caracterización de los medios para la prueba d biodegradabilidad	49
Tabla 18-3:	Resultados de la biodegradabilidad en suelo, aire y agua del bio plástico del tratamiento TP3.....	49
Tabla 19-3:	Análisis sensorial de la frutilla y mora envuelta en el bioplástico y la frutilla y mora al ambiente después de 7 días a partir de almidón de arveja amarilla	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Diagrama de flujo para obtención de almidón de arveja amarilla.....	18
Gráfico 2-2.	Diagrama de flujo del proceso para formulación del bioplástico.....	19
Gráfico 3-2.	Proceso de selección de la muestra	21
Gráfico 1-3.	Análisis grafico del espesor del bioplástico obtenido del almidón de arveja amarilla	43
Gráfico 2-3.	Análisis grafico de humedad del bioplástico obtenido de la alverja amarilla	44
Gráfico 3-3.	Análisis grafico de solubilidad del bioplástico obtenido del almidón arveja amarilla	45
Gráfico 4-3.	Análisis grafico de solubilidad del bioplástico obtenido del almidón arveja amarilla	47
Gráfico 5-3.	Análisis gráfico de la tracción del bioplástico obtenido del almidón de arveja amarilla	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)
- ANEXO B.** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)
- ANEXO C.** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)
- ANEXO D.** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)
- ANEXO E.** EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)
- ANEXO F.** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA
- ANEXO G.** ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS
- ANEXO H.** ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS
- ANEXO I.** ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS
- ANEXO J.** AVANCE DE BIODEGRAABILIDAD EN DIFERENTES MEDIOS
- ANEXO K.** INFORME DE PRUEBA DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA
- ANEXO L.** INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 1
- ANEXO M.** INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 2
- ANEXO N.** INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 3
- ANEXO O.** INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 4
- ANEXO P.** INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ARVEJA AMARILLA
- ANEXO Q.** INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CO ₂	Dióxido de carbono
Gr	Gramos
Kg	Kilogramos
MI	Mililitros
Fao	Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura
%	Porcentaje
Rpm	Revoluciones por minuto
S	Segundos
V	Volumen

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar un bioplástico a partir de almidón arveja amarilla (*Vicia lutea*) para su uso en embalaje de alimentos, aumentando la vida útil de los alimentos y así reducir la contaminación ambiental por plásticos convencionales. En primer lugar, se extrajo el almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*) por método húmedo, para lo cual se realizó la limpieza de la materia prima, lavado, remojo, trituración, filtrado, sedimentación, decantado, secado, molienda y tamizado, para determinar el mejor rendimiento se utilizó un análisis factorial 2k, donde se varió la velocidad de trituración (A y B) y el tiempo de trituración en segundos (30 y 45). Después de obtener los resultados de rendimiento en los diferentes tratamientos, se eligió al Tratamiento 1 con un valor de 16,361 %, para este tratamiento se trabajó con un RPM (revoluciones por minuto) de 20000 y 45 s; teniendo un porcentaje de amilosa de 49,51%. A continuación, se caracterizó el almidón, en donde se efectuaron pruebas físicas, químicas y microbiológicas, y se determinó que el almidón apto para elaborar bioplástico. Después se trabajó en la formulación del bioplástico, utilizando el diseño factorial 2k, variando la concentración de ácido acético y de glicerina, obteniendo 4 tratamientos, de los cuales se analizó sus características de tracción, biodegradación, y características físicas y químicas. El bioplástico con mejores características fue el del Tratamiento Plástico 3, el cual mostró buenas características físicas y mecánicas, relacionándolo con la formulación (2 ml ácido acético, 1 ml de glicerina), además se realizó pruebas de conservación de alimentos. Se concluyó que el almidón de arveja amarilla es apto para la elaboración de bioplástico ya que es biodegradable y ayuda a conservar los alimentos. Se recomienda realizar pruebas microbiológicas en los bioplásticos, ya que serán utilizados en alimentos.

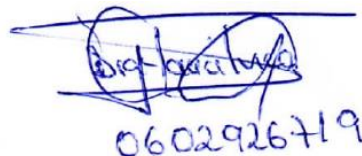
Palabras clave: <BIOPLÁSTICO>, <ALMIDÓN ARVEJA AMARILLA (*Vicia Lutea*)>, <ALMIDÓN>, <FORMULACIONES>, <ADITIVOS>, <BIODEGRADABILIDAD>.


REVISADO
13 JUL 2022
Ing. Jonathan Parrota (Quilac, MBA)
(ANALISTA DE BIBLIOTECA 1)
1476-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present research aimed to elaborate a bioplastic from pea starch yellow (*Vicia lutea*) for use in food packaging, increasing the shelf life of food and thus reduce environmental pollution by conventional plastics. First of all, the starch of yellow pea (*Vicia lutea*) was extracted by wet method, for which it was carried out the cleaning of the raw material, washing, soaking, crushing, filtering, settling, decanting, drying, grinding and sieving. To determine the best performance a factor analysis was used 2k, where the crushing speed (A and B) and the crushing time in seconds (30) were varied and 45). After obtaining the performance results in the different treatments, Treatment 1 with a value of 16.361 % was chosen, this treatment we worked with an RPM (revolutions per minute) of 20000 and 45 s; having a percentage of amylose of 49.51%. Tonext, starch was characterized, where physical, chemical and microbiological, and it was determined that starch suitable for making bioplastic. Then, the formulation of bioplastic was worked, using the 2k factorial design, varying the concentration of acetic acid and glycerin, obtaining 4 treatments, of which their characteristics were analyzed traction, biodegradation, and physical and chemical characteristics. The bioplastic with the best characteristics was plastic treatment 3, which showed good physical and mechanical characteristics, related to the formulation (2 ml of acetic acid, 1 ml of glycerin); in addition, food preservation tests were carried out. It was concluded that yellow pea starch is suitable for the production of bioplastics because it is biodegradable and helps to preserve food. Microbiological testing of bioplastics is recommended since they will be used in food.

Key words: <BIOPLASTIC>, <YELLOW VEGETABLES (*Vicia Lutea*)>, <STARCH>, <FORMULATIONS>, <ADDITIVES>, <BIODEGRADABILITY>.



Handwritten signature and number: 0602926719

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

El plástico es un material que, gracias a sus características, como su durabilidad o resistencia ha brindado una variedad de usos, facilitando diversas actividades realizadas por el hombre diariamente, sin embargo, al producir este plástico no se ha pensado en los desechos que produciría, creando así una gran crisis medioambiental debido al plástico, lo que perjudica a la fauna y flora del planeta. Los animales sufren ingestión, enredos y asfixia debido al plástico (Mejia et al., 2002: p. 1).

Cada año se producen más de 380 millones de toneladas de plástico, el setenta y cinco por ciento de este plástico es desechado como basura, solo una pequeña cantidad se recicla, otro se incinera y el resto se desecha, lo que causa una acumulación de plástico en ríos, océanos y vertederos, la mayor parte del plástico producido se encuentra en el ambiente. El plástico se comenzó a comercializar desde el siglo pasado, produciéndose desde entonces 7.8 billones de toneladas de plástico, es decir que existe una tonelada de plástico por cada persona en el mundo. (Buteler et al., 2019:p. 1) “Al menos 5,25 billones de plástico flotan en el mar” (Eriksen et al., 2014: p. 1).

El principal problema con la basura plástica es que no es biodegradable, permanece durante varios años en el ambiente mientras se va degradando, fraccionando o disgregando, convirtiéndose en nano o micropartículas plásticas (Buteler et al., 2019: p. 1).

En los últimos años se han buscado nuevas alternativas renovables que ayuden a combatir la contaminación ambiental, que sean elaborados con materiales orgánicos que no son aprovechados en su totalidad y tengan un bajo impacto económico. A través de este trabajo de investigación se busca obtener un bioplástico a base de almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*), que se utilizara para el recubrimiento de alimentos.

Justificación de la investigación

Hoy en día la idea de producir bioplásticos ha sido una de las principales alternativas ecológicas y viables que pueden existir, ya que generalmente se basan en fuentes renovables, a los cuales se les puede proporcionar usos potenciales en distintas áreas dentro de la industria.

Este trabajo de investigación contribuirá con el desarrollo de nuevas alternativas ecológicas, como lo es el uso de almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*) para la elaboración de bioplásticos, contribuyendo a la conservación de los alimentos, además se busca reducir la contaminación al generar bioplástico amigable con el ambiente, ya que no perdurar varios años en el ambiente y se convertirá en materia orgánica.

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

Objetivos

Objetivo general

- Elaborar un bioplástico a partir de almidón arveja amarilla (*Vicia lutea*) para su uso en embalaje de alimentos.

Objetivos específicos

- Extraer almidón a partir de la arveja amarilla (*Vicia lutea*).
- Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.
- Determinar la formulación óptima del bioplástico a partir del almidón obtenido, glicerina y ácido acético.
- Evaluar las características físico-químicas y mecánicas del bioplástico obtenido para el embalaje de alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Los plásticos se han convertido en un material de uso esencial y diario en la vida del hombre, debido a que facilitan actividades cotidianas por sus diversas características y su gran versatilidad sin embargo su uso ha sido desmedido, solo se ha tratado de aprovecharlo al máximo apoyados en prácticas de consumo rápido sin pensar en sus efectos nocivos, y han tenido que pasar el tiempo y ver la gran crisis medioambiental causada por el plástico para que el hombre empiece a tomar conciencia del daño que produce la contaminación por plástico en diversos ecosistemas (Mejia et al., 2002: p. 1).

En los últimos años ha sido de gran preocupación el tema de cuidar el medio ambiente, y se han realizado diversas investigaciones para evitar el efecto negativo de los plásticos en el medio ambiente. Los bioplásticos han sido tema de estudio como una alternativa a los plásticos convencionales, debido a sus propiedades termoplásticas, además presenta otras características como su biodegradabilidad y que pueden ser elaborados a partir de recursos renovables (Almeida et al., 2004: p. 1).

Ha surgido gran interés por producir bio plásticos a partir de productos agrícolas, mediante polisacárido como el almidón. A partir de que recursos naturales como el maíz, papa, yuca se puede obtener biopolímeros que al mezclarlos con plastificantes y otros aditivos logran la elaboración de bioplástico con características muy parecidas a los plásticos tradicionales.

En el trabajo de investigación denominado “Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables” se utilizó almidón de maíz y quinua para lograr, mezclándolos con aditivos (glicerina, ácido acético, agua destilada), elaborar bioplástico. La biodegradabilidad de los bioplásticos obtenidos se efectúa en medio aerobio, anaerobio y agua en base a la norma EN 13432, viendo que la descomposición en medio acuoso fue más eficiente, pues las láminas se degradan en 20 días el 50 % de su estructura. Además, mediante el análisis microbiológico se observa que los bioplásticos no tienen microorganismos patógenos, por lo tanto, todas las propiedades de los bioplásticos permiten que éstos puedan ser utilizados como envolturas de alimentos (Ledesma et al., 2021: p. 1).

También se han realizado investigaciones de elaboración de bioplásticos a partir de almidón de tubérculos, como lo es la papa, en el trabajo de investigación “ Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa” se indica que el almidón modificado es útil para la fabricación de filmes de bioplástico, además dos aspectos muy importantes a considerar es la velocidad de secado y la temperatura ya que estos factores afectan la elasticidad y la estabilidad de la película

conforme transcurre el tiempo. El bioplástico elaborado a partir de almidón de papa presenta una buena tolerancia al desgaste, lo cual lo hace apto para usarse durante largos periodos de tiempo (Holguín, 2019, p. 1).

1.2. Marco conceptual o glosario

1.2.1. Arveja

La arveja es una leguminosa, familias de las fabáceas (papilionáceas), que germina en climas fríos, templados o húmedos, el inicio de su siembra y cuidado empezó hace muchos años; ha sido utilizada para la alimentación humana y animal desde 6000-7000 años antes de cristo. (familia de las fabáceas (papilionáceas) (Alejandro y Flores, 2009: p.1).

1.2.1.1. Clasificación taxonómica

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la arveja

Reino	Vegetal
Clase	Angiospermae
Orden	Fabales
Familia	Leguminosas
Subfamilia	Papilionoides
Tribu	Viceas
Variedad botánica	Alderman
Nombre vulgar	Arveja, guisante, chicharo

Realizado por: Robalino, P., 2022.

1.2.1.2. Arveja amarilla

La clasificación de las arvejas se puede realizar de acuerdo con características como el color de grano, textura de grano o en función del destino comercial del producto (Prieto, 2012, p. 1).

En el INASE hay más de 56 variedades inscritas como comerciales, la gran mayoría de origen Estadounidense (34%), Holandés (15%) e Italianas (13%), todas ellas con características diferenciales que van desde el color de la semilla (verdes y amarillas), textura del grano (lisas y rugosas), característica de la planta (foliosas y semiáfilas o zarcillosas), y con pesos de 1000 semillas que van entre los 150 gr hasta más de 300 gr (Gabriel y Prieto, 2009: p. 1).

1.2.2. Almidón

El almidón es un hidrato de carbono y el polisacárido más abundante después de la celulosa; se encuentra presente en diferente concentración dependiendo del estado de madurez del vegetal, se puede encontrar almidón semillas de cereales, tubérculos, semillas de leguminosas, verduras, algunas frutas, troncos y hojas (Espoch - Química de Los Alimentos (6a. Ed.), n.d., p. 1).

El almidón está conformado por amilasa que se encuentra en un 20 a 25% en peso y 75 a 80% amilopectina, el porcentaje varía dependiendo del tipo de planta.

- **Amilosa:** Es un componente esencial en la estructura del almidón, a la cual se la conoce como la cadena lineal, formada por la unión de monómeros cuyas unidades se las conoce como glucosa. Los enlaces que unen las cadenas se las llaman glucosídicos α 1-4, conteniendo en su estructura de 200 a 2000 unidades (Zedadra et al. 2019: p. 25).

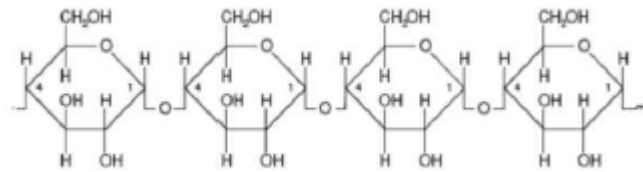


Figura 1-1. Estructura química de la amilosa

Realizado por: Robalino, P., 2022.

- **Amilopectina:** Componente importante del almidón que hace referencia a dos tipos de enlace que son el α 1-4, que proporciona la asociación de moléculas de glucosa y el otro enlace que es el α 1-6, que da ramificaciones por las cadenas de α -D-glucopiranosas, dichas ramificaciones se las localiza cada 20 a 30 unidades de glucosa (Zedadra et al. 2019: p. 15).

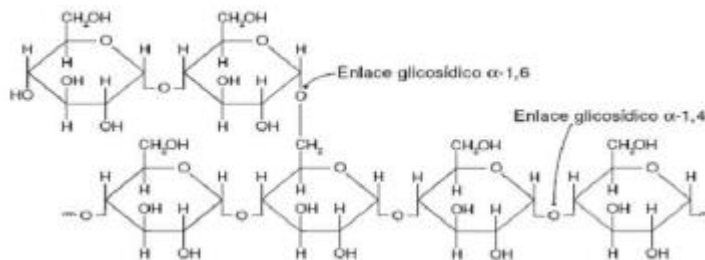


Figura 2-1. Estructura química de la amilopectina

Realizado por: Robalino, P. 2022

1.2.2.1. Almidón modificado

El almidón de arveja presenta buenas características de espesamiento y gelificación. Es posible mejorar las características físicas, químicas y reológicas del almidón nativo. al modificar las propiedades funcionales del almidón este se vuelve más apto para su uso en la industria y facilita la obtención de bioplásticos.

1.2.3. Bioplásticos

El bioplástico es un material que podría favorecer al cuidado del medio ambiente. La organización European bioplastics define que los bioplásticos son plásticos que son biobasados, biodegradables o son biobasados y biodegradables a la vez. (Vázquez et al., n.d: p. 1)

1.2.3.1. Plásticos biobasados

Los plásticos biobasados tienen como materia prima la biomasa, se elabora a partir de recursos naturales renovables, como puede ser plantas, algas y microorganismos, incluso se puede elaborarlos a partir de residuos. (Yang Jiang, 2012, p. 1). Antes de utilizar un plástico biobasados se debe realizar un proceso químico de varias etapas, existen dos procesos para realizarlo.

- En el primer proceso se empieza por producir etanol, ácido láctico y más compuestos mediante la fermentación del almidón de la planta seleccionada, para posteriormente cambiarlo y obtener los monómeros necesarios para el origen del plástico. Mediante este proceso se obtiene plásticos como el ácido poliláctico (PLA), polietileno, polipropileno, nylon y otros plásticos convencionales, los cuales poseen características iguales a las de los polímeros creados del petróleo.
- El segundo proceso es menos común y consiste La extracción de precursores y monómeros que se generan como forma de almacenamiento de energía en el interior de las células de algunas plantas y microorganismos, sin embargo, para la realización de este proceso se requiere de un alto presupuesto y su ejecución no es sencilla (Divya, 2013, p. 1).

1.2.3.2. Plásticos biodegradables

Los plásticos biodegradables pueden ser elaborados con materia prima renovable o mediante combustibles fósiles, la biodegradabilidad no depende del origen de la materia prima utilizada sino de la estructura química. Se debe tener en consideración todos los aspectos necesarios para

que se produzca la degradación, como las condiciones ambientales. La mayoría de los plásticos biodegradables ha sido diseñada para relajar su biodegradación en un entorno específico, haciéndolos susceptibles a los microorganismos presentes en los procesos de composteo, los ambientes marinos o, e incluso en ambientes sin oxígeno (Vázquez, 2012, p. 1).

Los plásticos biodegradables presentan un gran beneficio que radica en su potencial para disminuir los residuos plásticos que se pueden encontrar en rellenos sanitarios, esto ayuda a disminuir los impactos ambientales. Es importante que existan sistemas adecuados de separación y recolección para lograr llegar al compostaje, la degradación anaerobia o algún otro tipo de entorno.

1.2.4. Tipos de plásticos

- **Termoplásticos:** se los conoce como polímeros rectos, los cuales pueden presentar ramificaciones, como no las pueden tener, además de que son solubles con algunos compuestos orgánicos, y al tener la capacidad de ser fundidos, se los puede reciclar (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 44).
- **Plásticos ingenieriles:** presenta propiedades mecánicas buenas, tienen baja densidad, además presenta buena resistencia a los líquidos, ya que no se corroen, y su campo de competencia son los metales, y finalmente tienen buen procesamiento (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 44).
- **Termoestables:** este tipo de plástico no se puede fundir, por lo tanto, no es reciclable, y tampoco se lo considera soluble; su principal aplicación es la de trabajar a elevadas temperaturas, cuentan con buena rigidez, dureza y resistencia, su tiempo de transformación es muy lento, presentando colores opacos (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 45).
- **Elastómeros:** presentan gran flexibilidad, son capaces de sufrir deformaciones, su procesamiento es muy lento, por lo que no son reciclables (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 46).
- **Plásticos compuestos:** presentan buenas propiedades mecánicas, con una gran resistencia, su procesamiento, es muy demorado, no es reciclable y su producción es costosa (Daskalaki N. and Magoula E. 2005: p. 46).
- **Plásticos espumados:** presentan gran organización celular, ayudan controlando la conductividad térmica y presentan una gran resistencia (Daskalaki y Magoula. 2005: p. 47).
- **Cristales líquidos:** se los conoce como termoplásticos cuyo origen se basa en los “poliésteres aromáticos”, confiere buenas propiedades mecánicas y térmicas y son muy utilizados en dispositivos de visualización gráfica (Daskalaki y Magoula: 2005: p. 47).

1.2.5. Plastificantes y Aditivos

Se los conoce a “aquellos materiales que van dispersos físicamente en una matriz polimérica, sin afectar a su estructura molecular” (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 48), se los emplea con la finalidad de suavizar a un polímero, ayudando a disminuir la cristalinidad; lo que le confiere mayor flexibilidad, disminuyendo la fragilidad (Daskalaki y Magoula, 2005: p. 48).

1.2.5.1. Glicerina

Es un líquido viscoso, incoloro, inodoro, un tanto dulce, e higroscópico, absorbe humedad del aire; es muy aplicada en la industria ya que es soluble con el agua y con el etanol (Ortiz 2013, p. 5). En su estructura cuenta con grupos orgánicos de carbono que benefician el desarrollo de microorganismos, promoviendo procesos de desnitrificación (Aguilar et al., 2016: p. 8).

Si se lo utiliza como una mezcla al agua con la glicerina, le confiere propiedades de suavidad y uniformidad, que en este caso retarda la degradación, añadiendo la propiedad lubricante lo que proporciona el movimiento de cadenas poliméricas (Aguilar et al., 2016: p. 6).

1.2.5.2. . Ácido acético

hidroliza la mezcla de biopolímero, el cual ayuda a que se estabilice, neutralizando las moléculas de gránulos irregulares del almidón, considerado como un buen antioxidante (Sierra, Solano y Valderrama 2016, p. 1)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

- El bioplástico creado a partir de almidón de arveja amarilla puede usarse en la conservación de alimentos, además presenta características similares a las de los plásticos convencionales.

2.2.2. Hipótesis específicas

- Se podrá extraer de la alverja amarilla la cantidad necesaria de almidón, mediante el proceso de extracción por vía húmeda.
- Al realizar la caracterización de almidón mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se pudo determinar que el almidón obtenido es de buena calidad y óptimo para la elaboración de bioplástico.
- Mediante la realización de varias formulaciones para la elaboración de bioplástico a partir de almidón de arveja amarilla, glicerina y ácido acético, se encontrará la apropiada para la elaboración de un bioplástico de buena calidad.
- El bioplástico elaborado a partir de arveja amarilla es beneficioso para la conservación de alimentos al aumentar su tiempo de vida útil, además su tiempo de degradación es menor a la de un plástico convencional.

2.2. Identificación de variables

Tabla 1-2: Identificación de variables en la obtención de almidón de arveja amarilla y en la formulación de biopelículas

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Extracción de almidón de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)	<ul style="list-style-type: none">➤ Tiempo de trituración➤ Revoluciones por minuto	<ul style="list-style-type: none">➤ Humedad➤ Caracterización del almidón➤ Tiempo de secado

	➤ Peso de la materia prima	
Caracterización del almidón de arveja amarilla mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.		Propiedades fisicoquímicas del bioplástico Propiedades microbiológicas del bioplástico
Formulación del bioplástico a partir del almidón de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)	Porcentaje de almidón, glicerina y ácido acético.	Formulación del bioplástico
Evaluación de la efectividad del bioplástico obtenida en el recibimiento de alimentos		Propiedades mecánicas del bioplástico

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 2-2: Operacionalización de variables en la obtención de almidón de arveja amarilla y en la formulación del bioplástico

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Tiempo de trituración	Independiente	Magnitud física que mide la duración entre uno o más eventos.	Tempo de licuado para obtener el almidón	Minutos	Cronometro
Revoluciones por minuto	Independiente	Las revoluciones por minuto son una unidad de medida que indica la cantidad de vueltas que un cuerpo giratorio completa alrededor de	Trituración de la arveja amarilla	Velocidades	Licudadora

		su eje cada minuto.			
Peso de la materia prima	Independiente		Extracción de almidón	Peso	Balanza analítica
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua contenida en un cuerpo	Extracción de almidón	% de humedad	Prueba de humedad
Caracterización del almidón	Dependiente	Polisacárido conformado por amilasa y amilopectina	Pruebas de laboratorio	Porcentaje de amilosa	Análisis proximal
Porcentaje de almidón y aditivos	Independiente	Concentración de la materia prima y los aditivos necesarios para la formulación de bioplástico	Elaboración de bioplástico	Gramos	Balanza analítica
Formulación del bioplástico	Dependiente	Tipo de plásticos con un tiempo de degradación considerablemente menos al de los plásticos convencionales	% de formulación	Efectividad para conservar alimentos	Pruebas mecánicas y físicas

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

Aspectos generales				
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
El uso inconsciente y desmedido de plásticos convencionales que, al tener un tiempo de degradación excesivamente largo, contaminan los ecosistemas y causan contaminación ambiental, provocando graves daños a las especies y el mundo.	Elaborar un bioplástico a partir de almidón arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>) para su uso en embalaje de alimentos.	El bioplástico creado a partir de almidón de arveja amarilla presenta propiedades que lo hacen apto para usarse en el embalaje de alimentos, además presenta características similares a las de los plásticos convencionales.		
Aspectos específicos				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Técnicas
No existe un método idóneo para la extracción de almidón de arveja amarilla	Extraer almidón a partir de la arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)	Se podrá extraer de la alverja amarilla la cantidad necesaria de almidón,	Variables independientes: Tiempo de trituración Revoluciones por minuto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pH ➤ Densidad ➤ Viscosidad ➤ T° de gelatinización

		mediante vía húmeda.	Peso de la materia prima Porcentaje de almidón y aditivos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Índice de solubilidad ➤ Humedad ➤ Ceniza ➤ Fibra ➤ Proteína ➤ Amilosa ➤ Hongos ➤ Levaduras y mohos ➤ Coliformes totales ➤ Espesor ➤ Transparencia ➤ Peso ➤ Estabilidad
La materia prima y el producto obtenido debe ser de calidad para poder obtener un bioplástico idóneo para el embalaje de alimentos	Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas.	Al realizar la caracterización de almidón mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas se pudo determinar que el almidón obtenido es de calidad y óptimo para la elaboración de bioplástico.	Variables dependientes:	
	Determinar la formulación óptima del bioplástico a partir del almidón obtenido, glicerina y ácido acético.	Mediante la realización de varias	Humedad Caracterización del almidón	

		<p>formulaciones de bioplásticos a partir de almidón de arveja amarilla y aditivos se encontrará el apropiado para la elaboración de un bioplástico de buena calidad.</p>	<p>Formulación del bioplástico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revolución alta y baja ➤ Secado natural ➤ Medición para formulación
	<p>Evaluar las características físico-químicas y mecánicas del bioplástico obtenido para el embalaje de alimentos.</p>	<p>El bioplástico elaborado a partir de arveja amarilla es beneficioso para la conservación de alimentos al aumentar su tiempo de vida</p>		

		útil y la disponibilidad para su consumo		
--	--	---	--	--

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.6. Tipo y diseño de investigación

2.6.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo exploratoria porque estudia el mejor procedimiento tanto para la obtención del almidón de arveja amarilla como para la elaboración del bioplástico a partir del almidón de alverja amarilla mediante el control de variables, y al revisar bibliografía no se ha encontrado información sobre la elaboración de bioplástico utilizando como materia prima la arveja amarilla. Mediante la caracterización del almidón y la evaluación del bioplástico se podrá obtener datos que aporten a futuras investigaciones relacionadas con el tema.

2.6.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es experimental ya que se controlarán variables para la obtención del almidón, como el tiempo; también se realizarán diferentes formulaciones, para la obtención de un bioplástico óptimo, con diferentes concentraciones de glicerina y ácido acético.

2.6.2.1. Diseño factorial 2^k para obtención de almidón

En el diseño factorial dos 2^k cada una de las variables cuenta con dos niveles, en este caso, para la obtención de almidón, las variables son el tiempo de licuado y la velocidad de licuado. Las velocidades consideradas son alta y baja, cada una se realiza durante dos determinados tiempos (30 s y 45 s), por lo que se realiza 4 diferentes tratamientos los cuales tendrán 4 repeticiones, es decir que se obtendrán exactamente 16 muestras para la obtención de almidón, lo cual tiene por objetivo determinar el rendimiento de cada tratamiento.

Tabla 4-2: Diseño factorial 2^k para la obtención de almidón de arveja amarilla

Tiempo de licuado	Velocidad
30 s	Alta
	Baja
45 s	Alta
	Baja

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.6.2.2. *Diseño factorial 2^k para la formulación del bioplástico a partir del almidón de arveja amarilla*

Se realiza la formulación para la obtención de bioplásticos, para esto se tendrán dos variables la cantidad de glicerina y la cantidad de ácido acético, variando los tratamientos de la siguiente manera: (+, +); (+, -); (-, -); (-, +). Entonces se realizan 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, por lo que se obtienen 16 muestras de bioplástico en total, a través de la cual se obtiene las mejores propiedades para el embalaje de alimentos. Además, la cantidad de almidón y agua se mantendrán constantes.

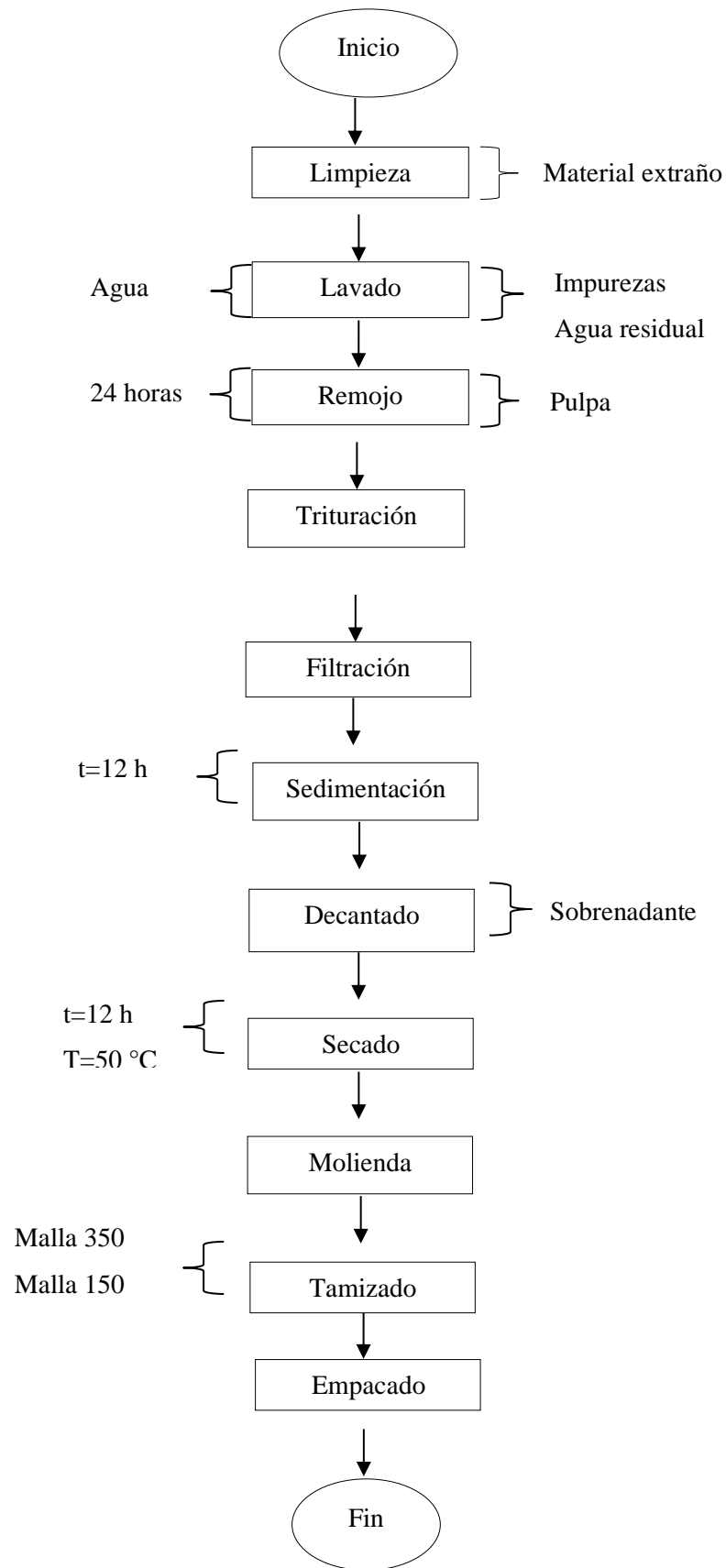


Gráfico 1-2. Diagrama de flujo para obtención de almidón de arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.

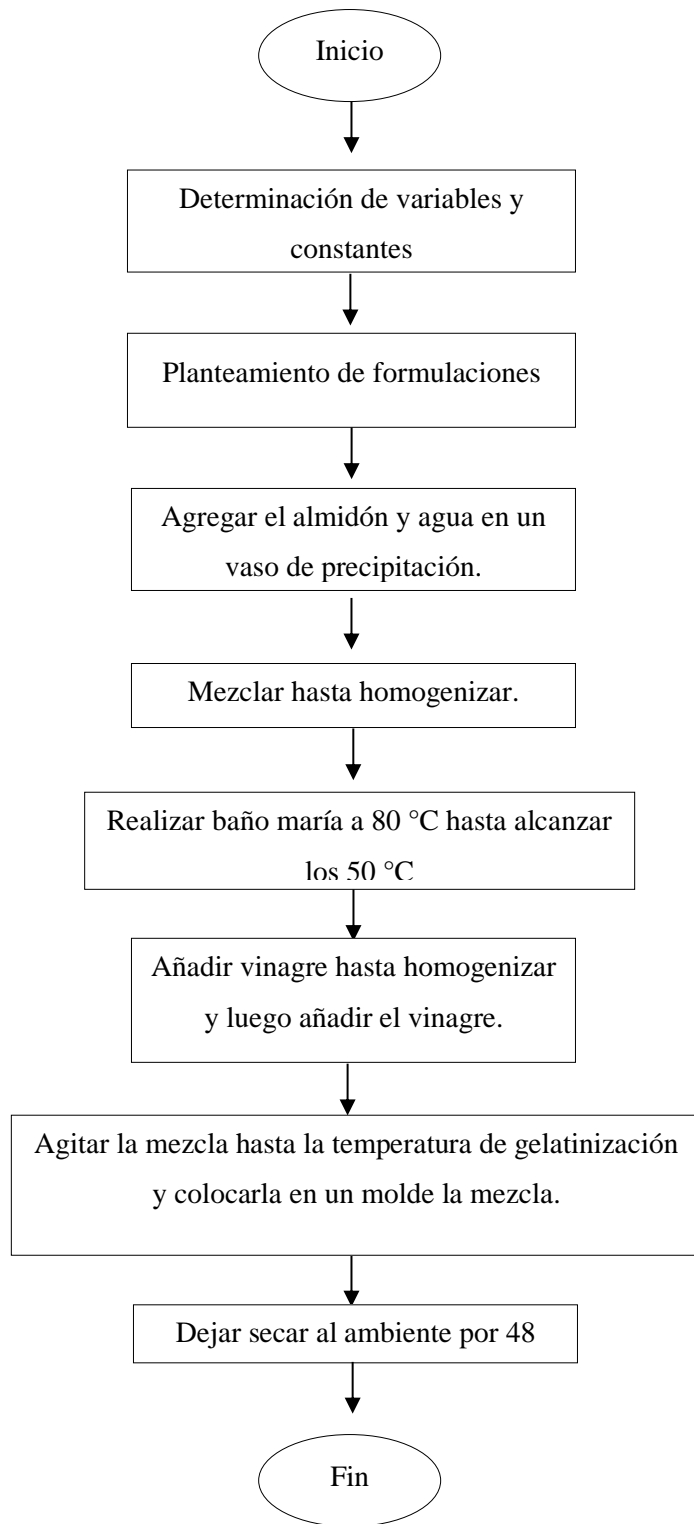


Gráfico 2-2. Diagrama de flujo del proceso para formulación del bioplástico
Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.6.3. Descripciones de materia prima, reactivas, materiales y equipos

2.6.3.1. Equipos

- Licuadora, marca Oster
- Mufla, marca Vulca, modelo A-550, serie 549513.
- Balanza analítica, marca Ohaus, modelo EX623, Serie B7D4630509
- Viscosímetro, marca NIA, modelo DV-1, serie 147D6029
- PHmetro, marca Fisher Scientific, modelo ACUMENT XL-150, serie X194105829
- Estufa, marca Esco, modelo OFA-110, serie 2015TO2313
- Baño maria, marca Memmert, modelo alubia, serie MO51509

2.6.3.2. Materiales

- Reverbero
- Vasos de precipitación
- Probetas
- Pipetas
- Espátula
- Tamiz de 300 um, 150 um y 160 um
- Mortero
- Cajas Petri
- Estilete

2.6.3.3. Reactivos

- Lugol
- Agua destilada
- Vinagre
- Almidón
- Glicerina

El análisis estadístico de los resultados se realizará mediante el análisis de varianza ANOVA, para poder comprobar o rechazar las hipótesis propuestas en el objeto de estudio y constatar la veracidad de sus datos.

2.7. Unidad de análisis

La extracción de almidón es la unidad de análisis, el cual será extraído mediante varios tratamientos y caracterizado con pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Más adelante se realizará el proceso de la obtención de la bioplástico, por lo que se debe definir la formulación adecuada mediante ensayos y además de características de tracción físico-mecánicas, finalmente se evaluará la efectividad de la bioplástico para la conservación de alimentos y su biodegradabilidad.

2.8. Población de estudio

La población de estudio es la arveja amarilla que será adquirida en principales mercados de la ciudad de Riobamba, con el objetivo de adquirir la mejor materia prima y apoyar a la economía local.

2.9. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra debido a que para el proceso de obtención de almidón se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones fue de 8 kg.

2.10. Selección de muestra

Mediante características organolépticas que presenta la alverja amarilla se escogió el de mejor calidad, teniendo en cuenta que no se encuentre mezclado con otro tipo de arveja y que los granos sean de tamaño, diámetro y aspecto físico similar.

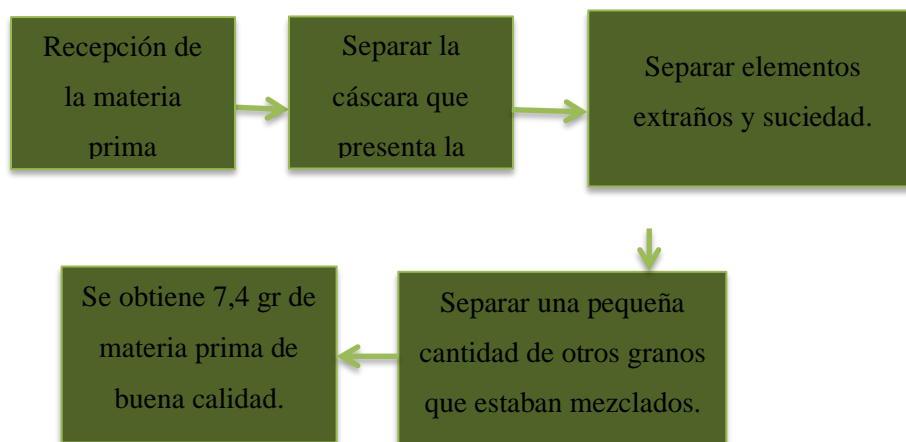


Gráfico 3-2. Proceso de selección de la muestra

Realizado por: Robalino, P. 2022.

2.11. Técnicas de recolección de datos

2.11.1. Lugar de realización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La ESPOCH se encuentra ubicada en la ciudad de Riobamba, región interandina de la Sierra Ecuatoriana, Panamericana Sur km 1 ½; con coordenadas geográficas 1°39'29"S 78°40'35"O.

2.11.2. Técnica de extracción de almidón

La obtención de almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*) fue realizado mediante el método de vía húmeda, a continuación, se describe este proceso que está basado en el proceso basado en el diagrama de flujo del gráfico 1-2.

- **Recolección de la materia prima:** se obtuvo la materia prima de los principales mercados de la ciudad de Riobamba, utilizando los granos de mejor calidad y con las mejores características organolépticas.
- **Limpieza:** se separaron granos extraños a la arveja amarilla y material extraño a la misma.
- **Lavado:** los granos se lavan con abundante agua, con el propósito de eliminar la tierra y cualquier sustancia que pueda afectar a la calidad del almidón.
- **Remojo:** los granos se remojan durante 24 horas, colocando tres litros de agua por cada kilogramo de materia prima.
- **Trituración:** para la trituración se considera dos velocidades y dos tiempos; las velocidades fueron alta y baja, y los tiempos fueron de 30 y 45 segundos. Esto para determinar el rendimiento y posteriormente trabajar con el tratamiento de mejor rendimiento. Por cada 124 gramos de materia prima se adiciono 500 mL de agua.
- **Filtración:** se filtra con una tela nylon para separar el agua y almidón del resto de materia del triturado.
- **Sedimentación:** se deja sedimentar por 12 horas para que sedimente el almidón y se separe del agua y otros residuos que pudieron pasar durante el filtrado.
- **Decantado:** se separa el almidón del resto de líquido.
- **Secado:** se extiende el almidón en bandejas de aluminio y se lo coloca en una estufa con reflujo a 50 °C durante 12 horas.
- **Molienda:** al secarse el almidón presenta una estructura grande por lo que con la ayuda de un ayuda de un mortero y de un pistilo se puede reducir su tamaño en pequeñas partículas.

- Tamizado: para tamizar el almidón de lo paso por un tamiz de malla número 350, 150 y 106; en ese orden.
- Empacado: el almidón de arveja amarilla obtenido es almacenado en fundas zipper de doble cierre resellable para evitar su contaminación y que absorba la humedad del ambiente (Maulida, et al, 2016: p. 1).

El cálculo del rendimiento porcentual para la obtención de almidón se realizó mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1:

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso almidon obtenido}}{\text{Peso inicial materia prima}} \times 100$$

2.11.3. Caracterización del almidón de arveja amarilla

2.11.3.1. Prueba de pH

Tabla 5-2: Método de la evaluación de pH

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PH
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mezclar 5 g de almidón con 25 ml de agua destilada en un vaso de precipitación. ➤ Llevar la mezcla al shaker por 30 min a 200 RPM. ➤ Dejar sedimentar por 20 min. ➤ Normalizar el medidor de pH a 25 °C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a esta temperatura y 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 y lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente. ➤ Sumergir los electrodos en una alícuota del sobrenadante. ➤ Medir el pH. ➤ La prueba se debe realizar por triplicado
Calculo:
Valor arrojado por el medidor de p
Norma: NTE INEN 1456

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.2. *Viscosidad brookfield*

Tabla 6-2: Método de la evaluación de viscosidad brookfield

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE VISCOSIDAD BROOKFIELD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mezclar 25 g de almidón en base seca con agua hasta completar 500 mL. ➤ En un vaso calentar la mezcla hasta ebullición, con agitación constante. ➤ Enfriar hasta alcanzar una temperatura de 25 °C y tomar una alícuota. ➤ Medir la viscosidad con una velocidad de 10 RPM.
Cálculos:
Valor arrojado por el viscosímetro.
Guía: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.3. *T° de gelatinización*

Tabla 7-2: Método de la evaluación de T° de gelatinización

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE T° DE GELATINIZACIÓN
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mezclar 10 g de almidón en base seca con agua destilada hasta completar los 100 ml. ➤ Colocar el vaso con la mezcla en baño maría a 85°C y agitar constantemente con hasta que se forme una pasta. ➤ Tomar la temperatura ➤ La prueba se realiza por triplicado.
Cálculos:
Temperatura medida al obtenerse el gel
Ecuación 4:
$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$
Guía: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.4. *Índice de solubilidad*

Tabla 8-2: Método de la evaluación de índice de solubilidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar 3 tubos de centrifuga secos a 60 °C en la estufa por una hora ➤ Pasar los tubos al desecador por 20 min. ➤ Pesar os tubos en la balanza analítica. ➤ Anadir 1,25 g de almidón en base seca en cada tubo y adicionar 30 mL agua destilada precalentada a 60 °C; y agitar.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar los tubos a baño maría a 60°C por 30 min ➤ Agitar despacio sin retirar los tubos del baño maría. ➤ Dejar 20 minutos en el baño maría. ➤ Centrifugar por 20 minutos a 3000 RPM. ➤ Retirar de la centrifuga y tomar 10 mL del líquido. ➤ Añadir los 10 mL en un vaso de precipitación. ➤ Colocar en la estufa por 24 horas. ➤ Sacar las muestras y colocarlas en el desecador por 30 min. ➤ Toma el peso de las muestras.
Cálculos:
<p>Ecuación 2</p> $\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles}(g) \times V \times 10}{\text{Peso muestra}(g)}$
<p>Ecuación 4:</p> $\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$
<p>Guía: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca</p>

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.4. Humedad

Tabla 9-2: Método de la evaluación de humedad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE HUMEDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none">➤ Tarar los crisoles durante 2 horas.➤ Transcurrida las 2 horas colocarlos en el desecador por 30 minutos.➤ Pesar el crisol➤ Colocar 3 gramos de almidón en el crisol tarado.➤ Dejar en la estufa➤ Pesar hasta obtener un peso constante.➤ La prueba se realiza por triplicado
Cálculos:
Ecuación 3: $\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$
Guía: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.5. Ceniza

Tabla 10-2: Método de la evaluación de ceniza

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE CENIZA
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none">➤ Tarar los crisoles durante 2 horas.➤ Transcurrida las 2 horas colocarlos en el desecador por 30 minutos.➤ Pesar el crisol➤ Colocar un gramo de almidón en el crisol tarado.➤ Dejar en la mufla a 300 °C, posteriormente subir la temperatura hasta los 550° C.➤ La muestra debe tener un color gris y dejar de humear.➤ Sacar crisoles de la mufla.➤ Dejar los crisoles en el desecador por 1 hora➤ Pesar los crisoles.
Cálculos:

Ecuación 4:

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 1$$

Guía: Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.3.6. Análisis de porcentaje de fibra y proteína

Se realizó en el laboratorio Saqmic, ya que no se dispone con lo necesario para realizar la prueba. Las pruebas fueron realizadas a cargo de la Ing. Gina Álvarez.

2.11.3.7. Carbohidratos totales

Para el cálculo de carbohidratos totales se calcula por diferencia del análisis proximal expresado en porcentaje.

2.11.3.8. Amilosa y amilopectina

La determinación de la amilosa se realiza en el laboratorio de Servicio de Análisis de Investigación de Alimentos, Departamento de Nutrición y Calidad en la Estación Experimental de Santa Catalina (INIAP), y el porcentaje de amilopectina se calcula por la diferencia del contenido de amilosa.

2.11.3.9. Levaduras, mohos y coliformes totales

Ya que será un producto aplicado en alimentos se debe determinar la presencia de levaduras, mohos y coliformes totales, estos estudios se realizarán en el laboratorio de Saqmic, a cargo de la Ing. Gina Álvarez. El método de análisis será la siembra en masa.

2.11.3.10. Prueba del lugol

El reactivo de Lugol se utiliza para reconocer la presencia de almidón, porque esta sustancia adsorbe el yodo produciendo una coloración azul intensa o negra.

2.11.4. Técnica de formulación de bioplástico a partir de almidón de arveja amarilla

La formulación para el bioplástico se basa en el diagrama del gráfico 2-2, que explica el proceso para la elaboración de bioplástico.

Tabla 11-2: Proceso para la obtención de bioplástico

Materiales	Reactivos	Equipos
Vaso de precipitación de 50 ml Varilla de agitación Termómetro Buretas de 10mL y 50 mL. Espátula Pinzas Cajas Petri y molde de vidrio	Agua destilada Ácido acético Almidón de arveja Glicerina	Baño maría Balanza analítica
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none">• Pesar el almidón necesario para el tratamiento y mezclarlo con el agua destilada hasta homogenizar, en un vaso de precipitación.• Llevarlo a baño maría y agitar constantemente, dejar llegar la mezcla a 50 °C y adicionar la glicerina y ácido acético, agitar la mezcla hasta alcanzar la temperatura de gelatinización.• Una vez llegada la mezcla hasta la temperatura de gelatinización del almidón, retirar del baño maría y colocarla mezcla en el molde de vidrio.• Dejar secar al ambiente durante 48 horas.• Repetir 4 veces cada tratamiento.		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5. Caracterización del bioplástico

2.11.5.1. Análisis sensorial

Mediante este análisis se evalúa cualitativamente las diferentes películas de bioplástico en base a sus características organolépticas. A cada característica se le calificara con SI o NO, donde SI es “aceptable” y NO es “inaceptable”.

Tabla 12-2: Valoración sensorial para los bioplásticos

Características	Valoración
Opaco	NO
Áspero	
Poco elástico	
Débil	
Traslucido	SI
Liso	
Elástico	
Resistente	

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5.2. Determinación del espesor

Para la determinación del espesor del bioplástico se utiliza un micrómetro digital con margen de error de 0.001 mm. Se realiza 10 mediciones en diferentes puntos del bioplástico en cada bioplástico elaborado.

2.11.5.3. Humedad del bioplástico

Tabla 13-2: Humedad del bioplástico

MÉTODO DE HUMEDAD DEL BIOPLÁSTICO
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tarar los crisoles durante 2 horas. ➤ Transcurrida las 2 horas colocarlos en el desecador por 30 minutos. ➤ Pesar el crisol ➤ Colocar 3 gramos del bioplástico en el crisol tarado. ➤ Dejar en la estufa a 150 °C ➤ Luego de dos horas sacarlo y dejar en el desecador por 20 minutos. ➤ Pesar hasta obtener un peso constante. ➤ La prueba se realiza por triplicado
Cálculo:
<p>Ecuación 5:</p> $\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{peso inicial de las laminas} - \text{peso seco de las laminas}}{\text{peso inicial de las laminas}} \times 100$ <p>Norma: ASTM D1653 – 93</p>

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5.4. Solubilidad de biopelículas

En este análisis según la revista de la técnica del LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INN TEC – 33

Tabla 14-2: Método de solubilidad del bioplástico

MÉTODO DE SOLUBILIDAD DEL BIOPLÁSTICO
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none">➤ Pesar una lámina de 3×3 de bioplástico➤ Poner la lámina de bioplástico en un vaso de plástico con 80 mL de agua destilada y tapar el vaso.➤ Dejar la muestra en el Shaker por 1 hora a 200 rpm.➤ Retirar del Shaker y poner las láminas de bioplástico en papel filtro.➤ Dejarlas en la estufa a 105°C por una hora.➤ Pesar cada hora hasta llegar a un peso constante.
Calculo:
Ecuación 6: $\% \text{ de Solubilidad} = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \times 100$
Norma: ASTM D1653 – 93

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5.5. Permeabilidad del plástico

Este parámetro se determinó en base a la norma ASTM D1653- 93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico

Tabla 15-2: Evaluación de permeabilidad del bioplástico

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PERMEABILIDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none">➤ Dejar activar la sílica gel por 24 horas hasta runa <u>humedad relativa</u> del 0%.➤ Cortar muestras de los bioplásticos por cada tratamiento de 2,5x2, 5.➤ Llenar los tubos de ensayo con las ¾ de la silica gel.

- Con muestras de 2,5x2, 5 para sellar el tubo de ensayo, y asegurar el tubo para que no existan fugas.
- Colocar una solución salina en la base del desecador.
- Pesar los tubos.
- Ingresar los tubos ya sellados en el desecador con una humedad relativa del 50% y
- dejar por una hora.
- Tomar los pesos cada hora por 6 horas.
- Realizar la prueba por triplicado

Cálculo:

Ecuación 7:

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

Donde:

- P_2 : Peso de la lámina final.
- P_1 : Peso de la lámina inicial.
- e: espesor de la lámina.
- t: tiempo de determinación.
- pv: presión de vapor del proceso.
- φ_1 : Humedad relativa al interior de la celda.
- φ_2 : Humedad relativa de la cámara con NaCl saturado.

Norma: ASTM D1653 – 93

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5.6. Pruebas de mecánicas del bioplástico

En las pruebas mecánicas se analiza la tracción, resistencia, fuerza de flexión entre otros; en base a la norma NTE- INEN 2635:012. Para realizar estas pruebas se necesitan probetas de cada tratamiento de bioplástico de ancho 15 mm; y de longitud de 274 mm.

2.11.5.7. Prueba de biodegradabilidad

Para la prueba biodegradabilidad, se utilizó el programa estadístico ImageJ, tomando fotografías de los bioplásticos, obtenidos del tratamiento que resulto en mejores características para el

bioplástico en diferentes medios (aire, agua, tierra) cada 5 días, durante un mes.

Las fotografías fueron tomadas desde la misma distancia y se calculó en base a la metodología establecida por (Romero, 1997, p. 1), considerando la disminución de áreas, según la siguiente fórmula acoplada a la del porcentaje por pérdida de peso:

Ecuación 8:

$$\%Perdidas\ de\ area = \frac{(área\ inicial - área\ final) \times 100}{área\ inicial}$$

Tabla 16-2: Método de evaluación de la biodegradabilidad para el bioplástico

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD PARA EL BIOPLÁSTICO	
Medio	Procedimiento
Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar la muestra del bioplástico en 3x3 cm • Añadir aproximadamente 150 mL de agua. • Colocar la muestra de bioplástico • Analizar la muestra durante 30 días, tomando su área
Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar la muestra del bioplástico en 3x3 cm • Colocar la muestra de bioplástico en un recipiente • Analizar la muestra durante 30 días, tomando su área
Tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar la muestra del bioplástico en 3x3 cm • Colocar una base de tierra en el recipiente hasta alcanzar una altura de aproximadamente 2 cm. • Colocar la muestra de bioplástico en la base de tierra. • Añadir más tierra, cubriendo el bioplástico, hasta alcanzar una altura de 5 cm. • Analizar la muestra durante 30 días, tomando su área

Realizado por: Robalino, P., 2022.

2.11.5.8. Análisis de utilidad para embalaje de alimentos

Para este análisis se recubrirá una fruta con la lámina de bioplástico y se dejará durante 7 días para ver el cambio en las características organolépticas de la fruta, con el fin de diferenciar los cambios en una fruta cubierta de bioplástico y otra al ambiente, se dejará al mismo tiempo una fruta en iguales condiciones a la que está envuelta al ambiente durante 7 días.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Resultados de la aplicación del diseño factorial 2² para determinar el mejor rendimiento del almidón de arveja amarilla por vía húmeda

En este proceso se varió el tiempo y las RPM, obteniendo cuatro tratamientos, con velocidades de 30 y 45 segundos, y revoluciones por minuto que son alta y baja (20000 rpm, y 6800 rpm). Para cada repetición de cada tratamiento se utilizó 124 gramos de materia prima con 500 mL de agua, mediante un cronómetro se tomaron los tiempos de triturado para proceder a filtra, decantar y finalmente secar y tamizar el almidón, para pesarlo y poder calcular el rendimiento de cada tratamiento; así de cada tratamiento se realizó 4 repeticiones, teniendo 16 muestras. Es importante determinar el mejor tratamiento, mediante su rendimiento, para optimizar los costos y obtener más almidón para realizar la caracterización y la formulación del bioplástico. El tratamiento T1 presenta un rendimiento de 16,36%, siendo el mejor rendimiento de los 4 tratamientos analizados.

Tabla 1-3: Resultados del diseño factorial 2^k para la determinación del mejor rendimiento del almidón de arveja amarilla

No	TRATAMIENT O	VARIABLE S	REPETICIÓN N	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)				
					Producto (g)	Almidón		R	Promedio					
						R	Promedio				Total	R	Promedio	
1	T1	RPM A: 45 s	R1	500	124	19,13	20,2875	81,15	15,43	16,361	12			
2			R2			3			20,61			16,62		
3			R3			9			21,08			17,00		
4			R4			7			20,31			16,38		
5	T2	RPM B: 45 s	R1			500	124	18,77	18,019	72,076	15,14	14,531	10	
6			R2					9			17,44			14,07
7			R3					6			18,20			14,68
8			R4					2			17,64			14,22
9	T3	RPM A: 30 s	R1	500	124			18,25	17,63375	70,535	14,71	14,221	10	
			2											

10			R2		16,61 6			13,40 0		
11			R3		18,02 9			14,54 0		
12			R4		17,63 8			14,22 4		
13	T4	RPM B: 30s	R1		11,78 7	12,80325	51,213	9,506	10,325	8
14			R2		13,97 3			11,26 9		
15			R3		12,75 3			10,28 5		
16			R4		12,7			10,24 2		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la tabla La Tabla 1-3 se detalla los 4 tratamientos realizado para la experimentación, numerados de la siguiente manera T1, T2, T3 y T4, cada tratamiento tiene cuatro repeticiones respectivamente, R1, R2, R3, y R4. Se colocó el peso de almidón obtenido en cada repetición y se calculó el promedio en peso de almidón de cada tratamiento, se calcula el rendimiento de cada repetición y se obtiene un promedio del rendimiento de cada tratamiento para la obtención del almidón de arveja amarilla; así se identifica a T1 como el mejor tratamiento. Además, se observa el tiempo estimado de secado del almidón obtenido en cada tratamiento.

Tabla 2-3: Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de arveja amarilla

<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	32,775625	1	32,775625	84,576756	0,0087834	4,7472253 5
Columnas	40,271716	1	40,271716	103,92024 9	0.0029084	4,7472253 5
Interacción	4,2662902 5	1 5	4,2662902 5	11,009065 1	0,00613295	4,7472253 5
Dentro del grupo	4,6503025	12	0,3875252 1			
Total	81,963933 8	15				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Ho = Los rendimientos son iguales

$P > 0.05$ Se acepta la Ho

Ha = Al menos un rendimiento es diferente

$P < 0.05$ Se rechaza la Ho y se acepta la Ha

Según la Tabla 2-3 de análisis de varianza de los rendimientos se tiene una probabilidad de interacción de 0,00613295, que es menor a 0,05 por lo que, y se rechaza Ho, se continúa realizando análisis de prueba Tukey para encontrare el valor existente de diferencia significativa entre rendimientos.

Tabla 3-3: Análisis de resultados según la prueba TUKEY para la extracción de almidón de arveja amarilla

T1	T2	T3	T4	
15,43	15,144	14,719	9,506	
16,628	14,072	13,4	11,269	
17,006	14,682	14,54	10,285	
16,38	14,227	14,224	10,242	
PROMEDIO 1	PROMEDIO 2	PROMEDIO 3	PROMEDIO 4	
16,361	14,53125	14,22075	10,3255	
ERROR	0,38752521			
N	4			
TUKEY	3,12			
RESULTADO	0,97112376			
	T1	T2	T3	T4
T1		1,82975	0,711	6,0355
T2			0,3105	4,20575
T3				3,89525
T4				
Si hay diferencia significativa				
No hay diferencia significativa				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 3-3 se realiza un análisis Tukey para determinar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos, se analizó que entre el T1 y T3 y el T2 y T3 no existe diferencia significativa, mientras que entre el T2 y T1 existe diferencia significativa, y en T4 tiene diferencia significativa con todos los demás tratamientos.

El mejor tratamiento es el T1 con un tiempo de 12 h de secado de acuerdo con el análisis realizado, hay que tomar en cuenta que para esto se tomó como dos factores cambiantes a rpm y tiempo de trituración.



Figura 1-3. Tratamientos para la extracción del almidón de arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la figura 1-3 se puede observar la sedimentación en el proceso de la extracción de almidón, donde se realizó 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno.

3.1.2. Resultados del análisis físico-químico y microbiológico del almidón de arveja amarilla y la materia prima

Tabla 4-3: Análisis físico-químico y microbiológico del almidón de arveja amarilla y materia prima

PRODUCTO	No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Materia prima	1	Humedad	%	7,56	Máx.: 13	INEN 1 235
	2	Ceniza	%	1,89	Máx.: 2,75	ISO 2171:1980
	3	Fibra	%	4,46	3,0-4,5 %	ISO 5498:1981
	4	Proteína	%	6,15	Mín.: 7,0 %	ISO 1871:1975
	5	Hongos	UPC/g	0	<10	FAO
	6	Levaduras y mohos	UPC/g	0	01000-5000	FAO
	7	Coliformes totales	UPC/g	0	-	FAO
Almidón	1	Humedad	%	9,54	09-15%	NTE INEN-ISO 1666
	2	Ceniza	%	0,04	<0,12	FAO

3	Solubilidad	%	4,39	0,27-12,32	FAO
4	pH		6,54	5,0-7,0.	NTE INEN 1456,
5	Viscosidad	Cp	871,60	840 -1 500	FAO
6	T° de gelatinización	°C	70,00	57,5- 70	FAO
7	Amilosa	%	49,51	25-30%	NTE INEN- ISO 6647-1
8	Amilopectina	%	50,49	70-75%	NTE INEN- ISO 6647-1
9	Hongos	UPC/g	0	<10	FAO
10	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	FAO
131	Coliformes totales	UPC/g	0	-	FAO

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 4-3 se observan los valores obtenidos en la caracterización del almidón de arveja amarilla y la materia prima, además se presentan las normas o institución con el que se basó el proceso para cada característica, y el estándar a cumplir.

3.1.3. Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico 2^2

Después de caracterizar el almidón de arveja amarilla se determina la formulación óptima para la elaboración del bioplástico, mediante el planteamiento del diseño factorial 2^k , en el que se tendrá como variables la concentración de ácido acético y la concentración de glicerina, el ácido acético varía entre 3 y 2 mL, y la glicerina entre 1 y 2 mL. La mezcla se tendrá como constantes al agua y el almidón de arveja, con una cantidad de 40 mL de agua y 3 gramos de almidón, se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, teniendo un total de 16 muestras de biopelículas, como se ve en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Formulaciones realizadas basándose en el diseño factorial 2^k

Tratamiento	Almidon (gr)	Agua (mL)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)
TP1	3	40	1	3
TP2			2	3
TP3			1	2
TP4			2	2

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Tabla 6-3: Resultados análisis factorial 2² para la formulación del bioplástico a partir del almidón de arveja amarilla

No	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN (min)	SECADO				Espesor (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)		
1	TP1	CA1 : CG1	R1	70	6	Laboratorio de bromatología	Ambiente	18	48	0,17	0,1475
2			R2		6					0,15	
3			R3		6					0,14	
4			R4		6					0,13	
5	TP2	CA1 : CG2	R1		5					0,12	0,115
6			R2		5					0,11	
7			R3		5					0,11	
8			R4		5					0,12	
9	TP3	CA2 : CG1	R1		6					0,16	0,145
10			R2		6					0,16	
11			R3		6					0,14	
12			R4		6					0,12	
13	TP4	CA2 : CG2	R1		7					0,1	0,1075
14			R2		7					0,12	
15			R3		7					0,11	
16			R4		7					0,1	

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 6-3 se muestra los resultados de la formulación de los bioplásticos elaborados, teniendo en cuenta los espesores de los mismos, se realizó 4 tratamientos nombrados como: TP1, TP2, TP3 y TP4, además se observa un tiempo y una temperatura de secado estimado para cada muestra.

Tabla 7-3: Análisis de varianza ANOVA para la formulación de bioplásticos en base al espesor

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0,0001	1	0,0001	0,5106383	0,48853142	4,74722535
Columnas	0,0049	1	0,0049	25,0212766	0,00030821	4,74722535
Interacción	2,5E-05	1	2,5E-05	0,12765957	0,72707592	4,74722535
Dentro del grupo	0,00235	12	0,00019583			
Total	0,007375	15				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Ho = Los rendimientos son iguales

$P > 0.05$ Se acepta la Ho

Ha = Al menos un rendimiento es diferente

$P < 0.05$ Se rechaza la Ho y se acepta la Ha

En la Tabla 7-3 por el análisis de varianza mediante ANOVA, se obtiene un valor de interacción de 0.727 el cual es mayor a 0,50 lo que determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, aceptando la hipótesis Ho.

Como podemos evidenciar el mejor tratamiento en cuanto al espesor es el TP4 con un tiempo de 7 minutos de elaboración, la prueba de Tukey no ha sido utilizada debido a que claramente se pudo identificar la diferencia que existe entre tratamientos con análisis ANOVA.

3.1.4. Resultados de la caracterización de bioplásticos ensayos físico-químicos y mecánicos

Se realiza las características mecánicas y físicas de los bioplásticos obtenidos en cada tratamiento, de estos se escoge el tratamiento con las mejores características para realizar los análisis microbiológicos.

Tabla 8-3: Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico en base a las características organolépticas

Tratamiento	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia

TP1	Ligeramente opaco	Liso	Poco elástico	Resistente
TP2	Poco opaco	Poco áspero	Poco elástico	Poco resistente
TP3	Traslucido	Liso	Elástico	Fuerte
TP4	Poco opaco	Áspero	Poco elástico	Poco resistente

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la tabla 8-3 se ve las características organolépticas de los plásticos de cada tratamiento, siendo el TP3 el que presenta los mejores resultados, sobre todo por su buena resistencia y textura lisa.

3.1.4.1. Espesor

Tabla 9-3: Resultados del ensayo de determinación de espesor del bioplástico

Tratamiento	Variable	Repetición	Espesor (mm)		Límite de referencia
TP1	CA1 : CG1	R1	0,17	0,1475	0,120 ± 0,010 mm (Angueta Mishell, y otros, 2019 págs.
		R2	0,15		
		R3	0,14		
		R4	0,13		
TP2	CA1 : CG2	R1	0,12	0,115	
		R2	0,11		
		R3	0,11		
		R4	0,12		
TP3	CA2 : CG1	R1	0,16	0,145	
		R2	0,16		
		R3	0,14		
		R4	0,12		
TP4	CA2 : CG2	R1	0,1	0,1075	
		R2	0,12		
		R3	0,11		
		R4	0,1		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En el siguiente gráfico se observa como varía el espesor de los cuatro tratamientos.

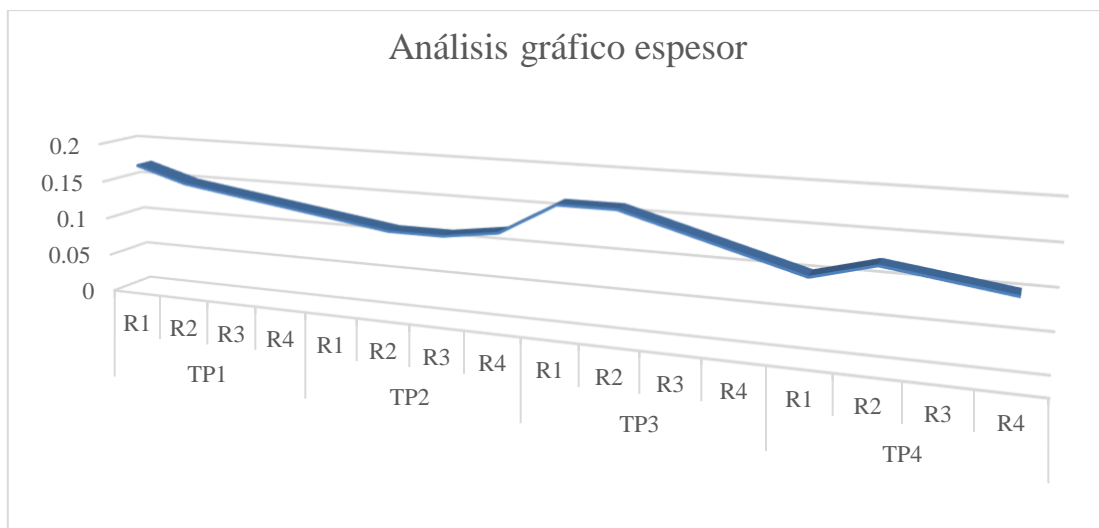


Gráfico 1-3. Análisis gráfico del espesor del bioplástico obtenido del almidón de arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.

3.1.4.2. Humedad

Tabla 10-3: Resultados del ensayo de determinación de humedad del bioplástico

Tratamiento	Variable	Repetición	Humedad (%)		Límite de referencia
TP1	CA1 : CG1	R1	16	16,024	19,3-22,1% (Escobar, y otros, 2009 pág. 33-35)
		R2	15,909		
		R3	16,162		
TP2	CA1 : CG2	R1	24,364	24,578	
		R2	23,664		
		R3	25,705		
TP3	CA2 : CG1	R1	17,468	17,476	
		R2	18,209		
		R3	16,750		
TP4	CA2 : CG2	R1	22,170	21,819	
		R2	22,172		
		R3	21,116		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En el siguiente gráfico se observa como varía la humedad de los cuatro tratamientos

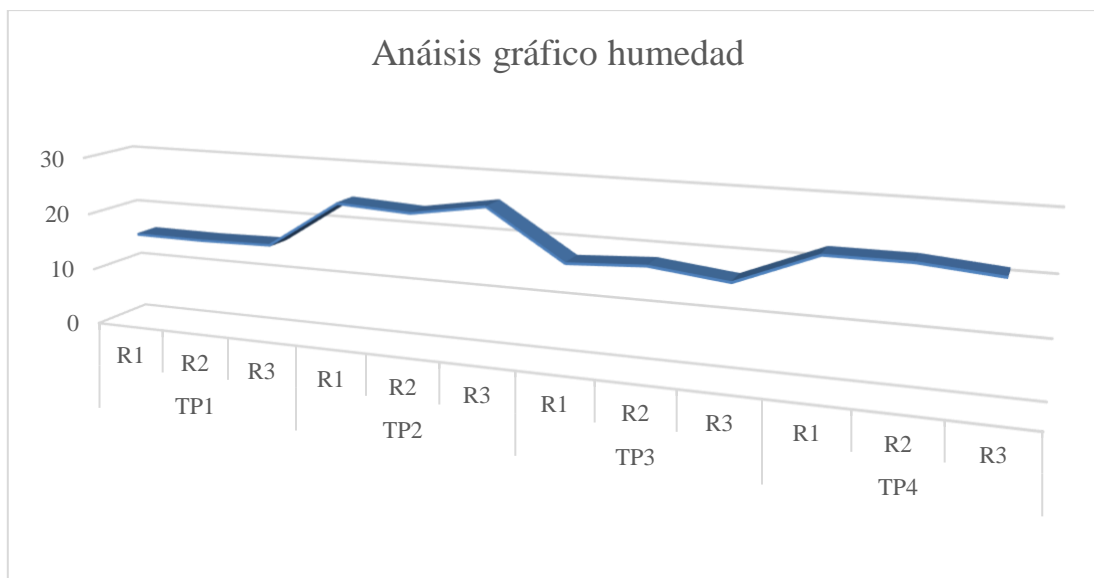


Gráfico 2-3: Análisis gráfico de humedad del bioplástico obtenido de la alverja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Tabla 11-3: Análisis de varianza ANOVA para la humedad de bioplásticos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	1,27988008	1	1,27988008	2,56578163	0,14786621	5,31765507
Columnas	124,762354	1	124,762354	250,111679	2,5553E-07	5,31765507
Interacción	13,2951801	1	13,2951801	26,6529101	0,00086086	5,31765507
Dentro del grupo	3,99061267	8	0,49882658			
Total	143,328027	11				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 11-3 por el análisis de varianza mediante ANOVA, se obtiene un valor de interacción menor a 0,50 lo que determina que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

3.1.4.3. Solubilidad

Tabla 12-3: Resultados del ensayo de determinación de solubilidad del bioplástico

Tratamiento	Variable	Repetición	Solubilidad (%)		Límite de referencia
TP1	CA1 : CG1	R1	49,77	52,55	
		R2	39,03		

		R3	53,55		39,0-59,5 % (Escobar, y otros, 2009 págs. 33- 36)
TP2	CA1 : CG2	R1	36,80	56,87	
		R2	47,49		
		R3	45,11		
TP3	CA2 : CG1	R1	56,33	48,56	
		R2	52,51		
		R3	45,49		
TP4	CA2 : CG2	R1	32,80	65,33	
		R2	39,29		
		R3	31,92		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En el siguiente grafico se observa como varia la solubilidad de los cuatro tratamientos

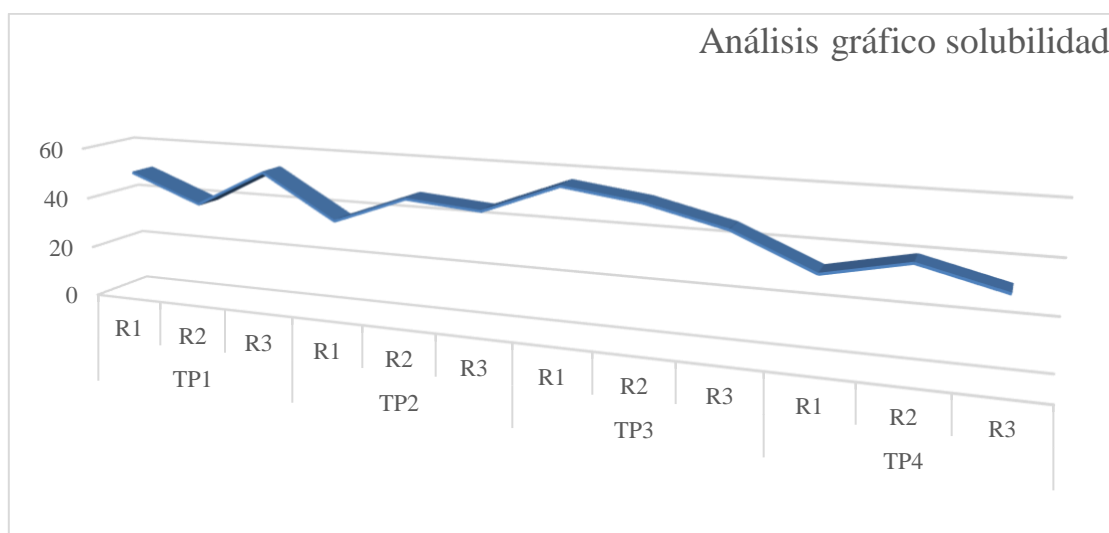


Gráfico 3-3: Análisis grafico de solubilidad del bioplástico obtenido del almidón arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Tabla 13-3: Análisis de varianza ANOVA para la solubilidad de bioplásticos

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	14,985675	1	14,985675	0,44508997	0,52344902	5,31765507
Columnas	333,591075	1	333,591075	9,90799834	0,0136458	5,31765507
Interacción	116,376408	1	116,376408	3,45649913	0,10005865	5,31765507
Dentro del grupo	269,350933	8	33,6688667			
Total	734,304092	11				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 13-3 por el análisis de varianza mediante ANOVA, se obtiene un valor de interacción mayor a 0,50 lo que determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

3.1.4.4. Permeabilidad

Tabla 14-3: Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad del bioplástico

Tratamiento	Variable	Repetición	Permeabilidad (g/h*m*Mpa)		Límite de referencia
TP1	CA1 : CG1	R1	0,00314	0,00315	0,00219±0,001 0 (Villada, y otros, 2013 págs. 1-10)
		R2	0,00311		
		R3	0,00319		
TP2	CA1 : CG2	R1	0,00350	0,00354	
		R2	0,00366		
		R3	0,00347		
TP3	CA2 : CG1	R1	0,00318	0,00314	
		R2	0,00309		
		R3	0,00318		
TP4	CA2 : CG2	R1	0,00349	0,00343	
		R2	0,00343		
		R3	0,00323		

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En el siguiente gráfico se observa como varia la permeabilidad de los cuatro tratamientos

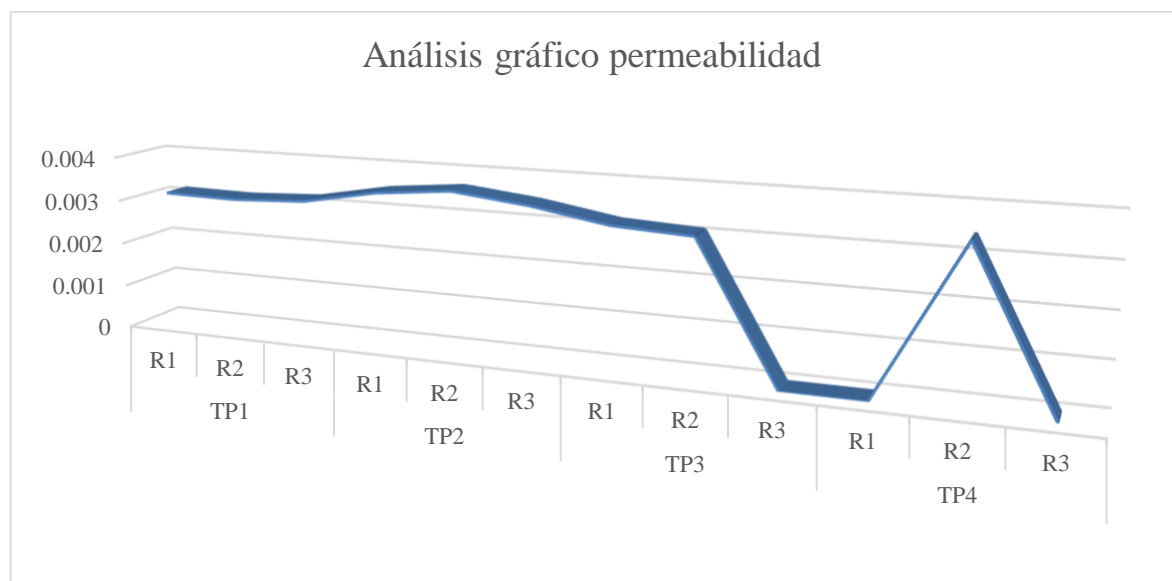


Gráfico 4-3: Análisis gráfico de solubilidad del bioplástico obtenido del almidón arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P. 2022

Tabla 15-3: Análisis de varianza ANOVA para la permeabilidad de bioplásticos

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	1,8408E-08	1	1,8408E-08	2,21121121	0,17532402	5,31765507
Columnas	2,9768E-07	1	2,9768E-07	35,7567568	0,0003308	5,31765507
Interacción	2,0008E-08	1	2,0008E-08	2,4034034	0,1596679	5,31765507
Dentro del grupo	6,66E-08	8	8,325E-09			
Total	4,0269E-07	11				

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la Tabla 15-3 por el análisis de varianza mediante ANOVA, se obtiene un valor de interacción mayor a 0,50 lo que determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

3.1.4.5. Resultados de las características mecánicas del bioplástico

Se determina a través del informe entregado por el laboratorio de Curtiembre y Fibras Agroindustriales de Ciencias Pecuarias e la ESPOCH, con los valores correspondientes a los cuatro tratamientos de las probetas que se entregaron.

Los resultados entregados se visualizan en la siguiente tabla:

Tabla 16-3: Resultados de las pruebas mecánicas del bioplástico

Tratamiento	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Elongación (%)
TP1	13,7	4,56667	12,86
TP2	2,9	0,96667	14,24
TP3	29,7	9,9	25,71
TP4	2,9	0,96667	12,86

Realizado por: Robalino, P., 2022.

En la tabla 16-3 se puede analizar que el tratamiento TP2 y TP4 son similares presentando valores

bajos de carga y esfuerzo máximos, al contrario de tratamiento TP3 que presenta buenos resultados de tracción.

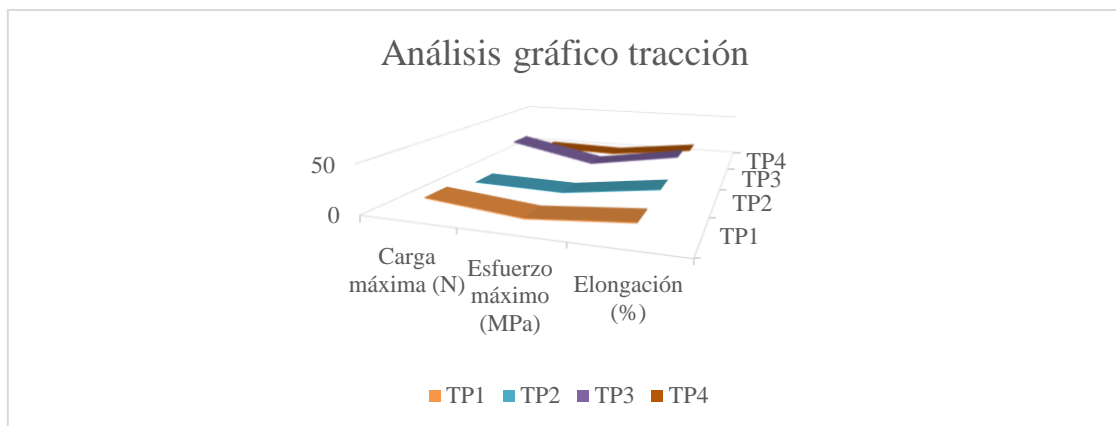


Gráfico 5-3: Análisis gráfico de la tracción del bioplástico obtenido del almidón de arveja amarilla

Realizado por: Robalino, P., 2022.



Figura 2-3. Realización del ensayo de tracción del tratamiento 1

Realizado por: Robalino, P., 2022.

3.1.4.6. Resultados biodegradabilidad

Después de determinar el tratamiento TP3 como el mejor, se realizó la prueba de biodegradabilidad en aire, suelo y agua, los datos se registraron durante 30 días cada 5 días, como se puede ver en la Tabla 16-3

Para analizar la biodegradabilidad, se calculó el área, para ello se cortó una muestra de bioplástico en un tamaño de 3x3 para cada condición. Para facilitar la determinación del área se utilizó el programa ImageJ, con la cual a través de la resolución de los píxeles se transformó a la escala en mm.

Además de caracterizo los diferentes medios como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 17-3: Caracterización de los medios para la prueba de biodegradabilidad

MEDIOS		
Suelo	Agua	Aire
pH: 6,56 Humedad: 9,838 % CE: 442,7 mmhos/cm Materia orgánica: 0,5%	pH: 7,14 Temperatura: 18°C CE: 191 mmhos/cm	Temperatura: 18°C

Realizado por: Robalino, P., 2022.

Tabla 18-3: Resultados de la biodegradabilidad en suelo, aire y agua del bio plástico del tratamiento TP3

Medio	Biodegradación												
	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
Suelo	9,00	8,49	5,67	7,96	11,5	7,28	19,1	6,61	26,5	6,27	30,3	5,85	35
Agua	9,00	7,92	12	5,12	43,1	-	-	-	-	-	-	-	-
Aire	9,00	8,81	2,11	8,58	4,67	8,28	8	8,02	10,8	7,96	11,5	7,72	14,2

Realizado por: Robalino, P., 2022.

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

Para analizar la utilidad del bioplástico en el embalaje de alimentos se compara una frutilla envuelta con el bioplástico y otra al ambiente, y mediante un análisis sensorial se analiza si su vida útil aumenta.

Tabla 19-3: Análisis sensorial de la frutilla y mora envuelta en el bioplástico y la frutilla y mora al ambiente después de 7 días a partir de almidón de arveja amarilla

Análisis sensorial				
Muestra	Textura	Sabor	Olor	Aspecto
Frutilla al ambiente	Suave	Agrio	Rancio	Deformado
Frutilla envuelta	Dura	Dulce	Dulce	Firme
Mora al ambiente	Semi-Dura	Poco agria	Dulce	Deformado
Mora envuelta	Dura	Dulce	Dulce	Firme

Realizado por: Robalino, P., 2022.

3.2. Pruebas de hipótesis

3.2.1. Prueba hipótesis general

El almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*) extraído por método húmedo con velocidad de trituración en alta y tiempo de trituración de 45 segundos; posee un valor de 49,51 % de amilosa, este valor se encuentra por encima del estándar que es, según la norma NTE INEN-ISO 6647-1, entre 25-30 % lo que afecta la temperatura de gelatinización y la retrogradación del almidón. Sin embargo, el bioplástico obtenido de tratamiento TP3 presenta características adecuadas de tracción y biodegradabilidad, y la prueba de conservación de alimentos demuestra el bioplástico es apto embalaje de alimentos. Por lo que se acepta la hipótesis general.

3.2.2. Prueba hipótesis específicas

- La extracción de almidón de arveja amarilla mediante vía húmeda es útil para obtener la cantidad necesaria de almidón para formular bioplástico, gracias a que el tratamiento T1 presenta un rendimiento de 16,361 %, para el cual se utilizó una velocidad de trituración de 20000 RPM y tiempo de trituración de 45 s.
- El almidón obtenido, mediante el tratamiento T1, tiene un porcentaje de amilosa y temperatura de gelatinización fuera del rango; mientras que su humedad, solubilidad, viscosidad y presencia de microorganismos están dentro del límite, por lo que se considera al almidón obtenido de buen calidad y útil para elaborar bioplástico.
- Mediante el diseño factorial 2^k para la determinación de la formulación óptima del bioplástico, en el cual las variables fueron el ácido acético y la glicerina, mientras que se tuvo como contante almidón con 3 gramos y agua con 40 ml, se escoge al tratamiento TP3, después de analizar: características sensoriales, pruebas de tracción como porcentaje de elongación y resistencia, teniendo así un bioplástico de buena calidad.
- El bioplástico elaborado a partir de arveja amarilla permitió aumentar la vida útil de una frutilla y una mora, al ser recubiertas con el bioplástico, o que se verifico al ser comparadas con frutas sin recubrimiento. Además, presenta buena biodegradabilidad en suelo, agua y aire, con un porcentaje de 35%, 100% y 14,2%, respectivamente.

3.3. Discusión de Resultados

3.3.1. Análisis de resultados de la caracterización del almidón extraído a base de almidón de arveja amarilla (*Vicia lutea*)

Este proceso de extracción de almidón se basa en el método según (Maulida et al, 2016, pp.1-7). Método que permite ablandar el endospermo de la arveja amarilla y así obtener un mayor porcentaje de almidón y mejorar el rendimiento (Gonz, 2018, p. 35-44). Para el procedimiento se aplicó el diseño factorial 2^k , variando la velocidad y el tiempo de trituración, obteniendo como mejor tratamiento el tratamiento T1, que se realizó a una velocidad de trituración de 20000 RPM y un tiempo de trituración de 45s, obteniendo un rendimiento de 16,31%. Después de caracterizar el almidón de arveja amarilla, mediante los resultados físicos, químicos y microbiológicos. Se verifica que el valor de humedad, al ser experimentalmente un valor de 9,54 %, se encuentra dentro de la norma NTE INEN-ISO 1666, cuyos parámetros estándar son del 9-15%. También se verifica que el valor de ceniza, realizado en base a lo establecido en la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO, está dentro del límite ya que se obtiene un valor de 0,04% y el valor estándar es menor a 0,12%. También se analizó el valor de solubilidad, viscosidad y temperatura de gelatinización en base a la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO; teniendo como valores estándar de solubilidad, viscosidad y temperatura de gelatinización, 0,27-12,32%; 840-1500 Cp y 57,5-70 °C; respectivamente, al tener un valor de 4,39% de solubilidad, 871,6 Cp de viscosidad y 71 °C de temperatura de gelatinización, el almidón extraído se encuentra dentro de los estándares establecidos para un almidón de buena calidad en cuanto a solubilidad y viscosidad, mientras que su temperatura de gelatinización está ligeramente sobre el límite.

También mediante la norma NTE INEN 1456, la cual tiene un valor de referencia que va de 5.0-7.0, se estima que, al obtener un valor de pH de 6.54, el valor se encuentra dentro de la norma.

Se analizó el porcentaje de amilosa y amilopectina, con datos obtenidos por el informe otorgado por INIAP que se basó en la norma NTE INEN-ISO 6647-1, que tiene un valor estándar del 25-30%, y el resultado al analizar el almidón de arveja amarilla obtenido es de 49,51% por lo que su valor se encuentra por encima del estándar, lo que influye en la temperatura de gelatinización y la retrogradación del almidón.

Finalmente se realiza en análisis microbiológico, al obtener ausencia de mohos, levaduras y coliformes totales se cumple con los parámetros establecidos, por lo que la muestra de almidón es apta para usos alimenticios.

Finalmente, el almidón extraído, es un almidón de buena calidad y con un buen rendimiento, útil para la elaboración de bioplástico.

3.3.1.1. Análisis de determinación de espesor

Para calcular el espesor de la biopelícula se basó en la norma INEN 2542, y según (Angueta Giraldo y Giraldo Tigua 2019, p. 65-67) se tiene valores de referencia de $0,120 \pm 0,010$ mm, al

comparar los valores obtenidos experimentalmente, establecidos en la Tabla 10-3, con la referencia se tiene que el tratamiento TP4 se encuentra dentro del rango y el tratamiento TP3 con un valor de 0,145 mm está por encima del límite.

3.3.1.2. Análisis de determinación de humedad

Se realizó el análisis de porcentaje de humedad, para este estudio se basó en la Norma INEN 1462, Para el análisis de humedad se basó en la Norma INEN 1462, y según (Alimentarios 2011, p. 33-35) se tiene valores de referencia de 19,3-22,1. En la Tabla 11-3 se observa que el tratamiento 4 tiene un valor de humedad dentro de lo establecido, siendo este valor de 21,819%, el tratamiento TP3 es el siguiente que se encuentra más cercano al valor estándar con un porcentaje de humedad de 17,476% aunque es un nivel de humedad menor a lo establecido es aceptable.

3.3.1.3. Análisis de determinación de Solubilidad

El análisis de solubilidad de la biopelícula obtenida se realizó mediante determinación del análisis gravimétrico, obteniendo resultado que van acorde a lo mencionado en el estudio de (Zárate, 2011, p. 97), donde especifica que a mayor cantidad de glicerina, mayor va a ser el valor de la solubilidad obtenida en el bioplástico, esto se verifica en los resultados de la Tabla 12-3 en donde se observa que los tratamientos TP1 y TP3 tienen un menor valor de solubilidad, presentando el tratamiento una solubilidad de 48,56%.

3.3.1.4. Análisis de determinación de permeabilidad

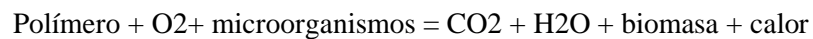
La permeabilidad se analizó bajo la norma de ASTM 96 y se puede determinar mediante los parámetros establecidos de $0,00219 \pm 0,0010$ por (JOAQUI D y VILLADA C 2013, p. 1-10) que los valores mostrados en la Tabla 13-3 son adecuados. Además, según (Zárate, 2011) la solubilidad del bioplástico es similar a la permeabilidad, es decir que ha mayor concentración de glicerina, se presentará mayor permeabilidad en el bioplástico, y tendrá mayor transmisión de vapor de agua, y al momento de embalar algún alimento con este bioplástico esta característica puede afectar a las características organolépticas del alimento. Los tratamientos TP1 Y TP3 se encuentran dentro del límite establecido de permeabilidad.

3.3.1.5. Análisis de determinación de la prueba de tracción

Para las pruebas mecánicas se analizaron probetas de cada tratamiento en base a la norma NTE-INEN 2635:012, así se puede observar en la Tabla 14-3, que el valor de carga máxima medido en N es mayor el del tratamiento TP3. Otro aspecto que se valora es la elongación, que el tratamiento TP3 es mayor con un valor de 25,71%, que al compararlo con el estudio de (Solange, 2021, p. 37), la cual es una investigación de biopelículas a partir del almidón de cascara de plátano (musa paradisiaca) con un contenido de amilosa de 32%, se tiene un valor de elongación de 28,24% el cual es un valor similar al del TP3.

3.3.1.6. Análisis de determinación de la biodegradabilidad del plástico

La determinación de la biodegradabilidad del bioplástico se realizó en tres medios diferentes, siendo esto aire, agua y suelo, se registraron datos de degradación en porcentaje, mediante el cálculo del área, cada 5 días durante 30 días basándose en la norma ISO 13432, así se tiene en la Tabla 12-3, del análisis en agua, con un valor de 100%, teniendo en cuenta que los factores principales que influyen en esta degradación es el pH, la temperatura del medio y la humedad. Para el aire se tiene un valor de 11 siendo la mitad de la degradación en agua, ya que, al ser aeróbica, sus propiedades estructurales se mantienen, y su tiempo de degradación es mayor. Según (Vidal 2000, p. 69-72) este tipo de degradación sería primaria ya que produce discretas alteraciones en las moléculas originales, lo que genera que se pierda poco a poco las propiedades fisicoquímicas. La reacción en medio aerobio o en presencia de oxígeno es:



El bioplástico al estar en el suelo sufre una degradación anaeróbica, la cual produce la metabolización del material por microorganismos como fuentes de carbono y energía, lo que produce la transformación en compuestos inorgánicos, teniendo una degradación progresiva con la siguiente reacción anaeróbica:



Por último, se puede observar que la biodegradación del bioplástico tiene mayor degradación en agua y suelo, que consiste en una degradación secundaria.

CONCLUSIONES

- Se extrajo almidón de la arveja amarilla (*Vicia lutea*), mediante el método de vía húmedo, siendo el mejor el tratamiento T1 con un rendimiento de 16.361 % , el cual se realizó con un tiempo de trituración de 45s y una velocidad de trituración alta A (20000 RPM) , además tiene un valor de amilosa de 49,51% y un valor de amilopectina de 50,49% y con buenas características de humedad, viscosidad, solubilidad, pH y ausencia de mohos, levaduras, hongos y coliformes totales; se concluye, que el proceso realizado para la extracción obtiene un almidón de buena calidad y apto para uso en alimentos.
- Después de realizar 4 tratamiento para la elaboración del bioplástico, variando el ácido acético y la glicerina, se determina que la mejor formulación es la que contiene 1 ml de glicerina, 2 ml de ácido acético, 40 ml de agua y 3 gramos de almidón de arveja amarilla, ya que esta formulación genera un bioplástico de buenas características físicas, mecánicas y químicas, presentando buena permeabilidad, solubilidad, resistencia y porcentaje de elongación, resalta entre los tratamientos, confirmando que el tratamiento TP3 es el más óptimo.
- El bioplástico obtenido es apto para el recubrimiento de alimentos ya que al que ser probado en frutilla y mora se determinó que las frutas mantuvieron sus características organolépticas iniciales como apariencia, olor, color y sabor, durante 15 días, comparado con las mismas frutas sin recubrimiento. Además, el bioplástico presenta buena biodegradabilidad en agua, suelo y aire.

RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de elaboración del bioplástico se recomienda utilizar moldes estandarizados y colocar un volumen determinado de la mezcla para obtener muestras de bioplástico uniformes, además de esto depende el espesor de las láminas y el tiempo de secado de estas. También se puede determinar una relación entre el volumen de mezcla y las dimensiones de los moldes.
- Para el estudio de las propiedades mecánicas de los bioplásticos obtenidos se recomienda realizar 3 repeticiones por cada tratamiento para obtener datos más precisos sobre cada característica.
- Realizar análisis microbiológicos al bioplástico ya que será utilizado en alimentos.
- Extraer almidón para la elaboración de bioplástico de materia prima que sea considerado desecho.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, et.al, “Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2016, (Cuba) 37(3), pp. 7-14. [Consulta: 12 diciembre 2021]. ISSN1819-4087. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193246976001.pdf>

ALEJANDRO, M., & FLORES, F. RESPUESTA DEL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum* L.) A LA APLICACIÓN COMPLEMENTARIA DE TRES FERTILIZANTES FOLIARES A TRES DOSIS. SAN GABRIEL, CARCHI.(Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Cayambre, Ecuador. 2009. pp.13-20

ALIMENTARIOS, G.D.P. “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador”. *Innotec*, vol. 0, n° 4 (2011), pp. 33-36. ISSN 1688-3691.

ANGUETA,et.al, Elaboración De Envases Bioplásticos Mediante El Aprovechamiento De Materias Primas Vegetales Con Fines Industriales [en línea], (Trabajo de titulación). Universidad Técnica estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2019. pp. 4-74. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4177/1/T-UTEQ%200071.pdf>

ARISTIZÁBAL, J., & SÁNCHEZ, T. “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* [en línea], 2019, (Italia), pp. 1-127. [Consulta: 21 diciembre 2021]. ISSN 1020-4334. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

BADUI, S. *Química de los alimentos* [en línea]. Cuarta edición. Ciudad de México - México: PEARSON Educación, 2006. [Consulta: 18 noviembre 2021]. Disponible en: https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/188320?as_all=qu%C3%ADmica_de_alimentos&as_all_op=unaccent_icontains&prev=as

BUTELER, M. “¿QUÉ ES LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICO Y POR QUÉ NOS AFECTA A TODOS?”. *Desde la Patagonia difundiendo saberes*, vol. 16, n° 28 (2019), (Chile) pp. 56-60.

DASKALAKI N. & MAGOULA E., “Institute of Polymer Science and Technology”. *Journal of Materials Processing Technology* [en línea], 2005, 1(1), pp. 1-8. [Consulta: 16 diciembre

2021]. ISSN 09240136. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252>

DE ALMEIDA, A., RUIZ, J. A., LÓPEZ, N. I., & PETTINARI, M. J. “Bióplásticos: una alternativa ecológica”. *Química Viva* [en línea], 2006, (Argentina) 3(3), pp. 122-133. [Consulta: 14 noviembre 2021]. ISSN 1666-7948. Disponible en: www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar

ERIKSEN, M., LEBRETON, L. C. M., CARSON, H. S., THIEL, M., MOORE, C. J., BORERRO, J. C., GALGANI, F., RYAN, P. G., & REISSER, J. “Plastic Pollution in the World’s Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea”. *PLOS ONE* [en línea], 2014, (United State of America) 9(12), pp. 1-15. [Consulta: 15 noviembre 2021]. ISSN 19326203. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>

GABRIEL, I. A., & PRIETO, M. “Pautas para el manejo del cultivo de Arveja”. *AER INTA*, (Argentina) pp.1-7.

GUPTA, D., TIWARI, A., & RAMIREZ, A. “Polyhydroxy Alkanoates - A Sustainable Alternative to Petro-Based Plastics”. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*, vol. 4, n° 3 (2013), (México) pp. 1-8. ISSN: 2157-7463 JPEB.

JOAQUIN, D. & VILLADA C, H. “Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua En Películas Producidas a Partir De Almidón”. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 11, n° 5 (2013), pp. 59-68. ISSN 1692-3561.

LEDESMA, A., DALGO, V., FLORES, L., & CHANGO, G. “Bióplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables”. *Dominio de Las Ciencias* [en línea], 2021, (Ecuador) 7(4), pp. 39–56. [Consulta: 19 noviembre 2021]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2080>

MAULIDA, M. & TARIGAN, P. “Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer”. *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 10, (2016), pp. 1-8. ISSN 17426596.

MEJIA, J., ROMAN, M., & NICOLE, L. “Plásticos y medio ambiente”. *Revista Iberoamericana*, vol. 3, n° 2 (2002), (Venezuela) pp. 1-14.

ORTIZ, A. Evaluación ambiental de las diferentes alternativas en la utilización de la glicerina como subproducto de la producción de la planta de biodiesel Bio D S.A. del municipio de Facatativá [en línea], (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad libre, Bogotá, Colombia. 2013. pp. 8-73. [Consulta: 12 diciembre 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10901/10617>.

PRIETO, G. *Las legumbres: arveja y garbanzo*. Argentina, 2012, pp. 99-102.

VÁZQUEZ, A. et al., “Bioplásticos y plásticos degradables”. *Anipac*, (México) pp. 1-11.

VIDAL, D.R. “Ciencia y tecnología de alimentos”. *Arbor*, vol. 166, n° 653 (2000), pp. 127-139. ISSN 02101963.





YANG, J., et al., “Waste to resource: Converting paper mill wastewater to bioplastic”. *WATER RESEARCH*, vol. 46, n° 17 (2012), (Holland) pp. 5517-5530. ISSN 18792448.

ZÁRATE, L. Materiales poliméricos biodegradables preparados mediante procesamiento termomecánico a partir de mezclas gluten / plastificante [en línea],], (Trabajo de titulación). Universidad de Sevilla, Sevilla, España. 2021. pp. 4-247. [Consulta: 13 diciembre 2021]. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/15861>.

ZEDADRA, et al., “OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA”. *Sustainability* [en línea], 2019, (Switzerland) 11(1), pp. 1-14. [Consulta: 12 diciembre 2021]. ISSN 20711050. Disponible en: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-gene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERP_USAT_STRATEGI_MELESTARI.

ANEXOS

ANEXO A. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)

a.	b.	c.	d.		
					
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
<i>a. Selección de la materia prima</i>	➤ Aprobado		Lamina	Escala	Fecha
<i>b. Lavado de la materia prima</i>	➤ Certificado		1	1:1	08/03/2022
<i>c. Pesaje de la materia prima</i>	➤ Por aprobar				
<i>d. Triturado de la materia prima</i>	➤ Por calificar				
	➤ Por verificar				

ANEXO B. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia Lutea*)

a.



b.



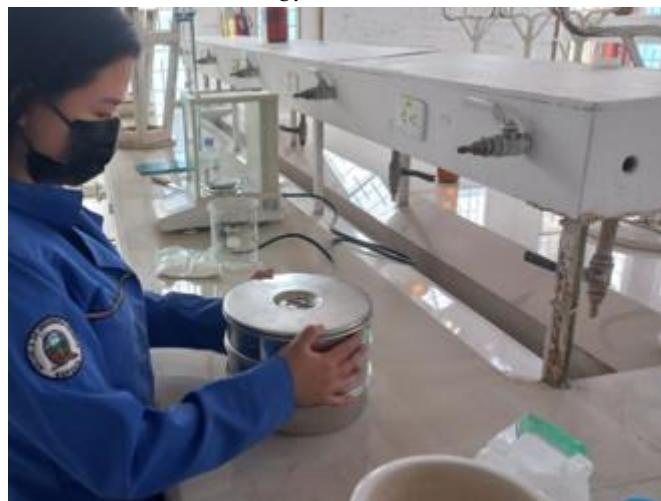
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
<i>a. Sedimentación del almidón</i> <i>b. Secado del almidón</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 		Lamina	Escala	Fecha
		Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva	1	1:1	08/03/2022

ANEXO C. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
			Lamina	Escala	Fecha
<i>a. Molienda del almidón</i> <i>b. Tamización del almidón</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 	Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva	1	1:1	08/03/2022

ANEXO D. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
			Lamina	Escala	Fecha
<p>a. Prueba de humedad.</p> <p>b. Prueba de cenizas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 	<p>Elaborado por:</p> <p>Pamela Mishell Robalino Silva</p>	1	1:1	08/03/2022

ANEXO E. EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE ARVEJA AMARILLA (*Vicia lutea*)

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla <i>(Vicia lutea)</i>		
<i>a. Prueba de pH</i> <i>b. Prueba de viscosidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 		Lamina	Escala	Fecha
		1	1:1	08/03/2022	

ANEXO F. ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA



NOTAS	CATEGORÍA DEL diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla		
<i>a. Prueba del lugol</i>	➤ Aprobado		<i>(Vicia lutea)</i>		
<i>b. Formulaciones del bioplástico</i>	➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i>	Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva	Lamina	Escala	Fecha
			1	1:1	08/03/2022

ANEXO G. ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL diagrama	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla		
a. <i>Fruittillas en el día 0</i> b. <i>Moras en el día 0</i>	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i>		<i>(Vicia lutea)</i>		
			Lamina	Escala	Fecha
			1	1:1	08/03/2022

ANEXO H. ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
			Lamina	Escala	Fecha
<p>a. <i>Frutilla al ambiente y frutilla envuelta en el día 0</i></p> <p>b. <i>Mora al ambiente y mora envuelta en el día 0</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 	<p>Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva</p>	1	1:1	08/03/2022

ANEXO I. ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE BIOPLÁSTICO A LAS FRUTAS

a.












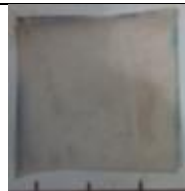
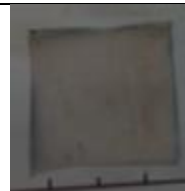



b.





NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIA CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)		
			Lamina	Escala	Fecha
<p>a. Frutilla al ambiente al día 7 y frutilla envuelta en el día 7, compradas con una frutilla preservada en congelador</p> <p>b. Mora al ambiente al día 7 y mora envuelta en el día 7, compradas con una mora preservada en congelador</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p>Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva</p>	1	1:1	08/03/2022

ANEXO J. AVANCE DE BIODEGRADABILIDAD EN DIFERENTES MEDIOS

a.						
Medio	5	10	15	20	25	30
Suelo						
Agua						
Aire						
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO		Extracción de almidón a partir de arveja amarilla (<i>Vicia lutea</i>)	
<i>a. Biodegradabilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ <i>Por verificar</i> 		FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Pamela Mishell Robalino Silva		Lamina	Escala
					1	1:1
						Fecha
						08/03/2022

ANEXO K. INFORME DE PRUEBA DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA

MC-LSAIA-2201-06

	<p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 22-027

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Pamela Robalino	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Srta. Pamela Robalino
FECHA DE EMISIÓN:	29/03/2022	FECHA DE RECEPCIÓN.:	17/03/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 17 al 29 de marzo del 2022	HORA DE RECEPCIÓN:	9H00
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
22-0164	7,53	49,51	Almidón de arveja amarilla

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME



Firmado electrónicamente por:
**IVAN RODRIGO
 SAMANIEGO
 MAIGUA**

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
**BLADIMIR
 EFRAIN ORTIZ
 RAMOS**

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO L. INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº1
REALIZADO POR	PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA
TEMA DE TESIS	ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (VICIA LUTEA) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2022-04-02
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	TRANSPARENTE
ESPESOR(mm)	0,2
ANCHURA(mm)	15
LONGITUD INICIAL(mm)	274
SECCIÓN TRANSVERSAL(mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	13,7
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	4,566667
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	12,86

Aprobado por



Julio Llerena
ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO M. INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº2
REALIZADO POR	PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA
TEMA DE TESIS	ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (VICIA LUTEA) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2022-04-02
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	TRANSPARENTE
ESPESOR(mm)	0,2
ANCHURA(mm)	15
LONGITUD INICIAL(mm)	274
SECCIÓN TRANSVERSAL(mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	2,9
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	0,966666667
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	14,24

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO N. INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº3
REALIZADO POR	PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA
TEMA DE TESIS	ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (VICIA LUTEA) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2022-04-02
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	TRANSPARENTE
ESPESOR(mm)	0,2
ANCHURA(mm)	15
LONGITUD INICIAL(mm)	274
SECCIÓN TRANSVERSAL(mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	29,7
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	9,9
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	25,71

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO O. INFORME PRUEBA DE PROBETA DEL TRATAMIENTO 4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº4
REALIZADO POR	PAMELA MISHELL ROBALINO SILVA
TEMA DE TESIS	ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA (VICIA LUTEA) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2022-04-02
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	TRANSPARENTE
ESPESOR(mm)	0,2
ANCHURA(mm)	15
LONGITUD INICIAL(mm)	274
SECCIÓN TRANSVERSAL(mm ²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	2,9
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	0,966666667
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	12,86

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO P. INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ARVEJA AMARILLA



EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 006 A-22

CLIENTE: Srta. Pamela Robalino
DIRECCIÓN: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Alverja
FECHA DE RECEPCIÓN: 03 de enero del 2022
FECHA DE MUESTREO: 03 de enero del 2022

EXAMEN FÍSICO

ASPECTO: Normal libre de material extraño
OLOR: Característico
COLOR: Característico

EXAMEN QUÍMICO

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	-	6.15
Fibra	%	-	4.46
Mohos y levaduras	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia
Hongos	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia
Coliformes totales	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia

RESPONSABLE:


Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

*La muestra es receptada en laboratorio

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador

ANEXO Q. INFORME DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE ARVEJA AMARILLA



saqmic
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 006 B-22

CLIENTE: Srta. Pamela Robalino
DIRECCIÓN: Riobamba
TIPO DE MUESTRA: Almidón de alverja
FECHA DE RECEPCIÓN: 03 de enero del 2022
FECHA DE MUESTREO: 03 de enero del 2022

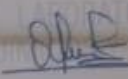
EXAMEN FÍSICO

ASPECTO: Normal libre de material extraño
OLOR: Característico
COLOR: Característico

EXAMEN QUÍMICO

DETERMINACIÓN	UNIDAD	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Mohos y levaduras ⁻	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia
Hongos	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia
Coliformes totales	UFC / g	SIEMBRA EN MASA	Ausencia

RESPONSABLE:



Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en laboratorio

Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid
Contáctanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
Saqmic Laboratorio
Riobamba - Ecuador