



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA
BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (*Sechium edule*)
PARA EL USO EN ALIMENTOS

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: KELLY ESTEFANÍA PAREDES ZAMBRANO

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Kelly Estefanía Paredes Zambrano**

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 de Autor.

Yo, KELLY ESTEFANÍA PAREDES ZAMBRANO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 01 de abril del 2022

Kelly Estefanía Paredes Zambrano

172215482-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIA
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (*Sechium Edule*) PARA EL USO EN ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **KELLY ESTEFANÍA PAREDES ZAMBRANO**, 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. César Arturo Puente Guijarro Phd. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2022-04-01
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2022-04-01
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2022-04-01

DEDICATORIA

Abuelitos

Esto es para ustedes.

Kelly

AGRADECIMIENTO

A Dios le agradezco absolutamente todo, mi vida misma. En estos últimos años de pruebas en el camino, me enseñaste que los milagros existen y que de tu mano todo cobra sentido, gracias por ser fortaleza en mi corazón incluso cuando sentía desfallecer, me mostraste que después de cada lección puedo ser mucho más fuerte y humana, soy otra persona gracias a ti.

A Gilberto y Alicia, mis segundos padres, mis abuelitos, gracias por enseñarme desde su amor y sabiduría a ver la vida, 23 años no fueron suficientes para demostrarles todo el amor que cabe en mi pecho, los siento aquí, en mi corazón, hoy y siempre.

A mi abuelita Alicia, agradezco sus oraciones y apoyo incondicional, siempre he dicho que usted es la hija predilecta de Dios, gracias por hablarme de su palabra.

Mami y Papi, gracias por impulsarme a luchar por mis sueños, alegrarse de mis triunfos y llorar mi ausencia durante 5 años, sin ustedes nada de esto sería posible.

Tita Angélica, has crecido y aprendido de la vida junto a mí, solo tengo gratitud por tu amor y complicidad.

Miriam, Esther y Enri los admiro por empezar de cero una vida en un lugar tan lejano, el apoyo y cariño que han brindado a lo largo de mi vida me ayudó a sentirme amada y segura al cumplir cada escalón a la distancia, pero juntos.

Gaby, Mary, Aquiles, Edwin y Bryan cada experiencia lejos de nuestros hogares no la olvidaré, gracias por las risas, la comida y las noches interminables de estudio.

Andrea y Stalyn desde el primer día sabía que se convertirían en hermanos para mí, gracias por darme su hombro en los momentos más difíciles.

Jessenia, Diana, Alison y Ginelly, han sido las mejores amigas que Dios me regaló.

Agradezco a mi tutora Ing. Linda Flores y Al ing. Adrián Rodríguez por guiarme en este proyecto de investigación.

A la ESPOCH y a los docentes impartir sus conocimientos para crearme como una profesional.

Kelly

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Marco Conceptual o Glosario.....	3
1.2.1. <i>Chayote (Sechium edule)</i>	3
1.2.1.1. <i>Suelo y clima</i>	3
1.2.1.2. <i>Ciclo productivo</i>	4
1.2.1.3. <i>Taxonomía</i>	4
1.2.1.4. <i>Composición química del Chayote</i>	5
1.2.2. <i>Plásticos</i>	5
1.2.2.1. <i>Plásticos comerciales</i>	5
1.2.2.2. <i>Plásticos Biodegradables</i>	6
1.2.3. <i>Almidón</i>	6
1.2.3.1. <i>Amilosa</i>	6
1.2.3.2. <i>Amilopectina</i>	7

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	8
2.1. Hipótesis y especificación de variables.....	8
2.1.1. <i>Hipótesis General</i>	8
2.1.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	8
2.1.3. <i>Identificación de Variables</i>	8
2.1.4. <i>Operacionalización de Variables</i>	9

2.1.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	11
2.2.	Tipo y Diseño de Investigación	13
2.2.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	13
2.2.2.	<i>Según el método de investigación</i>	13
2.2.3.	<i>Según el objetivo de investigación</i>	13
2.2.4.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	13
2.2.5.	<i>Según la manipulación de variables</i>	13
2.2.6.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	14
2.2.7.	<i>Según el periodo temporal</i>	14
2.2.8.	<i>Según los medios para obtener los datos</i>	14
2.2.9.	<i>Diseño de la Investigación</i>	14
2.2.10.	<i>Diseño experimental factorial 2k</i>	14
2.3.	Unidad de Análisis	16
2.4.	Población de Estudio	17
2.5.	Tamaño de Muestra	17
2.6.	Selección de Muestra	17
2.7.	Técnicas de recolección de Datos	17
2.7.1.	<i>Técnica de extracción de almidón mediante el método húmedo</i>	17
2.7.2.	<i>Técnica de caracterización del almidón</i>	18
2.7.2.1.	<i>pH</i>	18
2.7.2.2.	<i>Ceniza</i>	19
2.7.2.3.	<i>Humedad</i>	19
2.7.2.4.	<i>Índice de solubilidad</i>	20
2.7.2.5.	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	21
2.7.2.6.	<i>Viscosidad</i>	21
2.7.2.7.	<i>Prueba óptica del granulo del almidón</i>	21
2.7.2.8.	<i>Fibra, proteína y grasa</i>	22
2.7.2.9.	<i>Carbohidratos totales</i>	22
2.7.2.10.	<i>Amilosa y amilopectina</i>	22
2.7.2.11.	<i>Análisis microbiológico</i>	22
2.7.3.	<i>Técnica de obtención de biopelícula</i>	22
2.7.4.	<i>Técnica para la caracterización de la Biopelícula de almidón de chayote</i>	23
2.7.4.1.	<i>Espesor</i>	23
2.7.4.2.	<i>Humedad</i>	23
2.7.4.3.	<i>Solubilidad en agua</i>	23
2.7.4.4.	<i>Permeabilidad</i>	24
2.7.4.5.	<i>Biodegradabilidad</i>	25

2.7.4.6.	<i>Ensayos mecánicos</i>	25
2.7.4.7.	<i>Prueba de biodegradabilidad con fruta</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	26
3.1.	Resultados y discusión del Chayote (<i>Sechium edule</i>)	26
3.1.1.	<i>Análisis físico y organoléptico</i>	26
3.2.	Resultados y discusión del almidón del chayote (<i>Sechium edule</i>)	27
3.2.1.	<i>Análisis organoléptico</i>	27
3.2.2.	<i>Análisis microscópico del granulo de almidón</i>	27
3.2.3.	<i>Resultados del diseño factorial 2²</i>	28
3.2.4.	<i>Análisis estadístico de la extracción de almidón</i>	30
3.2.5.	<i>Análisis TUKEY de la extracción de almidón</i>	31
3.2.6.	<i>Resultados físico-químicos</i>	33
3.2.7.	<i>Resultados del análisis proximal</i>	35
3.2.8.	<i>Resultados microbiológicos</i>	37
3.3.	Resultados y discusión de la biopelícula biodegradable	37
3.3.1.	<i>Resultados del diseño factorial 22 de una biopelícula biodegradable</i>	37
3.3.2.	<i>Análisis estadísticos para la película biodegradable</i>	39
3.3.3.	<i>Formulaciones para la obtención de las biopelículas a partir del diseño 22</i>	40
3.3.4.	Resultados físicos y mecánicos en la biopelículas	41
3.3.4.1.	<i>Análisis sensorial del bioplástico obtenido</i>	41
3.3.4.2.	<i>Espesor</i>	42
3.3.4.3.	<i>Solubilidad</i>	42
3.3.4.4.	<i>Permeabilidad</i>	43
3.3.4.5.	<i>Humedad</i>	44
3.3.4.6.	<i>Pruebas mecánicas</i>	45
3.3.4.7.	<i>Biodegradabilidad</i>	45
3.3.4.8.	<i>Aplicación de la lámina</i>	48

CONCLUSIONES	50
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	51
------------------------------	----

BIBLIOGRFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía del chayote.....	4
Tabla 2-1:	Composición química del Chayote	5
Tabla 1-2:	Variables dependientes e independientes para la obtención de almidón	8
Tabla 2-2:	Variables dependientes e independientes para la formulación de la biopelícula.....	8
Tabla 3-2:	Operacionalización de las variables que intervienen en la extracción de almidón..	9
Tabla 4-2:	Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula	10
Tabla 5-2:	Matriz de consistencia	11
Tabla 6-2:	Método húmedo para la obtención de almidón	17
Tabla 7-2:	Determinación de pH.....	18
Tabla 8-2:	Determinación de Cenizas por calcinación	19
Tabla 9-2:	Método de determinación de humedad.....	19
Tabla 10-2:	Método de evaluación de índice de solubilidad.....	20
Tabla 11-2:	Método de la evaluación de T° de gelatinización.....	21
Tabla 12-2:	Método de evaluación de la viscosidad	21
Tabla 13-2:	Procedimiento para la obtención de la Biopelícula	22
Tabla 14-2:	Método de la evaluación de espesor	23
Tabla 15-2:	Método de la evaluación de solubilidad	23
Tabla 16-2:	Método de la evaluación de permeabilidad de agua.....	24
Tabla 17-2:	Método de la evaluación de biodegradabilidad	25
Tabla 1-3:	Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima	26
Tabla 2-3:	Características organolépticas del chayote	26
Tabla 3-3:	Datos del análisis organoléptico del almidón de chayote	27
Tabla 4-3:	Resultados de la prueba óptica	28
Tabla 5-3:	Rendimiento de almidón de Chayote (<i>Sechium edule</i>)	29
Tabla 6-3:	Rendimiento abreviado del almidón de chayote (<i>Sechium edule</i>).....	30
Tabla 7-3:	Análisis de varianza de almidón de chayote de dos factores con varias muestras por grupo.....	30
Tabla 8-3:	Análisis de Varianza.....	31
Tabla 9-3:	Análisis Tukey	31
Tabla 10-3:	Comparación entre tratamientos de obtención de almidón de Chayote, prueba Tukey	32
Tabla 11-1:	Análisis físico-químicos del chayote.....	34
Tabla 12-3:	Análisis proximal del chayote	35
Tabla 13-3:	Resultados microbiológicos.....	37

Tabla 14-3: Rendimiento de las biopelículas biodegradables a partir del almidón de chayote (<i>Sechium edule</i>)	38
Tabla 15-3: Análisis de varianza de las biopelículas biodegradables a partir del almidón de chayote realizado en dos factores con varias muestras por grupo	39
Tabla 16-3: Análisis de Varianza.....	39
Tabla 17-3: Pruebas preliminares para la formulación del bioplástico	40
Tabla 18-3: Formulaciones seleccionadas para la realización de las biopelículas.....	41
Tabla 19-3: Análisis sensorial del bioplástico obtenido	41
Tabla 20-3: Análisis de espesor	42
Tabla 21-3: Análisis de solubilidad	42
Tabla 22-3: Análisis de permeabilidad	43
Tabla 23-3: Análisis de porcentaje de humedad	44
Tabla 24-3: Análisis pruebas mecánicas	45
Tabla 25-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con el suelo	46
Tabla 26-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con el agua	47
Tabla 27-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con la atmósfera	48
Tabla 28-3: Resultados de biodegradabilidad de la fruta con recubierta con el bioplástico	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Chayote antes de ser cosechado.....	4
Figura 2-1: Molécula de Amilosa.....	7
Figura 3-1: Molécula amilopectina.....	7
Figura 1-2: Diseño factorial 22.....	15
Figura 1-3: Muestra de granulo de chayote.....	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diagrama de flujo para la obtención de almidón.....	15
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo para la formulación de biopelícula	16
Gráfico 1-3:	Medias y 95% de Fisher LSD.....	32
Gráfico 2-3:	Dispersión según muestra.....	33
Gráfico 3-3:	Permeabilidad de vapor de agua.....	44
Gráfico 4-3:	Determinación de biodegradabilidad en el suelo.....	46
Gráfico 5-3:	Determinación de biodegradabilidad en el agua.....	47
Gráfico 6-3:	Determinación de biodegradabilidad en la atmósfera	48

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CHAYOTE
- ANEXO B:** ALMIDÓN DE CHAYOTE
- ANEXO C:** ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL CHAYOTE
- ANEXO D:** PRUEBAS MECÁNICAS EN EL BIOPLÁSTICO
- ANEXO E:** MEJOR TRATAMIENTO T1 PARA LA ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO F:** ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRA DE ALMIDON
- ANEXO G:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO
- ANEXO H:** AMILOSA Y AMILOPECTINA
- ANEXO I:** PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 1
- ANEXO J:** PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 2
- ANEXO K:** PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 3
- ANEXO L:** PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 4

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo elaborar y caracterizar una película biodegradable a partir del chayote (*Sechium edule*) para el uso en alimentos. En primera instancia se realizó la extracción de almidón utilizando el método por vía húmeda mediante la aplicación de un diseño experimental factorial 2^2 , para identificar el tratamiento óptimo de extracción almidón se utilizó un análisis de varianza (ANOVA). Luego de esto, se desarrolló un análisis físico químico, proximal y microbiológico al almidón extraído. Seguido a ello para la realización de las láminas bioplásticas se empleó una mezcla compuesta por 3 gramos de almidón, 40ml de agua destilada, 1,5ml de glicerina y 4ml de ácido acético. Después de esto se caracterizó la biopelícula mediante pruebas físicas y mecánicas. Por último, con la biopelícula se procedió a recubrir una uvilla para estudiar su vida útil durante 7 días. El tratamiento de extracción T1 presentó un mejor rendimiento con un porcentaje de 1,90%, obtenido en un tiempo de 60 segundos con una velocidad alta de trituración. La caracterización del almidón extraído expuso los siguientes resultados: pH 5,26; viscosidad 1150 cP; temperatura de gelatinización 63°C; solubilidad 1,8%; amilosa 27,3%; amilopectina 72,7%; ceniza 0,64%; humedad 12,75%; fibra 0,98%; grasa 0,60%; proteína 0,27%; carbohidratos totales 84,76%; 80 UFC/g coliformes totales; 200 UFC/g mohos y levaduras. La formulación de la película biodegradable T4 estableció valores de permeabilidad, solubilidad, humedad, biodegradabilidad, esfuerzo máximo y elongación superiores a los demás. Se concluye con esto que el almidón de chayote puede formar películas biodegradables que generen un buen recubrimiento y aumenten la vida útil del alimento. Se recomienda realizar análisis del grado de madurez del chayote para la extracción del almidón.

Palabras clave: <BIOPELÍCULA>, <ALMIDÓN>, <EXTRACCIÓN VÍA HÚMEDA>, <VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO>, <BIODEGRADABLE>, <CHAYOTE (*Sechium edule*)>, <ANOVA (SOFTWARE)>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2022.04.12 12:13:15 -0500'



0663-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

This research project aimed to develop and characterize a biodegradable film from chayote (*Sechium edule*) for use in food. In the first instance, starch extraction was carried out using the wet method by applying a 2² factorial experimental design, to identify the optimal starch extraction treatment, an analysis of variance (ANOVA) was used. After this, a physical chemical, proximal and microbiological analysis of the extracted starch was developed. Following this, a mixture consisting of 3 grams of starch, 40ml of distilled water, 1.5ml of glycerin and 4ml of acetic acid was used to make the bioplastic sheets. After this, the biofilm was characterized by physical and mechanical tests. Finally, a uvilla was covered with the biofilm to study its useful life for 7 days. The extraction treatment T1 presented a better performance with a percentage of 1.90%, obtained in a time of 60 seconds with a high grinding speed. The characterization of the extracted starch exposed the following results: pH 5.26; viscosity 1150 cP; gelatinization temperature 63°C; solubility 1.8%; amylose 27.3%; amylopectin 72.7%; ash 0.64%; humidity 12.75%; fiber 0.98%; fat 0.60%; protein 0.27%; total carbohydrates 84.76%; 80 CFU/g total coliforms; 200 CFU/g molds and yeasts. The formulation of the biodegradable film T4 established values of permeability, solubility, humidity, biodegradability, maximum effort and elongation superior to the others. It is concluded with this that chayote starch can form biodegradable films that generate a good coating and increase the shelf life of the food. It is recommended to analyze the degree of maturity of the chayote for the extraction of starch.

Keywords: <BIOFILM>, <STARCH>, <WET EXTRACTION>, <FOOD SHELF LIFE>, <BIODEGRADABLE>, <CHAYOTE (*Sechium edule*)>, <ANOVA (SOFTWARE)>.



Firmado electrónicamente por:
NANCI
MARGARITA
INCACHUNATA

INTRODUCCIÓN

❖ **Identificación del Problema**

En la actualidad la contaminación es uno de los problemas de primer orden, que causan daños constantes a la flora y fauna del planeta, desatando así, una cadena de daños irreparables para generaciones venideras.

Cada año se producen alrededor de 500 millones de toneladas de plástico con una durabilidad entre 100-200 años para su degradación (Serrato, 2016, p.12). Teniendo en cuenta el daño inminente que proporciona el uso de los materiales plásticos se han realizado diversas campañas con el fin de concientizar el uso excesivo de los mismos, obteniendo los resultados no tan favorables.

Es por ello que en los últimos años se han buscado nuevas alternativas renovables que no afecten el medio ambiente, y que sean fabricados con materiales orgánicos que son desechados en gran cantidad dentro de los hogares.

Por todo lo expuesto con anterioridad, a través de este trabajo de investigación se busca formular un bioplástico a base de almidón de chayote y aditivos, que se utilizará en la conservación de alimentos.

❖ **Justificación de la investigación**

El tema propuesto servirá para el desarrollo de nuevas alternativas ecológicas, como son el uso del chayote (*Sechium edule*) para la elaboración de bioplásticos a partir de material polimérico (almidón) que contribuya la conservación de las características organolépticas en los alimentos, a la vez se pretende reducir la contaminación al generar bioplástico amigable con el ambiente.

Este trabajo de integración curricular se realizará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con el grupo de Investigación GIADe como un aporte al proyecto de investigación “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR”, aprobado con resolución administrativa. No.002-ESPOCH-2020 del Plan Operativo Anual de la ESPOCH, con fecha de inicio del 2020/02/07 y fecha de finalización 2022/11/04 de la convocatoria 2019.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

❖ Objetivo General

- Elaborar y caracterizar una película biodegradable a partir del chayote (*Sechium edule*) para el uso en alimentos.

❖ Objetivos Específicos

- Extraer almidón a partir del chayote (*Sechium edule*) utilizando el método húmedo.
- Evaluar las características fisicoquímicas del almidón obtenido.
- Formular biopelículas a partir de distintas concentraciones de almidón y aditivos.
- Determinar el tiempo de vida de los alimentos recubiertos con la biopelícula obtenida.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Se considera como principal fuente de desechos a los plásticos utilizados en el envasado de alimentos, debido a que son empleados de forma única y eliminados al ambiente generando contaminación irremediable por su composición, por ello se ha investigado nuevas alternativas de plásticos biodegradables a partir de diversas fuentes biológicas.

Los bioplásticos se encuentran formados por un porcentaje alto de peso molecular realizados a partir de distintas fuentes como almidones, celulosa incluso poliesterr microbiano. La principal materia prima utilizada para la realización de bioplásticos es el almidón, puesto que existe una alta demanda en el medio ambiente, es económicamente barato y es renovable (Chariguamán, 2015, p.27).

1.2. Marco Conceptual o Glosario

1.2.1. Chayote (*Sechium edule*)

El chayote o también llamada cidrayota es representado como una hortaliza esencial de la familia curcubitacea pues es considerada una plata trepadora. Sus inicios se remontan en la época prehispánica debido a que predominaba en la dieta nativa y diaria de la comunidad azteca (Castro et al., 2015, p. 4). Sus frutos son consumidos como alimento de primera mano a la hora de realizar la comida, posesionándose así, como el segundo alimento más consumido en el país Mexicano, producto que por sus cualidades logró expandirse por las regiones de centro américa y américa latina resaltado por el autor Castro et al. (2015, pp.243-253). El chayote tiene una composición característica con un alto porcentaje de carbohidratos y una variedad de vitaminas solubles en agua(Cruz y López, 2005, pp.13-19).

1.2.1.1. Suelo y clima

Por ser una planta que crece en forma de enredadera según Lam (2016, p.10), sugiere que los suelos de cultivo contengan un alta rango de humedad puesto que en suelos arcillosos la planta es de fácil cultivo porque se adapta a climas tropicales y subtropicales, incluso a climas entre 18 y 32°C. Llega a medir hasta 13m de altura y su fruto presentado en la Figura 1-1 se asemeja a la forma de

una pera con una coloración verde en su cáscara y blanquecina en su interior junto a su semilla (Alarcón, 2015, p.7).



Figura 1-1: Chayote antes de ser cosechado

Fuente: (Iñiguez et al., 2011).

1.2.1.2. Ciclo productivo

La producción del huerto de chayote empieza a lo largo de los 5 a 6 meses de haber cultivado la planta, se cosechan los frutos hasta los 5 años teniendo en cuenta que los tres primeros años tienen un rendimiento del 90-100% en producción y los siguientes dos años un rendimiento no tan favorable de 60%-70% (Salomón, 2006, p.23).

1.2.1.3. Taxonomía

De acuerdo con Iñiguez (et al., 2011), señala que el chayote (*Sechium edule*) es una especie tropical que debe ser ampliamente estudiada, es cotiledónea y pertenece al reino Plantae, en la Tabla 1-1 se pueden observar las características un poco más detalladas del chayote.

Tabla 1-1: Taxonomía del chayote

Nº	Características	
1	Reino	Plantae
S	Subreino	Tracheobionta
3	División	Magnoliophyta
4	Clase	Magnoliopsida

5	Subclase	Dilleniidae
6	Orden	Curcubiales
7	Familia	Curcubitaceae
8	Subfamilia	Curcubitoideae
9	Tribu	Sicyeae
10	Subtribu	Sicynae
11	Género	<i>Sechium</i>
12	Especie	<i>Sechium Edule</i>

Fuente: (Avendaño et al., 2010).

Realizado por: (Paredes K, 2021).

1.2.1.4. Composición química del Chayote

Para la realización de la Tabla 2-1 de la composición química del chayote según Jiménez et al. (2007, p.682), tomaron una referencia de 100 gr de chayote.

Tabla 2-1: Composición química del Chayote

Componente	Tubérculo de chayote
Humedad	81.3
Carbohidratos	85.50
Almidón	72.80
Fibra	0.17
Proteínas	10.35

Fuente: (Jiménez et al., 2007).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

1.2.2. Plásticos

1.2.2.1. Plásticos comerciales

Son polímeros sintéticos que se encuentran producidos a partir de compuestos químicos derivados del petróleo, los mismos que fueron desarrollados en la segunda guerra mundial dando paso a la industria petroquímica, que origino la síntesis de una variedad de polímeros que lograron suplir a diversos materiales en un sinnúmero de aplicaciones, llegando a ser tal su uso que algunos han denominado a este fenómeno como la era del plástico (Aila et al., 2013).

1.2.2.2. Plásticos Biodegradables

En su mayoría los plásticos biodegradables son obtenidos de materias primas de origen biológico origen animal, microbiano, vegetal, teniendo como principal característica ser fuentes no renovables de energía y no perjudiciales para el medio ambiente, son utilizados en el área industrial como materiales para envasado o recubrimientos (Jiménez, 2017, p.7).

1.2.3. Almidón

Uno de los polisacáridos naturales más importantes es el almidón, Young y Taba (1984, p.249), resaltan que el almidón es una mezcla granular de homopolímeros de unidades α -D-glucopiranosilo, sus gránulos están compuestos por unidades de d-glucosa y dos macromoléculas diferentes: amilosa, que posee una estructura lineal esencial, con pocas ramas, y amilopectina, que posee una estructura altamente ramificada que se puede encontrar en los granos alimenticios. Los gránulos de almidón nativo presentan en su interior una cristalinidad que varía del 15% al 45%, de modo que la mayoría del gránulo de almidón nativo exhiben una cruz de malta cuando se observan bajo luz polarizada. Los gránulos dentro de sus características se componen de cáscaras amorfas y cristalinas alternas, que tienen entre 100 y 400 nm de espesor. Estas estructuras se denominan "anillos de crecimiento". La mayoría de los polímeros de almidón en el gránulo están en estado amorfo (Bulón et al., 1998, p.2).

1.2.3.1. Amilosa

La amilosa Figura 2-1 es considerado un polímero lineal puesto que en su interior contiene unidades de glucosa enlazadas por enlaces glicosídicos α (1-4), en los que pueden estar presentes una cantidad de enlaces α (1-6).

La amilosa es un hidrocoloide. Indica Wuttisela et al. (2008, p.2), que la amilosa contiene una conformación extendida que provoca la alta viscosidad de almidón soluble en agua. Varía relativamente un poco con la temperatura. Forma geles y películas útiles. Su asociación y cristalización (retrogradación) al enfriar y almacenar disminuyen la estabilidad de almacenamiento, provocando contracción y liberación de agua (sinéresis) (Yang et al., 2016, p.3).

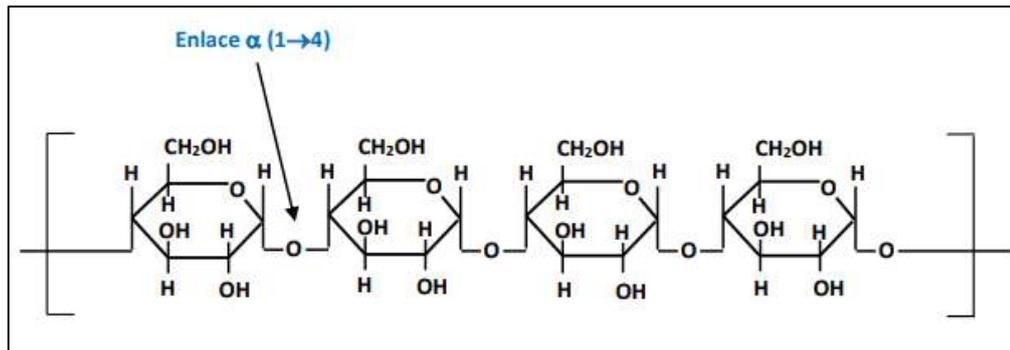


Figura 2-1: Molécula de Amilosa

Fuente: (Cui, 2005).

1.2.3.2. Amilopectina

La amilopectina Figura 3-1 tiene un polímero con divisiones de unidades de glucosa enlazadas en 94-96% por enlaces α (1-4) y 4-6% con enlaces α (1-6) (Yang et al., 2016, p.4).

La amilopectina es uno de los principales componentes en los almidones (70-80%), dependiendo netamente en la fuente botánica, dichos niveles pueden llegar entre 98% y 99% en almidones cerosos, es decir; almidones que contienen en su interior alta solubilidad y buena estabilidad (Eerling y Delcour, 1995; citado de Tovar Benítez, 2008, p.29).

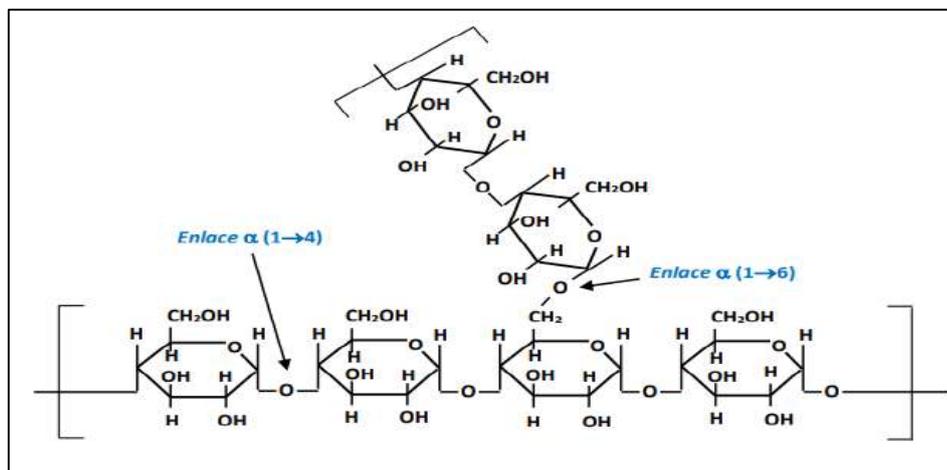


Figura 3-1: Molécula amilopectina

Fuente: (Cui, 2005).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Hipótesis y especificación de variables

2.1.1. Hipótesis General

El almidón de chayote obtenido tendrá las características óptimas necesarias para la formulación de la película biodegradable que con ayuda de plastificante se lo utilizará para el uso de alimentos.

2.1.2. Hipótesis Específicas

- La obtención de almidón de chayote a partir del método húmedo tiene las condiciones más óptimas.
- Los resultados de amilosa y amelopectina del chayote serán los más idóneos para la elaboración de la película biodegradable.
- La biopelícula obtenida a partir de la combinación de los almidones de chayote tendrá un tiempo determinado de vida para el recubrimiento de alimentos.

2.1.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Variables dependientes e independientes para la obtención de almidón

Variables dependientes	Variables independientes
Obtención del Almidón	Revoluciones por minuto
	Tiempo de trituración

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Tabla 2-2: Variables dependientes e independientes para la formulación de la biopelícula

Variables dependientes	Variables independientes
Formulación de Biopelícula	Porcentaje de almidón
	Porcentaje de plastificante (glicerina)

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.1.4. Operacionalización de Variables

Tabla 3-2: Operacionalización de las variables que intervienen en la extracción de almidón

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o Método
Obtención del Almidón	Dependiente	Producción o extracción de almidón, a partir de chayote.	-	Porcentaje de amilosa y amilopectina (%)	Análisis proximal
Tiempo	Independiente	Magnitud física con que se mide la duración o separación de acontecimientos.	Tiempo de licuado en la obtención del almidón.	Segundos(s)	Cronómetro
Revoluciones por minuto de triturado	Independiente	Magnitud física que mide el número de giros por unidad de tiempo en el triturado	Trituración de Chayote	Velocidades alta y baja (rpm)	Licadora

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Tabla 4-2: Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o Método
Formulación de Biopelícula	Dependiente	Desarrollo y fabricación de un producto por asociación y mezcla de diversas materias primas de origen sintético o natural.	Porcentajes de formulación	-	Pruebas físico-mecánicas
Porcentaje de Almidón	Independiente	Porción en gramos significativa del material a usar	Medida para formulación	Peso (g)	Balanza
Porcentaje de Plastificante	Independiente	Cantidad total de glicerina a usar para moldear la mezcla.	Medición de glicerina para la formulación	Volumen (ml)	Probeta

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.1.5. Matriz de consistencia

Tabla 5-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general	Objetivo general		Hipótesis general	
¿Tendrá características óptimas el almidón obtenido del chayote, para la elaboración de una película biodegradable?	Elaborar y caracterizar de una película biodegradable a partir del chayote (<i>Sechium edule</i>) para el uso en alimentos.		El almidón de chayote obtenido tendrá las características óptimas necesarias para la formulación de la película biodegradable que con ayuda de plastificante se lo utilizará para el uso en alimentos.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Técnicas
¿Se obtiene almidón del chayote mediante el método húmedo?	<ul style="list-style-type: none"> Extraer almidón a partir del chayote (<i>Sechium edule</i>) utilizando el método húmedo. 	La obtención de almidón de chayote a partir del método húmedo tiene las condiciones más óptimas.	Variables Dependientes	<ul style="list-style-type: none"> Extracción de almidón por método húmedo. Cálculo del rendimiento. Formulación de las biopelículas con aditivos y el almidón obtenido.
			<ul style="list-style-type: none"> Obtención del almidón. Formulación de biopelícula 	
¿Cuáles serán las cantidades idóneas a utilizar para la elaboración de la	Evaluar las características fisicoquímicas del almidón obtenido.	Los resultados de amilosa y amelopectina del chayote serán los	Variables Independientes	

<p>Biopelícula biodegradable a partir de chayote?</p>		<p>más idóneos para la elaboración de la película biodegradable.</p>		
<p>¿A partir de las formulaciones de las biopelículas, se obtendrá un tiempo largo de vida útil?</p>	<p>Formular biopelículas a partir de distintas concentraciones de almidón y aditivos.</p>	<p>La biopelícula obtenida a partir de la combinación de los almidones de chayote tendrá un tiempo determinado de vida para el recubrimiento de alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto. • Tiempo de trituración. • Porcentaje de almidón. • Porcentaje de plastificante 	

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.2. Tipo y Diseño de Investigación

2.2.1. Tipo de Investigación

La investigación a ejecutar es de tipo exploratoria debido a que es realizada con el fin de obtener datos verídicos que ayuden para estudios posteriores, el tema seleccionado permite indagar acerca del uso del almidón a partir del chayote, para darle una aplicación diferente a la habitual, este tema es considerado de gran importancia desde el punto ecológico puesto que se busca nuevas formas de concientización basado en plásticos biodegradables al nivel nacional.

2.2.2. Según el método de investigación

El método de investigación es cuantitativo, puesto que recae en analizar por completo el almidón obtenido del chayote, la formulación que se le va a dar para la elaboración del biodegradable, el análisis de compostaje y su degradación, a partir de diferentes datos previamente estudiados de la materia prima, por ello el caracterizarlo antes nos permite determinar las cantidades óptimas a utilizar para cumplir con el objetivo de la investigación que es obtener el bioplástico para el uso en alimentos.

2.2.3. Según el objetivo de investigación

La investigación es aplicada por ello se ponen en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, estos nos guiarán para darle una mejor solución al problema planteado.

2.2.4. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

La investigación es de tipo explicativa por la especificación de las variables que intervienen, sumándole todas las condiciones en las que se obtiene el almidón del chayote y las formulaciones para realizar la biopelícula.

2.2.5. Según la manipulación de variables

Esta investigación es de tipo experimental, ya que las variables dependientes e independientes son distintas para la elaboración del bioplástico, cuyas características deben cubrir las expectativas de la investigación. La concentración de la glicerina como variable independiente y el almidón como variable dependiente darán con el resultado de la formulación del bioplástico.

2.2.6. Según el tipo de inferencia

La investigación es de tipo hipotética deductiva ya que al realizar la investigación se deduce si las hipótesis se rechazan o se confirman.

2.2.7. Según el periodo temporal

La investigación es de tipo longitudinal debido a que se le dará un seguimiento al proceso de compostaje con la fruta embalada, en un tiempo determinado, lo que permite determinar la evolución de las características y variables que se pueden observar.

2.2.8. Según los medios para obtener los datos

La investigación es de laboratorio ya que todos los análisis realizados para la caracterización y formulación del bioplástico son procesos controlados, que necesitan precisión en volumen y peso, también se evaluará la vida útil del bioplástico.

2.2.9. Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo experimental puesto que pretende determinar la composición adecuada para la obtención de la biopelícula a partir del almidón del chayote, donde se logran manipular diferentes variables y unidades de análisis, en cuanto a las variables independientes, serán manipuladas a partir de las variables dependientes. Para el desarrollo de la investigación se ha estudiado y consolidado la información teórica en diferentes investigaciones existentes, para que de una u otra forma sean de ayuda para el desarrollo de este proyecto.

2.2.10. Diseño experimental factorial 2^k

El diseño factorial también llamado diseño experimental es un método en el que son usadas todas las combinaciones que puedan surgir de los valores seleccionados (Cabezas, 2008, p.42).

Al realizar un experimento por un diferente número de k, estos, pueden adquirir dos niveles, cualitativos o cuantitativos y para ello se recrea un diseño completo de 2^k combinaciones. Una de las ventajas de este diseño es que especifica el desarrollo de los experimentos, el efecto de k factores sobre una respuesta y descubrir si interaccionan entre ellos (Fernández, 2020, p.40).

		Niveles de A	
		a ₁	a ₂
Niveles de B	b ₁	a ₁ b ₁	a ₂ b ₁
	b ₂	a ₁ b ₂	a ₂ b ₂

Figura 1-2: Diseño factorial 2²

Fuente: (Benitez et al., 2010).

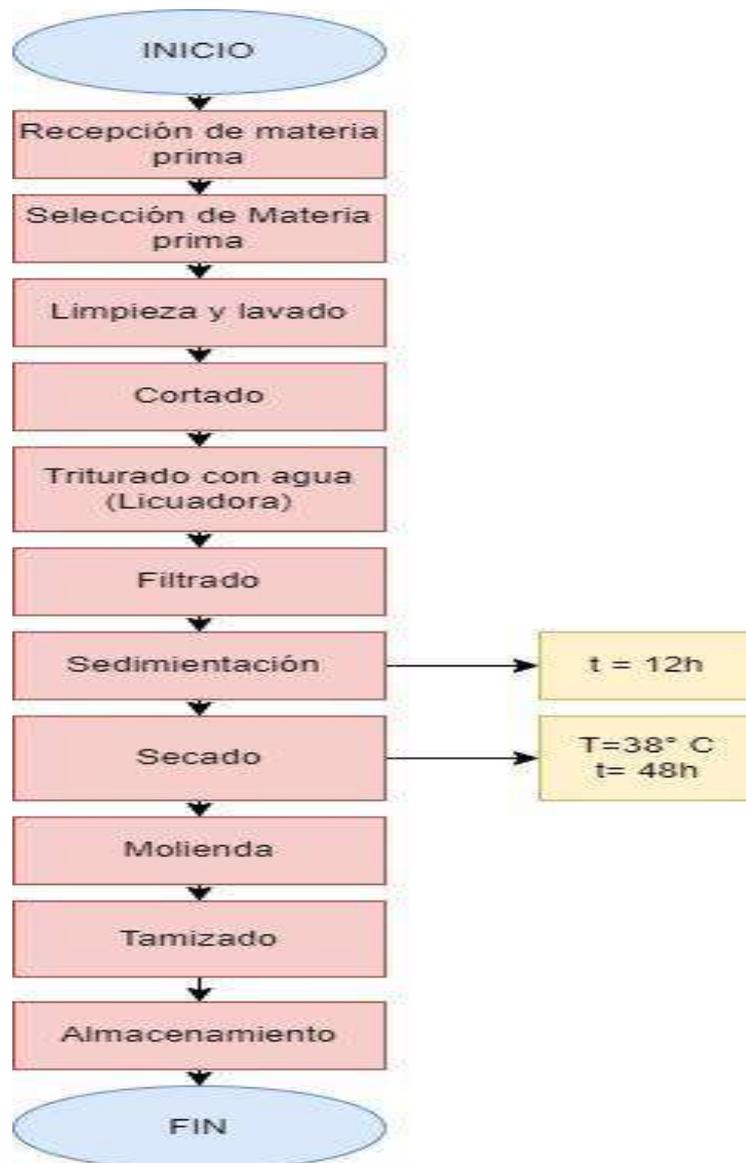


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo para la obtención de almidón

Realizado por: (Paredes K, 2020).



Gráfico 2-2: Diagrama de flujo para la formulación de biopelícula

Realizado por: (Paredes K, 2020).

2.3. Unidad de Análisis

El almidón obtenido del chayote es la unidad de análisis, puesto que, será sometida a los diferentes métodos experimentales para su caracterización y formulación con ayuda del plastificante para formar la biopelícula.

2.4. Población de Estudio

La población de estudio corresponde a los muestreos de chayote, realizados en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo. Beneficiando de manera directa el estudio del GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO (GIADE) de la ESPOCH, en el proyecto de “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”.

2.5. Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra utilizado para esta investigación es de 45kg a 50 kg de chayote con el fin de extraer una cantidad de almidón significativa para realizar los diferentes análisis, para ello, se lo realizará mediante un muestreo aleatorio simple para obtener una muestra variada en los ensayos experimentales.

2.6. Selección de Muestra

La selección de la muestra se la realiza mediante un método no probabilístico, las principales características que tomamos en cuenta es el estado de madura.

2.7. Técnicas de recolección de Datos

2.7.1. Técnica de extracción de almidón mediante el método húmedo

Tabla 6-2: Método húmedo para la obtención de almidón

MÉTODO HÚMEDO	
Materiales y Reactivos	
<ul style="list-style-type: none">• Cuchillo• Licuadora• Balanza• Coladores• Recipientes• Vaso de precipitación 600ml• Cronómetro• Tela filtrante• Bandejas de aluminio• Estufa• Mortero y pistilo	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada• Chayote

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la materia prima. • Lavar y trocear con ayuda del cuchillo. • Pesar la materia prima cortada y licuar con agua destilada en velocidad alta durante 2 minutos. • Filtrar para separar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión. • Dejar reposar durante 24 horas en un recipiente para que se forme el sedimento. • Con cuidado retirar el exceso de agua. • Verter el sedimento de forma homogénea en bandejas de aluminio. • Secar el sedimento a una temperatura de 40-43°C. • Pesar el almidón seco obtenido, para luego triturarlo con ayuda de un mortero. • Conservar en fundas Ziploc.
Ecuación 1-2
$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón de chayote seco}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} * 100$

Fuente: (Tovar , 2008).

Realizado por: (Paredes Kelly, 2022).

2.7.2. Técnica de caracterización del almidón

2.7.2.1. pH

Tabla 7-2: Determinación de pH

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DEL pH	
Materiales y reactivos	
<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro • 2 tubos de ensayo • Shaker • Pipeta pasteur 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Almidón de chayote
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5 gramos de almidón y colocarlo en un tubo de ensayo con tapa rosca. • Agregar 25 ml de agua destilada. • Durante 30 minutos dejar en el Shaker, sacar y dejar reposar durante 20 minutos. • Retirar con una pipeta pasteur 10 ml de sobrenadante y colocar en un tubo. • Calibrar el pH metro. • Lavar y secar el electrodo a utilizar. • Introducir el electrodo en la muestra sin tocar el fondo. • Medir el pH. 	

Fuente: (GIADE ESPOCH, 2022).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.2.2. Ceniza

Tabla 8-2: Determinación de Cenizas por calcinación

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZA POR CALCINACIÓN	
Materiales y Reactivos	
<ul style="list-style-type: none"> • 3 crisoles • Mufla • Pinza para cápsula • Reverbero 	
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 3 crisoles durante 2 horas en la estufa a 105°C. • Retirar los crisoles de la estufa y se dejar enfriar en el desecador por 30 min. • Pesar y etiquetar los crisoles. • Pesar de 3 gr de muestra en el crisol. • Llevar al reverbero los crisoles y quemar la muestra hasta que esta no desprenda humo. • Introducir los crisoles con muestra en la mufla regulada su temperatura hasta 550°C. • Retirar cuando el residuo este de color gris o blanco y dejar enfriar en el desecador. • Pesar los crisoles con el residuo. 	
Ecuación 2-2	
$\% \text{ ceniza} = \left(\frac{\text{masa del crisol y la muestra calcinada} - \text{masa del crisol vacío}}{\text{masa del crisol y la muestra seca} - \text{masa del crisol vacío}} \right) * 100$	

Fuente: (Laboratorio de Bromatología. ESPOCH, 2022).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.2.3. Humedad

Tabla 9-2: Método de determinación de humedad

MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	
Materiales y Reactivos	
<ul style="list-style-type: none"> • 3 cápsulas de porcelana • Estufa • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de chayote
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Dejar 3 cápsulas de porcelana en la estufa a 105°C hasta que lleguen a un peso constante. • Pesar las cápsulas frías luego de haber estado 2 horas en el desecador. • Pesar 1 gramo de muestra en cada cápsula. • Introducir la muestra en la estufa a 105°C y pesarlo luego de 2 horas. • Repetir el procedimiento anterior luego de 24 horas. 	
Ecuación 3-2	

$$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{\text{Peso de la cápsula más la muestra} - \text{Peso de la cápsula más la muestra seca}}{\text{Peso de la muestra}} \right) * 100$$

Fuente: (Agraria, 2018).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.2.4. Índice de solubilidad

Tabla 10-2: Método de evaluación de índice de solubilidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD, INDICE DE BSORCIÓN EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO.	
MATERIALES Y REACTIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de plástico para centrifuga • Pipeta • Vaso de precipitación • Estufa • Centrifuga 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada precalentada • Almidón de chayote
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 3 tubos para centrifuga previamente secos a 60°C. • Añadir 1,25 gramos en cada tubo. • Adicionar 30 mL de agua precalentada a 60°C en cada tubo agitar de forma pausada y cuidadosa. • Colocar los tubos en baño maría y programar hasta que llegue a 60°C durante 30 minutos. • Sacar del baño maría y agitar levemente después de 10 minutos. • Dejar 20 minutos más en baño maría. • Centrifugar por 20 minutos a 3000 RPM. • Retirar de la centrifuga y se tomar 10 mL del líquido sobrenadante. • Añadir los 10 mL en un vaso de precipitación. • Dejar en la estufa por 24 horas a 60°C. • Sacar las muestras y colocar en el desecador por 30 min, hasta que tenga temperatura de 25°C. • Finalmente se toma el peso de las muestras. 	
Ecuación 4-2 Índice de Solubilidad en Agua	
$ISA = \frac{\text{Peso de solubles}}{\text{Peso de muestra}} * 100$	
Ecuación 5-2 Índice de Absorción de Agua	
$IAA = \frac{\text{Peso de gel}}{\text{Peso de muestra}}$	
Ecuación 6-2 Poder de Hinchamiento	
$PH = \frac{\text{Peso de gel}}{\text{Peso de muestra} - \text{Peso solubles}}$	

Fuente: (Correa et al., 2014).

Realizado por: (Paredes Kelly, 2022).

2.7.2.5. Temperatura de Gelatinización

Tabla 11-2: Método de la evaluación de T° de gelatinización

MÉTODO PARA LA EVALUACIÓN DE T° DE GELATINIZACIÓN	
MATERIALES Y MÉTODOS	
<ul style="list-style-type: none">• Vaso de precipitación• Termómetro• Baño maría	<ul style="list-style-type: none">• Agua precalentada en baño maría• Agua destilada• Almidón de chayote
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Preparar un baño maría, hasta que alcance el punto de ebullición.• Pesar 4 g de almidón en un vaso de 100 mL.• Añadir 50 mL de agua.• Introducir el vaso de 100 mL en el baño maría con la mezcla.• Agitar y medir la temperatura termómetro.• Registrar la temperatura cuando se hace gel.	

Fuente: (Figueroa et al., 2016; citado de Salgado et al., 2019).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.2.6. Viscosidad

Tabla 12-2: Método de evaluación de la viscosidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE VISCOSIDAD	
Materiales y Equipos	
<ul style="list-style-type: none">• Vaso de Precipitación• Reverbero• Viscosímetro	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">• Pesar 25 g y se colocar en un vaso de 600 ml• Añadir 500 mL de agua y homogenizar.• Llevar la solución al reverbero y esperar a que llegue al punto de ebullición.• Dejar enfriar hasta llegar a una temperatura de 25°C.• Medir la viscosidad.	

Fuente: (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH, 2022).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.2.7. Prueba óptica del granulo del almidón

La prueba óptica fue realizada en el laboratorio de investigación, con la ayuda del microscopio y el lente 40X.

2.7.2.8. Fibra, proteína y grasa

La prueba de proteína fue realizada en el laboratorio de Servicios Analíticos y Microbios en Agua y Alimentos SAQMIC, con el método de análisis Kjeldahl dirigido por la Dra. Gina Álvarez.

2.7.2.9. Carbohidratos totales

El extracto no nitrogenado también llamado carbohidratos por diferencia, se obtienen a partir de la resta de 100 a la suma de cenizas, humedad, proteína, fibra y grasa total (AOAC, 1995; citado en Yurivilca Martínez, 2002, p.34).

2.7.2.10. Amilosa y amilopectina

Para determinar el porcentaje de Amilosa y amilopectina se envió una muestra de 300 gr al Instituto Nacional Autónomo De Investigaciones Agropecuarias INIAP, los mismo que realizaron el análisis en el departamento de nutrición y calidad, laboratorio de servicio de análisis e investigación en alimentos.

2.7.2.11. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se obtuvo aplicando el método de análisis de siembra de masa en el Laboratorio SAQMIC.

2.7.3. Técnica de obtención de biopelícula

Tabla 13-2: Procedimiento para la obtención de la Biopelícula

OBTENCIÓN BIOPELÍCULA	
Materiales y Reactivos	
<ul style="list-style-type: none">• Reverbero• Estufa• Vasos de precipitación• Varilla de agitación• Balanza analítica• Papel aluminio• Probetas• Cajas Petri• Espátula	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada• Almidón de Chayote• Glicerina• Ácido acético

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación diluir el almidón con agua destilada. • Colocar la solución sobre un reverbero protegido con una malla metálica, a baño maría. • Agitar la solución de forma constante y moderada hasta que alcance su temperatura de gelatinización. • Agregar el plastificante (glicerol) y el conservante (Ácido acético) agitar hasta homogenizar la mezcla y dejar enfriar. • Dejar secar durante 24h y observar los resultados obtenidos.

Fuente: (Avellán et al., 2019).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.4. Técnica para la caracterización de la Biopelícula de almidón de chayote

2.7.4.1. Espesor

Tabla 14-2: Método de la evaluación de espesor

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE ESPESOR	
Materiales y Equipos	
<ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey • Estilete 	<ul style="list-style-type: none"> • Láminas de bioplástico
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar tres láminas de 3x3cm por tratamiento • Medir con la ayuda del pie de rey cada una de las láminas • Promediar las mediciones 	

Fuente: (Osorio y Rubiano, 2019).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.4.2. Humedad

Para determinar la humedad en las láminas del bioplástico se utilizó la balanza analítica situada en el laboratorio de química analítica, tomando láminas de 3x3 cm de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

2.7.4.3. Solubilidad en agua

Tabla 15-2: Método de la evaluación de solubilidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE SOLUBILIDAD	
Materiales y Equipos	
<ul style="list-style-type: none"> • Frascos de muestra • Papel filtro 	<ul style="list-style-type: none"> • Láminas de bioplástico • Zaranda • Estufa

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar tres láminas de 3x3cm por tratamiento • Colocar las láminas en frascos de muestra, con 90 ml de agua destilada y tapar. • Llevar a la zaranda de agitación continua durante 1 hora a 125 RPM. • Verter el contenido del frasco por un papel filtro, hasta que la lámina caiga. • Introducir el papel filtro junto con la lámina a la estufa a una temperatura de 60°C hasta que se encuentre totalmente seco. • Meter a la estufa a una temperatura de 105°C hasta que el peso de las láminas sea constante.
Ecuación 7-2
$solubilidad = \frac{Peso\ inicial\ seco - Peso\ final\ seco}{Peso\ inicial\ seco} * 100$

Fuente: (Palma-Rodríguez et al., 2017).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.4.4. Permeabilidad

Tabla 16-2: Método de la evaluación de permeabilidad de agua

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PERMEABILIDAD DE AGUA	
Materiales y Equipos	
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Sílice • Gradilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Láminas de bioplástico • Estufa • Desecador
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar tres láminas de 3x3cm por tratamiento • Llenar con la sílice en gel (previamente activado 24h) ¾ de los tubos de ensayo. • Colocar la lámina de bioplástico en la boca del tubo de ensayo y sellar con cinta de embalaje o scotch, observar que se encuentre sin orificios. • Introducir en un desecador la gradilla con los tubos de ensayo. • Tomar el peso cada hora durante 6horas. • Calcular la permeabilidad de vapor de agua. 	
Ecuación 8-2	
$VTVA = \frac{\Delta w}{\Delta t * A}$	
Δw = Es la pérdida de peso de la celda de permeación durante el riempo Δt con un área constante.	
Ecuación 9-2	
$PVA = \frac{VTVA}{\Delta p} * L$	
Δp = Gradiente de presión de vapor entre los lados de la película L = Espesor de la película	

Fuente: (Parra, 2019; citado en Morocho et al., 2021).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.4.5. Biodegradabilidad

Tabla 17-2: Método de la evaluación de biodegradabilidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD	
Materiales y Equipos	
<ul style="list-style-type: none"> • Vasos plásticos • Tierra, Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Láminas de bioplástico • Balanza analítica
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar tres láminas de 3x3cm por tratamiento <p style="margin-left: 20px;">TIERRA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar 2 cm de tierra en cuatros vasos para cada tratamiento. • Introducir la lámina de plástico. • Cubrir la lámina con dos centímetros más de tierra. <p style="margin-left: 20px;">AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar la lámina dentro del vaso. • Verter 30 ml de agua. <p style="margin-left: 20px;">ATMÓSFERA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dejar las láminas a la interperie <p>Utilizando el programa imageJ medir el área por semana de los tres tratamientos.</p>	
Ecuación 9-2	
$\text{área} = \frac{\text{Área inicial} - \text{Área final}}{\text{Área inicial}} * 100$	

Fuente: (Laboratorio de Procesos Industriales. ESPOCH, 2022).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

2.7.4.6. Ensayos mecánicos

Para el ensayo de tracción, se envió 1 probeta por cada tratamiento, esta prueba fue realizada en Laboratorio Ensayo de Materiales LENMAV, dirigido por el Ing. Anibal Viñan B. Msc.

2.7.4.7. Prueba de biodegradabilidad con fruta

Recubrir la fruta a interés, analizar el estado de la fruta con el transcurso de los días.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

3.1. Resultados y discusión del Chayote (*Sechium edule*)

3.1.1. Análisis físico y organoléptico

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

No.	CHAYOTE		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	310,900	11,90	25,70
2	400,150	15,10	27,10
3	410,608	16,30	30,20
4	380,680	12,87	28,60
5	360,470	11,50	23,80
PROMEDIO	372,562	13,53	27,08

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 1-3 se evaluó las características físicas del chayote (*Sechium edule*), para lo cual se seleccionaron cinco muestras de la materia prima, realizando un análisis por unidad para luego obtener el promedio de las mediciones. Las propiedades antes presentadas coinciden con el autor (Castro Rodríguez et al., 2015, p.246), indicando que los frutos seleccionados muestran características óptimas.

Tabla 2-3: Características organolépticas del chayote

No.	PRODUCTO	
	Característica	
1	Olor	Hierba
2	Sabor	Amargo
3	Color	Verde
4	Textura interna	Blanca
5	Textura externa	Rugosa

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 2-3 se presentan las diferentes características organolépticas por unidad de chayote. Según Centeno (2009, pp.29–30), el amargor propio del fruto de chayote se debe a las altas concentraciones de curcubitacina el cual le otorga una variabilidad de sabor desde amargo a simple.

3.2. Resultados y discusión del almidón del chayote (*Sechium edule*)

3.2.1. Análisis organoléptico

Tabla 3-3: Datos del análisis organoléptico del almidón de chayote

No.	ALMIDÓN	
	Característica	
1	Olor	Rancio
2	Sabor	Amargo
3	Color	Blanco
4	Textura	Granular

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 3-3 se muestran los datos organolépticos del almidón de chayote.

3.2.2. Análisis microscópico del granulo de almidón

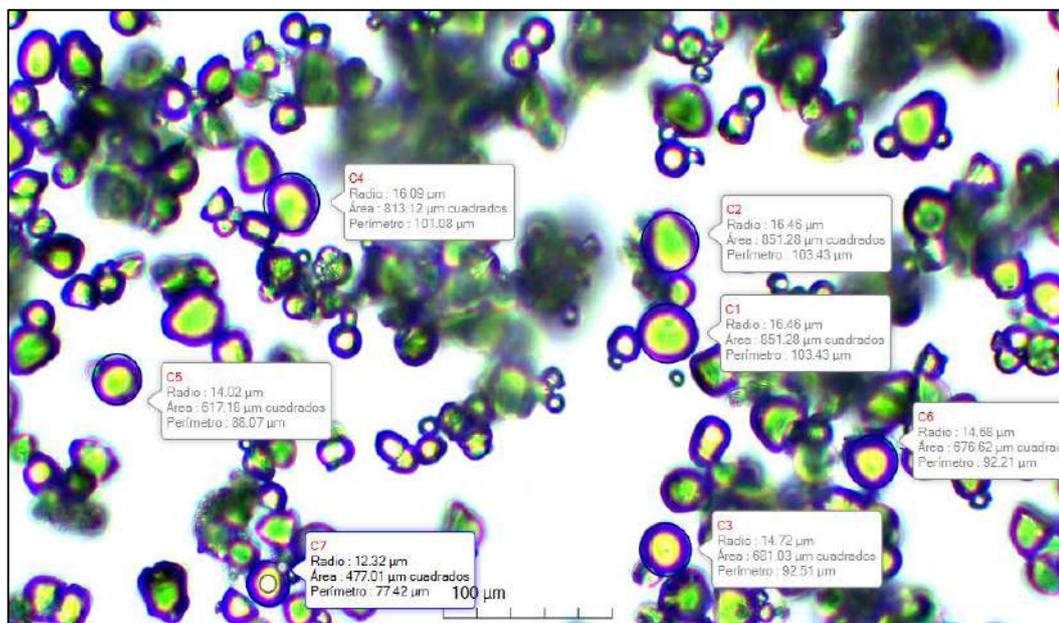


Figura 1-3: Muestra de granulo de chayote

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la figura 2-3 se pueden observar los gránulos del almidón de chayote que fue previamente tamizado en una medida de 63 μm , para ser sometida a la prueba microscópica con un aumento de 40X en el lente.

Tabla 4-3: Resultados de la prueba óptica

N°	Área	Radio	Perímetro
C1	851,28	16,46	101,43
C2	851,28	16,46	101,43
C3	681,03	14,72	92,51
C4	813,12	16,09	101,08
C5	617,18	14,02	88,07
C6	676,62	14,68	92,21
C7	477,01	12,32	77,42
Promedio	709,65	14,96	93,45

Realizado por: (Paredes K, 2021).

Los gránulos observados tienen como resultados los valores presentados en la tabla 4-3, lucen agrandados y de manera ovalada. Narváez-González et al. (2007, p.276), explican que mientras el granulo del almidón sea grande, este tiene la capacidad de gelatinizar más rápido, pues, sus moléculas captan el agua caliente (sometida a altas temperaturas) de forma instantánea, haciendo que se reduzca el tiempo para alcanzar la viscosidad deseada, si el granulo es mucho más grande gelatiniza de inmediato a diferencia que se utiliza el agua a una temperatura baja.

3.2.3. Resultados del diseño factorial 2²

Los diseños factoriales son utilizados en ensayos con dos o más variables (Fernández, 2020, p.14), los cuales tienen la capacidad de hallar las combinaciones posibles entre los diferentes niveles de los factores a investigar, dichos datos pueden ser cuantitativos o cualitativos. Es por ello que se trabaja con dos revoluciones (alta y baja) en el proceso de trituración, con un tiempo de 45 y 60 segundos. Para la extracción del almidón se utiliza el método húmedo descrito en el gráfico 1-2.

Tabla 5-3: Rendimiento de almidón de Chayote (*Sechium edule*)

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
					PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						P	PROMEDIO				TOTAL
1	T1	RPM A : 60	R1	300	500	9,82	9,5225	38,09	1,964	1,9045	48
2			R2			9,67			1,934		
3			R3			9,10			1,82		
4			R4			9,50			1,9		
6	T2	RPM A : 45	R1			6,14	5,81	23,24	1,228	1,162	12
7			R2			5,43			1,086		
8			R3			5,44			1,088		
9			R4			6,23			1,246		
11	T3	RPM B : 60	R1			4,13	3,7475	14,99	0,826	0,7495	70
12			R2			3,65			0,73		
13			R3			3,23			0,646		
14			R4			3,98			0,796		
16	T4	RPM B : 45	R1			2,43	3,03	12,12	0,486	0,606	72
17			R2			3,56			0,712		
18			R3			3,67			0,734		
19			R4			2,46			0,492		

Realizado por: (Paredes K, 2021).

Tabla 6-3: Rendimiento abreviado del almidón de chayote (*Sechium edule*)

No.	TRATAMIENTO	PESO (g)		RENDIMIENTO (%)
		CHAYOTE	ALMIDÓN	
1	T1	2000	38,09	1,90
2	T2	2000	23,24	1,16
3	T3	2000	14,99	0,75
4	T4	2000	12,12	0,61

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 5-3 se presenta los datos de manera específica de cada repetición de los tratamientos, y en la Tabla 6-3 se exponen los resultados en cuanto a rendimiento, eligiendo como el mejor tratamiento el primero, a una velocidad alta durante 60 segundos. Con 110 lb de chayote se extrajo 2,10 lb de almidón, obteniendo un rendimiento de 1,90% valor que es superior a 1,56% en el documento de Ferrer (2020, p.35), lo que nos indica una mayor eficacia en nuestro tratamiento.

3.2.4. Análisis estadístico de la extracción de almidón

Para la realización del análisis estadístico ANOVA, se maneja como herramienta fundamental una hoja de cálculo Excel, partiendo de la Tabla 7-3 para determinar el valor de varianza.

Tabla 7-3: Análisis de varianza de almidón de chayote de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	T1	T2	Total
<i>RPM: A</i>			
Cuenta	2	2	4
Suma	3,898	2,314	6,212
Promedio	1,949	1,157	1,553
Varianza	0,00045	0,010082	0,21259867
Cuenta	2	2	4
Suma	3,72	2,334	6,054
Promedio	1,86	1,167	1,5135
Varianza	0,0032	0,012482	0,16531033
<i>RPM: B</i>			
Cuenta	2	2	4
Suma	1,556	1,198	2,754
Promedio	0,778	0,599	0,6885
Varianza	0,004608	0,025538	0,020729
Cuenta	2	2	4
Suma	1,442	1,226	2,668
Promedio	0,721	0,613	0,667

Varianza	0,01125	0,029282	0,01739867
<i>Total</i>			
Cuenta	8	8	
Suma	10,616	7,072	
Promedio	1,327	0,884	
Varianza	0,38553257	0,09942171	

Realizado por: (Paredes K, 2021).

Tabla 8-3: Análisis de Varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	2,931566	3	0,97718867	80,682712	2,54527E-06	4,066180551
Columnas	0,784996	1	0,784996	64,8141023	4,17249E-05	5,317655072
Interacción	0,366222	3	0,122074	10,0791809	0,004301657	4,066180551
Dentro del grupo	0,096892	8	0,0121115			
Total	4,179676	15				

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 8-3 indica que la probabilidad de interacciones debe ser menor a 0,05 para rechazar la hipótesis nula. Se estimó con un nivel de confiabilidad del 95%, por lo que, siendo 0,004 menor a 0,05 se acepta la hipótesis alternativa, es decir, que existe al menos un tratamiento estadísticamente diferente.

3.2.5. Análisis *TUKEY* de la extracción de almidón

A partir del análisis ANOVA realizado en la Tabla 9-3 se determinó una prueba de Tukey para encontrar la existencia o inexistencia de diferencia entre los tratamientos.

Tabla 9-3: Análisis Tukey

HSD=	0,24926837
Multiplicador=	4,53
Mse=	0,0121115
n=	4

Realizado por: (Paredes K, 2021).

Tabla 10-3: Comparación entre tratamientos de obtención de almidón de Chayote, prueba Tukey

	T1	T2	T3	T4
T1		0,743	1,155	1,299
T2			0,413	0,556
T3				0,144
T4				

Realizado por: (Paredes K, 2021).

La Tabla 10-3 indica los resultados mediante la prueba Tukey, donde, los valores resaltados en verde demuestran que, si hay diferencia significativa, debido a que el HSD (Diferencia honesta significativa) señalado en la Tabla 9-3 con valor de 0,249 es menor al promedio entre los tratamientos antes descritos. En cuanto al valor resaltado en celeste muestra que no existe una diferencia significativa.

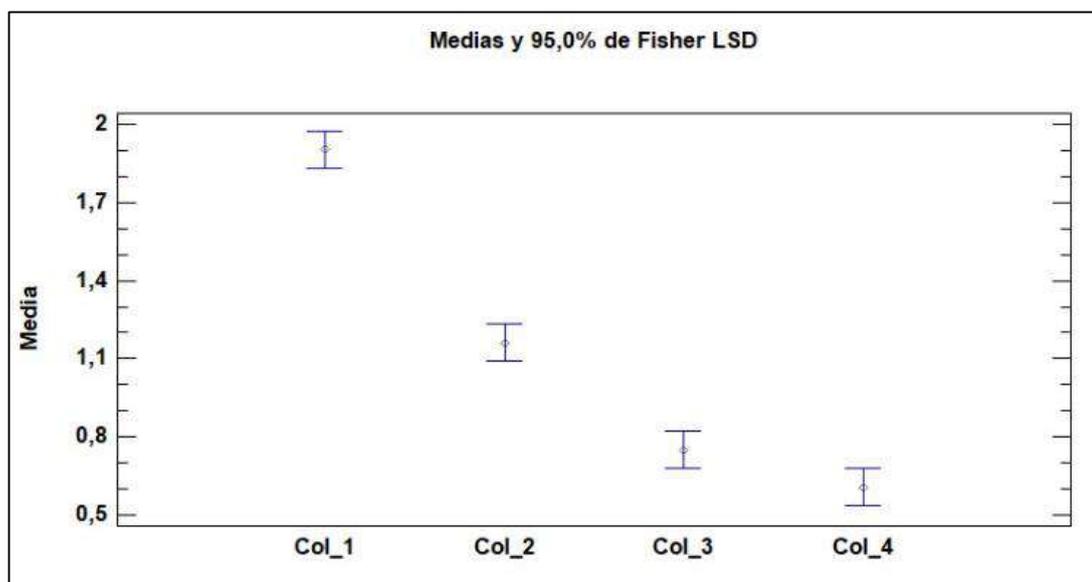


Gráfico 1-3: Medias y 95% de Fisher LSD

Fuente: (StatPoiny Technologies, 2010).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

El gráfico 1-3 Medias y 95% de Fisher LSD muestra las medias de las 4 columnas de datos. 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.

A partir de este análisis se puede observar que los intervalos de los tratamientos T3 y T4 se traslapan entre sí, es decir; que entre ellos no existe una diferencia estadísticamente significativa, lo que significa que el rendimiento de los tratamientos T3 y T4 son similares. Sin embargo, entre los tratamientos T1 T2 T3 si existen diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que

se puede escoger cualquiera de ellos, en este caso se eligió el tratamiento T1 debido a su mayor rendimiento.

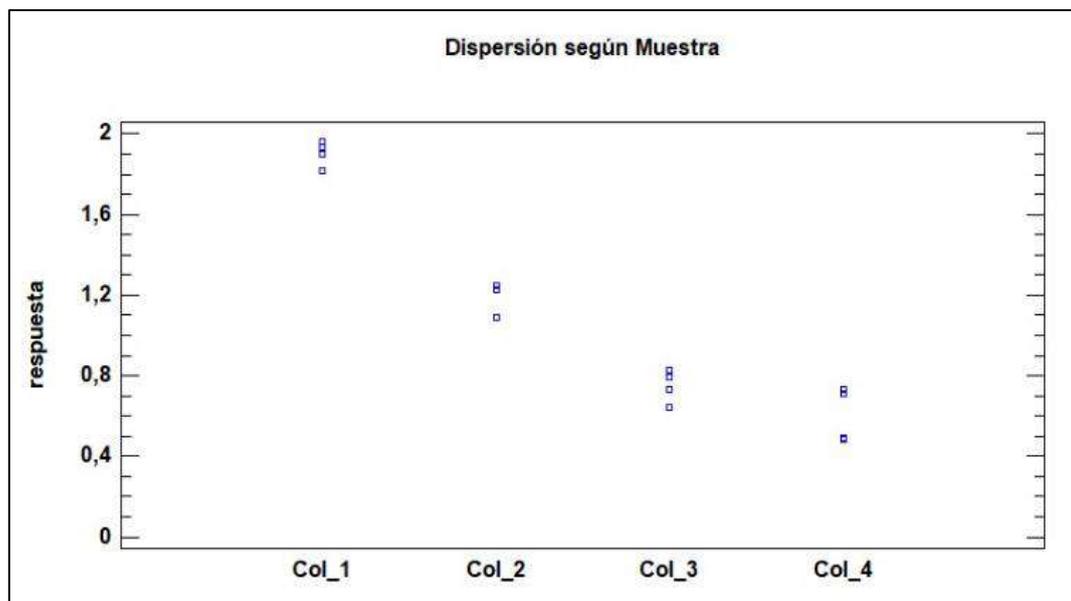


Gráfico 2-3: Dispersión según muestra

Fuente: (StatPoiny Tecnologies, 2010).

Realizado por: (Paredes K, 2022).

En el gráfico 2-3 Dispersión según muestra, para el análisis de esta tabla podemos observar el grado de dispersión de los cuatro tratamientos, en el que es notable la dispersión entre el tratamiento T1 y T4, a diferencia de T2 y T3 que tienen una pequeña similitud. En el T4 se observa que existe más dispersión de datos, lo que nos indica que esta variación lo hace menos estable en sus repeticiones, por otro lado, en el T1 no existe mucha variación entre las repeticiones lo que indica su estabilidad por repetición.

Mediante el análisis de varianza se pudo constatar que al menos uno de los tratamientos tiene diferencia estadísticamente significativa.

Al realizar el análisis en la tabla existen datos alejados al valor de $P=0,5$ T2 T3 T4, dando como resultado que al menos uno de los tratamientos posee diferencia significativa, información que se pudo constatar mediante el análisis de varianza. El tratamiento más cercano a $P=0,5$ es el de T1 dato que señala el mejor tratamiento para la obtención de almidón.

3.2.6. Resultados físico-químicos

Una vez obtenido el almidón de chayote se realizaron los distintos análisis físico-químicos en la Tabla 11-3, análisis proximal en la Tabla 12-3 y microbiológicos en la Tabla 13-3.

Tabla 11-1: Análisis físico-químicos del chayote

N°	Parámetros	Valor
1	pH	5,26
2	Viscosidad	1150 cP
3	Temperatura de gelatinización	63 °C
4	Solubilidad	1,8%
5	Amilosa	27,3%
6	Amilopectina	72,7%

Realizado por: (Paredes K, 2022).

En la Tabla 11-3 tenemos los resultados del análisis físico-químicos del chayote. El primer parámetro a estudiar en el chayote fue el pH arrojando un valor 5,26 de carácter ácido Cruz Villegas (2018, p.5), en su artículo de la misma hortaliza obtiene un pH 8,12 que es de carácter básico, dichos resultados comparados con el artículo de Parra et al. (2012, p.2), indican que mientras más ácido sea el pH del almidón mejor será el rendimiento, al contrario de ser básico menor será el rendimiento. De acuerdo a la NTE INEN 1456 (2012, p.3), para que un almidón cumpla con el requisito de esta norma debe entrar en el rango de 5 a 7 en la escala del pH al realizar el análisis.

La viscosidad obtenida por el método de Brockfield resulto ser de 1150 cP, que representa la existencia de un alto nivel de cohesión intermolecular en el almidón y el agua, Quintero y Zambrano (2011, p.35) obtuvieron una viscosidad de 935,35 cP en la investigación de harina del chayote siguiendo los métodos de la AOAC (Asociación de químicos analíticos oficiales), en cuanto Garzón (2006, p.21) en su estudio de comparación de almidón de chayote y papa, señala que el del chayote presenta 1260 cP lo que refleja una viscosidad más alta que la papa, y por último en el reciente estudio de Ferrer (2020, p.12) el almidón de chayote tiene 3581 cP.

Fabbri et al. (2016; citado en Cerdas 2020, p.4), enfatiza que los almidones al ser mezclados con el agua presentan un proceso de gelatinización, producido por la cocción del almidón, debido a que los gránulos al ser homogenizados con agua llevada a altas temperaturas logran hincharse hasta gelificarse, generando una estructura suave. El chayote alcanzó su gelatinización a los 63°C logrando formar un gel en la menor cantidad de tiempo con menos calor. Citando a Gonzáles et al. (2018, p.3), el almidón de chayote presenta una temperatura menor de gelatinización de 71,2°C, Garzón (2006, p.22) en su estudio de pre gelatinización de papa y chayote manifiesta que es primordial ser preciso en la toma de datos, debido a que estas variables son críticas y alteran el grado de gelatinización, en su artículo presentó dos temperaturas del chayote una de 58°C y 60°C. Citando a Pineda-Gómez et al. (2010, p.134), el proceso que lleva a gelatinizar un almidón depende de la humedad, debido a que lo gránulos del almidón tienden a hincharse creando un proceso simultáneo entre la fusión de cristales y la gelatinización a una menor temperatura, mientras que

si se tiene un menor porcentaje de humedad va a postergar el proceso, justificando así la temperatura de análisis de almidón de chayote.

En el almidón de chayote analizado se encontró un 27,3% de amilosa y 72,7% de amilopectina, Hernández-Uribe et al. (2011; citado en Cruz Villegas, 2018, p.4), menciona en su artículo que el almidón presentó un 26,3% de amilosa y 73,7% de amilopectina, en cuanto a Garzón, María de Lourdes (2006, p.20) obtuvo un resultado de 35,8% de amilosa y 64,2% de amilopectina, porcentajes que en su segundo artículo de compactación de almidón de chayote variaron al 21% del amilosa y 79% amilopectina. La unión de la Amilosa y amilopectina le confieren la estructura del almidón nativo. Correa et al. (2014, p.186) en su artículo plantea que el índice de solubilidad en agua (ISA) evidencia la cantidad de amilosa liberada del almidón, haciendo que su estructura cambie por la absorción de agua, la solubilidad es proporcional a la temperatura. El almidón de chayote presentó 1,80% de solubilidad, valor comparado en el artículo de Meaño et al. (2014, p.186), a cerca del ñame congo que al llegar a la temperatura de 65°C tiene una solubilidad de $1,25 \pm 0,60$, este valor presenta que el almidón tiene una mayor captación de agua a esa temperatura, produciendo así el desarrollo de amilosa y amilopectina. Este porcentaje fue comparado con el almidón de yuca del cual existe un amplio campo de investigación, desde la posición de Granados et al.(2014, p.94) el almidón de yuca tiene un porcentaje que del 0,27%. a 12,32%, va incrementando con la temperatura.

El poder de hinchamiento (PH) en el almidón de chayote tuvo un valor de 1,433 este valor es relacionado directamente con el índice de absorción del agua (IAA) debido a que los almidones tiene la capacidad de cambiar su estructura al tener contacto con el agua (Solarte-Montúfar et al., 2019, p.37) es por eso que si los valores de PH Y IAA son mayores que el de solubilidad indican la buena calidad del almidón. El IAA del almidón de chayote tiene el valor de 1,439 lo que los hace proporcionales, entre sí. La solubilidad en el almidón de chayote se encuentra en condiciones favorecedoras debido a que el granulo del almidón capta rápidamente el agua hasta hincharse por la capacidad de absorción hasta llegar al proceso de gelificación, a medida que transcurre el tiempo y la temperatura incrementa, lo que hace que se relacionen los tres aspectos fundamentales PH, IAA, ISA, en ese orden.

3.2.7.Resultados del análisis proximal

Tabla 12-3: Análisis proximal del chayote

N°	Parámetros	Valor (%)
1	Ceniza	0,64
2	Humedad	12,75
3	Fibra	0,98
4	Grasa	0,60
5	Proteína	0,27

6	Carbohidratos Totales	84,76
---	-----------------------	-------

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Las cenizas presentes en las distintas clases de almidones nativos contienen sales y minerales que van quedando en el proceso de extracción y materia prima. Para el análisis de la ceniza se obtuvo un 0,64% en el almidón de chayote, basado en el artículo de Jiménez et al. (2007, p.3) en la comparación entre maíz, papa y chayote el chayote tiene 0,46% propiedad que pertenece netamente a la especie estudiada, por otra parte, en el artículo de Aila-Suárez et al. (2013, p.2) nos indica que en la muestra realizada encontró un 0,39% de cenizas lo que indica que el almidón de chayote tiene bajo contenido de minerales.

La humedad indica el contenido de agua presente en el almidón, es importante mantenerlo hermetizado debido a que se puede generar mohos y levaduras que deterioren el almidón. Siguiendo la norma NTE INEN 0518 se obtuvo experimentalmente una humedad de 12,75% en el laboratorio de bromatología de la ESPOCH, el mismo análisis fue llevado a cabo en la estación experimental INIAP con un valor de 13,58%, de acuerdo con Moorthy, 2002; citado en Guízar Miranda (2009, p.8) el contenido que deben presentar los almidones de tubérculos comprende entre el 14 hasta el 19%.

El contenido de fibra en el almidón de chayote fue de 0,98 % que representa los polisacáridos y hemicelulosa existentes en el almidón, otorgándole así, consistencia al tejido de los frutos (Flores et al., 2016, p.262). El porcentaje de fibra presente fue un 0,17 % comparado con el almidón de la papa fue menor, valor que se debe a la madurez del chayote (Cruz Villegas, 2018, p.4)

Las proteínas son polímeros con secuencias de aminoácidos específicas y estructura molecular (Krochta et al., 2002; citado en Zamudio, 2014, p.20). El valor de proteína fue del 0,27% Shattir y Abu-Goukh (2012; citado en Cerdas, 2020, p.38), manifiesta que es importante conocer el nivel de maduración de los frutos, debido al proceso que se desarrolla en la maduración del mismo, aquí disminuyen los aminoácidos libres indicando la síntesis proteica, respaldando así, que las proteínas son fundamentales en una fruta, tubérculo u hortaliza para llegar a su estado de madurez, en este caso como no se midió el grado de madurez como lo hacen en otros artículos y tesis no se pudo constatar si los chayotes seleccionados para la obtención de almidón eran los requeridos.

Se obtuvo un 0,60% de grasa cruda en el almidón, Melian (2010; citado en Vera Bravo y Chavarría Chavarría, 2020, p.31) indica que el contenido de grasa influye en el comportamiento del almidón disminuyendo algunas características como la viscosidad y la gelificación que pueda llegar a tener con el agua llevada a altas temperaturas. Garzón y Maria de Lourdes (2006, p.20) alcanzó un porcentaje del 0,28% en el almidón de chayote indicando una mayor estructura en el grano.

3.2.8. Resultados microbiológicos

Tabla 13-3: Resultados microbiológicos

N°	Parámetros	Valor (UFC/g)
1	Coliformes Totales	80
2	Coliformes Fecales	0
3	Mohos y levaduras	200

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Para el análisis microbiológico se basó en las normas NTE INEN, el valor que debe cumplir las coliformes totales, mohos y levaduras comprende un rango de 1000-5000, lo que indica que se encuentra dentro de la norma (NTE INEN 1529-7, 1990), la ausencia de las coliformes fecales verifican que nuestro almidón puede ser manipulado para la realización de películas biodegradables, debido a que tienen contacto con alimentos.

3.3. Resultados y discusión de la biopelícula biodegradable

3.3.1. Resultados del diseño factorial 2² de una biopelícula biodegradable

Una vez obtenidos los datos para la caracterización del almidón de chayote, se realizan las diferentes formulaciones partiendo del diseño factorial 2², en el cual las variables recaen en el volumen del agua y la cantidad de almidón a utilizar, teniendo como constantes el ácido acético y la glicerina.

Tabla 14-3: Rendimiento de las biopelículas biodegradables a partir del almidón de chayote (*Sechium edule*)

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN (min)	SECADO				PESO (g)	ESPESOR (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (°C)			
1	T1	CA1 : CA1	R1	63	5	Laboratorio investigación	Secado natural	20	48	1,512	0,14	0,1475
2			R2		5					1,429	0,18	
3			R3		5					1,578	0,13	
4			R4		5					1,32	0,14	
5	T2	CA1 : CA2	R1		5					1,739	0,17	0,165
6			R2		5					1,817	0,19	
7			R3		5					1,568	0,17	
8			R4		5					1,861	0,13	
9	T3	CA2 : CA1	R1		5					1,366	0,15	0,14
10			R2		5					1,307	0,12	
11			R3		5					1,264	0,16	
12			R4		5					1,307	0,13	
13	T4	CA2 : CA2	R1		5					1,488	0,19	0,145
14			R2		5					1,362	0,13	
15			R3		5					1,375	0,11	
16			R4		5					1,485	0,15	

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 14-3 se observa el rendimiento de las biopelículas biodegradables a partir del almidón de chayote por cada tratamiento, las cantidades óptimas para el desarrollo de las mismas se muestran en la Tabla 15-5.

3.3.2. Análisis estadísticos para la película biodegradable

Tabla 15-3: Análisis de varianza de las biopelículas biodegradables a partir del almidón de chayote realizado en dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	T1	T2	Total
<i>RPM A</i>			
Cuenta	4	4	8
Suma	0,59	0,66	1,25
Promedio	0,1475	0,165	0,15625
Varianza	0,00049167	0,00063333	0,00056964
<i>RPM B</i>			
Cuenta	4	4	8
Suma	0,56	0,58	1,14
Promedio	0,14	0,145	0,1425
Varianza	0,00033333	0,00116667	0,00065
<i>Total</i>			
Cuenta	8	8	
Suma	1,15	1,24	
Promedio	0,14375	0,155	
Varianza	0,00036964	0,00088571	

Realizado por: (Paredes K, 2021).

Tabla 16-3: Análisis de Varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,00075625	1	0,00075625	1,15238095	0,304164232	4,74722535
Columnas	0,00050625	1	0,00050625	0,77142857	0,397021051	4,74722535
Interacción	0,00015625	1	0,00015625	0,23809524	0,634379003	4,74722535
Dentro del grupo	0,007875	12	0,00065625			
Total	0,00929375	15				

Realizado por: (Paredes K, 2021).

La Tabla 16-3 presenta el valor de 0,63 de la probabilidad de interacciones, lo cual, nos permite aceptar la hipótesis nula debido a la elección del grado de confiabilidad. Según Ordaz et al. (2014,

p.5), la hipótesis nula aceptada para el análisis estadístico ANOVA de dos factores indica que las medias poblacionales son iguales, por lo tanto, no es necesario recurrir al análisis TUKEY.

3.3.3. Formulaciones para la obtención de las biopelículas a partir del diseño 22

Tabla 17-3: Pruebas preliminares para la formulación del bioplástico

Formulación	Glicerina (ml)	Ácido Acético (ml)	Agua destilada (ml)	Almidón (gr)	Formación de película
A ₁	2	5	40	3	NO
A ₂	3	4	30	3	NO
A ₃	4	4	25	2	NO
A ₄	4	5	25	1	NO
A ₅	1,5	4	30	1,3	NO
A ₆	1,5	4	30	3	SI
A ₆	3	5	30	3	NO
A ₇	4	5	30	3	NO
A ₈	2	6	40	1,5	NO
A ₉	1,5	4	40	2	SI
A ₁₀	2,5	5	20	2	NO
A ₁₁	2	6	20	1,5	NO
A ₁₂	1,5	3	35	1,5	NO
A ₁₃	2	4	40	2	NO
A ₁₄	1,5	4	30	2	SI
A ₁₅	4	5	25	1	NO
A ₁₆	1,5	4	40	3	SI

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la Tabla 17-3 se exponen dieciséis tratamientos preliminares para la ejecución de las biopelículas biodegradables, donde, A₆, A₉, A₁₄, A₁₆ adquirieron las mejores características en cuanto a resistencia y elasticidad.

Tabla 18-3: Formulaciones seleccionadas para la realización de las biopelículas

Formulación	Glicerina (ml)	Ácido Acético (ml)	Agua Destilada (ml)	Almidón
T1	1,5	4	30	2
T2	1,5	4	30	3
T3	1,5	4	40	2
T4	1,5	4	40	3

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la tabla 18-3 se exponen los cuatro tratamientos seleccionados para el desarrollo de las diferentes pruebas físicas y mecánicas. Para la realización de las biopelículas se utiliza 1,5 ml de glicerina y 4 ml de ácido acético como valores constantes para los cuatro tratamientos, variando el agua destilada entre 30-40 ml y el almidón entre 2-3gr. Coincidiendo con la técnica de preparación de Aila-Suárez et al. (2013, p.2), que trabaja con 4% de almidón de chayote debido a las dimensiones del molde, lo que se presenta como el doble de la caja petri utilizada en esta investigación.

3.3.4. Resultados físicos y mecánicos en las biopelículas

3.3.4.1. Análisis sensorial del bioplástico obtenido

Tabla 19-3: Análisis sensorial del bioplástico obtenido

FORMULACIONES	PARÁMETROS			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
1	Transparente	Lisa	Media	Media
2			Baja	Buena
3			Media	Media
4			Buena	Buena

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la tabla 19-3 se identifican los parámetros del bioplástico que concuerdan con Enriquez et al. (2012, p.3), en transparencia y textura, debido a que el almidón a usar presenta un alto contenido de amilopectina, por lo que las películas obtenidas tendrán una mayor cristalinidad. La flexibilidad y resistencia recae netamente en los plastificantes manipulados, destacando a la glicerina pues le confiere suavidad a la estructura de la película otorgándole así mayor flexibilidad al manipularla.

3.3.4.2. Espesor

Tabla 20-3: Análisis de espesor

TRATAMIENTO	VARIABLE	PESO (g)	ESPESOR (mm)	MOLDEO
T1	CA1 : CA1	1,512	0,14	0,1475
		1,429	0,18	
		1,578	0,13	
		1,32	0,14	
T2	CA1 : CA2	1,739	0,17	0,165
		1,817	0,19	
		1,568	0,17	
		1,861	0,13	
T3	CA2 : CA1	1,366	0,15	0,14
		1,307	0,12	
		1,264	0,16	
		1,307	0,13	
T4	CA2 : CA2	1,488	0,19	0,145
		1,362	0,13	
		1,375	0,11	
		1,485	0,15	

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Para la realización de las películas biodegradables se tomó una caja Petri como molde, en cada placa se colocó un intervalo de masa entre 1,264 a, 1,485g por cada tratamiento. El promedio del espesor en los tratamientos fue 1,149. De acuerdo a la normal INEN 2542 (2010, p.3), una vez que el plásticos se encuentre completamente secos el espesor debe tener un rango entre 0-0,2 mm, parámetros que son cumplidos con la norma.

3.3.4.3. Solubilidad

Tabla 21-3: Análisis de solubilidad

	Peso inicial seco	Peso final seco	%Solubilidad
T1	0,160	0,089	44,202
T2	0,132	0,078	40,894
T3	0,134	0,068	49,339
T4	0,141	0,086	39,229

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Trujillo (2014, pp.71-76; citado en Morocho et al., 2021, p.632) manifiesta que los bioplásticos deben contener una solubilidad máxima del 70% para ser utilizados como envoltura en alimentos y recubrimiento de cápsulas medicina, aspecto que es favorable en nuestra investigación por los

rangos presentados en la tabla 21-3. Los autores García et al. (2015, p. 132), exponen que los almidones nativos o materiales biológicos al ser mezclados con un plastificante captan el agua incrementando la solubilidad, a diferencia de almidones modificados o almidones donde agregan nanopartículas, estos adsorben el agua pero su solubilidad es baja a diferencia de un almidón nativo (Santiago, 2015, p.54).

3.3.4.4. Permeabilidad

Tabla 22-3: Análisis de permeabilidad

	J(g)	Tiempo (h)	Area (m ²)	VTVA	Pw (Mpa)	e (m)	(RH1-RH2)	PVA (g/h*m*Mpa)
T1	0,0041	6	2,90E-04	2,3601	0,00317	1,47E-04	75	1,46E-03
T2	0,0032	6	2,49E-04	2,1432	0,00317	1,65E-04	75	1,49E-03
T3	0,0039	6	2,49E-04	2,6121	0,00317	1,40E-04	75	1,54E-03
T4	0,0034	6	2,69E-04	2,1081	0,00317	1,45E-04	75	1,29E-03

Realizado por: (Paredes K, 2022).

La permeabilidad de vapor de agua es una cualidad que hace referencia al control que tiene la biopelícula para transportar el agua en su interior, se encuentra relacionada a factores externos como temperatura, humedad y presión (Santiago, 2015, p.16). Al realizar el análisis con los tubos de ensayo y la sílice gel se pudo cuantificar mediante el paso de las 6 horas que los valores incrementaron entre sí, McHug et al. (1993; citado en Santiago (2015, p.76) señala que al aumentar el peso se eleva la energía para realizar la transferencia de masa en la lámina. El tratamiento el T4 gráfico 3-3 tuvo cierta notoriedad en el peso del tubo con un valor de permeabilidad de $1,29 \times 10^{-3}$ (g/h*m*Mpa) a una humedad relativa de 75% que comparado con el artículo de Terrazas-Hernández (et al., 2015, p.4) de la misma hortaliza con la diferencia de la adición de celulosa y nanopartículas y una humedad de 70-90% tienen una permeabilidad de $9,44 \times 10^{-11}$ (g/h*m*Mpa) viéndose afectada la permeabilidad, al igual que en el estudio de (Cruz Villegas, 2018, p.3) que disminuyó la permeabilidad $1,7 \times 10^{-10}$ (g/h*m*Mpa) por la adición de nanocelulosa. Al conocer permeabilidad de vapor de agua se puede determinar la protección que puede brindar el bioplástico al producto (Zamudio, 2014, p.19).

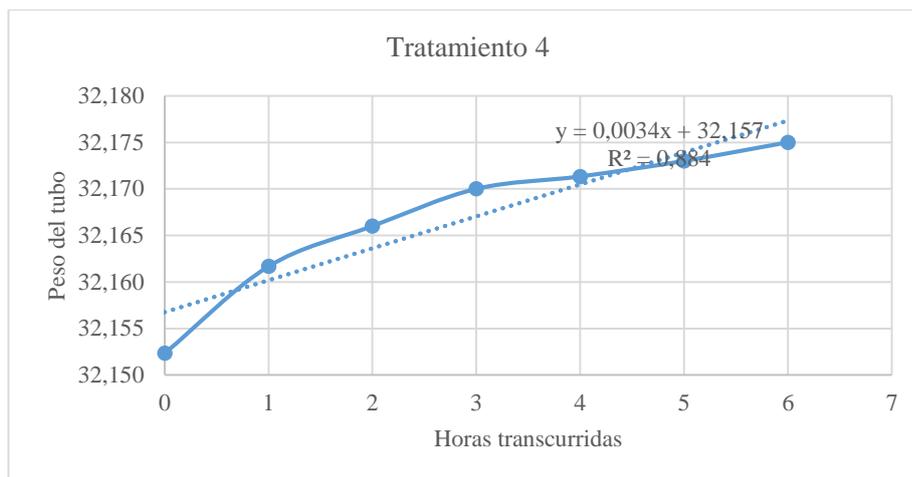


Gráfico 3-3: Permeabilidad de vapor de agua

Realizado por: (Paredes K, 2022).

3.3.4.5. Humedad

Tabla 23-3: Análisis de porcentaje de humedad

Porcentaje de Humedad %		
T1	23,183	25,910
	28,182	
	26,364	
T2	21,387	24,255
	28,001	
	23,377	
T3	21,176	24,362
	22,807	
	29,103	
T4	21,608	26,399
	30,263	
	27,326	

Realizado por: (Paredes K, 2021).

El porcentaje de humedad fue analizado con la ayuda de la balanza de humedad, entre los cuatro tratamientos y sus repeticiones existen valores en un rango de 24,255- 26,399%, Buensuceso (2010, p.52) en su tesis indica que el porcentaje de humedad presente en las biopelículas recae en la glicerina por sus propiedad humectantes, en otras palabras; la glicerina incrementa el carácter hidrofílico por consiguiente es un imán con el agua, reteniendo y alargando el tiempo de humedad en su interior. Jiménez (2017, p.69), recomienda que la humedad en los bioplásticos no puede excederse del 40% puesto que beneficia al desarrollo de una microbiota bacteriana ocasionando una descomposición inmediata.

3.3.4.6. Pruebas mecánicas

Tabla 24-3: Análisis pruebas mecánicas

No.	FORMULACIÓN	MÓDULO ELASTICIDAD (Mpa)	CARGA DE FLUENCIA (N)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	ELONGACIÓN (%)
1	T1	6,55E+00	0,68	0,74	0,82	0,9	0,56
2	T2	1,97E+01	1,55	1,78	1,81	2,08	0,36
3	T3	4,48E+00	0,54	0,71	0,56	0,74	0,52
4	T4	1,23E+01	0,72	0,79	0,76	0,83	1,68

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la tabla 24-3 se presentan los análisis realizados a las probetas de las láminas de plástico por cada tratamiento, análisis elaborado en la Máquina Universal de ensayos (WAW600B).

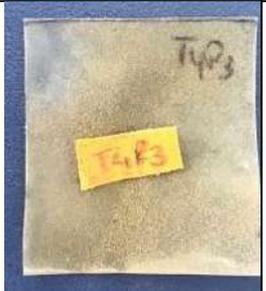
Citando a Nárvaez (2016, p.22) en su artículo utilizó el almidón maicena convencional y modificó el porcentaje de glicerina y el pH con ayuda de HCl y NaOH, indica que al variar la glicerina de 15-35% y un pH de 5 el esfuerzo máximo de la película está entre 1,09% y 2,69% y para el pH de 7 entre 0,81% y 1,05% valores que aumentan cuando la glicerina disminuye, datos que comparados con la investigación del chayote concuerdan debido a que el pH del chayote es 5,26, y su esfuerzo máximo se encuentra entre 0,74% y 2,08% por otro lado, en el ensayo de elongación (Espinoza Arroyo y Puglisevich Ruiz, 2019, p.96) usan almidón de yuca en sus bioplásticos, y para el ensayo varían el porcentaje de glicerina, al tener 3% de glicerina usan un esfuerzo de 0,1 kg al plástico en el cual se obtuvo porcentajes entre 0,9 a 1,5% valores que son progresivos con el aumento de esfuerzo.

Terrazas-Hernández et al. (2015, p.2), evidencia en su investigación que agrega nanocelulosa al almidón de chayote, puesto que, les confieren una mejor estabilidad y resistencia a las láminas de bioplástico por el aumento de enlaces en los puentes de hidrógeno minorando los espacios entre las cadenas poliméricas con un valor del 29% de elongación y 7,31 MPa para el esfuerzo máximo.

3.3.4.7. Biodegradabilidad

Para el ensayo de la biodegradabilidad se eligió tres factores que afectan directamente a la deterioración de las láminas, el suelo, la atmósfera y el agua.

Tabla 25-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con el suelo

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
			

Realizado por: (Paredes K, 2021).

La biopelícula en contacto con la tierra encogió su área desde la primera semana transcurrida, esto se debe directamente a la resequedad de la tierra utilizada. Para la segunda y tercera semana el porcentaje de degradabilidad incrementa, obteniendo películas duras y sin brillo, esto sucede porque no existe relación directa con la superficie y a su vez la tierra utilizada absorbe la humedad existente en la lámina. Para la cuarta semana la película no varió su área, se tornaron quebradizas.

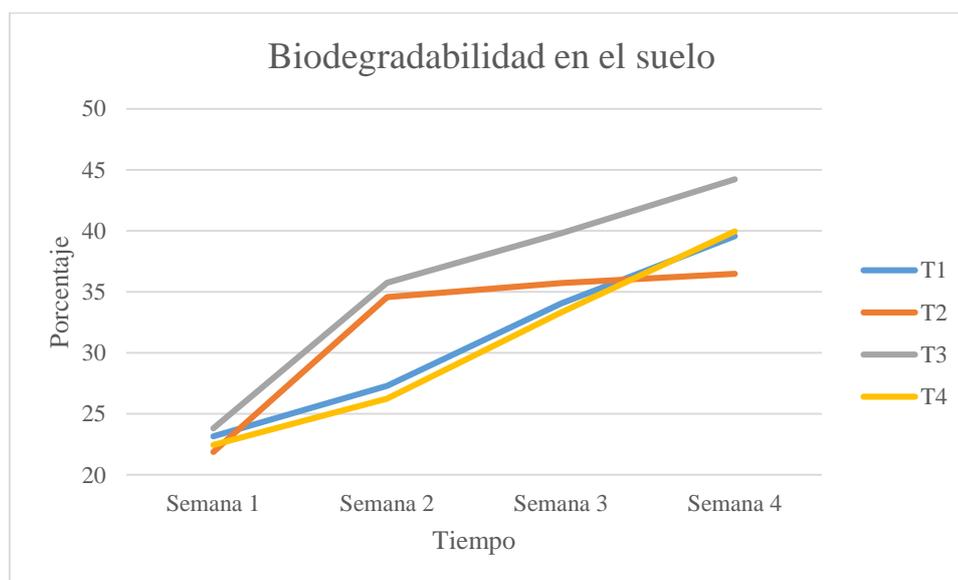
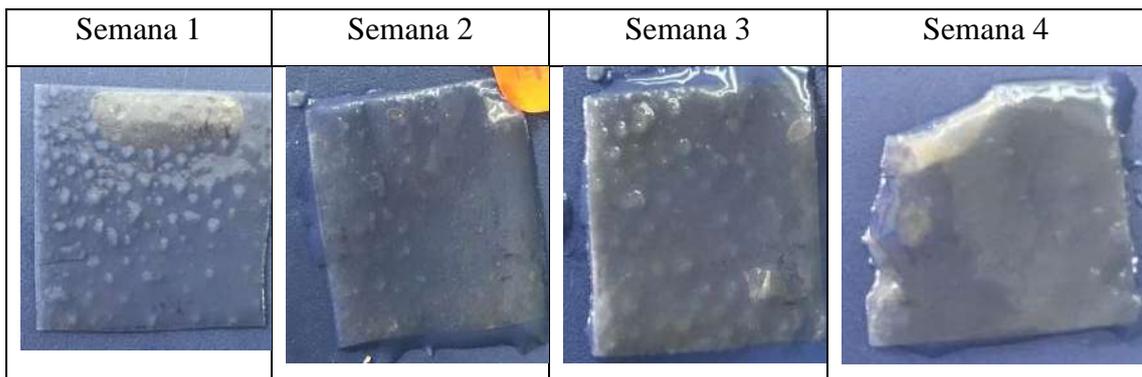


Gráfico 4-3: Determinación de biodegradabilidad en el suelo

Realizado por: (Paredes K, 2022).

Se puede observar en el diagrama que T1 Y T4 se degradan progresivamente asociándolo con la humedad presente en la película, puesto que tienen un porcentaje más alto de humedad lo que requiere más tiempo para que la tierra absorba el agua existente en las láminas. T2 y T3 al tener menor humedad son degradados desde la primera semana, llegando a tener una degradabilidad hasta del 40%.

Tabla 26-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con el agua



Realizado por: (Paredes K, 2021).

En la primera semana las películas presentaron burbujas diminutas en su interior y el área no se vio tan afectada. Para la semana dos las películas se tornaron pegajosas al retirarlas del agua para tomar su medida, en la tercera semana el agua donde se encontraban sumergidas las biopelículas se tornó un tanto turbia y en su última semana se deshicieron los bordes de las láminas como se observa en la tabla 26-3 y el agua contenía partículas muy pequeñas.

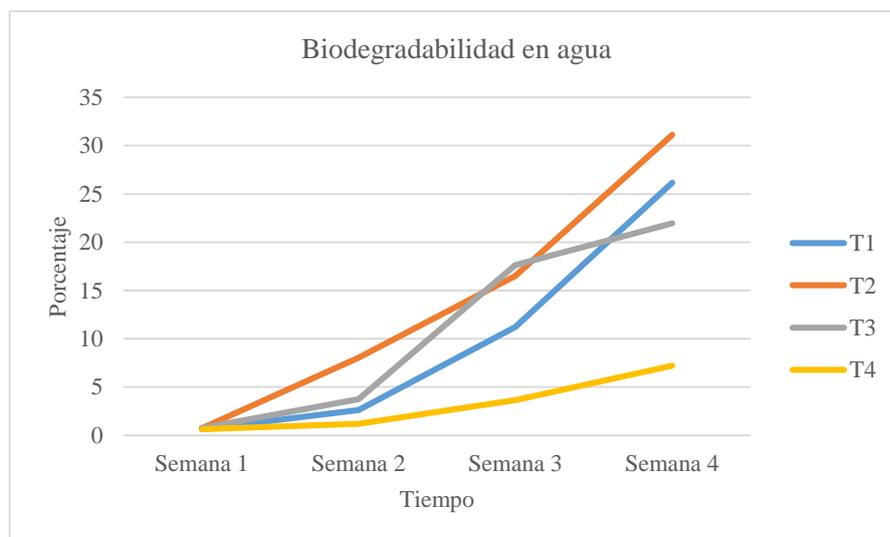


Gráfico 5-3: Determinación de biodegradabilidad en el agua

Realizado por: (Paredes K, 2022).

T1, T3 tienen el mayor porcentaje de solubilidad haciendo que se puedan degradarse con rapidez por sus propiedades de absorción del agua, si bien es cierto T2 se encuentra por encima de T1 y T3, pero esto se debe a la manipulación de la película porque al querer sacarla del agua sufrió pérdidas del borde de la lámina y T4 por tener menor solubilidad se degrada de a poco, llegando hasta el 8% de degradabilidad.

Tabla 27-3: Biodegradabilidad de películas en contacto con la atmósfera

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
			

Realizado por: (Paredes K, 2021).

En las láminas se pudo evidenciar que no afectaba tanto al dejarlas en la atmósfera, lo que se ve reflejado en la variación de porcentajes.

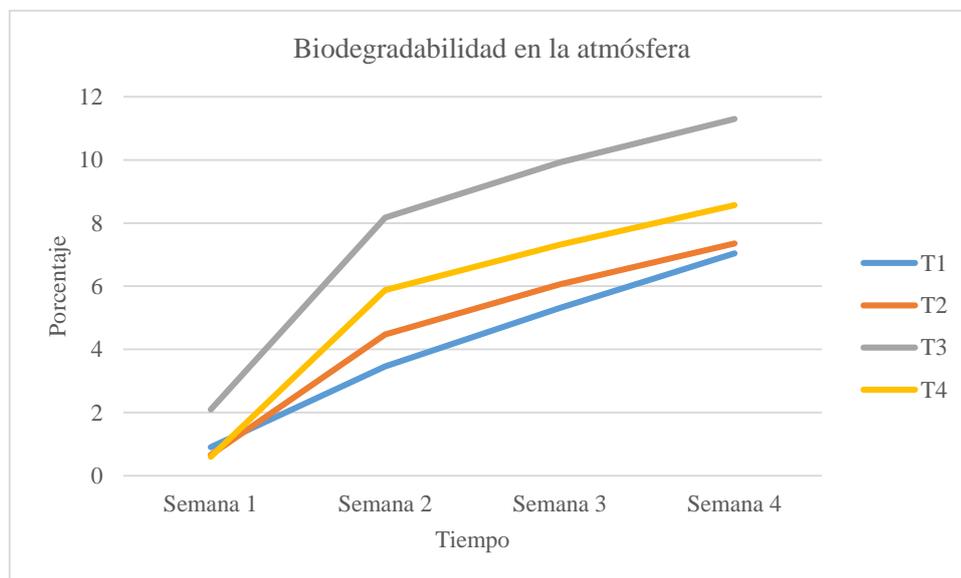


Gráfico 6-3: Determinación de biodegradabilidad en la atmósfera

Realizado por: (Paredes K, 2022).

T3 T4 T2 Y T1 se degradaron hasta el 12% con el vapor de agua del ambiente lo que significa que cada una capta el vapor de agua de la atmósfera dependiendo el lugar, en el caso de la investigación se la colocó en diferentes partes de un departamento.

3.3.4.8. Aplicación de la lámina

Para validar la investigación y aplicarla en la industria se recubrió con láminas unas uvillas y se dejó una uvilla a la intemperie como referencia. En su estado inicial la uvilla presentó textura suave y lisa que con el pasar de los días la uvilla de referencia se encogió y presentó manchas

cafés en sus alrededores, a diferencia de la uvilla que se mantuvo recubierta, esta conservó su color sin presentar las manchas y no se encogió tanto como la de referencia, cabe recalcar que la prueba visual se la realizó durante 7 días y a pesar de mantener a la uvilla por más tiempo en condiciones favorables, esta película no es al 100% efectiva.

Tabla 28-3: Resultados de biodegradabilidad de la fruta con recubierta con el bioplástico

Estado inicial	Con bioplástico	Imterperie
		

Realizado por: (Paredes K, 2021).

CONCLUSIONES

- El almidón de chayote (*Sehium edule*) se extrajo mediante el método húmedo con la aplicación de un diseño experimental factorial 2^k donde las variables tiempo y revoluciones por minuto afectaron el rendimiento de los tratamientos, el mejor tratamiento fue obtenido en un tiempo de 60 segundos a una velocidad alta con un porcentaje de 1,90% esto se corroboró mediante un análisis de varianza ANOVA y TUKEY.
- Los resultados de la caracterización físico-química del almidón de chayote fueron los siguientes: pH 5,26, viscosidad 1150 cP, temperatura de gelatinización 63°C, solubilidad 1,8%, Amilosa 27,3% y amilopectina 72,7%, estos valores se encuentran en condiciones se encuentran dentro de los rangos requeridos. Para el análisis proximal se obtuvieron los valores de; ceniza 0,64%, humedad 12,75%, fibra 0,98%, grasa 0,60%, proteína 0,27% y carbohidratos totales 84,76%, algunos de resultado tuvieron variación debido a las condiciones de obtención del almidón y el tiempo de madurez, y para finalizar, se realizaron los análisis microbiológicos las coliformes totales 80 UFC/g, mohos y levadura 200 UFC/g y ausencia de coliformes fecales, todas estas características le confirieron las propiedades al almidón para la realización de las biopelículas.
- Las formula que obtuvo mejores características en cuanto a solubilidad, permeabilidad, humedad y transparencia fue la T4 con 3 gramos de almidón 1,5ml de glicerina, 40ml de agua destilada y 4ml de ácido acético. El chayote es una hortaliza que a nivel de investigación no ha sido tan explotada por ende los parámetros a los que se sometieron las biopelículas son comparados con almidones comerciales y almidones que son modificados, es por esto que los datos reflejados en esta investigación son totalmente auténticos.
- Las láminas utilizadas como recubrimiento en la fruta seleccionada fueron realizada durante 7 días, en los cuales se pudo constatar que la Biopelícula es de ayuda para detener el tiempo de madurez e incluso actuar como barrera microbiana con la atmósfera, ya que en sus propiedades presenta permeabilidad ante la presencia de agua, concluyendo que si pueden ser utilizadas.

RECOMENDACIONES

- Para la extracción del almidón en el chayote se recomienda ver el grado de madurez de la fruta como dato importante, debido a que se depende de este análisis para obtener una mayor cantidad de almidón.
- Reutilizar los desechos del chayote para distintas investigaciones.
- Mantener herméticamente seguro el almidón puesto que al entrar en contacto con el aire se crea mohos y levaduras.
- Es necesario tomar a tiempo la temperatura de gelatinización, de esta dependen varias pruebas a realizar.
- Utilizar distintas técnicas de laboratorio para mejorar los resultados de cada análisis.

BIBLIOGRAFÍA

AGRARIA, A. Obtención , purificación y caracterización de almidón de raíz de calabacilla loca (Cucurbita foetidissima HBK) y sus potenciales aplicaciones. 2018.

AILA-SUÁREZ, S., PALMA-RODRÍGUEZ, H.M., RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, A.I., HERNÁNDEZ-URIBE, J.P., BELLO-PÉREZ, L.A. y VARGAS-TORRES, A. Characterization of films made with chayote tuber and potato starches blending with cellulose nanoparticles. *Carbohydrate Polymers* [en línea], 2013, vol. 98, no. 1, pp. 102-107. ISSN 01448617. DOI 10.1016/j.carbpol.2013.05.022. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.05.022>.

ALARCÓN, S. *Cultura y salud; investigación de chayote para el desarrollo de propuestas gastronómicas*. S.l.: 2015. ISBN 1723906077.

AVELLÁN, A., DÍAZ, D., MENDOZA, A., ZAMBRANO, M., ZAMORA, J. y RIERA, M.A. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.). [en línea], (Trabajo de titulación). 2019. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/index.html>.

AVENDAÑO-ARRAZATE, C.H., CADENA-IÑIGUEZ, J., ARÉVALO GALARZA, M. de L.C., CAMPOS ROJAS, E., CISNEROS SOLANO, V.M. y AGUIRRE MEDINA, J.F. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. [en línea], 2010 S.l.: s.n. ISBN 9786077533795. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231856/Las_variedades_del_chayote_mexicano.pdf.

BENITEZ, C.G., PECE, M.G. y GALINDEZ, M.J. de. Análisis de la Varianza en Experimentos Factoriales: Cátedra de Estadística Forestal. *Serie Didáctica Nro 21*. [en línea], 2010, pp. 46. Disponible en: <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/sd-21-estadistica.pdf>.

BUENSUCESO, V. "Elaboración Y Caracterización De Biopelículas a Partir De Almidón De Yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)" (Trabajo de titulación) Instituto Politécnico Nacional. 2010.

BULÉON, A., COLONNA, P., PLANCHOT, V. y BALL, S. Starch granules: Structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 23, no. 2, 1998, pp. 85-112. ISSN 01418130. DOI 10.1016/S0141-8130(98)00040-3.

CABEZAS, M. Determinación de la variación en la resistencia a la compresión de la pasta de cemento tipo I mediante la adición de 20% de zeolita I y curado en aire. 2008. pp. 121.

CASTRO RODRÍGUEZ, J.M., TOLEDO DÍAZ, A.M., RODRÍGUEZ GALDÓN, B., PERDOMO MOLINA, A., RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E.M. y DÍAZ ROMERO, C., 2015. Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2015, (España), vol. 65, no. 4, pp. 243-253. ISSN 23095806.

CENTENO, J.C.M. (Trabajo de Graduación), 2009, pp. 29.

CERDAS, M. Determinación del valor energético y las fracciones digeribles del almidón de tres variedades de chayote (*sechium edule*) de cultivo y consumo usual en costa rica con diferentes grados de madurez y cocción. *Nuevos sistemas de comunicación e información* (2020), pp. 2013-2015.

CORREA, M., PÉREZ, C., TERESA, A., VILLEGAS, D. y MARINA, A. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber* (2014), vol. 26, no. 2, pp. 182-188. ISSN 2343-6468.

CRUZ, A. y LÓPEZ, M.T.J. DINÁMICA DE LA FORMACIÓN DE LA RAÍZ TUBERIZADA DEL CHAYOTE (*Sechium edule* Sw.) EN SU PRIMER AÑO DE CULTIVO. *Revista Chapingo Serie Horticultura* (2005), vol. XI, no. 1, pp. 13-19. ISSN 1027152X. DOI 10.5154/r.rchsh.2003.12.083.

CRUZ VILLEGAS, R. Estudios relacionados con la raíz tuberizada de chayote. *Food Carbohydrates Chemistry, Physical Properties and applications*[en línea], 2018, pp. 4. S.l.: s.n. ISBN 9780849315749. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icap/n5/r1.html#refe1>.

ENRIQUEZ, N., VELASCO, R. y ORTIZ, V. Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* (2012), vol. 10, no. 1, pp. 182-192.

ESPINOZA ARROYO, F.H. y PUGLISEVICH RUIZ, D. Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo (Trabajo de titulación). [en línea]. 2019. Disponible en: [https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA ARROYO%2CFranco Herbert%3BPUGLISEVICH RUIZ%20Diana Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA_ARROYO%2CFranco%20Herbert%3BPUGLISEVICH%20RUIZ%20Diana%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

FERNÁNDEZ, S.B. DISEÑO DE EXPERIMENTOS: DISEÑO FACTORIAL Memoria y Anexos Autor. *Memoria y anexos*, 2020, vol. 2, no. 4, pp. 19-22.

FERRER, Y. *Efecto de aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de chayote (Sechium edule) de la variedad vierens levis en la calidad y vida útil de la fresa (Fragaria ananassa)* [en línea], 2020. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/JPPP/article/download/83/65%0Ahttp://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L603546864%5Chttp://dx.doi.org/10.1155/2015/420723%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76>.

FLORES, N.L., ACOSTA, G. y PEREZ, C. *Aplicación de productos naturales en la elaboración de películas comestibles*[en línea], 2016. S.l.: s.n. ISBN 9786074028218.

GARCÍA, O., PINZÓN, M. y LUCAS, C. *PROPIEDADES FÍSICAS Y ÓPTICAS DE PELÍCULAS A BASE DE ALMIDÓN DE PLÁTANO GUAYABO (Musa paradisiaca L.)* [en línea], 2015. S.l.: s.n.

GARZÓN, MARÍA DE LOURDES. Caracterización y pregelatinización del almidón de chayote. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*. 2016a, vol. 37, pp. 18-28.

GARZÓN, MARIA DE LOURDES, 2006b. Compactación de almidón de chayote retrogradado. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéutica.*, 2006b, vol. 37, no. 003, pp. 29-39.

GONZÁLES, L., HERNÁNDEZ, J. y GUEMES, N. Chayotextle (sechium edule), posible ingrediente en la elaboración de los productos libres de gluten.e. ,2018.

GRANADOS, C.C., ENRIQUE GUZMAN, L.C., ACEVEDO, D.C., DÍAZ, M.M. y HERRERA, A.A. Propiedades funcionales del almidon de sagu (maranta arundinacea) funcionales properties sago starch (maranta arundinacea) propriedades funcionais do amido de araruta (maranta arundinacea). *Bioteχνología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, , 2014, vol. 12, no. 2, pp. 90-96.

GUÍZAR MIRANDA, A. *Obtención y caracterización física y química del almidón de «camote de cerro» (Dioscorea spp.).* 2009, S.l.: s.n.

INEN 2542. *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion.*..2010.

IÑIGUEZ, J.C., HERNÁNDEZ, M.S., GALARZA, M.D.L.A., ARRAZATE, C.H.A., MEDINA, J.F.A. y POSADAS, L.D.M.R. Caracterización bioquímica de variedades domesticadas de chayote *Sechium edule* (Jacq.) Sw. Comparadas con parientes silvestres. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 2011, vol. 17, no. 2 SPL, pp. 45-55. ISSN 1027152X.

JIMÉNEZ, C. *Evaluación de polímeros en pseudotallos de Musa acuminata AAA, Musa sapientum ABB y Musa paradisiaca AAB para elaboración de bioplástico* [en línea]. 2017. Disponible en: http://aleph.ecosur.mx:8991/exlibris/aleph/a22_1/apache_media/9MMIH2FGXFUT53TBDJTM15FLQ7HDVN.pdf.

JIMÉNEZ, J., SALAZAR, J. y RAMOS, E. Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison with potato and maize starches. *Carbohydrate Polymers*, 2007, vol. 68, no. 4, pp. 679-686. ISSN 01448617. DOI 10.1016/j.carbpol.2006.07.035.

LAM, F. Guía técnica del cultivo de tayota (*Sechium edule*). [en línea], 2016, pp. 22. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2978/1/BVE17058902e.pdf>.

MEAÑO, N., CIARFELA, A. y DORTA, A. Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber*, 2014, vol. 26, no. 2, pp. 182-188. ISSN 2343-6468.

MOROCHO, M., DALGO, V., FLORES, L. y CHANGO, G. Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2021, vol. 7, pp. 623-637. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2114>.

NARVÁEZ-GONZÁLEZ, E.D., CÁRDENAS, J.D.D.F., TABA, S., CASTAÑO TOSTADO, E. y MARTÍNEZ PENICHE, R.Á. Effect of starch granule size on the thermal and pasting properties of maize. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 2007, vol. 30, no. 3, pp. 269-277. ISSN 0187-7380.

NÁRVAEZ, M. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón (Trabajo de titulación). *Colegio de Ciencias e Ingenierías S.l.: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO*. 2016.

NTE INEN 1456. *Reactivos Para Análisis Almidón Soluble*. 2012.

NTE INEN 1529-7. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*.1990.

ORDAZ, J., MELGAR, M. del C. y RUBIO, C. Métodos estadísticos y Econométricos en la empresa y para finanzas. *Universidad Pablo de Olavide* [en línea], 2014, pp. 1-237. Disponible en:

https://www.upo.es/export/portal/com/bin/portal/upo/profesores/jaordsan/profesor/1311101268463_mxtodos_estadisticos_y_economxtricos_en_la_empresa_y_para_finanzas.pdf.

OSORIO, A. y RUBIANO, K. Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banano y fibra natural como agente de refuerzo a nivel laboratorio. 2019, vol. 126, no. 1, pp. 1-7.

PALMA-RODRÍGUEZ, H., SALGADO-DELGADO, R., PÁRAMO-CALDERÓN, D., VARGAS-TORRES, A. y MEZA-NIETO, M. Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*, 2017, vol. 27, no. 1, pp. 26-33. ISSN 0188-6266. DOI 10.15174/au.2017.1215.

PARRA, R., BARRERA, Y. y VARGAS, L. Efecto de la temperatura y ph en la velocidad de precipitación y rendimiento de almidón de papa criolla (*solanum phureja*).2012.

PINEDA-GÓMEZ, P., CORAL, D.F., ARCINIEGAS, M.L., RORALES RIVERA, A. y RODRÍGUEZ GARCÍA, M.E. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia - ing.cienc.* [en línea], 2010, vol. 6, no. 11, pp. 129-141. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/252>.

QUINTERO, M. y ZAMBRANO, J.. Proceso de obtención de una harina de cidra papa (*Sechium edule*) y su caracterización físico-química. (2011), pp. 43.

SALGADO, R., PATERNINA, A., COHEN, C. y RODRIGUEZ, J. Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. [en línea], 2019, pp. 4. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642019000400093#B9.

SALOMÓN, C.I. Caracterización del Hongo causante de la Mnacha del Chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz.; En la Región de Las Margaritas, Chiapas, México. *Universidad autónoma agraria «antonio narro»*. Mexico. 2006. pp. 66.

SANTIAGO, M. Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado. [en línea]. 2015. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46809/SantiagoSantiagoMaricela.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

SOLARTE-MONTÚFAR, J.G., DÍAZ-MURANGAL, A.E., OSORIO-MORA, O. y MEJÍA-ESPAÑA, D.F. Rheological and functional properties of the starch from three varieties of Creole potato. *Informacion Tecnologica*, 2019, vol. 30, no. 6, pp. 35-44. ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642019000600035.

TERRAZAS-HERNÁNDEZ, J.A., RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, A.I., BERRIOS, J.J., IMAN, S.H., GLENN, G.M. y VARGAS-TORRES, A., 2015. Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón de la raíz tuberosa de la planta del chayote (*sechium edule sw*), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa. 2019, vol. 1, pp. 8. DOI 10.29057/ICAP.V1I2.985.

TOVAR BENÍTEZ, T.. “ Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*zea mays* l) obtenido. 2008 .

VERA BRAVO, A.F. y CHAVARRÍA CHAVARRÍA, M.A., 2020. Extracción y caracterización del almidón de papa (*solanum tuberosum*) variedad leona blanca. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, vol. 10, no. 2, pp. 26-34. ISSN 2413-192X. DOI 10.5377/elhigo.v10i2.10550.

WUTTISELA, K., SHOBSNGOB, S., TRIAMPO, W. y TRIAMPO, D. Amylose/amylopectin simple determination in acid hydrolyzed tapioca starch. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 2008, vol. 53, no. 3, pp. 1565-1567. ISSN 07179707. DOI 10.4067/S0717-97072008000300002.

YANG, L., SUN, Y.H., LIU, Y., MAO, Q., YOU, L.X., HOU, J.M. y ASHRAF, M.A. Effects of leached amylose and amylopectin in rice cooking liquid on texture and structure of cooked rice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 2016, vol. 59, no. Specialissue, pp. 1-11. ISSN 16784324. DOI 10.1590/1678-4324-2016160504.

YOUNG, A. y TABA, S. Fractionation of Starch. *Starch: Chemistry and Technology*. 1984, pp. 249-283. DOI 10.1016/b978-0-12-746270-7.50014-8.

YURIVILCA MARTINEZ, C.W. Obtención de fruta confitada a partir del chayote (sechium edule. L) por el método del proceso lento (Trabajo de titulación) [en línea]. 2002, pp. 130. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/207/FIA-128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ZAMUDIO, G. *Aplicaciones de las biopelículas comestibles en la industria alimentaria* [en línea]. 2014. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17676/0519674.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CHAYOTE

<p>a) </p>	<p>b) </p>	<p>c) </p>	<p>d) </p>		
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Kelly Estefanía Paredes Zambrano</p>	<p>Obtención de almidón de Chayote</p>		
<p>a) Selección de materia prima b) Proceso de licuado c) Tamizar el almidón d) Secado a temperatura ambiente</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p>LÁM:</p>	<p>ESC:</p>	<p>FECHA:</p>
			<p>1</p>	<p>1:40</p>	<p>12/08/2021</p>

ANEXO B: ALMIDÓN DE CHAYOTE



a)



c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Kelly Estefanía Paredes Zambrano	Almidón de Chayote		
a) Almidón seco	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁM:	ESC:	FECHA:
b) Tamización de almidón			1	1:40	12/09/2021
c) Almidón tamizado					

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL CHAYOTE

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>			
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Kelly Estefanía Paredes Zambrano </p>	<p align="center">Análisis físico-químico del Chayote</p>		
<p>a) pH b) Ceniza c) Solubilidad</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>		<p>LÁM:</p>	<p>ESC:</p>	<p>FECHA:</p>
			<p align="center">1</p>	<p align="center">1:40</p>	<p align="center">12/09/2021</p>

ANEXO D: PRUEBAS MECÁNICAS EN EL BIOPLÁSTICO



a)



b)



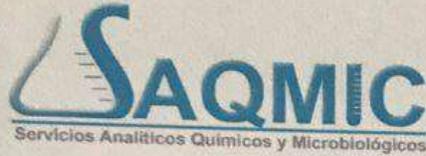
c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Kelly Estefanía Paredes Zambrano	Pruebas mecánicas en el bioplástico		
a) Tratamientos prueba error b) T1 secado de lamina c) Maquina utilizada para las pruebas mecánicas	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁM:	ESC:	FECHA:
			1	1:40	12/09/2021

ANEXO E: MEJOR TRATAMIENTO T1 PARA LA ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO



ANEXO F: ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRA DE ALMIDÓN



RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Kelly Estefanía Paredes Zambrano
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Chayote
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-01-16
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-25

Examen Físico

COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Polvo

Examen Microbiológico

Almidón de Chayote			
Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	80
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	200

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.



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

ANEXO G: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

NOMBRE: Kelly Estefanía Paredes Zambrano	
TIPO DE MUESTRA	
Muestra	Almidón de Chayote
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 20 de agosto del 2020	
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 09 de septiembre de 2021	

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Determinaciones	Unidades	* Métodos de Análisis	Resultado
Fibra cruda	%	Método gravimétrico Digestión ácida y básica	0.98
Proteína	%	Método Kjeldahl	0.272
Grasa	%		0.60

RESPONSABLE:



Dra. Gina Álvarez R.

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

ANEXO H: AMILOSA Y AMILOPECTINA

MC-LSAIA-2201-03



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. Cutugagua Tlts. 2690691-3007134. Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 21-045

NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Kelly Paredes Zambrano	INSTITUCIÓN:	Particular
DIRECCIÓN:	Riobamba	ATENCIÓN:	Srta. Kelly Paredes Za
FECHA DE EMISIÓN:	12/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	02/02/2021
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 2 al 11 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	12H22
		ANÁLISIS SOLICITADO	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1979					
UNIDAD	%	%				
21-0276	13,58	27,30				Almidón de semilla de chayote.

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



Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME





Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por 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 por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO I: PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 1



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Kelly Estefania Paredes Zambrano
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN UNA BIOPELICULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (<i>scochium edule</i>) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.34
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.92
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.553 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.68
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.74
CARGA MAXIMA [N]	0.82
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.90
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.56
OBSERVACIONES:	



Aprobado por:

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

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

1/1

ANEXO J: PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 2



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Kelly Estefania Paredes Zambrano
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN UNA BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (sechium edule) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	8.68
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.87
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.967.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.55
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.78
CARGA MAXIMA [N]	1.81
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.08
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.36
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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



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

1/1

ANEXO K: PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 3



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Kelly Estefanía Paredes Zambrano
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN UNA BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (<i>scohiatt edule</i>) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	7.58
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.76
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.483.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.54
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.71
CARGA MAXIMA [N]	0.56
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.74
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.52
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

ANEXO L: PRUEBAS MECÁNICAS TRATAMIENTO 4



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Kelly Estefanía Paredes Zambrano
PROYECTO DE TESIS:	"ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN UNA BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL CHAYOTE (sechium edule) PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL.	T4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.28
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.91
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.229.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.72
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.79
CARGA MÁXIMA [N]	0.76
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	0.83
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1.68
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

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

1/1

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

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmay.com
Riobamba - Ecuador



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 04 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Kelly Estefania Paredes Zambrano</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.04.12 12:16:27 -05'00'



0663-DBRA-UTP-2022