



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

TEMA

“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JONATHAN ALEXANDER BARRERA PILATAXI

DIRECTOR: ING. SANTIAGO CARRERA ALMENDÁRIZ

Riobamba – Ecuador

2021

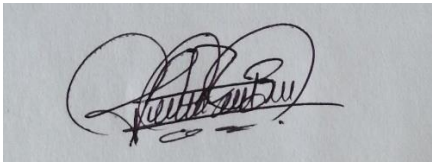
© 2021, Barrera Pilataxi Jonathan Alexander.

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

Yo, Barrera Pilataxi Jonathan Alexander, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 19 de marzo del 2021



.....

Barrera Pilataxi Jonathan Alexander

180475967-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: proyecto de investigación **“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (*Cicer arietinum*) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”** realizado por el señor: **BARRERA PILATAXI JONATHAN ALEXANDER**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado digitalmente por:
LINDA MARIUXI
FLORES
FIALLOS

2021-30-03

Ing. LUIS SANTIAGO CARRERA ALMENDARIZ
**DIRECTOR DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**



Firmado digitalmente por:
LUIS SANTIAGO
CARRERA
ALMENDARIZ

2021-30-03

Ing. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO
**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CESAR
ARTURO
PUENTE
GUIJARRO

Firmado digitalmente por:CESAR
ARTURO PUENTE GUIJARRO
DN: cn=CESAR ARTURO PUENTE
GUIJARRO, o=EC, ou=SECURITY
DATA S.A. 1, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACIÓN DE
INFORMACION
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha:2021-10-25 18:14:05:00

2021-30-03

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios por guiarme y brindarme inteligencia durante mi vida estudiantil, en segundo lugar, a mis padres Klever Barrera y Sandra Pilataxi quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos durante mi formación profesional. A mi familia por ser el soporte fundamental a lo largo de mi carrera. A todos los que me apoyaron para escribir y concluir este trabajo.

Barrera Jonathan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme todo a lo largo de mi vida, y la oportunidad de seguir adelante como persona y realizarme como profesional A mis Padres por ser los principales promotores de mis sueños y me han acompañado en los buenos y malos momentos en el transcurso de mi existencia. A mi Abuelita Maria Pilataxi, por haberme inculcado virtudes y valores desde mi infancia y por haber creído en mi para lograr este objetivo. A mi Director de tesis Ing. Santiago Carrera y Miembro de tesis Ing. César Puente por todos sus conocimientos brindados durante el desarrollo de mi proyecto.

Barrera Jonathan

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1	Identificación del problema	2
1.2	Justificación de la investigación.....	2
1.3	Objetivos	4
1.3.1	<i>Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
1.3.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>4</i>
1.4	Antecedentes de la investigación.....	4
1.4.1	<i>Antecedentes</i>	<i>4</i>
1.5	Bases Teóricas	7
1.5.1	<i>Garbanzo</i>	<i>7</i>
1.5.1.1	<i>Propiedades del garbanzo</i>	<i>7</i>
1.5.2	<i>Almidón</i>	<i>7</i>
1.5.3	<i>Amilosa</i>	<i>8</i>
1.5.4	<i>Amilopectina.....</i>	<i>8</i>
1.5.5	<i>Biopolímero</i>	<i>8</i>
1.5.6	<i>Bioplástico</i>	<i>9</i>
1.5.7	<i>Plastificante</i>	<i>9</i>
1.5.8	<i>Películas biodegradables.....</i>	<i>10</i>
1.5.9	<i>Producción de materiales sintéticos biodegradables.....</i>	<i>11</i>

CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	12
---	---------------------------------	-----------

2.1	Hipótesis General	12
2.2	Hipótesis Específicas	12
2.3	Identificación de Variables	12
2.4	Operacionalización de Variables	12
2.5	Matriz de consistencia	13
2.6	Tipo y diseño de investigación	15
2.6.1	<i>Método deductivo</i>	15
2.6.2	<i>Método descriptivo</i>	15
2.6.3	<i>Método experimental</i>	15
2.7	Diseño de la investigación	15
2.8	Unidad de análisis	17
2.9	Población de estudio	17
2.10	Tamaño de muestra	17
2.11	Selección de muestra	17
2.12	Técnicas de recolección de datos	18
2.12.1	<i>Técnica de extracción del almidón de garbanzo (Cicer arietinum)</i>	18
2.12.1.1	<i>Principio</i>	18
2.12.1.2	<i>Procedimiento</i>	19
2.12.2	<i>Técnica de obtención de bioplástico</i>	19
2.12.2.1	<i>Principio</i>	19
2.12.2.2	<i>Procedimiento</i>	19
2.12.3	<i>Caracterización del bioplástico</i>	20

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	21
3.1	Datos obtenidos de la extracción de almidón por vía húmeda	21
3.1.1	<i>Caracterización del almidón de garbanzo</i>	24
3.2	Elaboración de bioplástico	24
3.2.1	<i>Pruebas preliminares para la elaboración de bioplástico</i>	24
3.2.2	<i>Datos de espesor para cada uno de los tratamientos</i>	25
3.2.3	<i>Prueba de solubilidad de bioplástico</i>	25
3.2.4	<i>Propiedades mecánicas del bioplástico</i>	27
3.2.5	<i>Permeabilidad</i>	28
3.2.6	<i>Humedad del bioplástico</i>	30

3.2.7	<i>Biodegradabilidad del bioplástico</i>	32
	CONCLUSIONES	41
	RECOMENDACIONES	42

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Características del garbanzo	7
Tabla 2-1:	Comparación de degradación de los principales materiales degradables	11
Tabla 1-2:	Identificación de variables.....	12
Tabla 2-2:	Variables independientes.....	12
Tabla 3-2:	Variables dependientes.....	13
Tabla 4-2:	Matriz de consistencia	13
Tabla 5-2:	Variables respuesta a ser medidas	15
Tabla 6-2:	Factores experimentales que van a variar.....	15
Tabla 7-2:	Diseño experimental.....	15
Tabla 8-2:	Diseño para la obtención de almidón de garbanzo	16
Tabla 9-2:	Formulaciones para la obtención del bioplástico de garbanzo	16
Tabla 10-2:	Componentes para la experimentación.....	18
Tabla 11-2:	Componentes para la experimentación.....	19
Tabla 12-2:	Cantidad de reactivos para la obtención de bioplástico.....	20
Tabla 13-2:	Ensayos para la caracterización del bioplástico	20
Tabla 1-3:	Datos obtenidos de la extracción de almidón por vía húmeda	21
Tabla 2-3:	Resumen estadístico para peso de almidón	21
Tabla 3-3:	Resumen estadístico para peso de almidón	22
Tabla 4-3:	ANOVA para peso de almidón por tratamiento	22
Tabla 5-3:	Medias para peso de almidón por tratamiento.....	23
Tabla 6-3:	Porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de garbanzo	24

Tabla 7-3:	Resultado de los análisis del almidón.....	24
Tabla 8-3:	Formación de películas.....	24
Tabla 9-3:	Transparencia de las películas.....	25
Tabla 10-3:	Espesor de bioplástico.....	25
Tabla 11-3:	Porcentaje de solubilidad del bioplástico.....	25
Tabla 12-3:	Resumen estadístico para porcentaje de solubilidad del bioplástico.....	26
Tablas 13-3:	Resumen estadístico para porcentaje de solubilidad del bioplástico.....	26
Tabla 14-3:	ANOVA para porcentaje de solubilidad del bioplástico.....	27
Tabla 15-3:	Medias para porcentaje de solubilidad del bioplástico.....	27
Tabla 16-3:	Propiedades mecánicas del bioplástico.....	27
Tabla 17-3:	Permeabilidad del bioplástico.....	28
Tabla 18-3:	Resumen estadístico para permeabilidad.....	29
Tabla 19-3:	Resumen estadístico para permeabilidad del bioplástico.....	29
Tabla 20-3:	ANOVA para permeabilidad del bioplástico.....	29
Tabla 21-3:	Medias para permeabilidad con intervalos de confianza del 95,0%.....	30
Tabla 22-3:	Resultados de humedad de bioplástico.....	30
Tabla 23-3:	Resumen estadístico para humedad del bioplástico.....	31
Tabla 24-3:	Resumen estadístico para humedad del bioplástico.....	31
Tabla 25-3:	ANOVA para humedad del bioplástico.....	31
Tabla 26-3:	Medias para humedad con intervalos de confianza del 95,0%.....	32
Tabla 27-3:	Biodegradabilidad en condiciones ambientales,.....	32
Tabla 28-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad del bioplástico.....	33
Tabla 29-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad del bioplástico.....	33
Tabla 30-3:	ANOVA para biodegradabilidad.....	33
Tabla 31-3:	Medias para biodegradabilidad con intervalos de confianza del 95,0%.....	34
Tabla 32-3:	Biodegradabilidad en tierra.....	34
Tabla 33-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad en tierra.....	35

Tabla 34-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad en tierra.....	35
Tabla 35-3:	ANOVA para biodegradabilidad en tierra.....	35
Tabla 36-3:	Medias para biodegradabilidad con intervalos de confianza del 95,0%	36
Tabla 37-3:	Biodegradabilidad en agua	36
Tabla 38-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad en agua	37
Tabla 39-3:	Resumen estadístico para biodegradabilidad en agua	37
Tabla 40-3:	ANOVA para biodegradabilidad en agua	38
Tabla 41-3:	Medias para biodegradabilidad en agua con intervalos de confianza del 95,0%	38
Tabla 42-3:	Resumen estadístico de la comparación de muestras de biodegradabilidad.....	38
Tabla 43-3:	Resumen estadístico de la comparación de muestras de biodegradabilidad.....	39
Tabla 44-3:	ANOVA comparación de muestras	39
Tabla 45-3:	Medias con intervalos de confianza del 95,0%	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Síntesis de plastificantes a base de ácido málico	10
Figura 2-2:	Difactograma de película de almidón puro	11
Figura 1-3:	Dispersión por nivel de cada tratamiento.....	22
Figura 2-3:	Medias para cada tratamiento	23
Figura 3-3:	Dispersión por nivel de cada tratamiento.....	26
Figura 4-3:	Medias para cada tratamiento	27
Figura 5-3:	Propiedades mecánicas del bioplástico	28
Figura 6-3:	Dispersión por nivel de cada tratamiento.....	29
Figura 7-3:	Medias por cada tratamiento	30

Figura 8-3:	Dispersión para humedad.....	31
Figura 9-3:	Medias para humedad de bioplástico	32
Figura 10-3:	Dispersión por nivel para biodegradabilidad	33
Figura 11-3:	Medias para la biodegradabilidad	34
Figura 12-3:	Dispersión de biodegradabilidad.....	35
Figura 13-3:	Medias para cada tratamiento	36
Figura 14-3:	Dispersión por nivel.....	37
Figura 15-3:	Medias para biodegradabilidad en agua.....	38
Figura 16-3:	Dispersión por nivel.....	39
Figura 17-3:	Medias para la comparación de muestras.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Selección de muestra de garbanzo.....	18
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE GARBANZO

ANEXO B CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE GARBANZO

ANEXO C PRUEBAS FÍSICAS DEL BIOPLÁSTICO

ANEXO D PRUEBAS MECÁNICAS DEL BIOPLÁSTICO

ANEXO E ENSAYOS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO

ANEXO F OBTENCIÓN DE ALMIDÓN

ANEXO G OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO

ANEXO H PRUEBAS DEL BIOPLÁSTICO

RESUMEN

La investigación tiene como propósito obtener un bioplástico a partir del almidón de garbanzo como recubrimiento para alimentos. Se extrajo almidón de garbanzo por vía húmeda, el tratamiento 4 (T4) con una media de 2,1 gramos con una desviación estándar de 0,0527 fue el mejor. Se caracterizó el almidón mediante pruebas fisicoquímicas donde el porcentaje de amilosa y amilopectina de 19 % y 81% respectivamente, el pH de 4,53, el valor de viscosidad fue de 39249 mPas, ceniza se obtuvo un 0,6095%, la temperatura de gelatinización fue de 60°C y el índice de solubilidad fue de 4,8166 con una ligera opacidad valores que se encuentran dentro de la norma INEN 1456. Se formuló ensayos para la obtención del bioplástico manipulando cada una de las variables del proceso, se determinó que A2 tiene cumple con parámetros para un bioplástico, su formulación 1,5 mL de glicerina, 4 mL de ácido acético, 1,5 g de almidón de garbanzo y 53 mL de agua destilada. Se realizó un análisis de permeabilidad identificando que el tratamiento A4 tiene menor permeabilidad a la transmisión de vapor de agua con una media de 0,04769 (mm g/m² h) y una desviación estándar de 0,003 mientras que el tratamiento A2 no tiene diferencia estadísticamente significativa con una media de 0,0501168 (mm g/m² h) y una desviación estándar de 0,00991147. Se evaluó la biodegradabilidad obteniendo un tiempo de degradación de 30 días en medio acuoso, presentando mayor pérdida que en condiciones ambientales y tierra. Se realizaron pruebas mecánicas como carga de fluencia (N) de 2,26, módulo de elasticidad (Mpa) 4,943, esfuerzo de fluencia (Mpa) de 0,82, carga máxima (N) de 2,78, esfuerzo máximo (Mpa) 1,01 con un porcentaje de elongación de 24.16 resultados que se fundamentaron según la norma NTE INEN 2635:012 para ensayos de tracción de la lámina de bioplástico.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <ALMIDÓN>, <AMILOSA>.

<AMILOPECTINA>, <ELASTICIDAD>, <GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)>.

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=RIDISAMBA,
serialNumber=0002756974, cn=LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.03.30 09:37:14 -05'00'



0881-DBRAI-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this study was to obtain a bioplastic from chickpea starch as a coating for food. Chickpea starch was extracted by wet means, treatment 4 (T4) with a mean of 2.1 grams with a standard deviation of 0.0527. Starch was characterized by physicochemical tests where the percentage of amylose and amylopectin of 19% and 81% respectively, pH 4.53, the viscosity value was 39249 mPas, the ash value was 0.6095%, the gelatinization temperature was 60°C and the solubility index was 4.8166 with a slight opacity, these values are within the standard INEN 1456. Trials were formulated to obtain the bioplastic by manipulating each of the process variables, It was determined that A2 meets the parameters for a bioplastic, its formulation of 1.5 mL of glycerine, 4 mL of acetic acid, 1.5 g of chickpea starch and 53 mL of distilled water. A permeability analysis was performed, identifying that treatment A4 has lower permeability to water vapour transmission with a mean of 0.04769 (mm g / m² h) and a standard deviation of 0.003 while treatment A2 does not have a statistically significant difference with a mean of 0.0501168 (mm g / m² h) and a standard deviation of 0.00991147. Biodegradability was evaluated obtaining a degradation time of 30 days in aqueous media, presenting a greater loss than in ambient conditions. Mechanical tests were carried out such as yield strength (N) of 2.26, modulus of elasticity (Mpa) 4.943, yield stress (Mpa) of 0.82, maximum load (N) of 2.78, maximum stress (Mpa) 1.01 with an elongation percentage of 24.16 results that were based on the standard NTE INEN 2635: 012 for tensile tests of the bioplastic sheet.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <STARCH>, <AMYLOSE>. <AMYLOOPECTIN>, <ELASTICITY>, <CHICKPEAS (Cicer arietinum L.)>

INTRODUCCIÓN

El mundo hoy en día enfrenta graves problemas por el consumo y producción excesivo de plásticos de origen petroquímico, tal es el caso de Ecuador que según datos proporcionados por el INEC en el 2018 los ecuatorianos produjeron 12.739,01 toneladas de basura diarias, de este total de basura el 11,43% era plástico, es decir se produjeron 531.461 toneladas anuales de este material(INEC 2018).

En los últimos años las investigaciones se han centrado en buscar alternativas viables para la suplantación del plástico común, en esta búsqueda los recursos renovables han sido la mejor opción para la extracción del almidón como componente principal para la formulación del bioplástico. Por ello se ha evaluado diferentes productos en la mayoría tubérculos como la papa, camote y yuca, productos que desempeñan un papel importante a nivel mundial en la alimentación y contribución energética de individuos en los países en vías de desarrollo(Guamán 2019).

Los bioplásticos han estado en el foco de los esfuerzos de investigación y desarrollo académicos e industriales durante más de dos décadas. Su producción mundial alcanzó los 4 millones de toneladas métricas en 2015 y sigue aumentando considerablemente. El sólido crecimiento de este campo emergente de la industria está impulsado por múltiples factores, incluida la conciencia ambiental y las preferencias cambiantes de los consumidores, nuevas políticas y legislación, así como el desarrollo de productos(Imre et al. 2019).

Los bioplásticos, por definición, son biodegradables y / o se obtienen de fuentes renovables ofreciendo una alternativa sostenible a los plásticos convencionales. Se valora que la capacidad de producción de bioplásticos tenderá a aumentar hasta 2,4 millones de toneladas para 2023. Los principales impulsores de este crecimiento son los biopolímeros innovadores como PHA (polihidroxicanoatos) y PLA (ácido poliláctico)(Jögi y Bhat 2020).

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Identificación del problema

Actualmente la producción mundial de plástico está alcanzando nuevos niveles cada año. La creciente producción de plásticos derivados del petróleo, ha provocado problemas de eliminación que plantean la preocupación por la contaminación del plástico y el impacto medioambiental causado por esta. Datos como el consumo de bolsas plásticas correspondiente a 1,5 millones anualmente marcan una problemática en el Ecuador de difícil solución puesto que estos residuos no tienen ningún control y manejo adecuado que permita tener un mejor tratamiento(INEC 2018). Además, la industria de elaboración de bioplásticos en el Ecuador es muy limitada debido a la escasa investigación y desarrollo de tecnología, para el aprovechamiento adecuado de materia prima rica en contenido de almidón.

El contenido de almidón en el garbanzo oscila entre el 14% y 30%. Según datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca del Ecuador en los últimos 10 años se han sembrado 14,62 ha. Este cultivo es pequeño comparado al mayor productor de Latinoamérica que es México, que en 2011 se produjeron 132 000 toneladas para consumo humano en aproximadamente 90 000 ha cultivadas(Lopez et al. 2014).

Es así que la mayor producción de garbanzo corresponde a la provincia de Tungurahua, mismo lugar donde el fortalecimiento industrial en temas de bioplástico es nulo y la utilización de este tipo productos no tiene propuestas ni proyectos de investigación. Una aplicación importante y novedosa son las biopelículas alternativas viables en miras de aplacar el impacto ambiental causado por plásticos de origen petroquímico.

1.2 Justificación de la investigación

En vista de los graves problemas causados por el consumo excesivo de plásticos de origen petroquímico, han motivado al sector científico a desarrollar nuevos materiales con características similares a estos, es así que dentro de esta categoría se encuentran los bioplásticos como alternativa principal para la disminución de los impactos causados en el medio ambiente por plásticos convencionales afectando a toda forma de vida.

Una de las principales ventajas de los bioplásticos es su corto tiempo de degradación lo que contribuye positivamente al cuidado y preservación del medio ambiente. Es así que utilizar el garbanzo como materia prima para la elaboración de bioplásticos resulta viable, por su alto contenido de almidón alrededor del 14% y 30% lo que hace de este producto un potencial recurso, para el desarrollo de nuevos materiales.

El campo científico y económico de la provincia de Tungurahua se verá beneficiado, puesto que innovar con nuevos materiales da una perspectiva de vida y de consumo responsable de plásticos con productos alternos como es el caso de los bioplásticos. Hoy en día el sector agropecuario del Ecuador se ha convertido en una fuente de nuevas materias primas para el desarrollo investigativo e industrial, por ello el deber de la academia en fortalecer estos y ser el pionero en propuesta de desarrollo económico social.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

- Obtener y caracterizar el bioplástico elaborado a partir de garbanzo (*Cicer arietinum*) como envoltura para alimentos.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Caracterizar la materia prima (garbanzo) mediante pruebas físico-químicas para conocer el porcentaje de almidón con base en la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo).
- Ensayar formulaciones para la elaboración de bioplástico de garbanzo (*Cicer arietinum*).
- Evaluar el bioplástico obtenido con base en la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo a la norma INEN 2635.

1.4 Antecedentes de la investigación

1.4.1 *Antecedentes*

En los últimos años se han producido grandes avances para mejorar los procesos de transformación de bioresiduos para generar diferentes materias primas, para la producción de bioplástico. El uso creciente de recursos renovables no solo ayudará a la transición hacia la economía circular, sino también a la disminución de los impactos ambientales como una mejor emisión de gases de efecto invernadero, un volumen reducido de contaminantes nocivos, conservar los ecosistemas y la biodiversidad promoviendo inversiones rurales.

Actualmente, los gastos industriales para producir bioplásticos son mucho más altos que los de plásticos derivados del petróleo, como datos de referencia se dice que para la producción industrial de PHA (polihidroxicanoatos) se estima en 5 a 10 veces más caro que los polímeros derivados del petróleo (Jögi y Bhat 2020)

“Películas reforzadas a base de gelatina con montmorillonita y activadas con nanoemulsión de aceite esencial de jengibre para aplicaciones de envasado de alimentos”, montmorillonita y aceite esencial de jengibre nanoemulsionado se incorporaron en la película de gelatina para activar la misma con propiedades físicas mejoradas, para aplicaciones de envasado de alimentos. Las nanoemulsiones preparadas con 1, 3 o 5% de aceite esencial de jengibre nanoemulsionado presentaron características similares. Las soluciones formadoras de película se vieron ligeramente afectadas por la concentración de aceite esencial de jengibre nanoemulsionado

utilizada. La incorporación de montmorillonita y aceite esencial de jengibre nanoemulsionado en películas de gelatina aumentó el espesor y disminuyó la solubilidad en agua, contenido de humedad e hidrofobicidad. Sin embargo, el efecto combinado de montmorillonita y aceite esencial de jengibre nanoemulsionado mejoró significativamente ($p < 0.05$) el alargamiento a la rotura, la fuerza de punción y la deformación por punción de la película de gelatina. La presencia de montmorillonita aumentó la rugosidad de la película y redujeron ligeramente su cristalinidad. El nanocompuesto y película activada presentaron actividad antioxidante pero no actividad antimicrobiana (Alexandre et al. 2016).

“Película comestible antimicrobiana de cáscaras de plátano como envasado de alimentos”, Esta investigación tiene como objetivo utilizar la cáscara de plátano como material principal de la película comestible. Las cáscaras de plátano se combinan con glicerol como plastificante y aceite de clavo como antimicrobiano. El plastificante hace que la película comestible sea más elástica y flexible. Aceite de clavo como conservante de la película comestible que previene el crecimiento de microbios, bacterias y hongos. Esta investigación se divide en dos pasos, el primer paso es hacer almidón de cáscara de plátano, las cáscaras de plátano que han sido pulverizadas, filtradas con adición de agua y presionar con filtro de tela hasta que las lechadas no produzcan filtrado. Y el filtrado se precipita durante 34-48 horas y luego se seca. El segundo paso es hacer una película comestible que agregue 100 mL de agua más, almidón de plátano al 2%, glicerol al 30% y aceite de clavo al 4% (Astuti y Erprihana 2014).

“Características de las películas de bio-nanocompuestos de gelatina de piel de tilapia incorporadas con nano arcillas hidrófilas e hidrófobas”, Se investigaron las propiedades de las películas de gelatina de piel de tilapia incorporadas con nano arcillas de montmorillonita (MMT) hidrófilas e hidrófobas a varios niveles (0-10%, p / p). Generalmente, las propiedades mecánicas se mejoraron mediante la adición de nano arcillas hidrófilas (es decir, Cloisite Na⁺) en el rango de 0,5–5% (p / p). La permeabilidad al vapor de agua más baja se observó para las películas incorporadas con Cloisite Na⁺ y Cloisite 20A a un nivel del 1% (p / p) ($P < 0,05$).

Los análisis calorimétricos de barrido termogravimétrico y diferencial indicaron que la incorporación de nano arcillas mejora la rigidez y la estabilidad térmica de las películas a base de gelatina de manera diferente, dependiendo de los tipos de nano arcillas MMT utilizadas. Así, los tipos y niveles de nanoarcilla incorporados afectaron directamente las propiedades de las películas de gelatina de piel de tilapia (Nagarajan et al. 2014).

“Utilización de extractos de cáscara de mango en películas biodegradables para envases activos”, El extracto de cáscara de mango (MPE) se incorpora a la gelatina de pescado para determinar sus propiedades físicas, de barrera, mecánicas y antioxidantes en los envases de alimentos activos. Películas con tres concentraciones de corriente diferentes de MPE (1-5%), se prepararon mediante el método de fundición en solución. Las películas incorporadas con MPE mostraron una disminución ($P > 0.05$) de la permeabilidad al vapor de agua (WVP) y menor ($P \leq$

0,05) solubilidad. Alto nivel de MPE, en películas también exhibió más rígido y menos flexibles en la formación de películas. Tinte de color films y una reducción en la transparencia se debieron a los enlaces de enlace de hidrógeno entre moléculas de gelatina y contenido fenólico dentro de las películas(Escribano 2020). También se observaron mayores actividades de eliminación de radicales libres para fi Películas con concentraciones más altas de MPE. Este estudio revela el beneficio de subproductos de mango incorporados en películas de gelatina como material potencial para envases activos(Adilah et al. 2018).

“Caracterización de compuestos de poli (ácido láctico) reforzados con fibra de cáñamo”, En este trabajo, se investigaron las propiedades mecánicas, incluida la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión, la resistencia al impacto y la tenacidad a la fractura de los compuestos de PLA / cáñamo en un rango de contenido de fibra (0-30% en peso). Se observó que la resistencia a la tracción y el módulo de Young de los compuestos aumentaron con un mayor contenido de fibra. La resistencia a la flexión no aumentó con el refuerzo de fibra. Sin embargo, el módulo de flexión de los materiales compuestos aumentó significativamente. La resistencia al impacto de los compuestos aumentó hasta un 20% en peso de carga de fibra, sin embargo, aumentó aún más la carga de fibra causada (Sawpan, Pickering y Fernyhough 2009).

“Películas de metil celulosa reticulada con extracto de fruta murta para envasado de alimentos activos, antioxidantes y antimicrobianos”, El uso de biopolímeros como sustitutos de los plásticos tradicionales no degradables es una alternativa interesante especialmente para aplicaciones a corto plazo, como el envasado de alimentos. Además, el envasado activo ha atraído mucha atención como tecnología innovadora para la conservación de alimentos. Así, la funcionalidad de los films biocompuestos a base de metil celulosa (MC) y murta fruit (MU) (*Ugni molinae*). La fruta Murta es una baya nativa de Chile y una buena fuente de compuestos antioxidantes y antimicrobianos. Primero, se seleccionó un extracto de MU con la mayor capacidad antioxidante y contenido polifenólico, y se prepararon películas de MC activas mediante colada usando glutaraldehído (GA) para mejorar su resistencia al agua. Se examinaron los efectos de la concentración de GA y la incorporación de extracto de MU sobre las propiedades del material y las actividades antimicrobianas y antioxidantes. La adición de GA disminuyó considerablemente el índice de hinchamiento, las propiedades mecánicas mejoradas y las actividades antioxidantes y antimicrobianas alcanzaron el mayor potencial cuando se añadió GA en la concentración más baja(López de Dicastillo et al. 2016).

En base a las revisiones bibliográficas realizadas se concluye que el garbanzo como materia prima no ha sido utilizada en el campo de la generación de bioplásticos, por ello la importancia del desarrollo del tema de investigación “Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de garbanzo (*cicer arietinum*) para envolturas de alimentos”

1.5 Bases Teóricas

1.5.1 Garbanzo

El garbanzo (*cicer arietinum*) tiende a crecer entre 20 y 50 cm y tiene pequeñas hojas plumosas a cada lado del tallo. Los garbanzos son un tipo de legumbres, con una vaina que contiene dos o tres guisantes, encontrándose así dos tipos de garbanzos.

Desi: Tiene semillas pequeñas, más oscuras y un pelaje áspero, cultivado principalmente en el subcontinente indio, Etiopía, México e Irán.

Kabuli: Tiene semillas más grandes, de color más claro y un pelaje más suave que se cultiva en el sur de Europa, norte de África, Afganistán, Pakistán, Chile e India (Lopez et al. 2014).

1.5.1.1 Propiedades del garbanzo

Entre las principales propiedades del garbanzo encontramos su composición aproximada o análisis proximal, mismo que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1-1: Características del garbanzo

Materia Prima	Almidón	Proteína	Lípido	Ceniza	Referencia
Garbanzo	39,1 ± 0,3	20,3 ± 0,0	5,20±0,0	3,23 ± 0,0	(Motta y Zhang 2019)
Garbanzo	38,43 ± 0,0	36,78 ± 0,0	5.70 ± 0,0	3.0667 ± 0,0	(Herrera et al. 2014)
Garbanzo	40,00 ±0,0	39 ± 0,12	5,4 ± 0,0	2,9 ± 0,05	(Bashir y Aggarwal 2017)

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

1.5.2 Almidón

Es un polisacárido proveniente de la glucosa cuya característica principal es que presenta insolubilidad en agua fría, pero si se le añade calor o se lo suministra experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. Es importante mencionar que el almidón está constituido por dos tipos de cadena: amilosa polímero de cadena lineal y amilopectina polímero de cadena ramificada (Chiran 2015).

Cuando se propone a obtener productos comercialmente aceptables en el mercado, el almidón tiene que ser modificado y obtener un almidón termoplástico mezclado con otros componentes con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y minimizar su sensibilidad al agua, además de ser evaluadas con respecto a su resistencia y biodegradabilidad en diferentes condiciones ambientales. Mientras el almidón termoplástico no modificado es principalmente usado en espumas solubles compostables, en desarrollo de bandejas e incluso como principal remplazo de poliestireno (Hernández 2013).

1.5.3 Amilosa

Denominado como polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces alfa-1,4 glucósidos de tipo lineal, aunque muchas moléculas muestran unas pocas ramificaciones alfa-1,6 (0,3-0,5%). Las ramificaciones son muy cortas o demasiado largas separadas por grandes distancias, permitiendo a la molécula actuar como polímero lineal (Charro 2015).

La amilosa es considerada uno de los principales componentes responsables de la retrogradación a corto plazo del almidón, así como de la viscosidad que generalmente es observada en el analizador rápido de viscosidad (RVA) (Li et al. 2020).

1.5.4 Amilopectina

Consiste en cadenas de glucosa conectadas por enlaces glicosídicos α (1,4). A diferencia de la amilosa, existe una rama α (1,6) por cada 15 a 30 unidades de amilopectina. La ramificación hace que la solubilidad de la amilopectina en agua sea menor que la de la amilosa. El enlace es entre el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 de la rama. La cadena está muy ramificada, pero menos ramificada que el glucógeno en la forma de carbohidratos de las reservas animales (Carballo, Aranda, & Escamilla, 2019, p.26).

La amilopectina está principalmente involucrada en la retrogradación del almidón a largo plazo y generalmente se asocia con la sinéresis del agua, así como al envejecimiento del pan es así que las moléculas de amilopectina suelen estar más implicadas en la temperatura de fusión del almidón así como en la entalpía. Por ejemplo se ha encontrado una correlación positiva entre la longitud de las cadenas externas e interbloqueo de amilopectina con las temperatura de fusión del almidón y la entalpía, mientras que los tamaños moleculares de la amilopectina significan correlacionando negativamente con las temperaturas de fusión del almidón y la entalpía (Li et al. 2020).

1.5.5 Biopolímero

Son polímeros producidos por organismos vivos o derivados de biomasa, en su estructura contienen monómeros que se unen covalentemente para formar macromoléculas como celulosa, almidón, proteína y ácido poliláctico son todos ejemplos de biopolímeros en los que las unidades de monómero son azúcares aminoácidos y ácido láctico, respectivamente.

Los biopolímeros derivados de recursos renovables se clasifican:

- Biopolímero extraído de materiales naturales. Ejemplos son polisacáridos como almidón, celulosa y proteínas, etc.
- Biopolímero producido mediante el método clásico de síntesis química a partir de energías renovables.

Los polímeros biodegradables obtenidos por biosíntesis bacteriana de materiales naturales (poliésteres de polisacáridos). El biopolímero más conocido producido por este método es polihidroxialcanoatos (PHA) y polihidroxibutirato (PHB).

A partir de, estos biopolímeros desarrollados recientemente también se pueden clasificar como polímeros de almidón (por ejemplo, Mater-Bi), celulósicos (por ejemplo, celofán), poliésteres alifáticos (por ejemplo, PLA), polietileno de base biológica (Bio-PE) y polihidroxialcanoatos sintetizados microbianos. (por ejemplo, poli-3-hidroxibutirato (PHB)). Los ejemplos dados están diseñados para aplicaciones de envasado, o con el potencial de ser utilizados en aplicaciones de envasado en un futuro próximo(Hu 2014).

También existen desafíos al utilizar biopolímeros en aplicaciones de envasado. Estos desafíos están relacionados con la procesabilidad o las propiedades finales de los materiales de empaque. Los biopolímeros tienen desventajas de fragilidad y escasa estabilidad térmica.

Uno de los inconvenientes de procesar PLA en estado fundido es que tiende a sufrir degradación térmica. Otro desafío importante es que es difícil lograr propiedades mecánicas y de barrera tan duraderas como los polímeros sintéticos tradicionales para igualar la vida útil de los productos mientras se mantiene la biodegradabilidad. Se espera que estos desafíos se superen mezclando biopolímeros con otros polímeros, haciendo nano compuesto, recubriendo con materiales de alta barrera y / o modificaciones de polímeros. Aparte de las consideraciones técnicas como la procesabilidad y las propiedades físicas, los biopolímeros también tienen un costo relativamente alto y su reciclaje también presenta algunos desafíos debido a los requisitos de clasificación y limpieza. Hasta ahora, el costo aún limitaba la amplia adopción de materiales de empaque basados en biopolímeros como PHA y acetato de celulosa, etc. Sin embargo, esta limitación disminuirá a medida que aumente la capacidad de producción(Hu 2014).

1.5.6 Bioplástico

Los plásticos de base biológica se definen como macromoléculas orgánicas artificiales o procesadas por el hombre derivadas de recursos biológicos renovables, como celulosa, almidón proteínas aceite vegetal y microbios con utilización para aplicaciones plásticas convencionales. Los bioplásticos podrían ser biodegradables o no biodegradables dependiendo de los diferentes métodos de fabricación y propósitos de aplicación.

Para obtener bioplásticos de excelente calidad con buena termoplasticidad a partir de polímeros naturales, se debe lograr un alto grado de sustitución mediante modificaciones químicas(Xu y Yang 2012).

1.5.7 Plastificante

La molécula de plastificante normalmente contiene una porción que es de polaridad comparable a las cadenas de polímero y al mismo tiempo una porción que interrumpe las fuerzas

intermoleculares entre las cadenas de polímero para crear volumen libre y reducir la fricción intermolecular entre el polímero.

El ácido málico es uno de los plastificantes más utilizados debido a que es un químico renovable muy prometedor y no tóxico. El ácido málico con dos ácidos carboxílicos y un grupo hidroxilo es un buen candidato para la plastificación de PVC y PLA, ya que los dos grupos de ácido carboxílico pueden ser esterificados para formar ésteres con cadenas de carbono de una longitud elegida. Se puede formar otro grupo éster mediante la acetilación del grupo alcohol, lo que da al compuesto un total de tres grupos éster (Park et al. 2020).

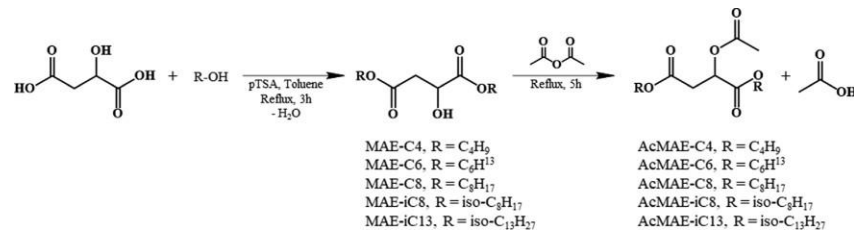


Figura 1-2: Síntesis de plastificantes a base de ácido málico

Fuente: (Park et al. 2020).

1.5.8 Películas biodegradables

La película biodegradable es aquella capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa (Tian y Bilal 2019). Los materiales utilizados para fabricar envases biodegradables pueden ser polímeros de origen natural (almidón, gelatina, colágeno, zeína, quitosano, celulosa, pectina, ceras) o de origen sintético como ácido poliláctico, policaprolactona y alcohol polivinílico (Fonseca, Jiménez y Aguirre 2021).

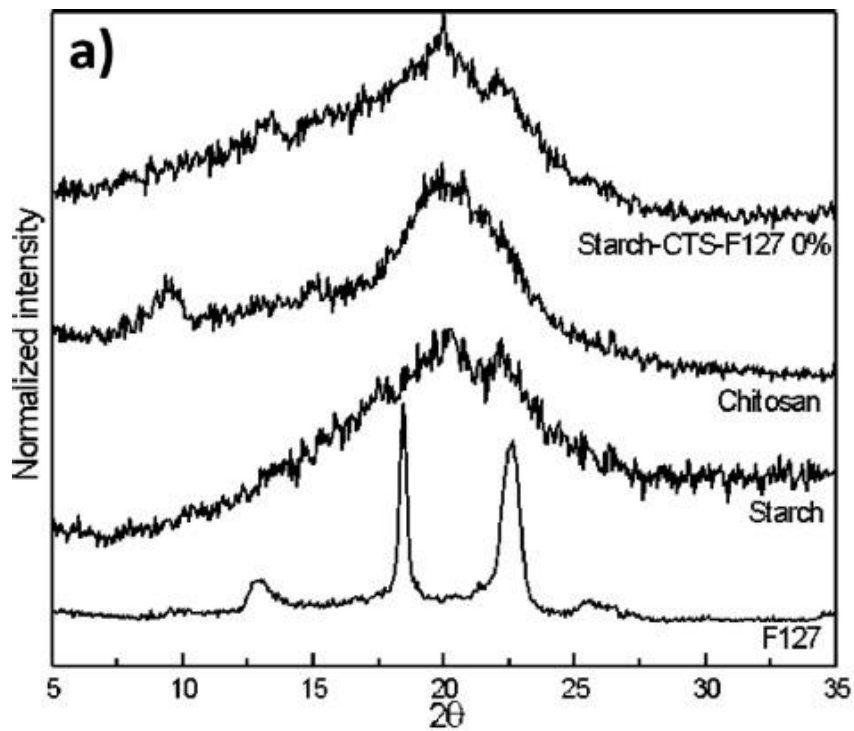


Figura 2-2: Difactograma de película de almidón puro

Fuente: (Fonseca, Jiménez y Aguirre 2021)

1.5.9 Producción de materiales sintéticos biodegradables

Debido al tiempo de degradación adecuado y su producción a escala industrial, los degradables de poliésteres, incluidos PBS, PBAT, PCL, PVA y PLA, se consideraron los materiales de mayor potencial utilizados en lugar del plástico tradicional para reducir la contaminación ambiental (Tian y Bilal 2019).

Tabla 2-1: Comparación de degradación

Tipo de material	PLA	PBAT	PPC	PE
Densidad (g/cm ³)	1,25	1,26	1,22	0,95
Fuerza (µm)	>30	>15	>10	>10
Alargamiento a la rotura (%)	15	800	700	800
Temperatura de procesamiento °C	<200	<250	<170	<220
Biodegradabilidad	0,5-2 años	60 días	50 días	No degradable

Fuente: (Tian y Bilal 2019)

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Hipótesis General

Será posible obtener una biopelícula biodegradable a partir de garbanzo para minimizar la perecibilidad de los alimentos.

2.2 Hipótesis Específicas

- El método utilizado para la extracción de almidón será el indicado
- El porcentaje de amilopectina será el indicado para formar la biopelícula
- La formulación necesitará de aditivos
- La biopelícula obtenida conservará el alimento.

2.3 Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de variables

Variable independiente	Variable dependiente
Obtención de almidón	
Tiempo	Humedad
Temperatura	pH
Revoluciones de triturado (rpm)	Contenido de almidón
Velocidad de secado	Rendimiento
	Contenido de amilosa
	Solubilidad
	Contenido de amilopectina
Obtención de bioplástico	
Mezcla de aditivos	Resistencia elongación
	Espesor
	Biodegradabilidad

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.4 Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Variables independientes

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTO	INDICADOR	RANGO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de sedimentación del almidón. • Tiempo de secado del bioplástico. • Tiempo de degradación de bioplástico. 	Horas (h)	23-24	Cronómetro
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura a la cual se agita la mezcla de 	Grados Celsius (°C)	57-70	Termómetro

	<ul style="list-style-type: none"> aditivos para elaborar bioplástico. Temperatura de secado de bioplástico. 		25	
Revoluciones de triturado	<ul style="list-style-type: none"> Son cada una de las frecuencias de la licuadora para la reducción de tamaño. 	Rpm	1-2-3	-
Velocidad de secado	<ul style="list-style-type: none"> Se define como la cantidad de materia prima secada en un determinado tiempo para la obtención de almidón. 	Peso seco (g)/h	--	Balanza Cronómetro

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 3-2: Variables dependientes

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTO	INDICADOR	RANGO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Unidad que permite conocer la cantidad de agua contenida dentro de una muestra 	%	3-6	Balanza gravimétrica
pH	<ul style="list-style-type: none"> Unidad de acidez o basicidad. 	-	0-14	pHmetro
Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de almidón obtenido 	%	-	-
Contenido de amilosa	<ul style="list-style-type: none"> Componente principal para la elaboración de bioplástico 	%	-	-
Contenido de amilopectina	<ul style="list-style-type: none"> Componente principal para la elaboración de bioplástico 	%	-	-
Elongación	<ul style="list-style-type: none"> Prueba física 	%	-	Maquina universal de pruebas de tracción
Espesor	<ul style="list-style-type: none"> Prueba Física 	mm	0.15-0.20	Pie de rey
Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Capacidad de un material de ser biodegradado 	-	-	

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.5 Matriz de consistencia

Tabla 4-2: Matriz de consistencia

TEMA: “OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i>) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS”		
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL

<p>¿Se obtendrá un bioplástico con características similares a uno convencional en miras a la suplantación de este a partir de garbanzo (<i>Cicer-arietinum</i>)?</p>		<p>Obtener y caracterizar el bioplástico elaborado a partir de garbanzo (<i>Cicer-arietinum</i>) como envoltura para alimentos</p>	<p>¿Será posible obtener una biopelícula biodegradable a partir de almidón a partir de garbanzo para minimizar la perecibilidad de los alimentos?</p>	
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>	<p>Variables</p>	<p>Técnicas</p>
<p>¿Cómo se procedería con la metodología de trabajo para la elaboración del bioplástico?</p> <p>¿Cómo se determinará la calidad del bioplástico obtenido?</p> <p>¿Cómo se determinará la biodegradabilidad del bioplástico obtenido?</p>	<p>Caracterizar la materia prima (garbanzo) mediante pruebas fisicoquímicas para conocer el porcentaje de almidón con base en la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo).</p> <p>Ensayar formulaciones para la elaboración de bioplástico de garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>).</p> <p>Evaluar el bioplástico obtenido con base en la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo a la norma INEN 2637.</p>	<p>¿El método utilizado para la extracción de almidón será el indicado?</p> <p>¿El porcentaje de amilopectina será el indicado para formar la biopelícula?</p> <p>¿La formulación necesitara de aditivos?</p> <p>¿La biopelícula obtenida conservara el alimento?</p>	<p>Temperatura (°C)</p> <p>Masa (kg)</p> <p>pH</p> <p>Solubilidad</p> <p>Temperatura</p> <p>Sensibilidad</p> <p>Tiempo (horas)</p> <p>Sustancia reductora</p> <p>Composición de los reactivos</p> <p>pH</p>	<p>Cálculo del rendimiento del secado</p> <p>Variación de la composición</p> <p>Extracción de almidón por vía seca</p> <p>Elaboración de curva de secado</p> <p>Medición del tiempo de secado</p> <p>Cálculo del rendimiento del proceso</p>

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.6 Tipo y diseño de investigación

2.6.1 Método deductivo

A partir de este método se puede ejecutar estudios desde varios puntos de vista, es decir, se los podrá realizar desde lo general hacia lo particular, debido a esta característica se calculará el rendimiento en cuanto a producción del bioplástico, dato que resulta importante para el desarrollo de esta investigación. Para este tipo de producto los valores se comparan con alguna norma existente tanto en el ámbito nacional y en su defecto por falta de una con normativa extranjera para el fortalecimiento investigativo del caso de estudio

2.6.2 Método descriptivo

A través de este tipo de investigación se podrá examinar las características más importantes que debe tener el bioplástico, como biodegradabilidad, espesor, flexibilidad, elongación y otros, además de formular las hipótesis y seleccionar las técnicas para recolectar datos y las fuentes a investigar.

2.6.3 Método experimental

Este método requiere la intervención de elementos tecnológicos e instrumentos específicos que faciliten la obtención de valores empíricos al momento de realizar los ensayos de caracterización del producto o la materia prima, con el objetivo de corroborar que dichos elementos se encuentren dentro de la norma correspondiente. Con este método se facilita el diseño del procedimiento que se va a seguir para obtener el producto final con los parámetros preestablecidos deseados.

2.7 Diseño de la investigación

Esta investigación es de tipo experimental debido a que se va a realizar la caracterización del almidón, para la obtención de la materia prima, determinando así el correcto procedimiento de obtención del bioplástico. En función a esto se podrá evidenciar las diferentes reacciones al cambio de temperatura, el pH y el tiempo de obtención. Y de acuerdo a estos datos se podrá observar si se afirman o rechazan las hipótesis planteadas.

Tabla 5-2: Variables respuesta a ser medidas

Nombre	Unidades	Analizar	Objetivo	Destino	Impacto	Sensibilidad	Bajo	Alto
PESO DE ALMIDÓN	g	Media	Maximizar		3.0	Medio		

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 6-2: Factores experimentales que van a variar

Nombre	Unidades	Tipo	Papel	Bajo	Alto	Niveles
A:Tiempo de licuado	s	Continuo	Controlable	-1.0	1.0	

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 7-2: Diseño experimental

Tipo de Factores	Diseño Tipo	Puntos Centrales Por Bloque	Punto Central Colocación	Diseño es Aleatorizado	Número de Replicaciones
Proceso	Especificado por Usuario	0	Aleatorio	Sí	4
<i>Total</i>	<i>Total</i>	<i>Error</i>			
<i>Ejecuciones</i>	<i>Bloques</i>	<i>D.F.</i>			
25	1	24			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 8-2: Diseño para la obtención de almidón de garbanzo

TRATAMIENTOS	Materia prima garbanzo (g)	Volumen (mL)	Repeticiones	Tiempo de licuado (s)
T1	100	300	R1	15
			R2	15
			R3	15
			R4	15
			R5	15
			R6	15
T2			R1	30
			R2	30
			R3	30
			R4	30
			R5	30
			R6	30
T3			R1	45
			R2	45
			R3	45
			R4	45
			R5	45
			R6	45
T4			R1	60
			R2	60
			R3	60
			R4	60
			R5	60
			R6	60

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 9-2: Formulaciones para la obtención del bioplástico de garbanzo

FORMULACIÓN	GLICERINA(mL)	ÁCIDO ACÉTICO(mL)	ALMIDÓN(g)	AGUA DESTILADA(mL)
A1	1,5	4	1,5	30
A2	1,5	4	1,5	35
A3	1	4	1,5	30
A4	0,5	4	1,5	35
A5	2	4	1,5	40
A6	1,5	4	2	40
A7	1,5	4	2	60
A8	2	4	2	40
A9	1,5	4	2	30

A10	3	5	2	30
A11	3	4	3	40
A12	2	4	3	30
A13	3	4	3	35
A14	3	4	3	40
A15	2	4	3	30
A16	4,5	12	4,5	90
A17	4,5	12	4,5	75
A18	4,5	12	6	90
A19	4,5	12	6	75
A20	4,5	12	6	90

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.8 Unidad de análisis

En este estudio se analizará el garbanzo como principal fuente de almidón y se procesará en cada prueba correspondiente para conocer la mejor fórmula para la obtención del bioplástico.

2.9 Población de estudio

La población de estudio para esta investigación corresponde a la provincia de Tungurahua ya que se encuentra dentro de la línea de investigación de “Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de garbanzo (*cicer arietinum*) para envolturas de alimentos” para embalaje de alimentos., de esta manera contribuye a una forma distinta y tecnificada de obtención de distintas materias primas.

2.10 Tamaño de muestra

Se va a adquirir un total de 6 kg de garbanzo con el propósito de alcanzar mayor cantidad de almidón con el fin de realizar distintas experimentaciones se recogerá por muestreo aleatorio simple para tener una muestra diversa y representativa en los ensayos experimentales.

2.11 Selección de muestra

La muestra seleccionada será analizada minuciosamente para que la misma no presente contaminantes o interferentes que afecten en la elaboración del bioplástico para pasar los diferentes procesos de obtención de almidón. Las principales características que se tomarán en cuenta para la selección de la materia prima serán las siguientes:

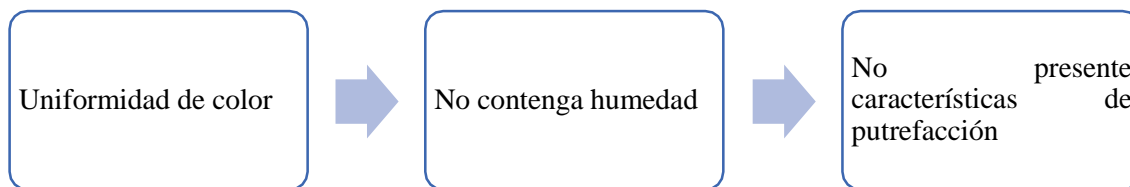


Gráfico 1-2: Selección de muestra de garbanzo

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Las muestras con las que se obtendrá bioplásticos serán extraídas a partir de diferentes composiciones en las que variarán las condiciones de operación como son revoluciones por minuto de la licuadora y tiempo de licuado, dando como producto por cada composición tres tipos de bioplásticos y de las tres composiciones se obtendrá diez bioplásticos, estos se evaluarán por medio de la determinación de porcentaje de humedad, elongación y flexibilidad, eligiendo de cada composición uno con el mejor rendimiento, de esta manera se encontrará el más adecuado por lo que se procederá a realizar pruebas de biodegradabilidad.

2.12 Técnicas de recolección de datos

La investigación se fundamentará en la revisión de artículos de alto impacto a nivel investigativo para el fortalecimiento de la metodología a utilizar para la elaboración de bioplástico.

Para el tratamiento de datos y análisis de resultados se utilizará el siguiente programa Statgraphics Centurion, herramienta estadística de alta capacidad de análisis

2.12.1 Técnica de extracción del almidón de garbanzo (*Cicer arietinum*)

2.12.1.1 Principio

El proceso de extracción por vía húmeda consiste principalmente en extraer el almidón por medio de licuado y sedimentado, de esta manera se optimizará el proceso.

Tabla 10-2: Componentes para la experimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
- Vasos de precipitación de 250 mL.	- Molino.	- Meta bisulfito de sodio.
- Espátula	- Licuadora.	- Agua.
	- Balanza analítica.	

<ul style="list-style-type: none"> - Vidrio reloj - Cronómetro - Recipiente de vidrio y plástico. - Tela filtrante. - Papel aluminio. - Tamices. - Guantes aislantes. - Fundas abre fácil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estufa. 	
--	---	--

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.12.1.2 Procedimiento

1. Recepción del garbanzo verificando que se encuentre en óptimas condiciones para que este no afecte al proceso de obtención del almidón.
2. Disminución de tamaño del garbanzo en un molino.
3. Tamizar el producto de la molienda con el propósito de eliminar cáscaras del garbanzo.
4. Licuar el producto del tamizado en los diferentes intervalos de tiempo y revoluciones indicados en el diseño respectivo.
5. Dejar sedimentar durante 24 horas el producto del licuado.
6. Filtrar el sedimentado.
7. Secar el producto del filtrado.
8. Finalmente caracterizar el almidón.

2.12.2 Técnica de obtención de bioplástico

2.12.2.1 Principio

Obtener bioplástico a través de la realización de varios ensayos con diferentes composiciones y condiciones de proceso mediante operaciones de mezclado, secado, y posteriormente determinar el porcentaje de elongación, flexibilidad, humedad, espesor y así identificar el mejor rendimiento. Se realizarán pruebas para determinar la biodegradabilidad de los bioplásticos tomando en cuenta variables como tiempo y peso en diferentes condiciones.

Tabla 11-2: Componentes para la experimentación

Materiales	Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> - Vasos de precipitación de 250 mL. - Espátula - Moldes de acrílico - Termómetro - Varilla de agitación. - Pinza. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baño maría a 100 °C. - Agitador magnético. - Balanza analítica. - Reverbero. 	<ul style="list-style-type: none"> - Glicerina. - Agua destilada. - Ácido acético. - Almidón.

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

2.12.2.2 Procedimiento

Conocida la formulación se procede a mezclar en baño María, desde una temperatura del agua en recipiente de 50 °C las cantidades indicadas de glicerina y ácido acético, disuelto estos dos

reactivos se procede a colocar el almidón en sus respectivas proporciones hasta su punto de gelatinización.

Llevado a cabo el proceso anterior se procede a colocar la mezcla en cajas petri debidamente etiquetadas, luego de ello se procede a secar a temperatura ambiente.

Finalmente se procede con la caracterización del bioplástico.

2.12.3 Caracterización del bioplástico

Tabla 13-2: Ensayos para la caracterización del bioplástico

Análisis	Materiales y equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de ensayo
Espesor	Pie de rey Biopelícula Cúter	Biopelícula a ensayar	Medir con un pie de rey, mismo que tiene que tener una resolución de 0,002 cm	Laboratorio tecnológico de Uruguay No 4-2009-INN TEC-33
Solubilidad	Vaso de precipitación Probetas Papel filtro Balanza analítica	Agua destilada Biopelícula a ensayar	Las muestras se colocan en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada. Se lleva a agitación de 100 rpm durante 1 hora. Filtrar y se procede a colocar en una estufa a 40°C hasta que no queden residuos en el agua.	Laboratorio tecnológico de Uruguay No 4-2009-INN TEC-33
Propiedades mecánicas	Máquina universal de ensayos-WAW600B	Biopelícula a ensayar	Es una máquina de prueba tipo velocidad constante de movimiento de cruceta que comprende una parte fija que lleva una mordaza y una parte móvil que lleva una segunda mordaza.	Norma NTE INEN 2635:012
Biodegradabilidad	Recipientes herméticos Biofilms a ensayar	Tierra orgánica. Biofilms a ensayar	Cortar el biofilm en láminas de 2cm x 2cm. Colocarlas en tierra orgánica a 12 cm de la superficie y mantener en un ambiente húmedo. Revisar cada 7 días	INEN 2643 Especificaciones para plásticos compostables

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Datos obtenidos de la extracción de almidón por vía húmeda

Tabla 1-3: Datos obtenidos de la extracción de almidón por vía húmeda

TRATAMIENTOS	Materia prima garbanzo (g)	Volumen (mL)	Repeticiones	Rpm	Peso de almidón (g)
T1	100	300	R1	15	1,8
			R2	15	1,9
			R3	15	1,8
			R4	15	1,87
			R5	15	1,82
			R6	15	1,89
T2			R1	30	2,1
			R2	30	2,1
			R3	30	2
			R4	30	2,02
			R5	30	2,11
			R6	30	2,09
T3			R1	45	2,12
			R2	45	2,2
			R3	45	2,12
			R4	45	2,1
			R5	45	2,14
			R6	45	2,13
T4			R1	60	2,18
			R2	60	2,21
			R3	60	2,28
			R4	60	2,25
			R5	60	2,13
			R6	60	2,2

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 2-3: Resumen estadístico para peso de almidón

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
T1	6	1,84667	0,0454606	2,46177%	1,8
T2	6	2,07	0,0473286	2,28641%	2,0
T3	6	2,135	0,0344964	1,61576%	2,1

T4	6	2,20833	0,0526941	2,38615%	2,13
Total	24	2,065	0,144493	6,99725%	1,8

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 3-3: Resumen estadístico para peso de almidón

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
T1	1,9	0,1	0,0752158	-1,33002
T2	2,11	0,11	-0,967777	-0,711496
T3	2,2	0,1	1,64431	1,68314
T4	2,28	0,15	-0,130313	-0,0519031
Total	2,28	0,48	-1,3288	-0,676317

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La siguiente tabla muestra las diferentes estadísticas de peso del almidón para cada uno de los 4 niveles de tratamiento. El propósito principal del análisis de varianza unidireccional es comparar las medias de los diferentes niveles enumerados en la columna de medias.

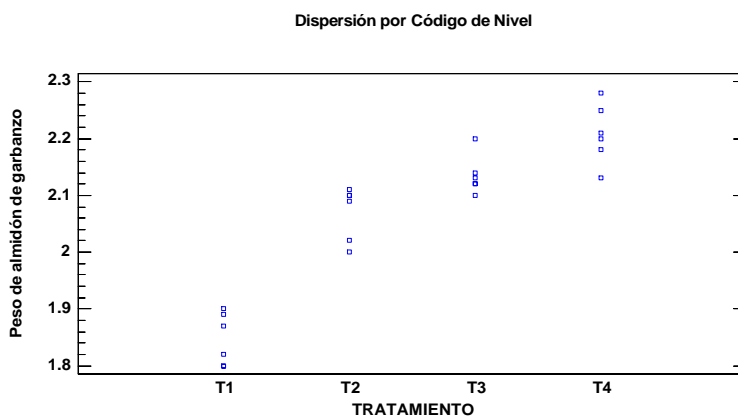


Figura 1-3: Dispersión por nivel de cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 4-3: ANOVA para peso de almidón por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,438833	3	0,146278	70,72	0,0000

Intra grupos	0,0413667	20	0,00206833		
Total (Corr.)	0,4802	23			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La tabla ANOVA descompone la varianza de peso de almidón en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 70,7225, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Peso de almidón entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 5-3: Medias para peso de almidón por tratamiento con intervalos de confianza del 95,0%

			Error Est.		
TRATAMIENTO	Casos	Media	(s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
T1	6	1,84667	0,0185667	1,81928	1,87405
T2	6	2,07	0,0185667	2,04261	2,09739
T3	6	2,135	0,0185667	2,10761	2,16239
T4	6	2,20833	0,0185667	2,18095	2,23572
Total	24	2,065			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La media de peso de almidón para cada nivel de tratamiento, mostrando el error estándar de cada media. Se muestra un intervalo alrededor de cada media. El rango que se muestra actualmente se basa en el cálculo Fisher Least Significant Difference (LSD). Están contruidos de tal manera que, si los dos valores medios son iguales, su intervalo se superpondrá en un 95,0% del tiempo

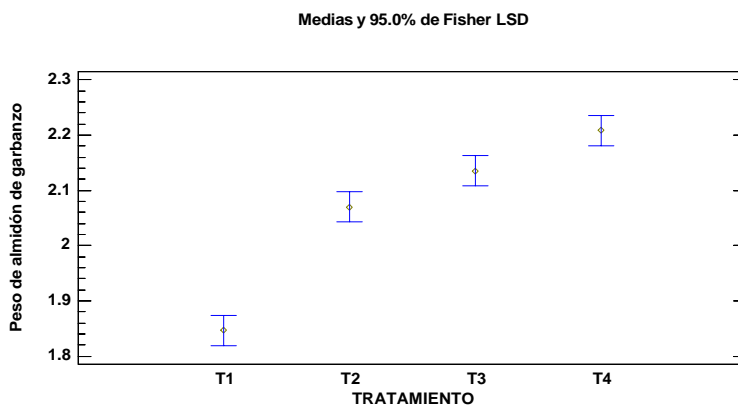


Figura 2-3: Medias para cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Luego de un extenso y apropiado análisis estadístico se puede evidenciar que el tratamiento que mejor resultado da en la obtención de almidón es el tratamiento 4 a un rpm variable de 60 s.

3.1.1 Caracterización del almidón de garbanzo

Se muestra a continuación los resultados de cada uno de los parámetros fisicoquímicos del almidón de garbanzo.

Tabla 6-3: Porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de garbanzo

Análisis	Método	Método referencial	Unidad	Valor
Amilosa	MO-LSAIA-04	U.FLORIDA 1970	%	19,00
Amilopectina	MO-LSAIA-04	U.FLORIDA 1970	%	81,0

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Fuente: Laboratorio INIAP

Tabla 7-3: Resultado de los análisis del almidón

Ensayos	Método de análisis	Unidades	Valor
pH	AOAC 954.01	-	4,531
Humedad	AOAC 962.09	%	5,84
Densidad aparente	SMITH	g/mL	0,473
Viscosidad	ISI 17-1, 2002	mPas	39249
Temperatura de gelatinización	INEN 1456	°C	60
Ceniza	AOAC 942.05	%	0,6095
Proteína	AOAC 954-01	%	0,6095
Mohos y levaduras	Siembra en masa	UFC/100mL	Ausencia
Fibra	Gravimétrico	%	0,132
Coliformes totales	Siembra en masa	UFC/100mL	<30
Coliformes fecales	Siembra en masa	UFC/100mL	Ausencia
Solubilidad	Anderson	%	4,8166

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

3.2 Elaboración de bioplástico

3.2.1 Pruebas preliminares para la elaboración de bioplástico

Tabla 8-3: Formación de películas

FORMULACIÓN	GLICERINA(mL)	ÁCIDO ACÉTICO(mL)	ALMIDÓN(g)	AGUA DESTILADA(mL)	FORMA PELÍCULA
-------------	---------------	-------------------	------------	--------------------	----------------

A1	1,5	4	1,5	30	Si
A2	1,5	4	1,5	35	Si
A3	1	4	1,5	30	No
A4	0,5	4	1,5	35	No
A5	2	4	1,5	40	No
A6	1,5	4	2	40	No
A7	1,5	4	2	60	Si
A8	2	4	2	40	Si
A9	1,5	4	2	30	No
A10	3	5	2	30	No
A11	3	4	3	40	No
A12	2	4	3	30	No
A13	3	4	3	35	No
A14	3	4	3	40	No
A15	2	4	3	30	No
A16	4,5	12	4,5	90	No
A17	4,5	12	4,5	75	No
A18	4,5	12	6	90	No
A19	4,5	12	6	75	No
A20	4,5	12	6	90	No

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Para la evaluación de transparencia del bioplástico se escoge los que si forman mientras a los otros tratamientos se los descarta.

Tabla 9-3: Transparencia de las películas

FORMULACIÓN	GLICERINA(mL)	ÁCIDO ACÉTICO(mL)	ALMIDÓN(g)	AGUA DESTILADA(mL)	TRANSPARENCIA
A1	1,5	4	1,5	30	No
A2	1,5	4	1,5	53	Si
A3	1,5	4	2	30	No
A4	1,5	4	2	35	No

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

3.2.2 Datos de espesor para cada uno de los tratamientos

Tabla 10-3: Espesor de bioplástico

Bioplástico	Repetición	Espesor(mm)
A1	1	0,2
A2	1	0,2
A3	1	0,2
A4	1	0,2

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Fuente: Laboratorio de pruebas físicas, ESPOCH

3.2.3 Prueba de solubilidad de bioplástico

Tabla 11-3: Porcentaje de solubilidad del bioplástico

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	PESO INICIAL(g)	PESO FINAL(g)	PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD %
--------------	--------------	-----------------	---------------	-----------------------------

A1	R1	0,419	0,152	63,72315036
	R2	0,373	0,132	64,61126005
	R3	0,364	0,128	64,83516484
A2	R1	0,438	0,166	62,10045662
	R2	0,314	0,1124	64,20382166
	R3	0,371	0,141	61,99460916
A3	R1	0,396	0,174	56,06060606
	R2	0,486	0,204	58,02469136
	R3	0,481	0,211	56,13305613
A4	R1	0,503	0,199	60,43737575
	R2	0,417	0,187	55,1558753
	R3	0,426	0,186	56,33802817

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 12-3: Resumen estadístico para porcentaje de solubilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A1	3	64,3899	0,588139	0,913404%	63,7232
A2	3	62,7663	1,24606	1,98523%	61,9946
A3	3	56,7395	1,11364	1,96273%	56,0606
A4	3	57,3104	2,77177	4,83642%	55,1559
Total	12	60,3015	3,75278	6,22336%	55,1559

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tablas 13-3: Resumen estadístico para porcentaje de solubilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	64,8352	1,11201	-1,02809	
A2	64,2038	2,20921	1,21481	
A3	58,0247	1,96409	1,21892	
A4	60,4374	5,2815	0,978917	
Total	64,8352	9,67929	-0,220735	-1,30418

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Esta tabla muestra diferentes estadísticos de porcentaje de solubilidad % para cada uno de los 4 niveles de tratamiento. La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles.

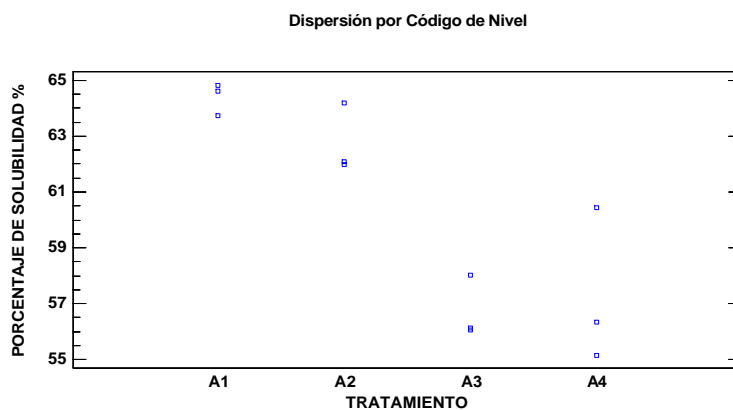


Figura 3-3: Dispersión por nivel de cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 14-3: ANOVA para porcentaje de solubilidad del bioplástico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	133,274	3	44,4246	16,42	0,0009
Intra grupos	21,643	8	2,70537		
Total (Corr.)	154,917	11			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 16.4209, mientras que el valor-P de la prueba-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de porcentaje de solubilidad % entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

Tabla 15-3: Medias para porcentaje de solubilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	3	64,3899	0,949627	62,8414	65,9383
A2	3	62,7663	0,949627	61,2178	64,3148
A3	3	56,7395	0,949627	55,191	58,2879
A4	3	57,3104	0,949627	55,762	58,8589
Total	12	60,3015			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

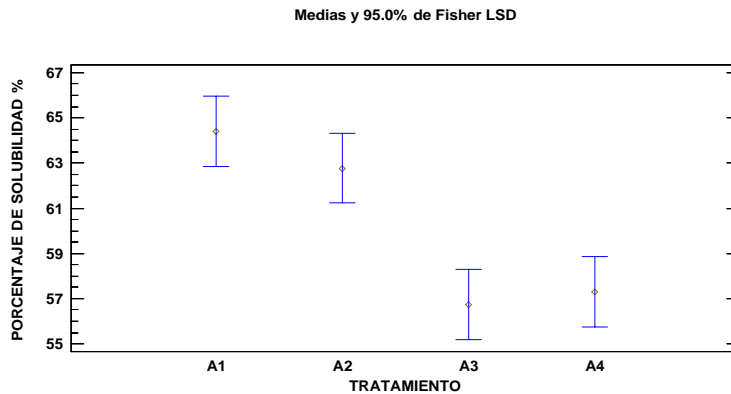


Figura 4-3: Medias para cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Como se muestra en la figura 4-3 el tratamiento A1 tiene mayor índice de solubilidad en comparación con los demás con una media de 64,3899%.

3.2.4 Propiedades mecánicas del bioplástico

Tabla 16-3: Propiedades mecánicas del bioplástico

TRATAMIENTO	FUERZA(N)	RESISTENCIA A LA TENCIÓN (N/ cm ²)	% Elongacion
A1	2,0	100	43,33
A2	5,9	295	60
A3	3,9	195	53,33
A4	3,9	195	63,33

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

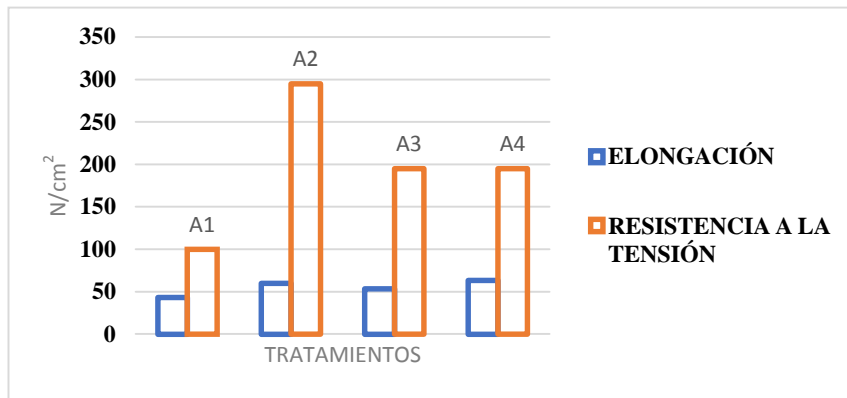


Figura 5-3: Propiedades mecánicas del bioplástico

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Como es vidente el tratamiento A2 es el que mejor propiedad mecánica tiene en comparación a las otras muestras de bioplásticos (A1. A3, A4).

3.2.5 Permeabilidad

Tabla 17-3: Permeabilidad del bioplástico

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso final(g)	Δt (h)	Area m ²	Espesor (mm)	Permeabilidad(mm g/m ² h)
A1	29,213	29,3660	25	0,0200	0,2	0,0612
	29,639	29,7670	25	0,0203	0,2	0,050464105
	30,143	30,2860	25	0,0206	0,2	0,055435212
A2	30,817	30,9760	25	0,0211	0,2	0,060289671
	30,303	30,4080	25	0,0207	0,2	0,040489258
	29,937	30,0640	25	0,0205	0,2	0,049571447
A3	30,448	30,5680	25	0,0208	0,2	0,046053074
	30,518	30,6620	25	0,0209	0,2	0,055136929
	32,182	32,3180	25	0,0220	0,2	0,049381244
A4	30,955	31,0900	25	0,0212	0,2	0,050961137
	30,275	30,3990	25	0,0207	0,2	0,047860109
	30,096	30,2100	25	0,0206	0,2	0,044262121

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Fuente: Laboratorio de investigación ESPOCH

El cálculo de la permeabilidad se lleva a cabo con la siguiente formula

$$TVA = \frac{\Delta m}{\Delta t \times A} \times \varepsilon$$

Donde

$TVA = \text{Permeabilidad (mmg/m}^2\text{h)}$

$\Delta m = \text{Variación de la masa (g)}$

$\Delta t = \text{Variación del tiempo (h)}$

$A = \text{Area del bioplástico (m}^2\text{)}$

$\varepsilon = \text{Espesor del bioplástico (mm)}$

Tabla 18-3: Resumen estadístico para permeabilidad

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación	Mínimo
A1	3	0,0556998	0,00537283	9,64606%	0,0504641
A2	3	0,0501168	0,00991147	19,7767%	0,0404893
A3	3	0,0501904	0,00459567	9,15647%	0,0460531
A4	3	0,0476945	0,00335258	7,02928%	0,0442621
Total	12	0,0509254	0,00619539	12,1656%	0,0404893

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 19-3: Resumen estadístico para permeabilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	0,0612	0,0107359	0,156302	
A2	0,0602897	0,0198004	0,174548	
A3	0,0551369	0,00908386	0,542891	
A4	0,0509611	0,00669902	-0,15684	
Total	0,0612	0,0207107	0,317304	-0,276272

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La intención principal del análisis de varianza de un factor es la de comparar las medias de los diferentes niveles para determinar la significancia de entre ellos.

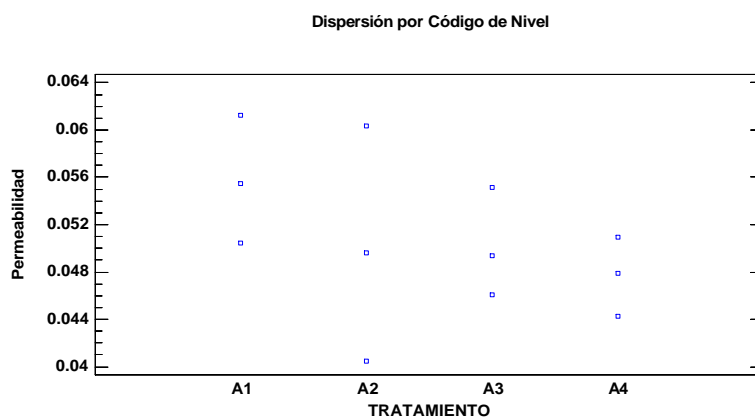


Figura 6-3: Dispersión por nivel de cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 20-3: ANOVA para permeabilidad del bioplástico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,000103283	3	0,0000344277	0,86	0,4984
Intra grupos	0,000318929	8	0,0000398661		
Total (Corr.)	0,000422212	11			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 0,863583, mientras que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Permeabilidad entre un nivel de tratamiento y otro.

Tabla 21-3: Medias para permeabilidad con intervalos de confianza del 95,0%

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	3	0,0556998	0,00364537	0,0497557	0,0616439
A2	3	0,0501168	0,00364537	0,0441727	0,0560609
A3	3	0,0501904	0,00364537	0,0442463	0,0561345
A4	3	0,0476945	0,00364537	0,0417503	0,0536386
Total	12	0,0509254			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La Tabla 21-3 indica el promedio de permeabilidad para cada uno de los niveles de tratamiento, La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media, Los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher

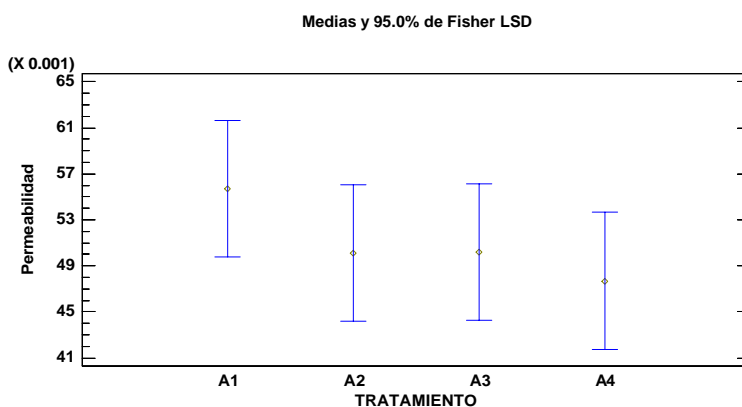


Figura 7-3: Medias por cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Como se puede visualizar el tratamiento A4 es el que menor permeabilidad presenta del conjunto de tratamiento analizados seguido del A2 y A3.

3.2.6 Humedad del bioplástico

Tabla 22-3: Resultados de humedad de bioplástico

Tratamientos	Humedad%
A1	1,520606228

	2,082290225
	0,493573522
A2	1,833237603
	0,763445117
	1,549033966
A3	0,506736757
	2,614288101
	1,859294595
A4	2,050362517
	0,529172783
	2,980925168

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Fuente: Laboratorio de investigación ESPOCH

Tabla 23-3: Resumen estadístico para humedad del bioplástico

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A1	3	1,36549	0,805637	58,9998%	0,493574
A2	3	1,38191	0,554133	40,0992%	0,763445
A3	3	1,66011	1,0678	64,3213%	0,506737
A4	3	1,85349	1,23768	66,7756%	0,529173
Total	12	1,56525	0,83954	53,6363%	0,493574

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 24-3: Resumen estadístico para humedad del bioplástico

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	2,08229	1,58872	-0,589942	
A2	1,83324	1,06979	-0,872398	
A3	2,61429	2,10755	-0,572913	
A4	2,98093	2,45175	-0,493347	
Total	2,98093	2,48735	0,0636684	-0,719643

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

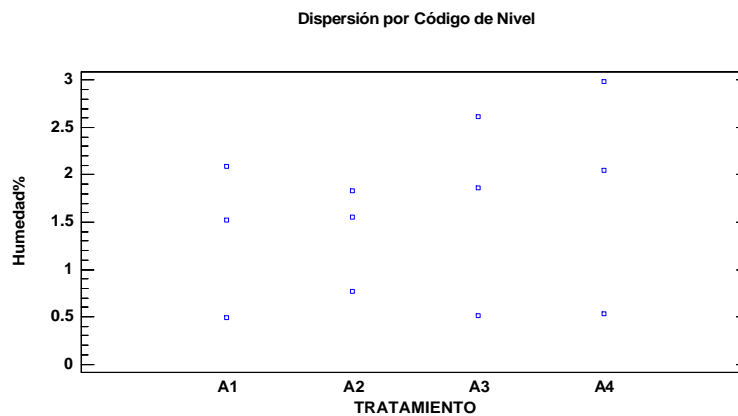


Figura 8-3: Dispersión para humedad

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 25-3: ANOVA para humedad del bioplástico

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,496792	3	0,165597	0,18	0,9053
Intra grupos	7,25631	8	0,907039		
Total (Corr.)	7,75311	11			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 0,182569, mientras que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de humedad entre un nivel de tratamiento y otro.

Tabla 26-3: Medias para humedad con intervalos de confianza del 95,0%

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	3	1,36549	0,54986	0,46889	2,26209
A2	3	1,38191	0,54986	0,485306	2,27851
A3	3	1,66011	0,54986	0,763507	2,55671
A4	3	1,85349	0,54986	0,956887	2,75009
Total	12	1,56525			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Los límites de los tratamientos se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95%

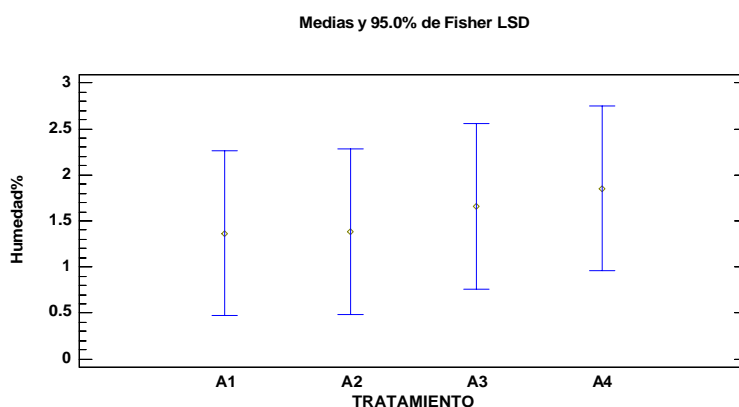


Figura 9-3: Medias para humedad de bioplástico

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Como muestra el análisis estadístico de los resultados de humedad, el tratamiento A2 es el bioplástico que menor porcentaje de agua contiene dentro de su estructura, lo que hace de este óptimo para el embalaje de alimentos como de otros productos de características similares.

3.2.7 Biodegradabilidad del bioplástico

Tabla 27-3: Biodegradabilidad en condiciones ambientales

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE 30 DÍAS			
TRATAMIENTO	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	BIODEGRADABILIDAD %
A1	0,171	0,154	9,941520468
	0,198	0,178	10,1010101
	0,219	0,192	12,32876712
	0,202	0,182	9,900990099
A2	0,217	0,205	5,529953917
	0,218	0,196	10,09174312

	0,182	0,162	10,98901099
	0,192	0,172	10,41666667
A3	0,2	0,19	5
	0,188	0,166	11,70212766
	0,214	0,187	12,61682243
	0,201	0,19	5,472636816
A4	0,149	0,137	8,053691275
	0,153	0,138	9,803921569
	0,153	0,128	16,33986928
	0,156	0,146	6,41025641

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 28-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A1	4	10,5681	1,17697	11,137%	9,90099
A2	4	9,25684	2,51213	27,1381%	5,52995
A3	4	8,6979	4,01913	46,208%	5,0
A4	4	10,1519	4,3518	42,8667%	6,41026
Total	16	9,66869	3,02193	31,2548%	5,0

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 29-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad del bioplástico

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	12,3288	2,42778	1,60707	1,58736
A2	10,989	5,45906	-1,52537	1,46677
A3	12,6168	7,61682	0,0266989	-2,31688
A4	16,3399	9,92961	1,15765	0,86897
Total	16,3399	11,3399	0,303529	0,215147

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Esta tabla indica estadísticas de cada uno de los niveles de tratamiento para determinar significancia entre ellos.

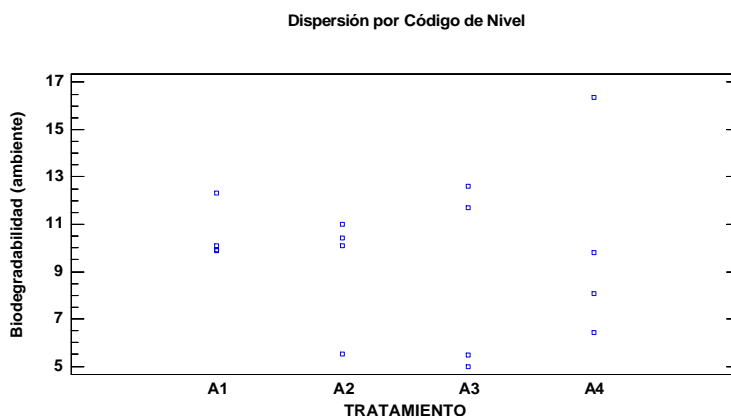


Figura 10-3: Dispersión por nivel para biodegradabilidad

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 30-3: ANOVA para biodegradabilidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8,61788	3	2,87263	0,27	0,8468
Intra grupos	128,363	12	10,6969		
Total (Corr.)	136,981	15			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, en este caso es igual a 0,268548, mientras que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de biodegradabilidad entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 31-3: Medias para biodegradabilidad con intervalos de confianza del 95,0%

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	4	10,5681	1,6353	8,04863	13,0875
A2	4	9,25684	1,6353	6,7374	11,7763
A3	4	8,6979	1,6353	6,17845	11,2173
A4	4	10,1519	1,6353	7,63249	12,6714
Total	16	9,66869			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Los límites de cada tratamiento se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95,0%

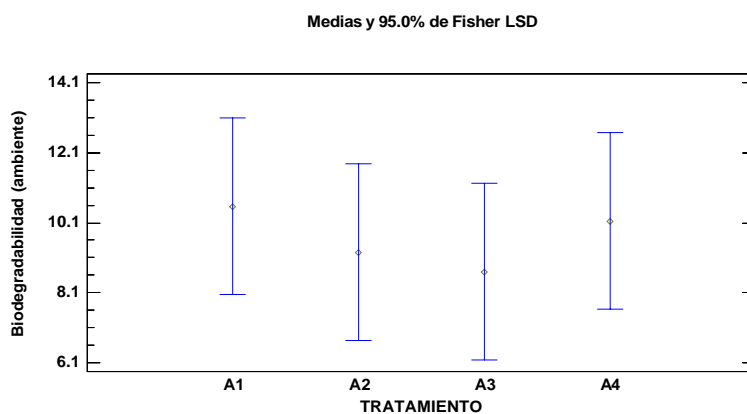


Figura 11-3: Medias para la biodegradabilidad

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Según el análisis estadístico el tratamiento A4 es el que mayormente se degrada en un tiempo de 30 días en comparación a los demás tratamientos.

Tabla 32-3: Biodegradabilidad en tierra

EN TIERRA DURANTE 30 DÍAS			
TRATAMIENTO	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	BIODEGRADABILIDAD %
A1	0,178	0,103	42,13483146
	0,207	0,088	57,48792271
	0,176	0,14	20,45454545
	0,204	0,104	49,01960784
A2	0,183	0,1	45,35519126
	0,196	0,086	56,12244898
	0,199	0,152	23,61809045
	0,19	0,048	74,73684211
A3	0,23	0,136	40,86956522

	0,221	0,104	52,94117647
	0,193	0,104	46,11398964
	0,204	0,122	40,19607843
A4	0,151	0,086	43,04635762
	0,15	0,07	53,33333333
	0,16	0,09	43,75
	0,151	0,078	48,34437086

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 33-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad en tierra

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A1	4	42,2742	15,8438	37,4785%	20,4545
A2	4	49,9581	21,3461	42,728%	23,6181
A3	4	45,0302	5,90022	13,1028%	40,1961
A4	4	47,1185	4,76291	10,1084%	43,0464
Total	16	46,0953	12,7	27,5516%	20,4545

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 34-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad en tierra

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	57,4879	37,0334	-0,897838	0,585409
A2	74,7368	51,1188	-0,163652	0,126855
A3	52,9412	12,7451	0,825175	-0,162164
A4	53,3333	10,287	0,685824	-0,492986
Total	74,7368	54,2823	-0,118205	1,33337

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La tabla 34-3 muestra las diferentes estadísticas de biodegradabilidad del bioplástico en tierra de los 4 niveles de tratamiento. El propósito principal del análisis factorial de la varianza es comparar las medias en diferentes niveles.

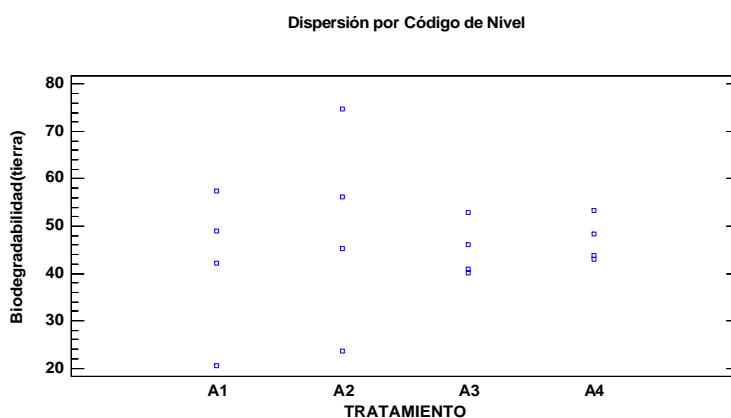


Figura 12-3: Dispersión de biodegradabilidad

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 35-3: ANOVA para biodegradabilidad en tierra

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
--------	-------------------	----	----------------	---------	---------

Entre grupos	126,814	3	42,2714	0,22	0,8798
Intra grupos	2292,54	12	191,045		
Total (Corr.)	2419,35	15			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 0,2212, el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de biodegradabilidad en tierra entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 36-3: Medias para biodegradabilidad con intervalos de confianza del 95,0%

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	4	42,2742	6,91095	31,6268	52,9216
A2	4	49,9581	6,91095	39,3107	60,6055
A3	4	45,0302	6,91095	34,3828	55,6776
A4	4	47,1185	6,91095	36,4711	57,7659
Total	16	46,0953			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Los límites tanto inferior como superior de cada uno de los tratamientos se encuentran dentro del intervalo de confianza del 95%

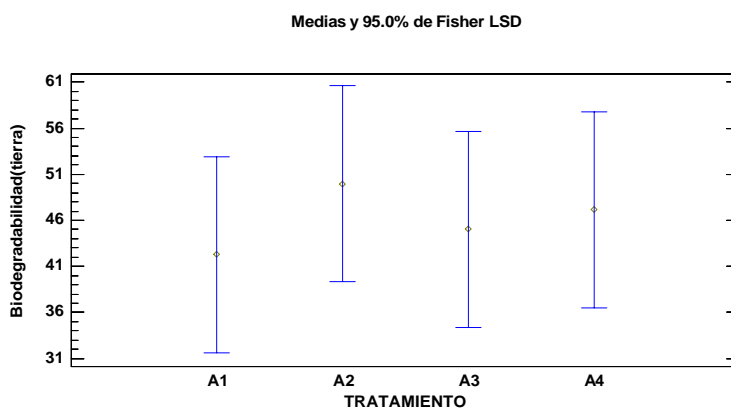


Figura 13-3: Medias para cada tratamiento

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

En función de las medias el tratamiento A2 es el que mayormente se degrada en tierra en un periodo de 30 días, por lo que se puede considerar como un bioplástico compostable.

Tabla 37-3: Biodegradabilidad en agua

EN AGUA DURANTE 30 DÍAS			
TRATAMIENTO	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	BIODEGRADABILIDAD %
A1	0,184	0,07	61,95652174
	0,197	0,004	97,96954315
	0,182	0,078	57,14285714
	0,178	0,008	95,50561798
A2	0,19	0,081	57,36842105

	0,21	0,014	93,33333333
	0,199	0,092	53,76884422
	0,197	0,004	97,96954315
A3	0,196	0,093	52,55102041
	0,201	0,024	88,05970149
	0,232	0,128	44,82758621
	0,217	0,128	41,01382488
A4	0,156	0,071	54,48717949
	0,146	0,044	69,8630137
	0,161	0,088	45,34161491
	0,148	0,012	91,89189189

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 38-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad en agua

TRATAMIENTO	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo
A1	4	78,1436	21,5836	27,6205%	57,1429
A2	4	75,61	23,2655	30,7704%	53,7688
A3	4	56,613	21,5068	37,9891%	41,0138
A4	4	65,3959	20,3565	31,1282%	45,3416
Total	16	68,9407	21,3339	30,9454%	41,0138

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 39-3: Resumen estadístico para biodegradabilidad en agua

TRATAMIENTO	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
A1	97,9695	40,8267	-0,0258202	-2,32258
A2	97,9695	44,2007	0,0110936	-2,32093
A3	88,0597	47,0459	1,40067	1,20986
A4	91,8919	46,5503	0,601841	-0,20842
Total	97,9695	56,9557	0,485298	-1,39912

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La siguiente tabla muestra las diferentes estadísticas de biodegradabilidad (agua) para cada uno de los 4 niveles de tratamiento. El propósito principal del análisis factorial de la varianza es comparar las medias en diferentes niveles.

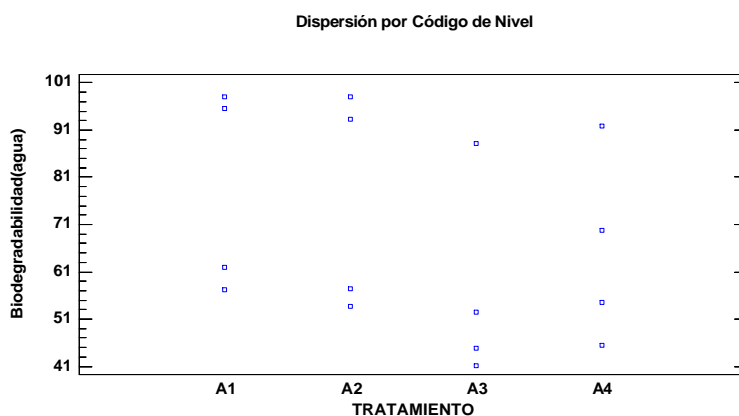


Figura 14-3: Dispersión por nivel

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 40-3: ANOVA para biodegradabilidad en agua

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1174,84	3	391,614	0,83	0,5019
Intra grupos	5652,21	12	471,017		
Total (Corr.)	6827,05	15			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 0,8314, mientras que la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de biodegradabilidad(agua) entre un nivel de tratamiento y otro.

Tabla 41-3: Medias para biodegradabilidad en agua con intervalos de confianza del 95,0%

TRATAMIENTO	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
A1	4	78,1436	10,8515	61,4252	94,862
A2	4	75,61	10,8515	58,8916	92,3284
A3	4	56,613	10,8515	39,8946	73,3314
A4	4	65,3959	10,8515	48,6775	82,1143
Total	16	68,9407			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Se puede observar en la tabla 41-3 que los tratamientos A1, A2, A3, A4 se encuentra dentro del intervalo de confianza definido como 95,0% de las veces.

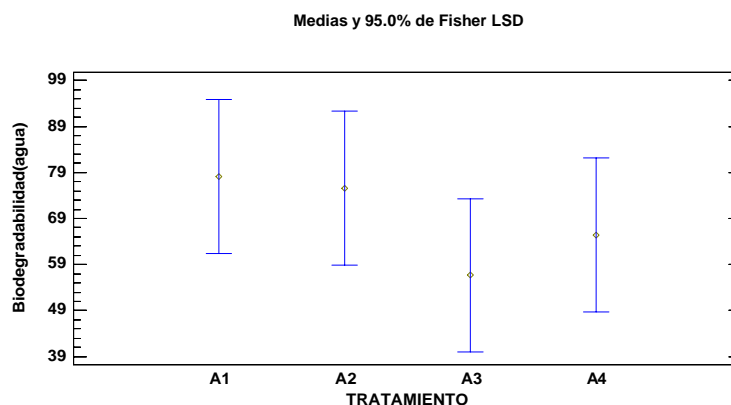


Figura 15-3: Medias para biodegradabilidad en agua

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

En base al análisis realizado se puede evidenciar que el tratamiento A1 tiende a degradarse en mayor proporción en un medio con agua no obstante el tratamiento A2 no disipa mucho en datos de biodegradabilidad con el tratamiento A1 lo que hace de este un tratamiento de fácil degradación en agua durante un periodo de 30 días.

Es importante señalar que para fortalecer la investigación se realiza una comparación de las muestras tanto en agua, tierra y ambiente.

Tabla 42-3: Resumen estadístico de la comparación de muestras de biodegradabilidad

	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coficiente de Variación
Biodegradabilidad (ambiente)	16	9,66869	3,02193	31,2548%

Biodegradabilidad(tierra)	16	46,0953	12,7	27,5516%
Biodegradabilidad(agua)	16	68,9407	21,3339	30,9454%
Total	48	41,5682	28,4271	68,3865%

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 43-3: Resumen estadístico de la comparación de muestras de biodegradabilidad

	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado	Curtosis Estandarizada
Biodegradabilidad (ambiente)	5,0	16,3399	11,3399	0,303529	0,215147
Biodegradabilidad(tierra)	20,4545	74,7368	54,2823	-0,118205	1,33337
Biodegradabilidad(agua)	41,0138	97,9695	56,9557	0,485298	-1,39912
Total	5,0	97,9695	92,9695	1,16622	-1,01817

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande.



Figura 16-3: Dispersión por nivel

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Tabla 44-3: ANOVA comparación de muestras

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	28597,2	2	14298,6	68,57	0,0000
Intra grupos	9383,38	45	208,52		
Total (Corr.)	37980,6	47			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

La razón-F, que en este caso es igual a 68,5719, mientras que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95,0% de confianza.

Tabla 45-3: Medias con intervalos de confianza del 95,0%

	Casos	Media	Error Est, (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
Biodegradabilidad (ambiente)	16	9,66869	3,61005	4,52729	14,8101
Biodegradabilidad(tierra)	16	46,0953	3,61005	40,9539	51,2367
Biodegradabilidad(agua)	16	68,9407	3,61005	63,7993	74,0821
Total	48	41,5682			

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Muestra el error estándar de cada media, que es una medida de la variabilidad muestral. El error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar combinada por el número de observaciones para cada nivel. La tabla también muestra el intervalo alrededor de cada media. El rango que se muestra actualmente se basa en el programa Fisher Least Significant Difference (LSD). Están contruidos de tal manera que, si los dos valores medios son iguales, su intervalo se superpondrá en un 95,0% de confianza

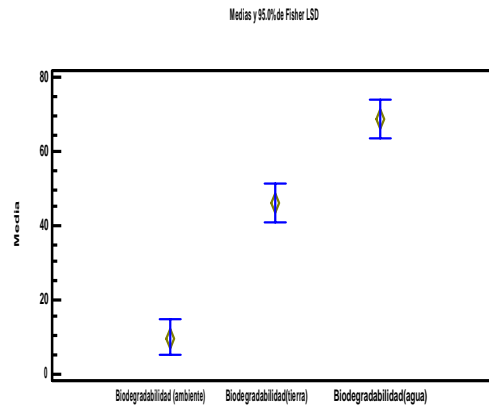


Figura 17-3: Medias para la comparación de muestras

Realizado por: Barrera Jonathan 2021

Como es evidente la mayor degradación se da en un medio con agua, seguido del de tierra en un periodo de 30 días.

CONCLUSIONES

Se caracterizó el almidón de garbanzo mediante pruebas físico-químicas donde se pudo conocer el porcentaje tanto de amilosa como amilopectina de 19 y 81 respectivamente, mientras que el pH fue de 4,532, el valor de viscosidad de 39249 mPas, de ceniza 0,6095%, la temperatura de gelatinización fue de 60°C y finalmente el índice de solubilidad fue de 4,8166 con una ligera opacidad.

De acuerdo al análisis estadístico realizado al proceso de obtención de almidón de garbanzo por vía húmeda muestra que el tratamiento T4 con una media de 2,20833 fue el mejor con una desviación estándar de 0,0526941 del grupo de datos de este en relación a los demás tratamientos.

Las formulaciones ensayadas para la obtención del bioplástico muestran después de un análisis estadístico global en cada una de sus pruebas realizadas al bioplástico que el tratamiento A2 es la que mejor resultó, su formulación fue de 1,5 mL de glicerina, 4 mL de ácido acético, 1,5 g de almidón de garbanzo y 35 mL de agua destilada.

La evaluación de humedad del bioplástico indicó que el tratamiento A2 tiene menor contenido de agua dentro de su estructura con un valor medio de 1,85349% con una desviación estándar de 1,2376 del conjunto de datos que se obtuvo de este tratamiento.

Los análisis de los resultados de permeabilidad por cada tratamiento indican que el tratamiento A4 tiene menor permeabilidad a la transmisión de vapor de agua con una media de 0,0476945 (mm g/m² h) y una desviación estándar de 0,00335258 mientras que el tratamiento A2 no tiene una diferencia estadísticamente significativa con una media de 0,0501168 (mm g/m² h) y una desviación estándar de 0,00991147.

Respecto a la biodegradabilidad el tratamiento A4 es el que mayormente se degrada en condiciones ambientales con una media de 10,1519 % en comparación a los otros tratamientos (A1,A2,A3). Mientras que en tierra el tratamiento A2 se degrada en mayor proporción durante 30 días con una media en porcentaje de biodegradabilidad de 49,9581%. Sin embargo en un medio con agua es donde se degrada mayormente cada uno de los tratamientos analizados A1, A2, A3, A4 donde el A2 es el que se degrada en mayor proporción con una media en porcentaje de biodegradabilidad de 75,61% con una desviación estándar de 23,2655.

Las propiedades mecánicas del tratamiento A2 son carga de fluencia (N) de 2,26, módulo de elasticidad (Mpa) 4,943, esfuerzo de fluencia (Mpa) de 0,82, carga máxima (N) de 2,78, esfuerzo máximo (Mpa) 1,01 con un porcentaje de elongación de 24,16 resultados que cumplen con la norma NTE INEN 2635:012 para ensayos de tracción de la lámina de bioplástico.

RECOMENDACIONES

Realizar análisis de estructura del bioplástico con barrido electrónico para evidenciar las características del bioplástico.

Evaluar otros métodos para la obtención del almidón de garbanzo para mejorar el rendimiento del mismo.

Reutilizar el bioplástico como medio compostable por la afinidad que tiene este con el medio terrestre para degradarse.

BIBLIOGRAFÍA

ADILAH, et al., 2018, Utilization of mango peel extracts on the biodegradable films for active packaging, *Food Packaging and Shelf Life* [en línea], vol, 16, no, January, pp, 1-7, ISSN 22142894, DOI 10,1016/j.fpsl,2018,01,006, Disponible en: <https://doi.org/10,1016/j.fpsl,2018,01,006>.

ALEXANDRE, et al, 2016, Gelatin-based films reinforced with montmorillonite and activated with nanoemulsion of ginger essential oil for food packaging applications, *Food Packaging and Shelf Life* [en línea], vol, 10, pp, 87-96, ISSN 22142894, DOI 10,1016/j.fpsl,2016,10,004, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/j.fpsl,2016,10,004>,

ASTUTI, et al., 2014, Antimicrobial Edible Film from Banana Peels as Food Packaging Abstract : , vol, 2, no, 2, pp, 65-70,

BASHIR, et al., 2017, Physicochemical, thermal and functional properties of gamma irradiated chickpea starch, *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], vol, 97, pp, 426-433, ISSN 18790003, DOI 10,1016/j.ijbiomac,2017,01,025, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/j.ijbiomac,2017,01,025>,

CHARRO, M., 2015, Obtención de plástico biodegradable a partir del almidón de patata, *Biomass Chem Eng*, vol, 49, no, 23–6, pp, 1-15.

CHIRAN, G., 2015, *Estudio del comportamiento de la harina de papanabo (Brassica rapa var, Purple Top White Globe) como sustituto parcial de la harina de trigo y su influencia en la elaboración de pan común* [en línea], S,l,: Universidad Politecnica del Carchi, Disponible en: <http://repositorio,upec.edu.ec/bitstream/123456789/351/1/248> Estudio del comportamiento de la harina de papanabo %28Brassica rapa var, Purple Top White Globe%29 como sustituto parcial de la harina de trigo y su influencia en.pdf.

FONSECA, et al., 2021, Preparation of a novel biodegradable packaging film based on corn starch-chitosan and poloxamers, *Carbohydrate Polymers*, vol, 251, no, June 2020, ISSN 01448617, DOI 10,1016/j.carbpol,2020,117009.

GUAMÁN, J., 2019, *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial* [en línea], S,l,: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.

HERNÁNDEZ, K., 2013, *Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables* [en línea], S,l,: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_hernandez_tomas.pdf,

HERRERA, et al., 2014, Estudio de la composición proximal de variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) COSTA 2004 Y BLANORO, *Ciencia y Tecnología Agrpecuaria de México* [en línea], vol, 2, no, 2, pp, 9-15, Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277659210>,

- HU, B.,** 2014, Biopolymer-based lightweight materials for packaging applications, *ACS Symposium Series*, vol, 1175, pp, 239-255, ISSN 19475918, DOI 10,1021/bk-2014-1175,ch013.
- IMRE, et al.,** 2019, Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations and reality, *Carbohydrate Polymers* [en línea], vol, 2, no, 2, pp, 285-309, DOI <https://doi.org/10,1016/j.carbpol,2018,12,082>, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718315285?via%3Dihub>,
- INEC, 2018,** *Metodología de Gestión de Residuos Sólidos* [en línea], Quito: s,n, Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2018/Residuos_solidos_2018/20200617_GIRS_2018_DOCUMENTO_METODOLOGICO.pdf,
- JÓGI, K, y BHAT, R.,** 2020, Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol, 18, ISSN 23525541, DOI 10,1016/j.scp,2020,100326,
- LI, et al.,** 2020, A combined action of amylose and amylopectin fine molecular structures in determining the starch pasting and retrogradation property, *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], vol, 164, pp, 2717-2725, ISSN 18790003, DOI 10,1016/j.ijbiomac,2020,08,123, Disponible en: <https://doi.org/10,1016/j.ijbiomac,2020,08,123>,
- LÓPEZ DE DICASTILLO, et al.,** 2016, Cross-linked methyl cellulose films with murta fruit extract for antioxidant and antimicrobial active food packaging, *Food Hydrocolloids* [en línea], vol, 60, pp, 335-344, ISSN 0268005X, DOI 10,1016/j.foodhyd,2016,03,020, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/j.foodhyd,2016,03,020>,
- LOPEZ, R, et al.,** 2014, Kinetics modeling of the drying of chickpea (*Cicer arietinum*) with solar energy, *Energy Procedia* [en línea], vol, 57, pp, 1447-1454, ISSN 18766102, DOI 10,1016/j.egypro,2014,10,136, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/j.egypro,2014,10,136>.
- MOTTA, et al.,** 2019, Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten free pasta formulation, , vol, 2, pp, 8.
- NAGARAJAN, et al.,** 2014, Characteristics of bio-nanocomposite films from tilapia skin gelatin incorporated with hydrophilic and hydrophobic nanoclays, *Journal of Food Engineering* [en línea], vol, 143, pp, 195-204, ISSN 02608774, DOI 10,1016/j.jfoodeng,2014,06,038, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/j.jfoodeng,2014,06,038>,
- PARK, et al.,** 2020, Renewable malic acid-based plasticizers for both PVC and PLA polymers, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* [en línea], vol, 88, pp, 148-158, ISSN 22345957, DOI 10,1016/j.jiec,2020,04,007, Disponible en: <https://doi.org/10,1016/j.jiec,2020,04,007>,
- SAWPAN, et al.,** 2009, Characterisation of hemp fibre reinforced Poly(Lactic Acid) composites, *International Journal of Materials and Product Technology*, vol, 36, no, 1/2/3/4, pp, 229, ISSN 0268-1900, DOI 10,1504/ijmpt,2009,027834.
- TIAN, et al.,** 2019, Research progress of biodegradable materials in reducing environmental pollution, *Abatement of Environmental Pollutants: Trends and Strategies* [en línea], pp, 313-330,

DOI 10,1016/B978-0-12-818095-2,00015-1, Disponible en: <http://dx.doi.org/10,1016/B978-0-12-818095-2,00015-1>.

XU, et al., 2012, Bioplastics from waste materials and low-value byproducts, *ACS Symposium Series*, vol, 1114, pp, 113-140, ISSN 19475918, DOI 10,1021/bk-2012-1114,ch008.

ANEXOS

ANEXO A Caracterización del almidón de garbanzo



Contáctanos: 0998580374 - 032924322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

RESULTADO DE ANÁLISIS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Barrera Pilataxi Jonathan Alexander
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Garbanzo
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-01-04
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-19

Examen Físico

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

Examen de Caracterización del Almidón de Garbanzo

Determinaciones	Resultados
Porcentaje de Humedad	3.569 %
Porcentaje de Ceniza	0.407 %
Porcentaje de Fibra	0.132%
Porcentaje de Proteína	0.6095%

Atentamente

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO B Caracterización del almidón de garbanzo

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-017

NOMBRE PETICIONARIO: Sr. Jonathan Barrera
DIRECCIÓN: Ambato
FECHA DE EMISIÓN: 1 de febrero de 2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 14 al 29 de enero de 2021

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Sr. Jonathan Barrera
FECHA DE RECEPCIÓN.: 14/01/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 15H55
ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^{II}				IDENTIFICACIÓN	
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04					
METODO REF.	U. FLORIDA 1970						
UNIDAD	%	%					
21-0025	5,84	19,00				Almidón de garbanzo	

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

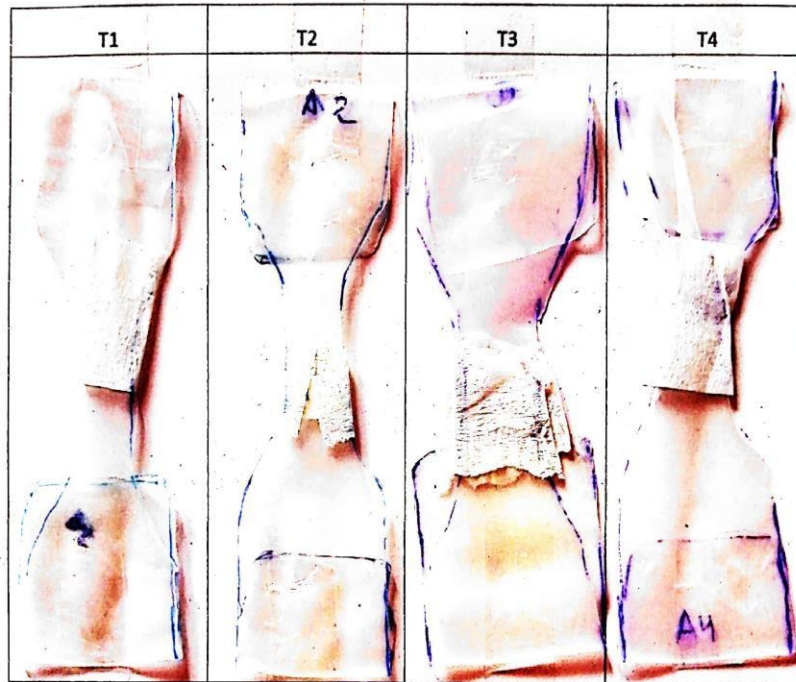
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

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

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

ANEXO C Pruebas físicas del bioplástico

MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE GARBANZO



HOJA TÉCNICA: MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE GARBANZO

PRUEBA	UNIDAD	METODO DE ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	NIVEL SUGERIDO
Resistencia a la tensión (N/cm ²)	T1	IUP6	100,0	800
	T2		295,0	a
	T3		195,0	1500
	T4		195,0	
Elongación (%)	T1	IUP6	43,33	40
	T2		60,00	a
	T3		53,33	
	T4		63,33	80





LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS
OBSERVACIONES:



- Muestreo realizado de acuerdo con la norma IUP 6.
- El equipo utilizado para este ensayo de Resistencia a la Tensión es un dinamómetro.
- Los resultados de las pruebas en el Laboratorio de Curtiembre son obtenidos de las muestras proporcionadas por nuestro cliente.

FECHA DE ENTREGA: 1 de Marzo del 2021.

ENTREGO CONFORME

ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
TÉCNICO DOCENTE

RECIBI CONFORME

JONATHAN

BARRERA

Panamericana Sur Km 1 ½ Teléfono: 593(03)2998350 EXT: 350 Dec., 152 Vice.
Mail: Laboratorio.lrtce@gmail.com



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Jhonatan Alexander Barrera Pilataxi
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARVANZO (Cicer arietinum) PARA ENVOLTURA DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - GARVANZO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 01
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	26-ene-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	A - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.22
ANCHURA [mm]	12.55
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	2.76
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.943.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.26
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.82
CARGA MAXIMA [N]	2.78
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.01
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	24.16
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1

ANEXO E Ensayos de tracción del bioplástico

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	BARRERA PILATAXI JONATHAN ALEXANDER
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i>) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	365
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,65
CARGA MÁXIMA (N)	2
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.18
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	43.33

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	BARRERA PILATAXI JONATHAN ALEXANDER
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i>) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	368
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,68
CARGA MÁXIMA (N)	5.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2.20
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	60.00

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	BARRERA PILATAXI JONATHAN ALEXANDER
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i>) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	385
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,76
CARGA MÁXIMA (N)	3,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.01
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	53.33

Aprobado por

Julio Llerena



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	BARRERA PILATAXI JONATHAN ALEXANDER
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE GARBANZO (Cicer arietinum) PARA ENVOLTURAS DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	394
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2,70
CARGA MÁXIMA (N)	3.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.45
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	63.33

Aprobado por



Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES



a)



b)



c)



d)

- a) Remojo de la materia prima
- b) Pesaje de la materia prima
- c) Licuado de la materia prima con agua
- d) Cernido y decantado de la mezcla

ANEXO G Obtención de bioplástico



a)



b)



c)



d)

- a) Tratamiento A1
- b) Tratamiento A2
- c) Tratamiento A3
- d) Tratamiento A4



a)



b)



c)



d)

- a) Prueba de humedad del almidón
- b) Punto de gelificación del almidón
- c) Prueba de Biodegradabilidad del Bioplástico
- d) Prueba de Solubilidad del Bioplástico

