



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OBTENCIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ CHULPI (*Zea Mays Amylosaccharata*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS.

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JHOMARA ELIZABETH MAZA MARTÍNEZ

DIRECTORA: ING. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSC.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Jhomara Elizabeth Maza Martínez**

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

Yo, Jhomara Elizabeth Maza Martínez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 08 de septiembre de 2021

JHOMARA
ELIZABETH
MAZA
MARTINEZ

Firmado digitalmente
por JHOMARA
ELIZABETH MAZA
MARTINEZ
Fecha: 2021.10.20
10:15:44 -05'00'

Jhomara Elizabeth Maza Martínez

060427737-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación. **OBTENCIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ CHULPI (*Zea Mays Amylosaccharata*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por la Srta.: **JHOMARA ELIZABEH MAZA MARTÍNEZ**, 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. Danielita Fernanda Borja Mayorga MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA	2021-09-08
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	2021-09-08
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: DARIO FERNANDO GUAMAN LOZADA	2021-09-08

DEDICATORIA

Se la dedico a mis padres que han sido el pilar fundamental y han sacrificado su vida para verme triunfar y ser la mejor, a mi madre por enseñarme a ser perseverante y a mi padre por enseñarme a dar el 101% en las metas que me trazaba; porque me dedicaron su vida entera y me dieron lecciones de vida que jamás podre devolvérselos. Se la dedico a mis hermanos porque siempre tuve que levantarme y seguir para ser el ejemplo para ellos, y quiero que logren mayores triunfos; porque fueron mi fortaleza para nunca decaer y siempre protegerlos. Y se la dedico a mi esposo por apoyarme en este trayecto de mi vida y ser mi guía.

Jhomara

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien es el q me permite estar cumpliendo este sueño, y el que me permitió caminar todo este proceso con salud y vida; a mi abuelito Alejandrino Maza quien es mi luz en el cielo junto a mi Mary querida y están celebrando mi triunfo hoy; al hombre de mi vida Luis Maza que me dio la oportunidad de superarme y me permitió ser libre en mis decisiones, a Victoria Martínez mi madre que ha sido mi fuente de inspiración, a Daya y Alejandrino mis hermanos que han sido mi fuerza constante, a mi amorcito Jorge Villavicencio que ha sido mi apoyo diario, y finalmente a mi Tita que ha sido mi compañera de tareas y mi ángel. En fin, a todas las personas que están aquí les agradezco por aguantarme y estará a mi lado en mis noches de desvelo, en mis malos momentos y en mi gran éxito que es este y también por ayudarme limpiando el quintal de maíz.

Jhomara

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1.	Antecedentes de la investigación.....	2
1.2.	Marco teórico	4
1.2.1.	Maíz	4
1.2.1.1	<i>Tipos de maíz</i>	5
1.2.1.2	<i>Composición química del grano de maíz.....</i>	6
1.2.2	Maíz Chulpi.....	6
1.2.2.1.	<i>Descripción del cultivo</i>	7
1.2.2.2.	<i>Zonas de cultivo</i>	7
1.2.2.3.	<i>Valor nutritivo del grano de maíz chulpi</i>	8
1.2.3.	Almidón.....	9
1.2.3.1.	<i>Amilosa</i>	10
1.2.3.2.	<i>Amilopectina</i>	10
1.2.3.3.	<i>Operaciones preliminares en la obtención de almidón</i>	11
1.2.4.	Bioplásticos.....	12
1.2.4.1.	Clasificación de bioplásticos:	12
1.2.4.2.	<i>Tipos de plásticos.....</i>	15
1.2.4.3.	<i>Ventajas de los bioplásticos.....</i>	17
1.2.4.4.	<i>Aplicaciones para embalaje de alimentos</i>	17
1.2.5.	Plastificantes y Aditivos	18
1.2.5.1.	<i>Glicerina</i>	18
1.2.5.2.	<i>Ácido acético.....</i>	19
1.2.5.3.	<i>Estabilizantes</i>	19
1.2.5.4.	<i>Lubricantes</i>	20
1.2.6.	Tiempo de biodegradación	20

1.2.7.	<i>Diferencias entre bioplásticos y plásticos convencionales</i>	20
1.2.8.	<i>Empresa Madre de Compost en Paraguay</i>	21

CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	22
2.1.	Objetivos	22
2.1.1.	<i>Objetivo General</i>	22
2.1.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	22
2.2.	Hipótesis y especificación de variables	22
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	22
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	23
2.2.3.	<i>Identificación de variables</i>	23
2.2.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	24
2.2.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	26
2.3.	Tipo y diseño de investigación	28
2.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	28
2.3.2.	<i>Diseño experimental de la investigación</i>	29
2.3.2.1.	<i>Diseño factorial 2k para la obtención del almidón de maíz chulpi.</i>	29
2.3.2.2.	<i>Diseño factorial 2k para la formulación de biopelícula a partir del almidón de maíz chulpi.</i>	30
2.3.3.	<i>Descripciones de materia prima, reactivas, materiales y equipos</i>	35
2.3.3.1.	<i>Equipos:</i>	35
2.3.3.2.	<i>Materiales:</i>	35
2.3.3.3.	<i>Reactivos:</i>	36
2.4.	Unidad de Análisis	36
2.5.	Población de Estudio	36
2.6.	Tamaño de Muestra	37
2.7.	Selección de muestra	37
2.8.	Técnicas de Recolección de Datos	37
2.8.1.	<i>Técnica de extracción del almidón</i>	37
2.8.2.	<i>Formulaciones</i>	39
2.8.3.	<i>Caracterización del almidón, determinación de análisis proximal</i>	39
2.8.3.1.	<i>Prueba de pH:</i>	39
2.8.3.2.	<i>Densidad</i>	40
2.8.3.3.	<i>Viscosidad</i>	41
2.8.3.4.	<i>T° de gelatinización</i>	41

2.8.3.5.	<i>Índice de solubilidad</i>	42
2.8.3.6.	<i>Humedad</i>	42
2.8.3.7.	<i>Ceniza</i>	43
2.8.3.8.	<i>Fibra</i>	43
2.8.3.9.	<i>Proteína</i>	45
2.8.3.10.	<i>Carbohidratos totales</i>	47
2.8.3.11.	<i>Amilosa y Amilopectina</i>	47
2.8.3.12.	<i>Levaduras, mohos y coliformes totales</i>	47
2.8.3.13.	<i>Prueba de Lugol</i>	47
2.8.4.	<i>Técnicas de formulación de bioplástico a partir de almidón de maíz chulpi</i>	47
2.8.4.1.	<i>Análisis sensorial</i>	49
2.8.4.2.	<i>Determinación de espesor</i>	49
2.8.4.3.	<i>Humedad del bioplástico</i>	50
2.8.4.4.	<i>Solubilidad del plástico</i>	50
2.8.4.5.	<i>Permeabilidad del plástico</i>	51
2.8.4.6.	<i>Pruebas de tracción del bioplástico</i>	52
2.8.4.7.	<i>Prueba de biodegradabilidad</i>	52

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1.	Resultados	54
3.1.1.	<i>Resultados de la aplicación del diseño factorial 22 para determinar el mejor rendimiento del almidón de maíz chulpi.</i>	54
3.1.2.	<i>Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón de maíz chulpi.</i>	58
3.1.3.	<i>Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico 22.</i>	59
3.1.4.	<i>Resultados de la caracterización de bioplásticos ensayos físicos y mecánicos.</i>	62
3.1.4.2.	<i>Contenido de humedad</i>	64
3.1.4.3.	<i>Solubilidad</i>	65
3.1.4.4.	<i>Permeabilidad</i>	67
3.1.4.5.	<i>Ensayo de Tracción</i>	69
3.1.4.6.	<i>Biodegradabilidad</i>	71
3.1.5.	<i>Resultados de la aplicación de la biopelícula en el producto</i>	74
3.2.	Pruebas de hipótesis	75

3.2.1.	<i>Determinación de las características de la biopelícula para el embalaje de alimentos.</i>	75
3.2.2.	<i>Determinación de la eficiencia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón, evaluación los 4 tratamientos a través del estudio factorial 22, formulación de la biopelícula basándose en la concentración de almidón y glicerina, y la aplicación del producto final en la biopelícula obtenida.</i>	75
3.2.2.1.	<i>Determinación de la eficiencia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón.</i>	75
3.2.2.2	<i>Evaluación de los 4 tratamientos a través del estudio factorial 22 para la extracción de almidón determinando si la materia prima es la ideal para la posterior formulación de biopelículas.</i>	76
3.2.2.3.	<i>Determinación de la formulación óptima de la biopelícula según la aplicación del diseño factorial 22, mediante el análisis estadístico ANOVA.</i>	76
3.2.2.4.	<i>Determinación de la aplicación del bioplástico sintetizado.</i>	77
3.3.	Discusión de Resultados	78
3.3.1.	<i>Análisis de resultados de la caracterización del almidón extraído a base de almidón de maíz chulpi (Zea Mays Amylosaccharata)</i>	78
3.3.2.	<i>Análisis de resultados de la caracterización de la biopelícula en base al almidón de maíz chulpi</i>	79
3.3.2.1.	<i>Análisis sensorial de la biopelícula.</i>	80
3.3.2.2.	<i>Análisis de determinación de espesor.</i>	80
3.3.2.3.	<i>Análisis de determinación de humedad</i>	81
3.3.2.4.	<i>Análisis de determinación de Solubilidad</i>	81
3.3.2.5.	<i>Análisis de determinación de permeabilidad</i>	82
3.3.2.6.	<i>Análisis de determinación de la prueba de tracción</i>	82
3.3.2.7.	<i>Análisis de determinación de la Biodegradabilidad del plástico.</i>	83
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Clasificación taxonómica del maíz	4
Tabla 2-1.	Clases de maíz de la Cordillera Ecuatoriana.....	5
Tabla 3-1.	Producción de maíz suave amarillo en la región sierra.....	7
Tabla 4-1.	Área cultivada con maíz suave en Ecuador, para el año 2016	8
Tabla 5-1.	Valores nutricionales del maíz chulpi.....	8
Tabla 6-1:	Diferencias entre bioplásticos y plásticos convencionales.....	20
Tabla 1-2.	Identificación de variables en la obtención de almidón de maíz chulpi (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>) y en la formulación de biopelículas.....	23
Tabla 2-2.	Operacionalización de variables en la obtención del almidón y en la formulación biopelícula.....	24
Tabla 3-2.	Matriz de consistencia.....	26
Tabla 4-2.	Método de la evaluación de pH.....	39
Tabla 5-2.	Método de la evaluación de densidad	40
Tabla 6-2.	Método de la evaluación de viscosidad.....	41
Tabla 7-2.	Método de la evaluación de T° de gelatinización	41
Tabla 8-2.	Método de la evaluación de índice de solubilidad	42
Tabla 9-2.	Método de la evaluación de humedad.....	42
Tabla 10-2.	Método de la evaluación de ceniza	43
Tabla 11-2.	Método de la evaluación de fibra.....	43
Tabla 12-2.	Método de la evaluación de proteína	45
Tabla 13-2.	Método de obtención del bioplástico.	48
Tabla 14-2.	Valoración para evaluación de bioplásticos.....	49
Tabla 15-2.	Método de determinación de espesor del bioplástico	49
Tabla 16-2.	Método de la evaluación de humedad para el bioplástico.....	50
Tabla 17-2.	Método de la evaluación de solubilidad del bioplástico	50
Tabla 18-2.	Método de la evaluación de permeabilidad del bioplástico	51
Tabla 19-2.	Método de la evaluación de la biodegradación del bioplástico.....	52
Tabla 1-3.	Resultados de la aplicación del diseño factorial 22 para determinar el mejor rendimiento del almidón de maíz chulpi.	55
Tabla 2-3.	Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de maíz chulpi. ..	56
Tabla 3-3.	Análisis de resultados según la prueba TUKEY para la extracción de almidón de maíz chulpi.....	57
Tabla 4-3.	Resultados del análisis químico proximal del almidón de maíz chulpi.	58
Tabla 5-3.	Resultados análisis factorial 22 para la formulación de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi.	60

Tabla 6-3.	Análisis de varianza ANOVA para la formulación de bioplásticos.....	61
Tabla 7-3.	Formulaciones realizadas basándose en el diseño factorial 22	61
Tabla 8-3.	Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico.....	62
Tabla 9-3.	Resultados del ensayo de determinación de espesor de la biopelícula.	63
Tabla 10-3.	Resultados del ensayo de determinación de humedad de la biopelícula.....	64
Tabla 11-3.	Resultados del ensayo de determinación de solubilidad de la biopelícula.....	66
Tabla 12-3.	Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad de la biopelícula.....	67
Tabla 13-3.	Resultados de la prueba de tracción del bioplástico.....	69
Tabla 14-3.	Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Agua.	71
Tabla 15-3.	Resultados de la biodegradación en agua.	72
Tabla 16-3.	Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Aire.....	72
Tabla 17-3.	Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Suelo.....	73
Tabla 18-3.	Resultados de la biodegradación en suelo.	74
Tabla 19-3.	Análisis sensorial de la frutilla envuelta en la biopelícula a partir de almidón de maízchulpi.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Estructura química de la amilosa	10
Figura 2-1.	Estructura química de la amilopectina	10
Figura 3-1.	Mecanismo de obtención por PLA por apertura de anillo.	13
Figura 4-1.	Esquema de obtención del PGA.....	14
Figura 5-1.	Esquema de esquema de polimerización por coordinación	14
Figura 6-1.	Estructura del PHB	15
Figura 7-1.	Estructura del PHBV.....	15
Figura 8-1.	Embalaje de alimentos con bioplásticos.	18
Figura 9-1.	Estructura química de la glicerina.....	19
Figura 10-1.	Estructura química de la glicerina.....	19
Figura 11-1.	Ciclo sustentable de degradación.	21
Figura 1-2.	Diseño factorial 2k para obtención de almidón de maíz chulpi.....	30
Figura 2-2.	Diseño factorial 2k para formulación de bioplástico	30
Figura 3-2.	Diagrama de flujo de la caracterización del almidón de maíz chulpi.	32
Figura 4-2.	Diagrama de flujo del proceso para obtención de maíz chulpi	33
Figura 5-2.	Diagrama de flujo del proceso para formulación del bioplástico	34
Figura 6-2.	Proceso de selección de muestra	37
Figura 1-3.	Tratamientos en la obtención de almidón de maíz chulpi.....	58
Figura 2-3.	Bioplásticos obtenidos del diseño experimental 2k	62
Figura 3-3.	Realización del ensayo de tracción del tratamiento 4.	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Análisis grafico del espesor de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi.....	64
Gráfico 2-3: Análisis grafico de humedad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi.....	65
Gráfico 3-3: Análisis grafico de solubilidad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi	67
Gráfico 4-3: Análisis grafico de permeabilidad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi	68
Gráfico 5-3: Análisis grafico de la tracción de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi	70
Gráfico 6-3: Resultados de la biodegradación en agua del bioplástico.	72
Gráfico 7-3: Resultados de la biodegradación en aire del bioplástico.....	73
Gráfico 8-3: Resultados de la biodegradación en suelo del bioplástico.	74

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** Extracción del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO B.** Extracción del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO C.** Caracterización del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO D.** Caracterización del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO E.** Formulación de biopelículas a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO F.** Caracterización de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO G.** Determinación de biodegradabilidad de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO H.** Análisis de aplicación con la frutilla de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO I .** Informe de prueba de Amilosa del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)
- ANEXO J.** Informe prueba de probeta del tratamiento 1
- ANEXO K.** Informe prueba de probeta del tratamiento 2
- ANEXO L.** Informe prueba de probeta del tratamiento 3
- ANEXO M.** Informe prueba de probeta del tratamiento 4
- ANEXO N.** Informe del análisis microbiológico del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue el de obtener una biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) para embalaje de alimentos evitando la contaminación ambiental, este estudio se realizó mediante la extracción del almidón por método húmedo, el cual se basó en un análisis factorial 2k, donde se varió las revoluciones por minuto (A y B) y el tiempo de trituración (45-60 s), se alcanzó el rendimiento de estos 4 tratamientos cuyo procedimiento de extracción fue: limpieza de la materia prima, lavado, remojo, triturado, filtrado, decantado, secado, y tamizado. Una vez adquirido el almidón se caracterizó a nivel de laboratorio, en donde se efectuaron pruebas físicas, químicas proximales y microbiológicas; y la prueba de amilosa se la estableció en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Después se empezó con la formulación de las biopelículas, donde se trabajó con el análisis factorial 2k, y se varió la concentración de glicerina y la concentración del almidón, por lo que se lograron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno con un total de 16 muestras de biopelículas; finalmente se identificó las biopelículas mediante análisis de tracción, biodegradación, físicos y análisis químicos proximales los cuales fueron ensayados a nivel de laboratorio, y la prueba mecánica se la realizó en el laboratorio LenMav. Al examinar el rendimiento de la extracción de almidón se eligió al Tratamiento 2 con un valor de 27.306% correspondiéndole un (RPM A Y 60 s; y una amilosa de 25.63%), asimismo en el bioplástico el mejor rendimiento fue el Tratamiento del plástico 2, el cual mostró buena tracción y una excelente biodegradabilidad, relacionándolo con la formulación (1 g almidón, 0,75mL de glicerina). Se concluyó que el almidón de maíz chulpi es óptimo para la formulación de las biopelículas, ya que cumplió su tiempo de degradación estimado y benefició el embalaje de alimentos, evitando la contaminación ambiental.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <MAÍZ CHULPI (*Zea Mays Amylosaccharata*)>, <ALMIDÓN>, <FORMULACIONES>, <CARACTERIZACIÓN>.

LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.05.11 17:27:41 -05'00'



1129-DBRA-UTP-2021

SUMMARY

The aim of the research was to obtain a biofilm from chulpi corn starch (*Zea Mays Amylosaccharata*) for food packaging avoiding environmental contamination. This study was carried out by means of the extraction of starch by wet method, which was based on a factorial analysis 2k, where the revolutions per minute (A and B) and the crushing time were varied (45-60 s). The performance of these 4 treatments was achieved, the extraction procedure of which was: cleaning of the raw material, washing, soaking, crushing, filtering, decanting, drying, and sieving. Once the starch was acquired, it was characterized at the laboratory level, where physical, proximal chemical and microbiological tests were carried out; and the amylose test was established at the National Institute of Agricultural Research. Then, the formulation of the biofilms began, in which 2k factorial analysis was used, and the glycerin concentration and the starch concentration were varied. 4 treatments were achieved with 4 repetitions each with a total of 16 biofilm samples. Finally, the biofilms were identified by traction, biodegradation, physical and proximal chemical analysis, which were tested at the laboratory level, and the mechanical test was carried out in the LenMav laboratory. When examining the performance of the starch extraction, treatment 2 was chosen with a value of 27.306% corresponding to a (RPM A Y 60 s; and an amylose of 25.63%). Likewise, in bioplastic, the best performance was Plastic Treatment 2, which presented good traction and excellent biodegradability, relating it to the formulation (1 g starch, 0.75mL glycerin). It was concluded that chulpi corn starch is optimal for biofilm formulation, because it fulfilled its estimated degradation time and benefited food packaging, avoiding environmental contamination.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <CHULPI CORN (*Zea Mays Amylosaccharata*)>, <STARCH>, <FORMULATIONS>, <CHARACTERIZATION>.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación “Obtención de una biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea mays Amylosaccharata*) para embalaje de alimentos”, se enfoca en obtener material polimérico (almidón) utilizando como materia prima al maíz chulpi, y mediante un proceso de extracción de método húmedo, decantación, secado y tamizado, ir incorporando conservantes y aditivos, para obtener una biopelícula de excelentes características que permita conservar alimentos, mejorar la calidad de vida útil, reduciendo su perecibilidad.

En la actualidad existen varias investigaciones, tanto en la ciencia como en la tecnología que brindan la oportunidad de cambiar los hábitos y malas costumbres con el uso y abuso de los plásticos. Así se determina mediante valores que “Solo en 2019, la producción e incineración de plástico agregará más de 850 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero a la atmósfera, equivalente a la contaminación de 189 nuevas centrales eléctricas de carbón” (Residuos profesional , 2019).

En Ecuador se producen cerca de 939.000 toneladas al año en desperdicios lo que empuja a buscar una solución que sea amigable con el ambiente y que conserve las propiedades organolépticas de los alimentos. Por lo cual se han realizado diversos estudios que demuestran la efectividad de las biopelículas en la conservación de alimentos, mejorando su vida comercial, calidad, y círculo económico.

En el pasar de los años existen varios estudios que han comprobado la efectividad de las biopelículas como: plastificantes, antioxidantes, surfactantes, especialmente en la disminución de la perecibilidad de alimentos. El almidón obtenido será caracterizado con la finalidad de conocer las características más importantes: porcentaje de amilosa y amilopectina, sólidos solubles, pH, entre otros; que permitan obtener una biopelícula de buenas propiedades mecánicas.

Se realizarán diversas formulaciones a partir del almidón obtenido y aditivos cuyos datos serán validados utilizando un paquete estadístico. La biopelícula obtenida será caracterizada y utilizada en la conservación de alimentos frente a un blanco sin este recubrimiento; además de asegurar el objetivo de esta investigación con la comprobación del tiempo en que demora la biodegradación de las biopelículas obtenidas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Al indagar acerca del tema, se encontró datos de otro maíz, debido a que la materia con la que se trabajó que es el maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), no ha sido utilizada para obtención de almidón, es por ello que basándose en la siguiente investigación: “Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*), presenta un bajo rendimiento en comparación con investigaciones anteriores al tener procesos similares al que se empleó.” (Avellán et al. 2020)

En el bioplástico elaborado por (Avellán et al. 2020, p. 4) se llegó a determinar que “al almidón se lo considera como un componente muy importante en la formulación del bioplástico, la cual puede cambiar la consistencia, elasticidad y estabilidad del bioplástico con la intervención de un agente modificante como la glicerina”.

En la caracterización del almidón, según el trabajo de (Paspuel 2016, p. 1) “Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antocianinas de repollo morado (*Brassica oleracea*) como indicador de pH” se considera como parámetros de mayor importancia a ser analizados: el espesor, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad en agua, medida de opacidad, perforación y elongación teniendo datos importantes a considerar en los apartados descritos:

- **Espesor:** se lo determina utilizando un aparato llamado “micrómetro manual (± 0.01 mm de error) marca Startter de manera aleatoria con 10 puntos”(Paspuel 2016).
- **Permeabilidad de vapor de agua:** se lo analizó a 25°C, el mismo que se basó en la norma “ASTM1989”(Paspuel 2016). Se colocan vasos con una muestra de bioplástico de diámetro de 3 cm, con agua destilada, colocando los vasos en un desecador, determinando mediante la medición del peso cada 24 horas por 9 días mediante tres repeticiones para cada tratamiento realizado.(Paspuel 2016)
- **Solubilidad en agua:** para determinar este ensayo se cortó de forma circular los bioplásticos con un diámetro de 2 cm, siendo previamente pesados, sumergidos en agua destilada y reposando por 24 horas aproximadamente, luego de este tiempo se retiró la muestra y se secó

a una temperatura de 105°C por 24 horas, con el fin de analizar el peso del material que no llega a solubilizarse. El porcentaje de solubilidad se lo determina a través de una ecuación basada en pesos iniciales y finales.(Paspuel 2016)

- **Medida de opacidad:** para determinar la opacidad de las muestras de bioplástico se lo realizó con un espectrofotómetro, siendo el patrón referencial el agua, “se analizó mediante barrido de luz visible de 500 nm, y el cálculo se determinó con la absorbancia y el espesor de la película. Para la absorbancia se tiene A500 que es la relación que corresponde a 500 nm”(Paspuel 2016).
- **Perforación:** a través de esta prueba se determina la fuerza y la distancia a la rotura, para determinar la perforación se calcula en base al “desplazamiento de la sonda incluyendo el quebrantamiento y la distancia promedio de la muestra”(Paspuel 2016).
- **Elongación:** origina tres propiedades más que son la tensión, deformación, y elasticidad, confiriendo la propiedad más apreciada del bioplástico que es la resistencia, indicando la rigidez del bioplástico. (Paspuel 2016)

El análisis de este ensayo es “la ASTM 1995, por el método 828-95, mediante la cual la tensión de rotura está calculada por la relación entre el área y la fuerza de la muestra”(Paspuel 2016). Calculando la deformación entre la curva de fuerza-tensión; calculando la elasticidad como la “pendiente de la región lineal de la curva de tensión en función a la deformación”(Paspuel 2016).

A través del estudio realizado se determina que el almidón de yuca presenta mayor amilopectina con “un valor de 83,4%, y que el maíz presentó 77.7%; lo cual permite que se formen agregados cristalinos, lo que le confiere rigidez y opacidad”(Paspuel 2016). Es por ello que según este análisis se determina que pudo haber influido el “porcentaje de extracto de antocianinas a la opacidad que presenta, teniendo una relación que a menor porcentaje de relación almidón de maíz/yuca 15% hay opacidad máxima de 6.1 nm”(Paspuel 2016).

Al aumentar la concentración de glicerina causa reducción en la fuerza de perforación, determinando que en esta investigación al comparar con otros es deficiente al determinar el “efecto negativo del extracto de antocianinas al reducir la variable dependiente de fuerza de perforación.”(Paspuel 2016).

En esta investigación se trabajó con la glicerina constante, lo que redujo la deformación en la perforación, logrando mayor cantidad de antocianinas, además de que la amilosa presente en mayor cantidad en el almidón de maíz pudo haber influenciado a la mayor deformación en los bioplásticos que se obtuvieron (Paspuel 2016, p. 8)

Según la Universidad Técnica de Manabí, el problema central de la contaminación se produce por acumulación de plásticos convencionales, y su largo tiempo de degradación; así se tiene que, al obtener almidón de maíz, el rendimiento promedio fue de 5,72%, siendo menor al compararlo con demás casos estudiados, destacando que presenta una degradación de “42 días aproximadamente, con un porcentaje de degradación del 89,40%”(Avellán et al. 2020, p. 1)

En la investigación de (Avellán et al. 2020, p. 3), aplican el método seco para la obtención del almidón, mediante la utilización de este método se obtuvo del 70 al 75% de almidón; una vez elaborado el plástico se llega a la conclusión que compite directamente con los plásticos elaborados provenientes del petróleo, ya que en su estructura tiene “propiedades físicas, cualitativas y cuantitativas”(Avellán et al. 2020, p. 3), resistentes, además de contar con un tiempo de degradación de alrededor de 90 días.

1.2. Marco teórico

1.2.1 Maíz

Se conoce al maíz (*Zea mays L.*) como un grano perteneciente a la familia Gramínea, la cual se origina desde América Latina por el género *Zea*. Se desarrolla de buena manera, llegando a tener una altura de 5 metros, esta se adapta a una gran diversidad de tierras las cuales consiguen buenas cosechas. Al sembrar en la sierra el grano obtenido es suave y al sembrar en la costa el grano es duro. De la misma manera es importante verificar el pH del suelo ya que si este es menor al 5,5 se presentan toxicidad por aluminio y manganeso. No obstante, cabe resaltar la importancia del agua ya que el cultivo debe tener la precipitación necesaria o morirá, destacando que su valor promedio durante el cultivo es de “500 a 700 mm”(Deras 2012, p. 9). Así se muestra la **Tabla 1-1**.

Tabla 1-1. Clasificación taxonómica del maíz

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
SUBCLASE	Commelinidae
ORDEN	Poales
FAMILIA	Poaceae

SUBFAMILIA	Panicoideae
TRIBU	Andropogoneae
GÉNERO	<i>Zea</i>
ESPECIE	<i>Zea mays</i>

FUENTE: (Sánchez Ortega 2014, p. 5)

1.2.1.1. Tipos de maíz

Ecuador es un país multidiverso, y eso ayuda a la variedad de climas que posee, además de su topografía que favorece el desarrollo de agriculturas, teniendo varias clases de maíz.

Tabla 2-1. Clases de maíz de la Cordillera Ecuatoriana

Nombre	Descripción
Canguil	Grano amarillo, mazorca corta, delgada y cilíndrica con granos puntiagudos.
Sabanero Ecuatoriano	Grano morocho blanco o duro, mazorca corta y cónica.
Cuzco Ecuatoriano	Grano de color blanco, grande, plano y harinoso, las mazorcas son cilíndricas.
Patillo Ecuatoriano	Grano de color blanco o amarillo, granos redondos, mazorcas pequeñas, cónicas u ovaladas con hileras irregulares.
Mishca	Grano amarillo harinoso, mazorcas cónicas con hileras irregulares, se conoce como amarillo o harinoso.
Mishca-Chillo	Mazorcas cortas, hileras irregulares, con granos grandes, puntudos.
Mishca-Huadango	Mazorcas cilíndricas largas, hileras rectas, granos grandes casi redondos.
Racimo de uva	Granos redondos apariencia a racimo de uvas, mazorcas cónicas.
Chillo	Grano grande amarillo, mazorca cónica.
Huadango	Granos amarillos intensos y harinosos, mazorca delgada y harinosa, con hileras irregulares.
Blanco blandito	Granos redondos, grandes y harinosos; tiene mazorcas compactas.
Chulpi Ecuatoriano	Grano aplanado y arrugado con endospermo dulce, mazorcas cortas

FUENTE:(Yépez 2012, p. 28)

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

1.2.1.2. Composición química del grano de maíz

Los más relevantes son:

- **Almidón:** está presente dentro del grano con un valor del 72-73% del peso total del grano seco. En cuanto a la amilosa presenta un valor del “25-30%, respectivamente con un valor de amilopectina del 70-75%”(Yépez 2012, p. 36)
- **Gelatinización del almidón:** el almidón al contacto con el agua caliente empieza un proceso de hinchazón, manteniendo así una “temperatura de gelatinización de 69°C” (Yépez 2012, p. 37)
- **Proteína:** Es el segundo componente con valor mayor presente, variando este valor del 8-11% del peso del grano, ubicándose en su mayoría en el endospermo (Yépez 2012, p. 38)
- **Carotenoides:** se encarga de determinar la calidad del grano promedio, presentando del 15-18 ppm para los maíces amarillos (Yépez 2012, p. 38)

1.2.2. Maíz Chulpi

Se lo conoce como maíz dulce, chulpe, o chullpi, (*Zea Mays Amylosaccharata*) considerado como un grano apetecido con un gran sabor. Además, se lo llama también maíz dulce debido a que “su grano al conseguir la madurez se considera arrugado además de poseer un gen recesivo en el cromosoma 4, mediante el cual se interrumpe la conversión de azúcar en almidón” (Extendido 2012, p. 21)

Se lo obtiene de la mazorca con forma alargada, proviene de una siembra en la región sierra, siendo un cultivo óptimo, dada la altura geográfica que posee, teniendo suelos arcillosos y arenosos con un buen drenaje y con un pH de 6,5 a 7,5 (Extendido 2012, p. 21)

El cultivo se lo lleva a cabo con una temperatura estimada de 12°C ya que según (Extendido 2012, p. 21) “ayuda a la germinación y los procesos vegetativos de la planta”. Para esta siembra se necesita de una precipitación de 1300 mm de agua. (Extendido 2012, p. 21).

Este maíz presenta un color amarillo intenso, ya que su valor en betacaroteno que presenta la mazorca es alto, destacando que la humedad del maíz es admitida con un valor por debajo del 15,5% (Extendido 2012, p. 22).

El maíz chulpi cuenta con múltiples beneficios, entre ellos tenemos que es un buen antioxidante, posee gran energía al tener un alto porcentaje de carbohidratos, en cuanto a la fibra mantiene un valor medio junto con las vitaminas y minerales, igualmente contiene magnesio, hierro, fósforo y proteína, las cuales fortalecen los tejidos musculares y ayudan a la digestión (Extendido 2012, p. 22).

Las ventajas más grandes son que ayudan a la disminución del colesterol, metabolizando grasas a largo plazo.

1.2.2.1. Descripción del cultivo

Este cultivo se presenta como una planta con una altura aproximada de 2 metros, esta siembra posee un tiempo de florecimiento de 144 días. La mazorca mantiene una forma corta y ovoidal de unas 18-19 hileras, y en cuanto a la apariencia del grano mantiene una forma larga y delgada, conteniendo en el “endospermo vítreo arrugado y dulce, y con un pericarpio incoloro” (Extendido 2012, p. 25).

Como en todo cultivo el éxito de mazorcas de buena calidad se consigue al mantener un buen cuidado considerando el clima, la calidad de suelo, determinando factores claves como la humedad, dureza e inocuidad (Extendido 2012, p. 25).

La humedad debe mantener un equilibrio entre lo seco y lo húmedo, ya que de esto depende la calidad, también es importante la dureza ya que le confiere resistencia mecánica en la molienda del mismo (Extendido 2012, p. 25).

Tabla 3-1. Producción del maíz amarillo sueva en la serranía E

Cultivo	Condición de cultivo	Superficie cosechada (has)	Producción cosechada (tm)
Maíz suave seco	Solo	28802.57	20004.42
Maíz suave seco	Asociado	59946.73	28113.80

FUENTE: (Chacón 2019)

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

1.2.2.2. Zonas de cultivo

Al maíz chulpi ecuatoriano se lo cultiva en todo el país, excluyendo las “zonas llamadas páramos o sub páramos debido a su gran altura que sobrepasa los 3,000 metros de altura” (Chaqui 2013, p. 18)

La distribución territorial de la siembra del maíz chulpi se lo realiza así:

- Zona Norte: las provincias de “Carchi, Imbabura, Cotopaxi y Pichincha” (Chaqui 2013, p. 18)
- Zona Centro: las provincias de “Tungurahua, Chimborazo y Bolívar” (Chaqui 2013, p. 18)
- Zona Sur: las provincias de “Azuay, Cañar y Loja” (Chaqui 2013, p. 18)

Es importante recalcar que en la zona costera del Ecuador se siembra también los “maíces de grano amarillo duro o blancos duros” (Chaqui 2013, p. 18)

Tabla 4-1. Área cultivada con maíz suave en Ecuador, para el año 2016

Provincias	%Producción	Superficie en (Ha) sembrada (Tm)	Superficie en (Ha) cosechada (Tm)	Producción anual (Tm)
Pichincha	36.06	3.811	3.518	11.208
Bolívar	34.16	9.195	8.382	24.264
Tungurahua	3.96	4.906	4.258	16.749

FUENTE: (Extendido 2012)

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

1.2.2.3. Valor nutritivo del grano de maíz chulpi

Es considerado como uno de los cereales más consumidos en el Ecuador, a continuación, se plasma un cuadro resumen con los valores más importantes:

Tabla 5-1. Valores nutricionales del maíz chulpi

Componente	Contenido nutricional en 100 g de maíz benefician con 275 calorías
Hidratos de carbono	66
Proteínas (g)	10
Grasas (g)	25
Fibras (g)	10
Vitamina B1 (%)	25
Vitamina B3 (%)	9
Vitamina A (%)	12

FUENTE: (Extendido 2012)

1.2.3. Almidón

El almidón es de origen vegetal, la misma que cuenta con gran aportación de hidratos de carbono cuya apariencia es de un polvo fino sólido, al mismo se lo puede obtener de varias materias primas como los granos, los tubérculos, las semillas e incluso de las cáscaras de los tubérculos; en cuanto a la obtención se la puede hacer de varias maneras al ser muy versátil su obtención; esta cuenta con una gran ventaja la cual es el bajo costo de producción, y lo más importante es que al almidón se lo emplea como sustituto de plásticos basados en petroquímica y sus derivados. (Zedadra et al. 2019, p. 24)

“El almidón posee varios tamaños variando entre 0.5 a 100 um y mantiene un valor promedio de 72-73% de almidón presente en el grano de maíz chulpi” (Zedadra et al. 2019, p. 24)

Molecularmente el almidón se encuentra formado por amilosa y amilopectina, los cuales se pueden separar por fraccionamiento para estudiarlos por separado. La digestión del almidón se encuentra influida por amilasas, dextrinasas y disacaridasas las cuales intervienen hidrolizando el almidón (Rev Child Nutr 2018, p. 29)

Al comparar los almidones obtenidos de cereales y de tubérculos se puede determinar que el almidón de tubérculos es más resistente a la hidrólisis enzimática y esto se da por razones como (Rev Child Nutr 2018, p. 30):

- Gran contenido de residuos fosfato.
- Estructura cristalina diferente.

Sin importar de donde se extraiga el almidón, existen dos maneras para su obtención, que son mediante el método seco y mediante el método húmedo (Avellán et al. 2020, p. 3).

- **Método seco:** su principio básico consiste en moler un fruto, grano o semilla, previamente secado, obteniendo harina, la cual al ser tamizada permite obtener el almidón (Avellán et al. 2020)
- **Método húmedo:** básicamente consiste en remojar la semilla, o grano a utilizarse el cual cumple con un tiempo específico que generalmente es de 24 horas; se basa en un proceso de eliminación de agua por decantación, lavando el material sedimentado para la obtención del almidón, luego de secarlo, ya sea por vía natural o por secado en equipos. Cabe recalcar que el secado en equipos debe respetar un tiempo y una temperatura, ya que, si sobrepasa este tiempo, el almidón se quema y sus propiedades son nulas (Avellán et al. 2020, p. 4).

Generalmente para el maíz (*Zea Mays L.*), se emplea el método seco, y basándose en esta investigación, se trabaja con el maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), al ser este maíz duro se trabaja con método húmedo, debido a que con esto se consigue la germinación del grano, lo que

genera que el endospermo se libere y al ser triturado suelte al almidón, teniendo un rendimiento mayor.

1.2.3.1. Amilosa

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

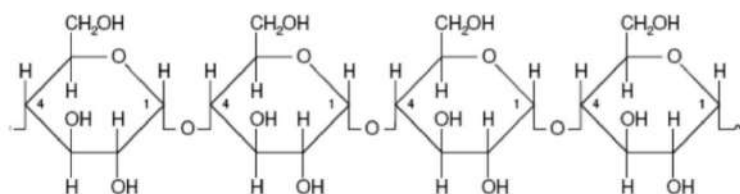


Figura 1-1. Estructura química de la amilosa

FUENTE: (Charro P; Valencia K 2018, p. 16)

1.2.3.2. Amilopectina

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

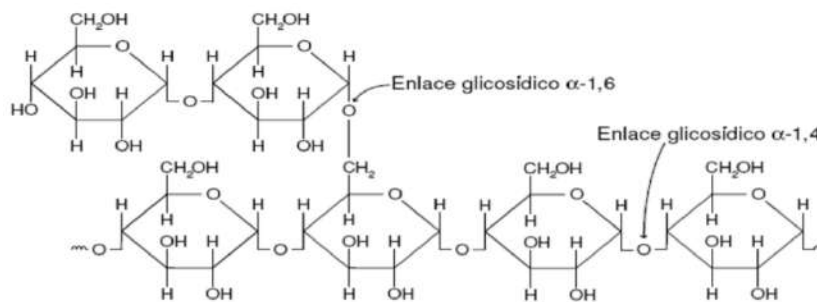


Figura 2-1. Estructura química de la amilopectina

FUENTE:(Charro P; Valencia K 2018, p. 16)

1.2.3.3. Operaciones preliminares en la obtención de almidón

La obtención del almidón involucra varias operaciones, las cuales ayudan a tener un almidón de buena calidad, destacando que hay varios procesos para su extracción, a continuación, se enumera las operaciones utilizadas en el método húmedo:

- **Limpieza y Selección:** es una operación que tiene como objetivo el separar sustancias contaminantes, haciéndolo físicamente, analizando factores de color, tamaño, forma, etc. Además de que, en este apartado, se separa impurezas, seleccionada, la materia prima de buena calidad (Reyes Frías 2013, p. 6)
- **Lavado:** se lo realiza por flotación, respetando la diferencia de densidad, lo que hace que se eliminen de esta manera las partículas externas, asegurándose que la materia prima se mantenga completamente limpia (Reyes Frías 2013, p. 6)
- **Remojo:** con esta operación se consigue que las semillas o granos a ser utilizados como materia prima que sean secos, logren la germinación, captando de esta manera el agua, lo que facilita el ablandamiento y separación del embrión con el endospermo (Reyes Frías 2013, p. 6).
- **Triturado:** esta es considerada elemental, ya que se encarga de reducir el tamaño de la muestra, lo que proporciona la mejor manipulación, permitiendo alcanzar propiedades de la materia prima, es así que, mediante el triturado, se trocea los granos y al mezclarse con agua se queda el almidón suspendido en esta mezcla (Reyes Frías 2013, p. 6).
- **Filtrado:** separa los fluidos de sólidos, mediante la cual, las partículas en suspensión se quedan en el material filtrante que se utilice y el líquido pase (Martín, Salcedo & Font 2011, p. 8).
- **Secado:** esta operación permite eliminar la humedad de la muestra, lo cual ayuda a conservar la materia extraída, ya que el agua puede afectar causando proliferación bacteriana. Esta operación se la hace de dos maneras, la primera es de manera natural la cual se da al contacto con el viento o el sol, y la segunda que es la artificial y se da al ingresar las muestras a equipos que eliminan la humedad en menor tiempo, teniendo de este tipo el secador de lecho fluidizado, horno, entre otros (Reyes Frías 2013, p. 10).
- **Molienda:** reduce el tamaño de las partículas obtenidas, haciéndolas mucho más finas, esta operación se la realiza únicamente en materias sólidas, teniendo como objetivo la producción de un polvo fino (Reyes Frías 2013, p. 10).
- **Tamizado:** es fundamental en la obtención del almidón ya que separa las moléculas por tamaños, con una clasificación implacable, pasando solo almidón y quedándose materia contaminante, separando la harina, el azúcar, impurezas, entre otros (Reyes Frías 2013, p. 10).

1.2.4. Bioplásticos

El mal uso de plásticos es una de las razones más grandes, por las cuales hay movimientos ambientalistas que quieren evitar la contaminación la cual cada día incrementa con una rapidez inimaginable, es por ello que se buscan alternativas que sean aprovechadas y que den solución al problema, estas ideas se basan en realizar bioplásticos partiendo de materia orgánica, siendo amigables con el ambiente cuya característica principal es la de ser un polímero degradable a corto plazo (Álvarez-da Silva 2016).

Es por eso que se considera a los bioplásticos como la innovación más grande dentro de la industria, porque su principal ventaja es que se degrada ya que su principio es ser elaborado con recursos renovables, este tipo de bioplásticos se subdivide en 3 grupos según su origen (Dra. Francisca Río Pérez; Dr. José Ramón Ochoa Gómez; Dra. Elena Díaz de Apodaca Díaz; Dr. Tomás Roncal Martínez; Unai Cadierno Beitialarangoitia; Jesús Torrecilla 2007).

1.2.4.1. Clasificación de bioplásticos:

Se clasifican en tres grupos, los cuales se describen a continuación con su respectiva subclasificación:

Polímeros naturales

Son aquellos provenientes del almidón, la celulosa, y las proteínas.

- **Almidón:** Es el mayor generador de reserva energética que se encuentra en los vegetales, la mezcla de este polisacárido es “del 80% de amilopectina y el 20% de amilosa, las dos están formadas por estructuras de glucosa, cuya diferencia es la distribución lineal y los tipos de enlace que los unen” (Labeaga 2018, p. 19).

Los bioplásticos formados con almidón poseen en su estructura del 10 al 90% dependiendo de las propiedades de la materia prima con la que se trabaje, como su hinchazón al contacto con el agua, la biodegradación; entre otros (Labeaga 2018).

Esto influye en la aceleración de la biodegradación del polietileno de baja densidad, utilizando almidón como materia prima, al tener en su estructura al menos el 50% de almidón (Labeaga 2018).

- **Colágeno:** se le atribuye una fuerza resistente, debido a que se forman hélices triples que se las conoce como fibrillas, presenta buena degradación enzimática, por la colagenasa (Labeaga 2018).

- **Celulosa:** es uno de los polímeros más importantes debido a que tiene gran capacidad de biodegradarse, con la intervención de agentes que alteran su estructura. Mantiene una buena degradación al fermentarse, y la enzima con la que se descompone es la celulasa (Labeaga 2018).

Se encuentra asociada a la lignina y hemicelulosa, por lo cual le confieren resistencia mecánica, y gran cristalinidad (Labeaga 2018).

- **Quitina y Quitosano:** Es un polisacárido abundante, insoluble presenta una estructura cristalina, no es tóxico y es biodegradable, aunque se encuentra limitada al ser insoluble, las propiedades dependen del tamaño de muestra a utilizar, es decir mientras más grande sean las partículas, se tendrán valores más altos de viscosidad, entre otros (Labeaga 2018). Su degradación se da por vía enzimática, actuando la enzima “quitosanasa o lisozimas” (Labeaga 2018). Su tiempo de degradación es prolongado al tener una velocidad de degradación lenta (Labeaga 2018).

Polímeros sintéticos

Aquellos que parten de “poliésteres alifáticos del ácido poliláctico (PLA), ácido poliglicólico (PGA), la policaprolactona (PCL), el óxido de polietileno (PEO), entre otros” (Labeaga 2018).

- **Ácido poliláctico:** Se lo denomina como poliéster alifático el cual se obtiene del ácido láctico y procede del almidón y dentro del mercado es un potencial biodegradable gracias a sus múltiples propiedades, se lo prepara por “policondensación o por polimerización de apertura de anillo” (Labeaga 2018).

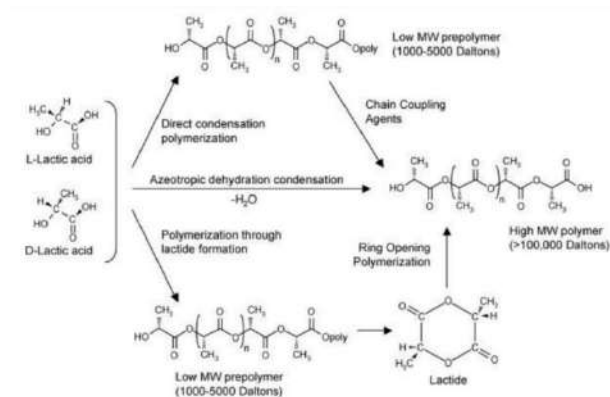


Figura 3-1. Mecanismo de obtención por PLA por apertura de anillo.

FUENTE: (Labeaga 2018).

- **Ácido poliglicólico:** Se lo conoce como PGA, se prepara a través del ácido glicólico, por policondensación o por apertura de anillo, es considerado como uno de los “primeros polímeros biodegradables” (Labeaga 2018).

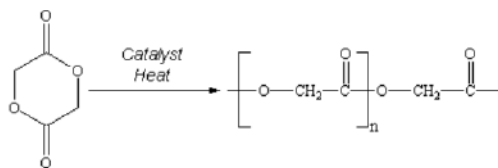


Figura 4-1. Esquema de obtención del PGA.

FUENTE: (Labeaga 2018).

“Su degradación se considera muy buena al ser acelerada gracias al grupo éster presente en la estructura, mediante la cual se llega a la formación de copolímeros con el PLA y PCL” (Labeaga 2018).

- **Policaprolactona:** Conocido también como PCL, mantiene un lado hidrofóbico, por lo cual es soluble en solventes orgánicos; su tiempo de degradación varía entre dos a tres años, al ser degradado por bacterias u hongos; además de que presenta buenas propiedades mecánicas (Labeaga 2018).

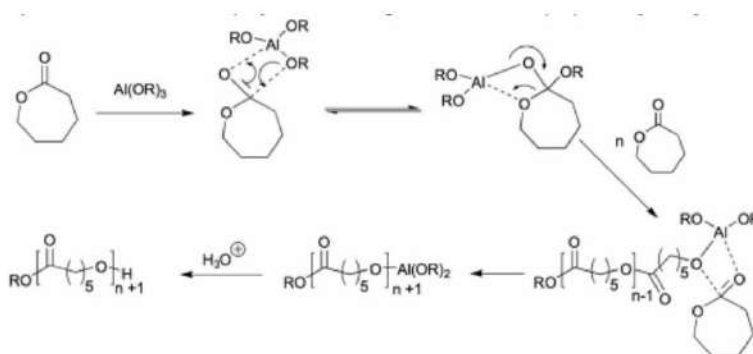


Figura 5-1. Esquema de esquema de polimerización por coordinación

FUENTE: (Labeaga 2018).

Polímeros sintetizados por microorganismos

Son sintetizados con bacterias, como los polihidroxialcanoatos (PHA's)

- **Polihidroxi butirato:** Se lo conoce comúnmente como PHB, es semicristalino con una cadena única y regulada, es insoluble en agua, para su degradación se basa en un procedimiento de erosión mecánica, el tiempo en que demora su degradación es alto, y llegan a degradarse por acción de hongos, enzimas y bacterias (Labeaga 2018).

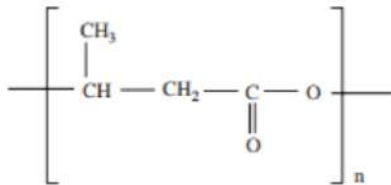


Figura 6-1. Estructura del PHB

FUENTE: (Labeaga 2018).

- **Copolímero de poli-3-hidroxi butirato-3-hidroxi valerato:** Llamado PHBV se origina a través de síntesis química, partiendo de “propionato y glucosa, utilizando como catalizador al aluminio y reaccionando la butirolactona y valerolactona” (Labeaga 2018).

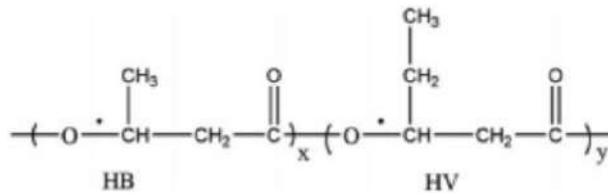


Figura 7-1. Estructura del PHBV.

FUENTE: (Labeaga 2018).

Sus aplicaciones tienden a ser limitadas y temporales, ya que su degradación es rápida.

1.2.4.2. Tipos de plásticos.

- **Termoplásticos:** se los conoce como polímeros rectos, los cuales pueden presentar ramificaciones, como no las pueden tener, además de que son solubles con algunos

compuestos orgánicos, y al tener la capacidad de ser fundidos, se los puede reciclar (Daskalaki N. and Magoula E. 2005, p. 44).

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

Generalmente la elaboración de bioplásticos a base de almidón, presentan gran variabilidad en la degradación del producto, debido a que estos se encuentran “desarrollados por una composición de almidón-glicerina, en donde los microorganismos del suelo degradan el almidón, destrozando la matriz polimérica y comprimiendo el tiempo de degradación” (Álvarez-da Silva 2016)

Las determinaciones a considerar en los bioplásticos de buena calidad son:

- **Espesor:** es la trayectoria entre dos superficies perpendiculares, se considera como una característica importante por el desempeño mecánico que adquiere la biopelícula (Paspuel 2016).
- **Permeabilidad:** es fundamental ya que se evita que la película de bioplástico transfiera humedad (Paspuel 2016).
- **Solubilidad:** es la capacidad que tiene una sustancia de disolverse con otra, que, en otras palabras, “porcentaje de disolución de la primera en la segunda” (Paspuel 2016).

- **Medición de la opacidad:** esta característica es muy dependiente de la estructura de la materia prima con la cual se trabaje, teniendo en cuenta que, si es amorfo, será más clara o transparente, y es cristalino será más oscuro o turbio, relacionándose también con el espesor de la película. Además de que se debe tener en cuenta que al producto se lo debe cuidar de la luz (Paspuel 2016).
- **Deformación en la tensión:** es la relación que se tiene de una muestra con la elongación al analizar la ruptura y la longitud inicial (Paspuel 2016).
- **Módulo de elasticidad:** es el indicador de rigidez, es decir mientras más grande es el módulo más rígido es el material. (Paspuel 2016).

1.2.4.3. Ventajas de los bioplásticos.

- Se lo utiliza principalmente en el embalaje y empaquetado, lo que permite que mediante la utilización de rollos de plástico transparente se lo realice.
- Tienen mucha versatilidad en el empaquetamiento ya que no libera vapor de agua.
- Cuenta con una degradación al 100%.
- Dentro de sus propiedades más relevantes es que son moldeables, impermeables y de baja densidad.
- Ayudan con el reciclaje, y evitan la contaminación ambiental.
- En la industria los polímeros de almidón ocupan lugares de comercialización entre el 70-80% de bioplásticos.

1.2.4.4. Aplicaciones para embalaje de alimentos

Las propiedades mecánicas, físicas y químicas que se tiene de los bioplásticos a base de almidón son aceptadas, por lo cual su mayor aplicación es en el embalaje de alimentos secos, previniendo la descomposición de los materiales a proteger. Así se muestra en el gráfico 1-1.



Figura 8-1. Embalaje de alimentos con bioplásticos.

FUENTE: (Ávila 2010)

1.2.5. Plastificantes y Aditivos

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

1.2.5.1. Glicerina

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

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

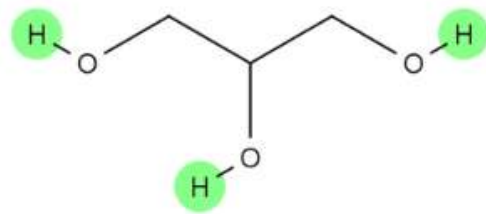


Figura 9-1. Estructura química de la glicerina

FUENTE: (Rivero, Adelaida y Pérez-gasca 2019)

1.2.5.2. *Ácido acético*

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

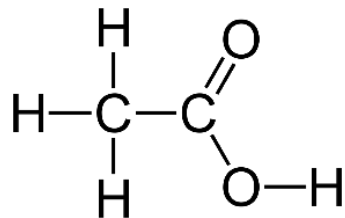


Figura 10-1. Estructura química de la glicerina

FUENTE: (Rivero, Adelaida y Pérez-gasca 2019)

1.2.5.3. *Estabilizantes*

Es aquel que se encarga de retardar la degradación de los productos, son utilizados en bajas concentraciones, con el fin de que se acople a la mezcla y solo formule semejanza y efectividad con el polímero (Daskalaki N. and Magoula E. 2005, p. 51)

1.2.5.4. Lubricantes

Son utilizados con el fin de disminuir la fricción entre dos materiales, reduciendo el desgaste, ayuda también en la transformación de procesos, de capas, externas y de superficies (Daskalaki N. and Magoula E. 2005, p. 58)

1.2.6. Tiempo de biodegradación

Se conoce a la degradación como la capacidad que tiene los materiales de perder sus propiedades, al verse afectados por factores externos ya sean químicos o físicos (Vázquez-Morillas et al. 2018, p. 8).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que, para cada material, el tiempo de degradación varía ya que depende de muchas causas como:

- Velocidad de degradación.
- Se produce gradualmente la degradación.
- Diferentes condiciones climáticas.
- No existe escala universal de degradación.

Se comienza a producir cuando pierde resistencia, el color cambia, determinando que estos cambios muchas veces no son susceptibles a la vista (Vázquez-Morillas et al. 2018, p. 12).

El tiempo específico de degradación no se ha determinado con ninguna prueba, y no cuenta con ningún patrón, es decir no existe ningún tiempo determinado ya que todo depende del ambiente en que se encuentre, como puede ser, tierra, agua marina, agua de sanitario, dependiendo también del clima (Vázquez-Morillas et al. 2018, p. 14).

Presentan un tiempo de degradación de 60 A 156 días, tomando en cuenta que depende mucho de las características del material empleado (Vázquez-Morillas et al. 2018, p. 18)

1.2.7. Diferencias entre bioplásticos y plásticos convencionales

Tabla 6-1: Diferencias entre bioplásticos y plásticos convencionales

BIOPLÁSTICOS	PLÁSTICOS CONVENCIONALES
---------------------	---------------------------------

Se originan a partir de materias orgánicas, de recursos renovables, o de residuos de la agroindustria.	Se originan de materias no renovables.
Se degradan con facilidad en el ambiente.	No se degradan con facilidad y se acumulan en el ambiente.
Al biodegradarse no contaminan, al liberar agua, y sustancias que no son tóxicas.	Al ir degradándose libera sustancias tóxicas, además de que el tiempo de degradación es muy grande.

FUENTE: (Vázquez-Morillas et al. 2018, p. 11)

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

1.2.8. Empresa Madre de Compost en Paraguay

El nombre de la empresa es Madre, se encuentra ubicada en Paraguay, y nace con la necesidad de enseñar un mundo limpio en donde nada sea desperdiciado y se aproveche los residuos optimizando los recursos que ofrece la naturaleza, es por ello que tras una alianza se comienza la fabricación de bolsas plásticas de diferentes tipos; su fabricación es a partir de materia primas renovables, como el almidón y aceites vegetales (P C 2012).

Su tiempo de degradación es estimado en un valor de 90 a 180 días, y como parte final tiene como fin el compostaje o abono, lo que permite nutrir el suelo, recuperando nutrientes, volviendo al ciclo (P C 2012).



Figura 11-1. Ciclo sustentable de degradación.

FUENTE: (P C 2012, p. 3)

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo General*

Obtener una biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) para embalaje de alimentos.

2.1.2. *Objetivos Específicos*

- Obtener almidón a partir de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), mediante método húmedo, molienda, decantación, secado y tamizado.
- Realizar formulaciones a partir del almidón obtenido y aditivos.
- Determinar la vida útil de los alimentos recubiertos con la biopelícula.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. *Hipótesis General*

La biopelícula obtenida a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), conjuntamente con aditivos puede utilizarse como embalaje que conserve diversas propiedades de un alimento.

2.2.2. Hipótesis Específicas

H1: Es posible extraer almidón del maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) utilizando el método de extracción por vía húmeda.

H2: La variación de la velocidad de la trituración (RPM) y el tiempo en la misma influyen en el rendimiento obtenido del almidón (peso).

H3: La variación del almidón y la glicerina en la formulación del bioplástico tienen efecto significativo en la resistencia y maleabilidad de este.

H4: Las propiedades organolépticas del alimento se conservan al recubrir el alimento con la biopelícula.

2.2.3. Identificación de variables

Tabla 1-2. Identificación de variables en la obtención de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) y en la formulación de biopelículas.

Variables dependientes	Variables independientes
Obtención del almidón	<ul style="list-style-type: none">➤ Revoluciones por minuto➤ Tiempo de trituración.
Formulación del bioplástico	<ul style="list-style-type: none">➤ Porcentaje de almidón.➤ Porcentaje de glicerina.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 2-2. Operacionalización de variables en la obtención del almidón y en la formulación de la biopelícula.

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Método / Técnica / Instrumento de medición
Obtención del almidón	Dependiente	El almidón se conoce como una macromolécula que en su estructura cuenta con los polímeros conocidos como amilosa y amilopectina, es digerible y es la mayor reserva dentro de un vegetal.	Pruebas en el laboratorio	Porcentaje de amilosa (%)	Análisis proximal
Revoluciones por minuto	Independiente	Las RPM se conocen como unidad de frecuencia, son las rotaciones por minuto.	Trituración de maíz chulpi	Velocidad Alta (3) Velocidad Baja (1)	Licadora
Tiempo de trituración	Independiente	Es una magnitud física mediante la cual se mide la duración de acontecimientos, ordenando secuencias.	Tiempo de licuado Para obtener el almidón	32°C	Cronómetro Calendario
Formulación del bioplástico	Dependiente	Son denominados de esa manera debido a que son derivados de productos vegetales, son a base de almidones que mantienen un tiempo de degradación mucho menor a los plásticos comúnmente utilizados.	% de formulación	Degradación y compostaje	Pruebas mecánicas-físicas
Porcentaje de almidón	Independiente	Se conoce como concentración la relación entre la cantidad de soluto y la cantidad de dilución	Almidón obtenido de la caracterización	Gramos	Balanza y espátula

Porcentaje de glicerina	Independiente	Contiene tres grupos hidroxilo en su estructura/ composición, es un alcohol con gran degradación digestiva.	Plastificante, elasticidad	% amilosa del almidón	Probeta
-------------------------	---------------	---	----------------------------	-----------------------	---------

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

2.2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2. Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
¿Se obtendrá una biopelícula que sustituya de manera eficiente a un plástico sintético el cual se base en maíz chulpi?	Obtener una biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>) para embalaje de alimentos.	La biopelícula obtenida a partir de almidón de maíz chulpi (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>), conjuntamente con aditivos puede utilizarse como embalaje que conserve diversas propiedades de un alimento.		
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables de las hipótesis específicas	Técnicas de recolección de datos
¿Se obtendrá almidón mediante el método húmedo a partir del maíz chulpi?	Obtener almidón a partir de maíz chulpi (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>), mediante método húmedo, molienda, decantación, secado y tamizado.	H1: Es posible extraer almidón del maíz chulpi (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>) utilizando el método de extracción por vía húmeda.	Variables Dependientes: ➤ Caracterización del almidón ➤ Formulación de bioplástico	➤ pH ➤ densidad ➤ viscosidad ➤ T° de gelatinización ➤ Índice de solubilidad ➤ Humedad ➤ Ceniza ➤ Fibra ➤ Proteína ➤ Carbohidratos totales ➤ Amilosa ➤ Amilopectina ➤ Hongos
¿Se realizarán formulaciones adecuadas en base al contenido en base a la concentración de almidón y glicerina necesarios para una buena biopelícula?	Realizar formulaciones a partir del almidón obtenido y aditivos.	H2: La variación de la velocidad de la trituración (RPM) y el tiempo en la misma influyen en el rendimiento obtenido del almidón (peso).		

				<ul style="list-style-type: none"> ➤ Levaduras y mohos ➤ Coliformes totales ➤ Espesor ➤ Transparencia ➤ Peso ➤ Estabilidad
¿Se determinará la vida útil del alimento embalado por la biopelícula obtenida?	Determinar la vida útil de los alimentos recubiertos con la biopelícula	<p>H3: La variación del almidón y la glicerina en la formulación del bioplástico tienen efecto significativo en la resistencia y maleabilidad de este.</p>	<p>Variables Independientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Revoluciones por minuto ➤ Tiempo ➤ Concentración de almidón ➤ Concentración de glicerina 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Revolución alta y baja ➤ Secado natural ➤ Medición para formulación
		<p>H4: Las propiedades organolépticas del alimento se conservan al recubrir el alimento con la biopelícula.</p>		

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

2.3. Tipo y diseño de investigación

2.3.1. Tipo de investigación

Según el método de investigación:

La investigación que se va a llevar a cabo es cuantitativa debido a que el análisis de la caracterización de almidón, la formulación de los bioplásticos y los análisis de compostaje/ degradación, se los realiza obteniendo datos específicos que permitan caracterizar la materia prima y determinar las cantidades óptimas para cumplir con el objetivo de la investigación que es obtener el bioplástico para el embalaje de alimentos.

Según el objetivo de investigación:

La investigación que se está llevando a cabo es aplicada debido a que se aplican todos los conocimientos adquiridos en el tiempo de estudio, para dar la mejor solución al problema planteado.

Según el nivel de profundización en el objeto de estudio:

Se la determina como una investigación explicativa, debido a que se especifican las variables a utilizar, las condiciones en que se obtiene el almidón, y las formulaciones para la creación de la biopelícula.

Según la manipulación de variables:

Se la conoce como una investigación experimental debido a que tanto las variables dependientes como independientes varían en función de encontrar el bioplástico que cubra las expectativas de la investigación, en este caso las variables independientes de concentración de glicerina y concentración de almidón darán lugar a la variable dependiente, que es la formulación del bioplástico.

Según el tipo de inferencia:

Se la determina como hipotética deductiva, debido a que al analizar la investigación se deduce si las hipótesis se rechazan o se confirman.

Según el periodo temporal:

Se la considera como una investigación 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.

Según los medios para obtener los datos:

La investigación es de laboratorio debido a que todos los análisis realizados en la caracterización y en el análisis de las formulaciones de bioplástico son procesos controlados, que necesitan precisión tanto en volumen como en peso, además se considera de campo porque se pondrán a consideración la evaluación de la vida útil al embalar el alimento.

2.3.2. Diseño experimental de la investigación

La presente investigación se basa en un diseño factorial $2k$ tanto para la obtención del almidón y para la formulación del bioplástico.

2.3.2.1. Diseño factorial $2k$ para la obtención del almidón de maíz chulpi.

Un diseño experimental $2k$ es aquel en donde se proporcionan ensayos para determinar k factores en un diseño factorial. Este diseño se lo realiza para dos factores, con un número n de réplicas, es considerado el diseño más sencillo. Es por ello que se aplica este diseño factorial en la obtención del almidón en donde se analizan dos variables importantes que son el tiempo y las revoluciones por minuto, en donde se tomaron dos tiempos diferentes que variaron de la siguiente manera: 45s y 60s; en donde se tuvieron dos velocidades denominadas: velocidad alta y baja. Es así como se llevaron a cabo 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, en el cual se obtuvieron 16 tratamientos en total, lo que tiene por objeto de estudio determinar el rendimiento de obtención de almidón para poder obtener por lote la materia que se va a caracterizar dentro del laboratorio.

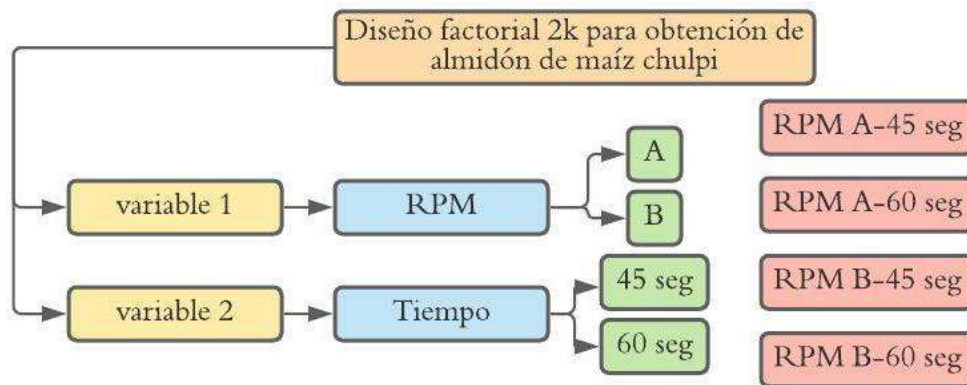


Figura 1-2. Diseño factorial 2k para obtención de almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

Además, se anexa el diagrama para obtención de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), en la **Figura 4-2**.

2.3.2.2. Diseño factorial 2k para la formulación de bioplástico a partir del almidón de maíz chulpi.

Se realiza la formulación de los bioplásticos, teniendo dos variables importantes que fueron la concentración del almidón y la concentración de la glicerina, variando los tratamientos de la siguiente manera: (+, +); (+, -); (-, -); (-, +). Así se tuvieron 4 tratamientos y se realizaron 4 repeticiones obteniendo 16 muestras de bioplástico en total, a través de la cual se obtiene las mejores propiedades para el embalaje de alimentos. A continuación, se muestra la división de variables en los tratamientos.

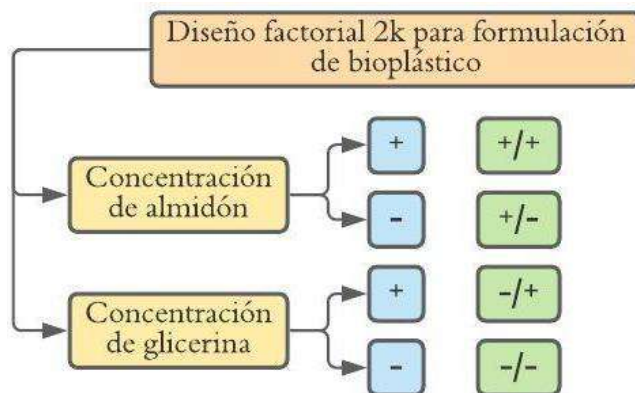


Figura 2-2. Diseño factorial 2k para formulación de bioplástico

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

De esta manera se analizan 16 muestras, con las cuales se realizan las placas de tendidos en bandejas, previo para la realización de las pruebas finales del compostaje; para la formulación de las películas se sigue el proceso descrito en el diagrama de flujo de la **Figura 5-2**. Cabe mencionar que en la formulación de las películas de bioplástico se mantienen constantes los valores de vinagre y agua respectivamente.

El diseño de esta investigación se basa también en la caracterización del almidón obtenido, dicho trabajo es realizado en el laboratorio de investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad de Ciencias, en la cual a través del método húmedo se extrae el almidón y mediante pruebas y físicas se cataloga las mejores propiedades que de él se obtengan, a continuación, se muestra en la **Figura 3-2**

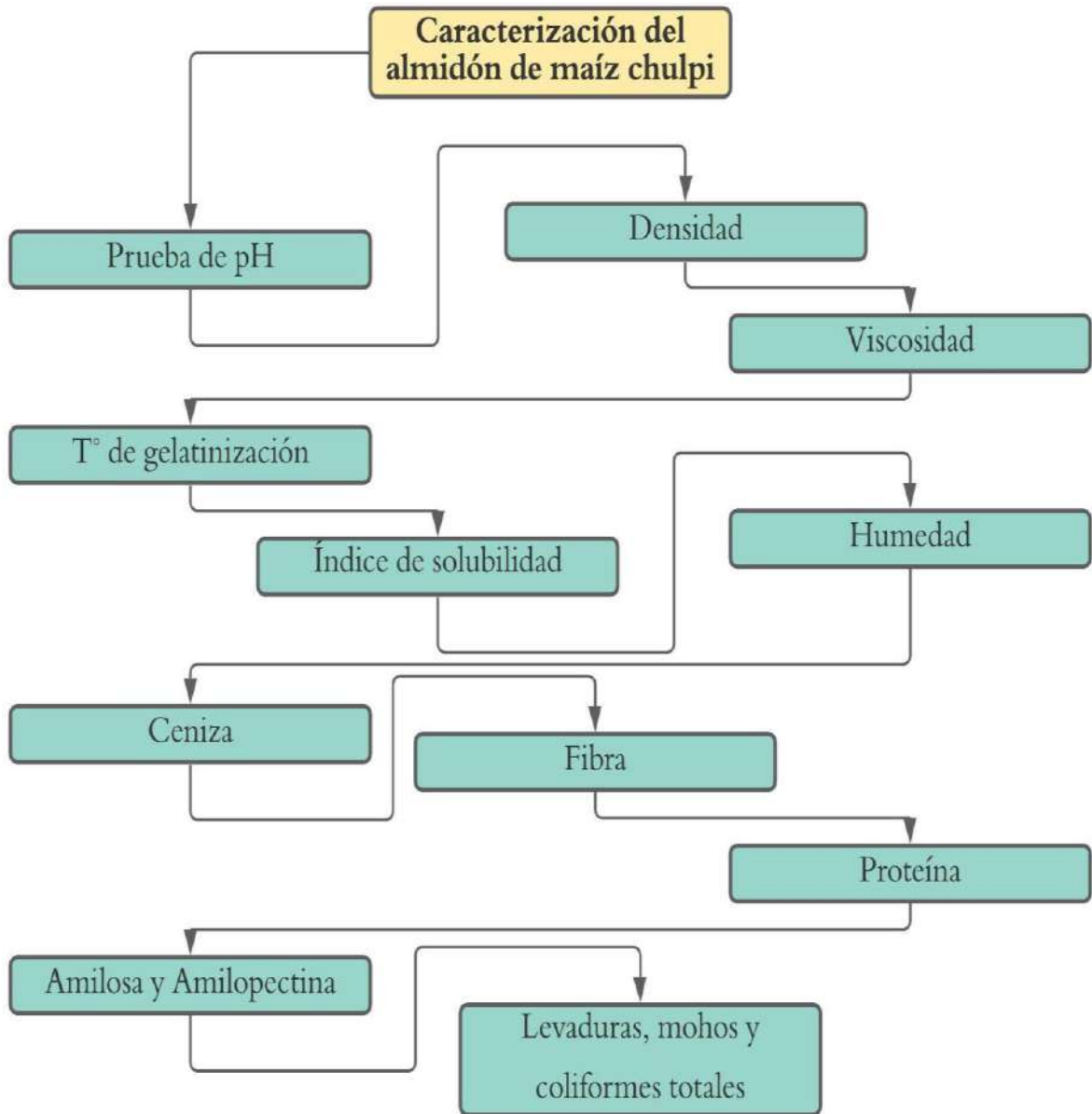


Figura 3-2. Diagrama de flujo de la caracterización del almidón de maíz chulpi.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

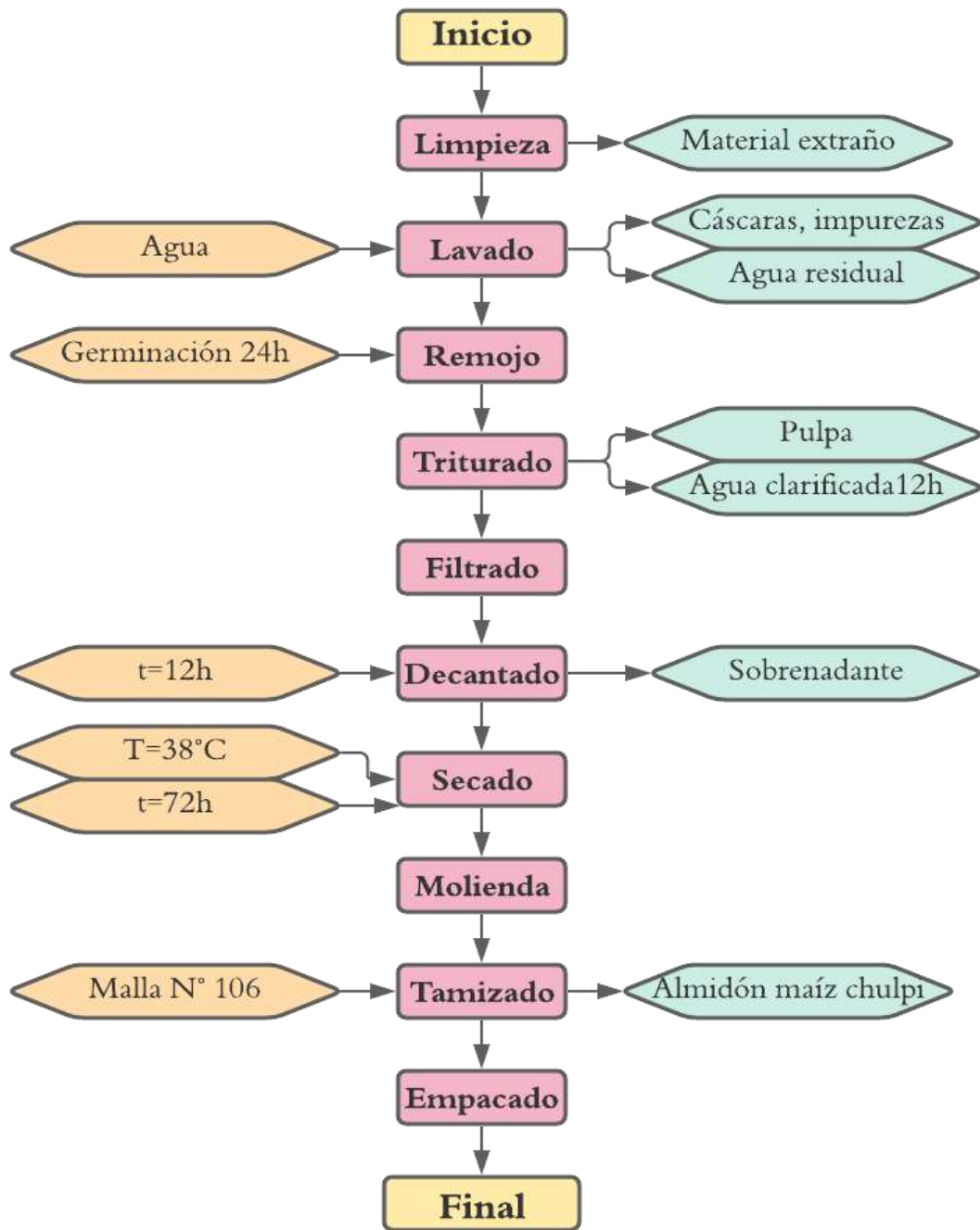


Figura 4-2. Diagrama de flujo del proceso para obtención de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

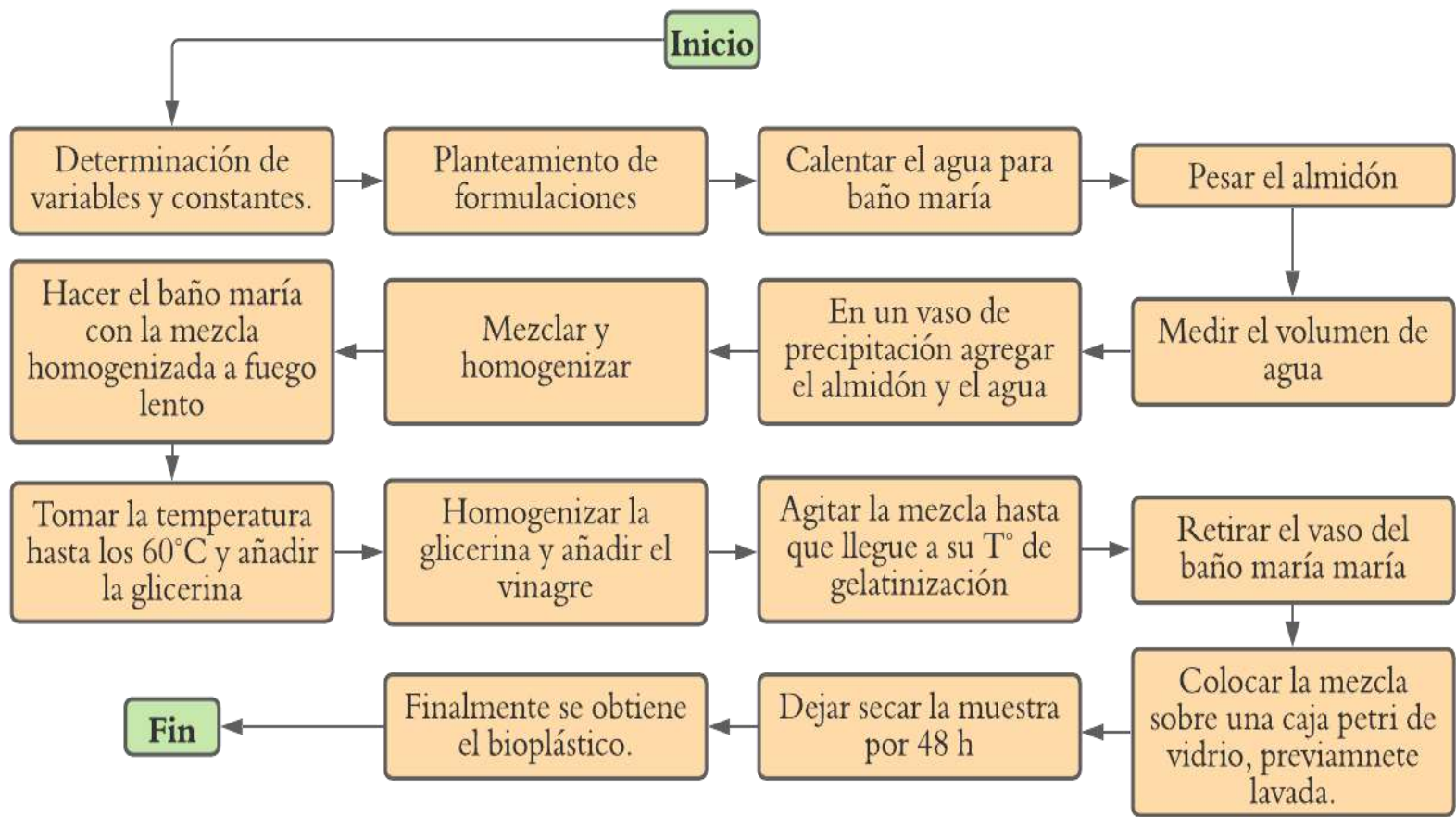


Figura 5-2. Diagrama de flujo del proceso para formulación del bioplástico

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

2.3.3. *Descripciones de materia prima, reactivas, materiales y equipos*

El trabajo de investigación para la titulación, ha sido factible gracias a la prestación de los laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Ciencias, para la obtención de datos en cuanto a caracterización y formulación de bioplástico, proporcionando los materiales y reactivos necesarios para la ejecución del proyecto; haciendo hincapié en que se trabajó con maíz chulpi como materia prima, considerada un producto agrícola importante dentro del Ecuador. Así se detalla a continuación cada quipo utilizado:

2.3.3.1. *Equipos:*

- Balanza analítica digital, marca OHAUS EXPLORER, modelo EX623. Serie: B704630506, Max 220 g, min 0,0001 mg.
- Estufa, marca ESCO, modelo Isotherm OFA-54-8, Máx. Temperatura. 300 °C / 572 °F, volumen 115 L, serial 2015-T01866.
- Mufla, marca THERMO SCIENTIFIC, modelo FB1415M, Máx. Temperatura 1200 °C (2192 °F), Serie: 0146448301170117.
- Viscosímetro PCE-RVI 10, rango de medición de 1 a 2.000.000 mPa·s, tiene una precisión de ±1,0 %. Precisión: ±1,0 % del fondo escala ajustado.
- pHmetro Orion Star-A1215, los Medidores de Banco de pH Thermo Scientific Orion Star A111 combinan sencillez con precisión para aplicaciones específicas de pH, rango: -2.00 a 16.00.
- Licuadora.

2.3.3.2. *Materiales:*

- Maíz Chulpi.
- Varilla de agitación.
- Crisoles, cápsulas de porcelana
- Probetas de 10 mL, 50 mL, 100 mL.
- Vasos de precipitación de vidrio de 100 mL, 250 mL, 500 mL.
- Papel filtro.
- Espátula.
- Reverbero, malla.

- Bandejas y papel de aluminio
- Tamiz N°106
- Estilete
- Cajas petri
- Fundas Ziploc

2.3.3.3. *Reactivos:*

- Lugol
- Agua destilada

Para el análisis estadístico de los resultados se realizará a través del análisis de varianza ANOVA, mediante el cual se aprueba o rechaza hipótesis, del grupo de estudio al cual se le aplique el análisis.

2.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis para esta investigación es la obtención del almidón, el cual será caracterizado mediante un estudio de análisis microbiológico, análisis proximal, con el cual se obtendrán datos de humedad, densidad, viscosidad, pH, levaduras y mohos, Coliformes totales, fibra, proteína, carbohidratos, entre otros.

Posteriormente se sigue a la siguiente etapa que es el proceso en la formulación del bioplástico, a la misma que se le realizarán las pruebas de degradación y compostaje, para determinar el tiempo de degradación de la biopelícula. Una vez obtenido los datos experimentales de la degradación del bioplástico, las mismas que se las harán en suelo, aire y agua, se realizará la validación de la biopelícula para el embalaje de alimentos.

2.5. Población de Estudio

La población de estudio se tomará al azar debido a que esta investigación tiene varios puntos de comparación para buscar una población de estudio específica, ya que se puede tratar del almidón, del bioplástico generado o de varios tipos de contaminación a los que afecta el uso excesivo de bioplásticos y de desperdicios.

2.6. Tamaño de Muestra

Se trabajó con 25 kilos de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) para obtener el almidón, el grano del maíz se encuentra en buenas condiciones, mientras que la formulación del bioplástico se aplica a pruebas de agua, suelo y aire para determinar la vida útil del alimento a ser embalado.

2.7. Selección de muestra

Para la selección de la muestra se revisó de un lote de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) la calidad del grano, debido a que este presentaba algunos con gorgojo, el cual es un gusano que entra en el maíz, es así que se seleccionaron de 50 kg de muestra los mejores granos de maíz, para evitar la contaminación en la obtención del almidón, así se presenta en la **Figura 2-3** el proceso.

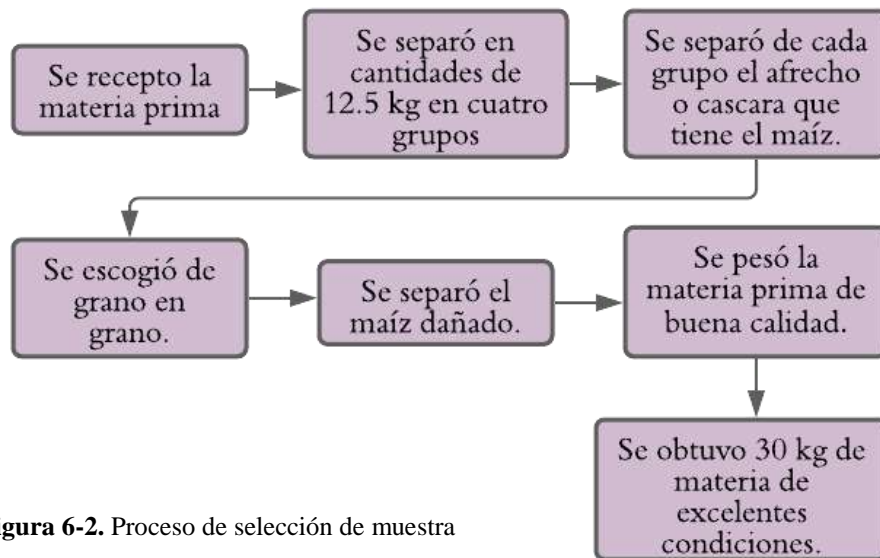


Figura 6-2. Proceso de selección de muestra

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8. Técnicas de Recolección de Datos

2.8.1. Técnica de extracción del almidón

Para la extracción del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), se lo realizo mediante método húmedo, y se describe a continuación el proceso basado en el diagrama de flujo de la **Figura 4-2**. Cabe destacar que la extracción del almidón se la realizó en casa.

- Limpieza: se lo realiza con el objetivo de que se eliminen todas las impurezas de la materia prima, en el caso del maíz chulpi, se busca eliminar el afrecho y el borbojo que este grano posee.

- Lavado: Se realiza un lavado profundo con el objetivo de eliminar por completo la tierra y las sustancias que a simple vista no se ven, para obtener la materia prima totalmente limpia y lista para seguir con el proceso, para esta etapa del proceso se lo realiza con abundante agua.
- Remojo: se lo deja remojando por 24 horas, con el fin de que el grano sea más suave logrando el ablandamiento del endospermo, consiguiendo germinarlo, siendo la cantidad adecuada 3 litros de agua por cada kilogramo de materia prima.
- Triturado: el triturado se lo realiza con la licuadora marca Oster, y se trabaja con dos velocidades y dos tiempos; las velocidades fueron alta y baja, y los tiempos con los que se trabajó fueron de 45 y 60 segundos. Con esta operación se logra trocear el grano que previamente estuvo en remojo; este proceso se llevó a cabo para determinar el rendimiento y luego de analizar la varianza se trabajó con el tratamiento de mayor aportación de almidón. Para cada licuada se emplea 200 gramos de materia prima con 500 mL de agua; el agua debe ser de botellón para evitar contaminación en la muestra que se obtiene.
- Filtrado: para la operación de filtrado se utilizó un cernidor de tela con el objetivo de que el filtrado sea solo agua-almidón, evitando el paso del afrecho del triturado para esto se colocó en un balde grande y encima el cedazo de tela para cuajo de quesos, esta operación es demorada, pero su resultado es muy bueno en el siguiente paso del proceso, además de ser fundamental considerando el enfoque que se le dará a la obtención de un almidón de buena calidad.
- Decantado: esta etapa es importante ya que es el tiempo en que el almidón sedimenta y se va para el fondo del balde, y el agua queda como un sobrenadante, este tipo es que se logra separar bien el almidón del agua es de aproximadamente 24 horas.
- Secado: Una vez separado el almidón completamente del agua se extiende en una bandeja de aluminio, y se lo procede a secar, cabe resaltar que el secado que se empleó fue al natural, para evitar quemar el almidón dentro del horno, y es por ello que el tiempo se extiende un poco más con un aproximado de 48 horas en la región Sierra teniendo en cuenta que los dos días son soleados, y si no se puede llegar a demorar hasta 4 días si no existe la presencia de luz solar, la temperatura es ambiente por lo que se estima de 25-26C.
- Molienda: para esta operación se trabaja con un molino de mano, en donde al almidón termina de trocearse por completo, ya que al secarse presenta una estructura muy grande hecho bolas, es por eso que este es el primer paso que se realiza a nivel laboratorio, o si

no también con la ayuda de un mortero y de un pistilo se logra disminuir el tamaño de esta partícula.

- Tamizado: es la parte fundamental de todo este estudio, ya que depende del tamizado del almidón la calidad de biopelícula que se llega a formar, ya que mientras más pequeños sean los gránulos del almidón, el bioplástico va a tener más transparencia y será más lisa; de esta manera se trabajó con la malla N°106, la misma que la adquirimos del laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad de Ciencias.
- Empacado: para empacarlo se lo almacena en fundas Ziploc, para mantenerlos sellados herméticamente, evitando que absorba humedad del ambiente y contaminación de la muestra.

2.8.2. *Formulaciones*

Para el planteamiento de las formulaciones se trabajó con base en la investigación de (Nárvaez 2016), para la elaboración de bioplástico, así se detalla a continuación las formulaciones planteadas con el diseño factorial 2².

Así se produce 4 tratamientos para las formulaciones, con cuatro repeticiones, teniendo las variables que son el almidón y la glicerina, puesto que la glicerina es la que le confiere las propiedades de elasticidad y flexibilidad, además de que el ácido acético contribuye en la homogenización de la mezcla.

De esta manera se generaron cuatro repeticiones como se observa en la tabla 4-2 generándose 16 muestras que estarán sujetas a experimentación.

2.8.3. *Caracterización del almidón, determinación de análisis proximal*

2.8.3.1. *Prueba de pH:*

Tabla 4-2. Método de la evaluación de pH

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PH
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar las pruebas por triplicado. ➤ Pesar 5 gramos de almidón y medir 25 mL de agua destilada. ➤ Dejar 30 minutos en el shaker para la agitación. ➤ Sedimentar por 20 min.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sacar el sobrenadante. ➤ Medir el pH.
Cálculos:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reportar el valor arrojado por el pH. Metro.
Norma:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ NTE INEN 1456:1986

Fuente: (Ensayo 2012)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.2. Densidad

Tabla 5-2. Método de la evaluación de densidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE DENSIDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar las pruebas por triplicado. ➤ Pesar la probeta vacía de 100 mL. ➤ Añadir almidón sin compactar hasta llegar a los 100 mL. ➤ Pesar. ➤ Compactar el almidón dentro de la probeta. ➤ Tomar la diferencia de volumen.
Cálculos:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restar la diferencia de la probeta con almidón de la probeta vacía y dividir para el volumen de 100 mL de la probeta. ➤ Restar la diferencia de la probeta con almidón de la probeta vacía y dividir para el volumen del compactado en mL de la probeta.
Norma:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ NTE INEN 524:2013

Fuente: (INEN 2117 2013, p. 4)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.3. Viscosidad

Tabla 6-2. Método de la evaluación de viscosidad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE VISCOSIDAD	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Añadir 25 gramos con 500 mL de agua.➤ Hervir.➤ Sacar y se enfría hasta llegar a una temperatura de 25°C.➤ Tomar la viscosidad.	
Cálculos:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Tomar el valor que arroja el viscosímetro.	
Norma:	
<ul style="list-style-type: none">➤ FAO (Smith,1997)	

Fuente: (FAO 1999, p. 6)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.4. T° de gelatinización

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

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE T° DE GELATINIZACIÓN	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Realizar las pruebas por triplicado.➤ Preparar un baño maría, hasta alcanzar el punto de ebullición.➤ Pesar 5 gramos de almidón en un vaso de 100 mL y añadir 50 mL de agua.➤ Introducir el vaso de 100 mL en el baño maría con la mezcla.➤ Agitar y con un termómetro tomar la temperatura.➤ Apagar cuando la mezcla presente apariencia de gel.	
Cálculos:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Tomar la temperatura cuando se hace gel.	
Norma:	
<ul style="list-style-type: none">➤ FAO (Grace,1977)	

Fuente: (FAO 1999, p. 12)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.5. Índice de solubilidad

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

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE SOLUBILIDAD	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Realizar pruebas por triplicado.➤ Añadir en tubos de plástico 1,25 gramos en cada tubo.➤ Adicionar 30 mL en cada tubo.➤ Prender el baño maría y programar hasta llegar a 60°C.➤ Ubicar los tubos con el agua y el almidón en el baño maría.➤ Agitar levemente durante 10 minutos.➤ Dejar 20 minutos en el baño maría.➤ Centrifugar por un tiempo estimado de 20 minutos a una velocidad de 3000 RPM.➤ Sacar de la centrifuga y tomar 10 mL del líquido.➤ Añadir 10 mL en un vaso de precipitación.➤ Poner en la estufa por un tiempo de 24 horas.➤ Sacar las muestras y poner en el desecador por 30 min.➤ Tomar el peso de las muestras.	
Cálculos:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Determinar con la división entre la cantidad del soluto por cada 100 gramos de solvente.	
Norma:	
<ul style="list-style-type: none">➤ FAO (Anderson,1969)	

Fuente: (FAO 1999, p. 13)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.6. Humedad

Tabla 9-2. Método de la evaluación de humedad

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE HUMEDAD	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none">➤ Realizar las muestras por triplicado.➤ Tarar los crisoles por dos horas.➤ Sacar al desecador por 30 minutos.➤ Pesar el crisol vacío.➤ Añadir en el crisol 3 gramos de almidón.	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dejar en la estufa. ➤ Pesar hasta tener un peso constante.
Cálculos:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ $\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 = \% \text{ Humedad}$
Norma:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ NTE INEN-ISO 1666

Fuente: (Ecuatoriana 2014a, p. 4)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.7. Ceniza

Tabla 10-2. Método de la evaluación de ceniza

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE CENIZA	
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Añadir los crisoles utilizados en la humedad a la mufla. ➤ Dejar en la mufla a 300°C y subir la temperatura hasta los 550°C. ➤ La muestra debe tener un color gris y dejar de humear. ➤ Sacar los crisoles de la mufla. ➤ Dejar en el desecador por 1 hora aproximadamente. ➤ Pesar los crisoles. 	
Cálculos:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ $\frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra}} * 100 = \% \text{ Ceniza en base seca}$ 	
Norma:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ NTE INEN-ISO 3593 	

Fuente: (Ecuatoriana 2014b, p. 3)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.8. Fibra

Tabla 11-2. Método de la evaluación de fibra

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PROTEÍNA	
Reactivos	Materiales

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Solución de ácido sulfúrico 0.255N. ➤ Solución de hidróxido de sodio 0.31N. ➤ Alcohol octil o silicona. ➤ Alcohol etílico al 95% (V/V) ➤ Éter de petróleo ➤ Solución de ácido clorhídrico al 1% (V/V) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Matraz de bola fondo plano, 600 ml, cuello esmerilado. ➤ Unidad de condensación para el matraz. ➤ Matraz Kitasato de 1 litro. ➤ Embudo Buchner. ➤ Crisol de filtración. ➤ Conos de hule ➤ Papel filtro ➤ Pizeta de 500 ml. ➤ Desecador. ➤ Horno de laboratorio. ➤ Mufla.
--	--

Procedimiento:

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar 2,5 gramos de la muestra previamente desengrasada y seca. ➤ Colocar en el matraz Erlenmeyer. ➤ Adicionar 200ml de la solución de ácido sulfúrico previamente en ebullición. ➤ Colocar el condensador. ➤ Llevar a ebullición por un minuto. ➤ Hervir por 30 min, y mantener constante el volumen con agua destilada. ➤ Mover periódicamente el matraz. ➤ Instalar el embudo Buchner con el papel filtro. ➤ Precalentar con agua hirviendo. ➤ Retirar el matraz y dejar reposar por un minuto aproximadamente. ➤ Filtrar con mucho cuidado a través de la succión. ➤ Lavar el papel filtro con agua hirviendo. ➤ Transferir el residuo al matraz con ayuda de una Pizeta conteniendo 200ml de solución de NaOH en ebullición y hervir por 30 minutos. ➤ Precalentar el crisol de filtración con agua hirviendo. ➤ Filtrar con mucho cuidado, después reposar la sustancia hidrolizada por 1 minuto aproximadamente. ➤ Lavar el residuo con agua hirviendo, con la solución de HCl y nuevamente con agua hirviendo. ➤ Realizar el lavado tres veces con el éter de petróleo. ➤ Colocar el crisol en la estufa a 105°C por un tiempo aproximado de 12 horas y enfriar en el desecador.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar los crisoles con el residuo y colocar en la mufla a 550°C por 3 horas. ➤ Dejar enfriar en un desecador y pesar.
Cálculos:
A = Peso del crisol más el residuo seco (g)
B = Peso del crisol más la ceniza (g)
C = Peso de la muestra (g); Contenido de fibra cruda (%) = $100((A - B)/C)$
Norma:
NTE INEN 2725

Fuente:(Ecuatoriana 2015, p. 3)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021.

2.8.3.9. Proteína

Tabla 12-2. Método de la evaluación de proteína

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PROTEÍNA	
Reactivos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Óxido de mercurio ➤ Sulfato de potasio ➤ Sacarosa ➤ Zinc granulado ➤ Granulado d piedra pomex lavado con ácido sulfúrico y quemada. ➤ Ácido sulfúrico concentrado. ➤ Solución de hidróxido de sodio al 40% ➤ Solución saturada del sulfato de sodio ➤ Solución de tiosulfato de sodio ➤ solución de hidróxido de sodio 0.1N ➤ Solución de hidróxido de sodio 0.25N ➤ Solución de ácido sulfúrico 0.1N ➤ Solución indicadora de rojo de metilo ➤ Solución indicadora de rojo de metilo-azul de metileno 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Unidad de digestión y destilación Kjendahl. ➤ Matraces Kjeldahl.
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar 1 gramo de muestra. 	

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pasar a un matraz Kjeldahl, adicionar 10 gramos de sulfato de potasio, 0.6 gramos de óxido de mercurio, 25 gramos de ácido sulfúrico y pocos granos de piedra pomex. ➤ Calentar el matraz, agitar hasta que la materia se encuentre carbonizada y las burbujas hayan desaparecido. ➤ Aumentar la temperatura y permitir la ebullición suave. ➤ Evitar que las paredes del matraz se sobrecalienten para que no se le peguen partículas orgánicas. ➤ Dejar en ebullición por dos horas y luego enfriar. ➤ Repetir el análisis usando una mayor cantidad de ácido sulfúrico. ➤ Adicionar con cuidado al matraz 300 ml de agua destilada. ➤ Mezclar el contenido al mismo tiempo; dejar enfriar y agregar pocas perlas de Zinc. ➤ Transferir 25 ml de solución de ácido sulfúrico 0.1 al matraz de colecta del aparato de destilación, de acuerdo con el valor esperado de Nitrógeno en la muestra, y unas tres gotas rojo de metilo. ➤ Adicionar cuidadosamente a la muestra 100 ml de solución de hidróxido de sodio y luego 10 ml de solución de sulfato de sodio. ➤ Mezclar bien y conectar inmediatamente al aparato de destilación. ➤ Calentar el matraz para destilar alrededor de 150 ml del líquido en un tiempo de 30 minutos. ➤ Medir con papel indicador el pH del destilado resultante. ➤ Agitar ocasionalmente el contenido del matraz. ➤ Titular el exceso de ácido sulfúrico con hidróxido de sodio 0.1N, al punto final del indicador de rojo de metilo o rojo de metilo-azul de metileno. ➤ Correr un blanco de reactivos usando 1g de sacarosa en lugar de la muestra. ➤ Usar en el cálculo de los resultados.
<p>Cálculos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar el H₂SO₄ consumido. ➤ Calcular el porcentaje de Nitrógeno en la muestra y convertirlo a porcentaje de proteína multiplicando el resultado por 6.25. ➤ Si se sospecha de la presencia de Nitrógeno amoniacal o nitratos en la muestra, evaluar para restarlo del Nitrógeno total.
<p>Norma:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ NTE INEN 2725

Fuente: (Ensayo 2012, p. 4)

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.3.10. *Carbohidratos totales*

Se consideran como carbohidratos totales al cálculo de la diferencia del análisis proximal, y sus unidades se presentan en gramos.

2.8.3.11. *Amilosa y Amilopeptina*

El estudio de la amilosa y amilopeptina, se envía al Instituto de INIAP para la determinación de la amilosa y amilopeptina, ya que esta prueba no se lo puede realizar en la ESPOCH. Los valores analizados se los interpreta a través del informe proporcionado por la entidad; para esta prueba se utilizó el método MO-LSAIA-04, y esta prueba se realizó en base seca.

2.8.3.12. *Levaduras, mohos y coliformes totales*

Esta prueba se la lleva al laboratorio de aguas, a cargo de la Ing. Gina Álvarez, para que la realicen en la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, mediante la cual se determina los mohos, levaduras, coliformes totales y fecales, con la utilización de sembrados microbiológicos, tomando en cuenta que esta parte es muy importante ya que depende de este resultado para que la investigación sea aplicada en alimentos.

2.8.3.13. *Prueba de Lugol*

Para esta prueba se utiliza como indicador, al Lugol en donde se disuelven 10 ml de agua destilada, con 1 gramo de muestra de almidón y cuando está completamente homogenizada la mezcla, se le añade cuatro gotas del indicador Lugol, en donde se puede apreciar cualitativamente su resultado. Si se pinta de color morado indica que la muestra disuelta tiene almidón, y si se pinta de color rojo indica que no posee almidón en su estructura. Al realizar la prueba se determinó que el almidón de maíz chulpi si presenta almidón en su estructura.

2.8.4. *Técnicas de formulación de bioplástico a partir de almidón de maíz chulpi*

Para la formulación de las películas se basa en el diagrama de la **Figura 5-2**, mediante el cual se describe la elaboración de los bioplásticos detallados a continuación.

Tabla 13-2. Método de obtención del bioplástico.

MÉTODO DE OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO	
Principio	Materiales
Se obtienen varias repeticiones con el fin de obtener cuatro tratamientos que sean de la mejor calidad, y mantengas buenas propiedades mecánicas para su aplicación en embalaje de alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vasos de precipitación de 250 y 50 ml ➤ Varilla de agitación ➤ Probetas de 250ml y 10ml ➤ Cajas petri y pírex rectangular. ➤ Espátula ➤ Vidrio de reloj ➤ Pinza ➤ Termómetro
Equipos	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Balanza analítica ➤ Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Agua Destilada ➤ Glicerina ➤ Ácido acético ➤ Almidón de maíz chulpi
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pesar el almidón la cantidad necesaria para el tratamiento. ➤ Medir el volumen de agua necesario y se le añade el almidón pesado. ➤ Mezclar bien hasta homogenizar. ➤ Llevar la mezcla al baño maría y se agita constantemente. ➤ Tomar la temperatura y cuando llega a los 60°C se le añade poco a poco la cantidad de glicerina necesaria para el tratamiento con el que se esté trabajando. ➤ Añadir el ácido acético agitando constantemente. ➤ Tomar la temperatura hasta q llegue a su temperatura de gelatinización. ➤ Colocar en la caja petri o en el molde de vidrio pírex. ➤ Dejar secar al ambiente por 48 horas. 	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

2.8.4.1. Análisis sensorial

Mediante este análisis permite determinar de manera cualitativa las características de las formulaciones, basándose en parámetros que establecen la calidad de los tratamientos realizados; así se cataloga las determinaciones del bioplástico, realizando un análisis organoléptico determinando la textura, el aspecto, la flexibilidad y la resistencia de entre las más importantes (Guamán 2019).

Para aceptar o descartar la valoración se dará una puntuación del 1 al 10 en donde 1 (Inaceptable) y 10 (Aceptables), con el fin de a través de estos aspectos organolépticos calificar la apreciación al tacto y a la vista (Guamán 2019).

Tabla 14-2. Valoración para evaluación de bioplásticos

Análisis Organoléptico	Opaco	1
	Áspero	
	Poco flexible	
	Débil	
	Traslúcido	10
	Lisa	
	Flexible	
	Resistente	

Fuente: (Bravo, 2019)

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

2.8.4.2. Determinación de espesor

Para la determinación del espesor se basa en la Norma NTE INEN-ISO 4593 la cual menciona los parámetros a estudiarse, y el procedimiento a tomar para esta determinación (Ecuatoriana 2014b).

Tabla 15-2. Método de determinación de espesor del bioplástico

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DEL ESPESOR	
Procedimiento:	
➤	Utilizar el micrómetro digital marca Jiuliang con margen de error de 0.001 mm.
➤	Realizar 10 mediciones para cada muestra de cada repetición.
➤	Tomar las mediciones en diferentes puntos de la placa del bioplástico.

Cálculos:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar el cálculo mediante el promedio de las 10 muestras, hasta obtener un solo valor para cada repetición.

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.4.3. Humedad del bioplástico

Tabla 16-2. Método de la evaluación de humedad para el bioplástico

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE HUMEDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar las pruebas por triplicado. ➤ Dejar los crisoles en la estufa por dos horas a una temperatura de 105°C. ➤ Sacar de la estufa y colocar en el desecador. ➤ Pesar el crisol frío. ➤ Pesar 3 gramos de la muestra en el crisol. ➤ Introducir los crisoles con la muestra previamente pesados en la estufa a una temperatura de 105°C. ➤ Pesar luego de 2 horas. ➤ Repetir el procedimiento hasta que se tenga peso constante para sus repeticiones.
Cálculos:
$\% \text{ de Humedad} = \frac{(m_w - m_d)}{m_w} * 100$
En donde:
m_w = peso de las láminas acondicionadas a 75% HR.
m_d = peso seco de las láminas.

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.4.4. Solubilidad del plástico

Tabla 17-2. Método de la evaluación de solubilidad del bioplástico

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE SOLUBILIDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cortar muestras de cada tratamiento con tamaños de 2,5x2, 5.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Colocar la muestra en vasos de plástico con 80 mL de agua destilada y tapar bien. ➤ Colocar la muestra preparada en el Shaker por aproximadamente 1 hora a 200 rpm. ➤ Retirar del Shaker y colocar las muestras en un papel filtro. ➤ Ingresar en la estufa a una temperatura de 105°C. ➤ Pesarse hasta obtener peso constante.
Cálculos:
$(\%)Solubilidad = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$
Método de ensayo:
Basado en el método gravimétrico.

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.4.5. Permeabilidad del plástico

Tabla 18-2. Método de la evaluación de permeabilidad del bioplástico

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE PERMEABILIDAD
Procedimiento:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dejar activando la sílica gel por 24 horas hasta obtener una humedad relativa del 0%. ➤ Realizar las muestras por triplicado y lavar los tubos de ensayo. ➤ Cortar muestras de los bioplásticos por cada tratamiento de 2,5x2, 5. ➤ Llenar los tubos de ensayo con las ¾ de la sílica gel. ➤ Con las muestras cortadas sellar el tubo en el que se añadió la sílica gel, y asegurar el tubo para que no existan fugas. ➤ Colocar una solución salina en la base del desecador. ➤ Pesarse los tubos. ➤ Ingresar los tubos ya sellados en el desecador con una humedad relativa del 50% y dejar por una hora. ➤ Tomar los pesos cada hora por 6 horas.
Cálculos:
$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$
En donde:
P_2 : Peso de la lámina final.

P_1 : Peso de la lámina inicial.

E: espesor de la lámina.

T: tiempo de determinación.

p_v : presión de vapor del proceso.

φ_1 : Humedad relativa al interior de la celda.

φ_2 : Humedad relativa de la cámara con NaCl saturado.

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

2.8.4.6. Pruebas de tracción del bioplástico

Esta prueba se la realiza en el laboratorio LenMav. Este estudio analiza la tracción, resistencia, fuerza de flexión entre otros; basándose en la norma NTE- INEN 2635:012.

Para el análisis de esta prueba se requiere entregar muestras de probeta sacadas con la muestra de bioplástico por cada tratamiento, presentando las siguientes dimensiones:

- *Ancho*: 13-25.80 mm
- *Longitud*: 152 mm.

2.8.4.7. Prueba de biodegradabilidad

La prueba de biodegradabilidad también conocida como prueba del compost, se la realiza en base al procedimiento y estudio realizado por (Romero 1997) en donde se describe el procedimiento para tres pruebas que se realizan de biodegradación al bioplástico que se obtiene, variando algunos pasos en el desarrollo de este ensayo experimental.

Las pruebas que se realizan son en agua, aire y suelo, a continuación, se muestra en procedimiento en la siguiente tabla:

Tabla 19-2. Método de la evaluación de la biodegradación del bioplástico

MÉTODO DE LA EVALUACIÓN DE BIODEGRADACIÓN	
Procedimiento:	
	➤ Cortar muestras del bioplástico de 3x3

- Utilizar recipientes de aluminio para cada tipo de prueba que se va a realizar.

AGUA

- Añadir una cantidad de agua de aproximadamente 150 mL hasta el límite del recipiente de aluminio.
- Determinar el área de la muestra de 3x3 del bioplástico.
- Añadir la muestra de bioplástico al recipiente.
- Inspeccionar la evolución diariamente tomando el área por 30 días.

AIRE

- Tomar el área de la muestra del bioplástico.
- Añadir a la bandeja de aluminio.
- Revisar diariamente la muestra tomando el área por 30 días.

SUELO

- Añadir una capa de tierra de aproximadamente 2 cm de base en el recipiente de aluminio.
- Determinar el área de la muestra de 3x3 del bioplástico.
- Añadir la muestra a la capa añadida y tapar con más tierra hasta cubrir aproximadamente 5 cm del recipiente.
- Revisar diariamente y determinar el área de la muestra por 30 días.

Cálculos:

$$\%Pérdida\ de\ peso = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

P_i = Peso inicial de la lámina del bioplástico.

P_f = Peso final de la lámina del bioplástico.

Realizado por: Maza, Jhomara. 2021

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Resultados de la aplicación del diseño factorial 2^2 para determinar el mejor rendimiento del almidón de maíz chulpi.

Para la obtención del almidón de maíz chulpi se trabajó con cuatro tratamientos, el mismo que se obtuvo por método húmedo, iniciando con la selección de materia prima en buen estado, limpiando el maíz para liberarlo de impurezas, seguido de un lavado minucioso para eliminar la tierra y el borbojo; además de que el éxito de la obtención del almidón fue el remojo ya que con este proceso se llegó a germinar el endospermo y se trituro de una mejor manera el grano. Así se analizó experimentalmente el diseño factorial 2^2 en donde las variables a utilizar fueron el tiempo y las revoluciones por minuto, así se trabajó con cuatro tratamientos variando un tiempo de 45 y 60 segundos y dos revoluciones por minuto que son alta y baja. La velocidad alta tiene un valor de 20000 rpm, y la velocidad baja tiene un valor de 6800 rpm. Para este análisis se empleó 200 gramos de materia prima con 500 mL de agua, y con la ayuda de un cronometro se tomaron los tiempos de triturado para luego pesar y determinar el rendimiento; es así que se obtuvieron 16 muestras en total al realizarse 4 repeticiones por tratamiento. Lo importante de obtener el mejor rendimiento es para optimizar los costos y empezar con la obtención del demás almidón para el siguiente paso como la caracterización del mismo. Así se puede visualizar en la tabla:

Tabla 1-3. Resultados de la aplicación del diseño factorial 2² para determinar el mejor rendimiento del almidón de maíz chulpi.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)	
					PRODUCTO (g)	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
1	T1	RPM A : 45	R1	500	200	43.845	45.781	183.125	21.9225	22.891	32
2			R2			44.623			22.3115		
3			R3			47.723			23.8615		
4			R4			46.934			23.467		
5	T2	RPM A : 60	R1			54.834	54.612	218.447	27.417	27.306	48
6			R2			53.276			26.638		
7			R3			55.612			27.806		
8			R4			54.725			27.3625		
9	T3	RPM B : 45	R1			17.367	17.981	71.922	8.6835	8.990	32
10			R2			18.324			9.162		
11			R3			17.975			8.9875		
12			R4			18.256			9.128		
13	T4	RPM B : 60	R1			19.346	19.802	79.207	9.673	9.901	48
14			R2			19.853			9.9265		
15			R3			20.184			10.092		
16			R4			19.824			9.912		

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

La Tabla 1-3 muestra el número de tratamientos utilizados para la experimentación, cada uno consta de variables de revoluciones por minuto (alta/ baja) y los tiempos de (45/60) segundos como se explicó en el diseño factorial, así se obtienen 4 tratamientos con 4 repeticiones, numeradas de la siguiente manera T1, T2, T3 y T4 para el Tratamiento 1, 2,3, y 4 respectivamente; y R1, R2, R3, y R4, para las Repeticiones 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Así se determinó el promedio en peso para la obtención del rendimiento en la extracción del almidón de maíz chulpi; la cual se la realiza con un volumen de agua determinado de 500 ml y con 200 g de materia prima, mediante las cuales se estima un tiempo de secado para cada tratamiento.

Tabla 2-3. Análisis de resultados ANOVA para la extracción de almidón de maíz chulpi.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	980.120	1.000	980.120	3369.537	0.000	4.747
Columnas	28.373	1.000	28.373	97.543	0.000	4.747
Interacción	12.274	1.000	12.274	42.195	0.000	4.747
Dentro del grupo	3.491	12.000	0.291			
Total	1024.258	15.000				

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

En la **Tabla 2-3** se encuentra representado el valor obtenido de la varianza mediante el estudio ANOVA, para los 4 tratamientos; con el cual se determinó una interacción de 0.000 siendo $< \alpha$ 0,50 por lo que se determina que existe diferencia significativa, la cual se encuentra resaltada con un color amarillo, mientras que los colores resaltados con verde son los valores de suma de cuadrados y grados de libertad, que serán esenciales para la determinación del análisis Tukey, y se visualiza en la siguiente tabla al tener diferencia significativa en la extracción del almidón de maíz chulpi.

Tabla 3-3. Análisis de resultados según la prueba TUKEY para la extracción de almidón de maíz chulpi.

T1	T2	T3	T4	
21.92	27.42	8.68	9.67	
22.31	26.64	9.16	9.93	
23.86	27.81	8.98	10.09	
23.47	27.36	9.13	9.91	
PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	PROMEDIO	
22.89	27.31	8.99	9.90	
HSD = 1.13				
Multiplicador = 4.20				
Mse = 0.29 cuadrado error medio				
n = 4 tamaño muestra				
	T1	T2	T3	T4
T1		4.42	13.90	12.99
T2			18.32	17.41
T3				0.91
T4				
Si hay diferencia significativa				
No hay diferencia significativa				

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

En la **Tabla 3-3** se determina el análisis final del estudio de varianza, mediante el análisis Tukey el cual estipula que entre los tratamientos existe o no la diferencia significativa, analizando mediante los colores obtenidos en la tabla que entre el T1 Y T2 no existe diferencia significativa y entre el T3 y T4 no existe diferencia significativa, la diferencia se establece entre el T2 y T3.



Figura 1-3. Tratamientos en la obtención de almidón de maíz chulpi.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el gráfico se puede visualizar como se llevó a cabo la extracción de los 4 tratamientos con sus repeticiones respectivamente con 16 muestras en total.

3.1.2. Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón de maíz chulpi

Una vez analizado los tratamientos experimentales se obtuvo el almidón con el mejor rendimiento por método húmedo, a partir del almidón de maíz chulpi y se realizó la caracterización del análisis físico, químico proximal y microbiológico, en el Laboratorio de Investigación y en el Laboratorio de Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, además de que el análisis de amilosa se lo realizó en el Instituto INIAP, por falta de reactivos y materiales con los cuales no cuenta la institución, así se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-3. Resultados del análisis químico proximal del almidón de maíz chulpi.

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	9.88	09-15%	NTE INEN-ISO 1666
2	Ceniza	%	0.53	0,12-0,82%	NTE INEN-ISO 3593
3	Solubilidad	%	11.35	11,50-12,32%	FAO (Anderson,1969)

4	pH		4.53	5.5-6.0	NTE INEN 1456:1986
5	Fibra	%	12.19	12 ± 1,30	NTE INEN 2725
6	Proteína	%	8.00	8.80 ± 1.00	
7	Viscosidad	cP	936.50	840-1500cP	FAO (Smith,1997)
8	Temperatura de gelatinización	°C	70.00	57,5-70°C	FAO (Grace,1977)
9	Carbohidratos Totales	%	74.50	70-80%	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
10	Amilosa	%	25.63	25-30%	NTE INEN-ISO 6647-1
11	Amilopectina	%	74.37	70-75%	
12	Hongos	UPC/g	0	<10	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
13	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	
14	Coliformes totales	UPC/g	0	-	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En la **Tabla 4-3** se plasmó los resultados obtenidos mediante la caracterización del almidón de maíz chulpi, con sus valores referenciales y con las normas en las cuales se basó para su determinación.

3.1.3. Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico 2².

Una vez caracterizado el almidón de maíz chulpi se procede a formular los mejores tratamientos para obtener biopelículas de la mejor calidad, es por ello que se plantea un diseño factorial 2², como se puede observar en la **Tabla 5-3**; cuyas variables serán la concentración del almidón y la concentración de glicerina, así se varia el almidón entre 1-2 gramos, y a la glicerina entre 0,5 y 0,75 mL. De la misma manera para generar la mezcla se añade como constantes al agua y al ácido acético, con una cantidad de 40 mL de agua y 7 mL de ácido acético, así se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, obteniéndose así un total de 16 biopelículas, como se ve en la **Tabla 6-3**.

Tabla 5-3. Resultados análisis factorial 2² para la formulación de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi.

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN (min)	SECADO				ESPESOR (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (h)		
1	TP1	CA1 : CG1	R1	70	4	LABORATORIO INVESTIGACIÓN	SECADO NATURAL	25	48	0.16	0.13
2			R2		4					0.13	
3			R3		4					0.12	
4			R4		4					0.11	
5	TP2	CA1 : CG2	R1		5					0.15	0.1575
6			R2		5					0.15	
7			R3		5					0.17	
8			R4		5					0.16	
9	TP3	CA2 : CG1	R1		4					0.12	0.1125
10			R2		4					0.11	
11			R3		4					0.12	
12			R4		4					0.1	
13	TP4	CA2 : CG2	R1		5					0.14	0.145
14			R2		5					0.18	
15			R3		5					0.13	
16			R4		5					0.13	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En la Tabla 5-3 se muestra el rendimiento para la formulación de los bioplásticos elaborados, en relación a los espesores de los mismo teniendo así 16 muestras para lo cual se nombró de la siguiente manera: TP1, TP2, TP3 y TP4, para los Tratamientos del plástico 1, 2, 3, y 4 respectivamente, con tiempo y temperatura de secado estimado para casa caso.

Tabla 6-3. Análisis de varianza ANOVA para la formulación de bioplásticos

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	0.0009	1	0.0009	2.9589	0.1111	4.7472
Columnas	0.0036	1	0.0036	11.8356	0.0049	4.7472
Interacción	2.5E-05	1	0.0000	0.0822	0.7792	4.7472
Dentro del grupo	0.00365	12	0.0003			
Total	0.008175	15				

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

En la Tabla 6-3 se muestra el análisis estadístico de varianza mediante ANOVA, con lo que se obtiene un valor de interacción de 0.7792 el cual es $>$ a 0,50 lo que determina que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 7-3. Formulaciones realizadas basándose en el diseño factorial 2^2

Formulación	Porcentaje Peso a Peso			
	Almidón	Glicerina	Agua Destilada	Ácido acético
1	1	0,5	40	7
2	1	0,75	40	7
3	2	0,5	40	7
4	2	0,75	40	7

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021



Figura 2-3. Bioplásticos obtenidos del diseño experimental 2k

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En la **Figura 2-3** se visualiza el número de tratamientos del plástico realizados para el TP1, TP2, TP3 y TP4, con un total de 16 muestras.

3.1.4. Resultados de la caracterización de bioplásticos ensayos físicos y mecánicos.

Se realiza el análisis por separado de cada muestra de bioplástico por tratamiento, en donde se elaboraron más muestras en moldes de mayor tamaño para cortar los tamaños que se necesitan para continuar con la realización de las demás pruebas. Por consiguiente, se caracterizó los bioplásticos de manera cualitativa a través del análisis sensorial como se muestra en la tabla 2-3.

Tabla 8-3. Resultado de la determinación del tratamiento óptimo del diseño experimental del bioplástico.

Formulaciones	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
T1	Ligeramente opaco	Lisa	Flexible	Fuerte
T2	Poco opaco	Lisa	Poco flexible	Débil
T3	Ligeramente opaco	Lisa	Flexible	Fuerte
T4	Ligeramente traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

3.1.4.1. Espesor

En la siguiente tabla se muestra los valores de espesor obtenidos para el TP1, TPA2, TP3 y TP4 con sus respectivas repeticiones y su límite de referencia estimado bibliográficamente.

Tabla 9-3. Resultados del ensayo de determinación de espesor de la biopelícula.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	ESPESOR	LÍMITE DE REFERENCIA
TP1	CA1 : CG1	R1	0.16	0,120 ± 0,010 mm (Angueta Mishell, y otros, 2019 págs. 65-67)
		R2	0.13	
		R3	0.12	
		R4	0.11	
TP2	CA1 : CG2	R1	0.15	
		R2	0.15	
		R3	0.17	
		R4	0.16	
TP3	CA2 : CG1	R1	0.12	
		R2	0.11	
		R3	0.12	
		R4	0.1	
TP4	CA2 : CG2	R1	0.14	
		R2	0.18	
		R3	0.13	
		R4	0.13	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el siguiente gráfico se determina como varia los espesores para los 4 tratamientos de repetición en repetición, observando un equilibrio entre las 16 muestras.

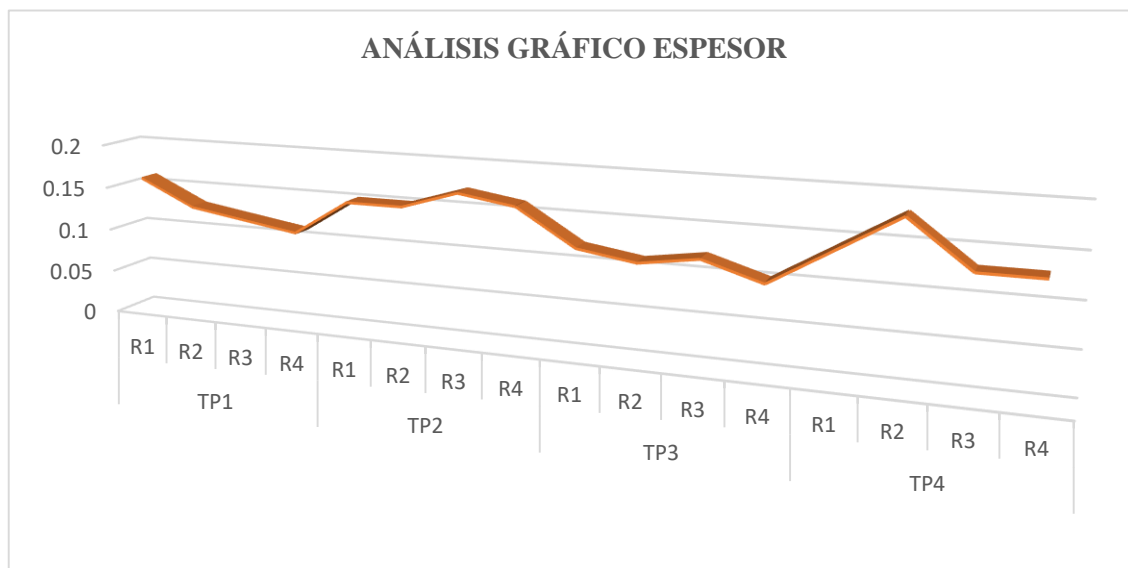


Gráfico 1-3: Análisis grafico del espesor de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

3.1.4.2. Contenido de humedad

En la siguiente tabla se observa los valores de humedad determinados experimentalmente para los TP1, TP2 TP3, y TP4, para cada repetición estableciendo el límite de referencia bibliográficamente.

Tabla 10-3. Resultados del ensayo de determinación de humedad de la biopelícula.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	HUMEDAD (%)	LÍMITE DE REFERENCIA
TP1	CA1 : CG1	R1	18.2	19,3-22,1% (Escobar, y otros, 2009 págs. 33-35)
		R2	17.1	
		R3	18.0	
		R4	17.7	
TP2	CA1 : CG2	R1	14.4	
		R2	15.1	
		R3	13.7	
		R4	15.6	
TP3	CA2 : CG1	R1	14.4	
		R2	13.4	
		R3	15.3	

		R4	15.7	
TP4	CA2 : CG2	R1	13.0	
		R2	12.7	
		R3	15.2	
		R4	15.7	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

El siguiente gráfico muestra el porcentaje de humedad que se determinó para los 4 tratamientos del bioplástico, como se observa mantenido un valor estimado para las repeticiones.

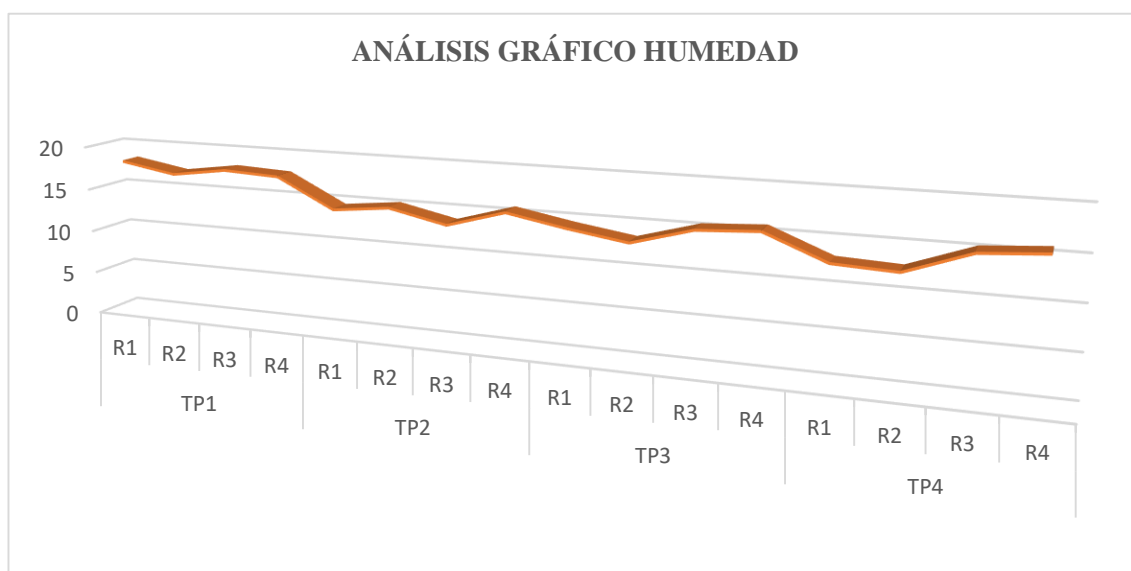


Gráfico 2-3: Análisis gráfico de humedad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

3.1.4.3. Solubilidad

En la siguiente tabla se determina el valor de solubilidad analizando experimentalmente, para los TP1, TP2, TP3, y TP4; mediante sus repeticiones y los límites de referencia esperados para este estudio los cuales son obtenidos bibliográficamente.

Tabla 11-3. Resultados del ensayo de determinación de solubilidad de la biopelícula.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	SOLUBILIDAD (%)	LÍMITE DE REFERENCIA
TP1	CA1 : CG1	R1	45.67	39,0-59,5 % (Escobar, y otros, 2009 págs. 33-36)
		R2	43.28	
		R3	43.75	
		R4	44.58	
TP2	CA1 : CG2	R1	53.07	
		R2	54.10	
		R3	52.80	
		R4	53.25	
TP3	CA2 : CG1	R1	41.80	
		R2	40.65	
		R3	41.06	
		R4	41.25	
TP4	CA2 : CG2	R1	56.34	
		R2	55.35	
		R3	57.04	
		R4	56.75	

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el siguiente gráfico se visualiza los valores de la tabla anterior para los 4 tratamientos y sus repeticiones viendo que existe cierta similitud entre el TP1 y TP3 y entre el TP2 y TP4.

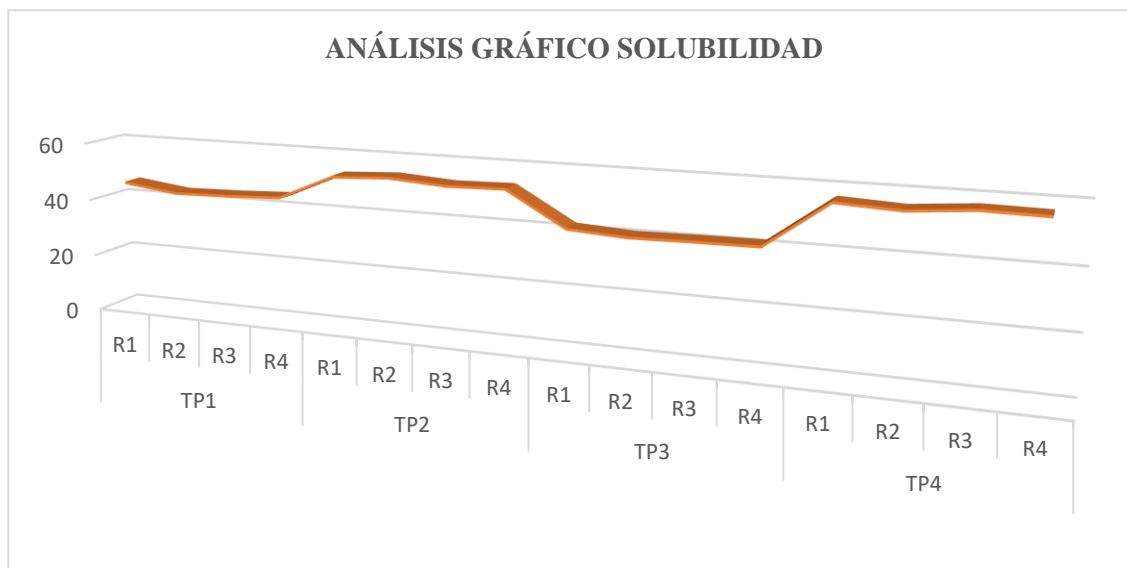


Gráfico 3-3: Análisis grafico de solubilidad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

3.1.4.4. Permeabilidad

En la siguiente tabla se visualiza los valores obtenidos de permeabilidad experimentalmente, para los TP1, TP2, TP3 y TP4; con sus respectivas repeticiones y basándose en el límite de referencia obtenido bibliográficamente.

Tabla 12-3. Resultados del ensayo de determinación de permeabilidad de la biopelícula.

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	PERMEABILIDAD (g/h*m*Mpa)	LÍMITE DE REFERENCIA
TP1	CA1 : CG1	R1	0.00219	0,00219±0,0010 (Villada, y otros, 2013 págs. 1-10)
		R2	0.00217	
		R3	0.00215	
		R4	0.00220	
TP2	CA1 : CG2	R1	0.00232	
		R2	0.00229	
		R3	0.00227	
		R4	0.00231	
TP3	CA2 : CG1	R1	0.00160	
		R2	0.00158	

		R3	0.00162
		R4	0.00159
TP4	CA2 : CG2	R1	0.00203
		R2	0.00210
		R3	0.00207
		R4	0.00204

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el siguiente gráfico se puede observar como varia la permeabilidad del TP1 al TP4, manteniendo un equilibrio entre el TP1, TP2 y TP4; mientras que el TP3 es menor a los otros tratamientos.

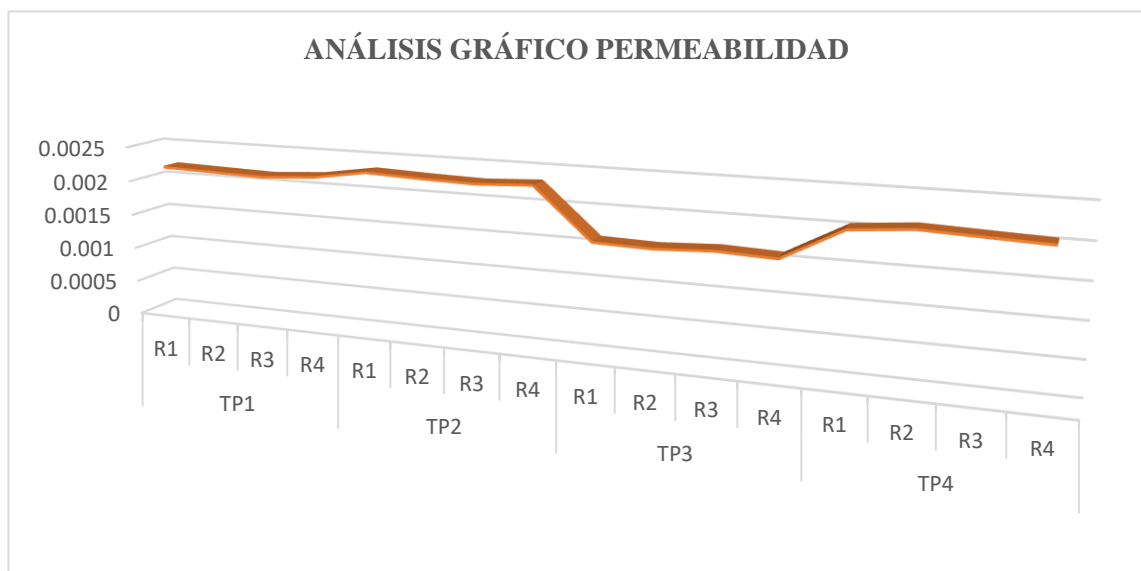


Gráfico 4-3: Análisis gráfico de permeabilidad de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

3.1.4.5. Ensayo de Tracción

Se determina a través del informe entregado por el laboratorio LenMav, el mismo que se basó en la norma NTE- INEN 2635:012, con los valores correspondientes a los cuatro tratamientos de las probetas que se entregaron, los análisis se realizaron en:

- Equipo: Máquina Universal de ensayos (WAW600B) Marca: Jinan Liangong Testing Technology CO., LTD
- Serie: 7136
- Certificado: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2

Los resultados entregados se visualizan en la siguiente tabla:

Tabla 13-3. Resultados de la prueba de tracción del bioplástico

TRATAMIENTO	MÓDULO ELASTICIDAD (Mpa)	CARGA DE FLUENCIA (N)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	ELONGACIÓN (%)
T1	1.88E+01	1.75	1.8	2.35	2.42	28.68
T2	2.39E+01	1.45	1.55	2.16	2.3	33.58
T3	2.46E+02	15.9	12.9	16.91	13.72	6.04
T4	2.73E+02	8.32	7.96	8.52	8.15	5.3

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

Así se puede visualizar en el siguiente gráfico que la tracción para el TP1 y TP2 son similares y que los TP3 y TP4 también lo son, analizados solo para una repetición.

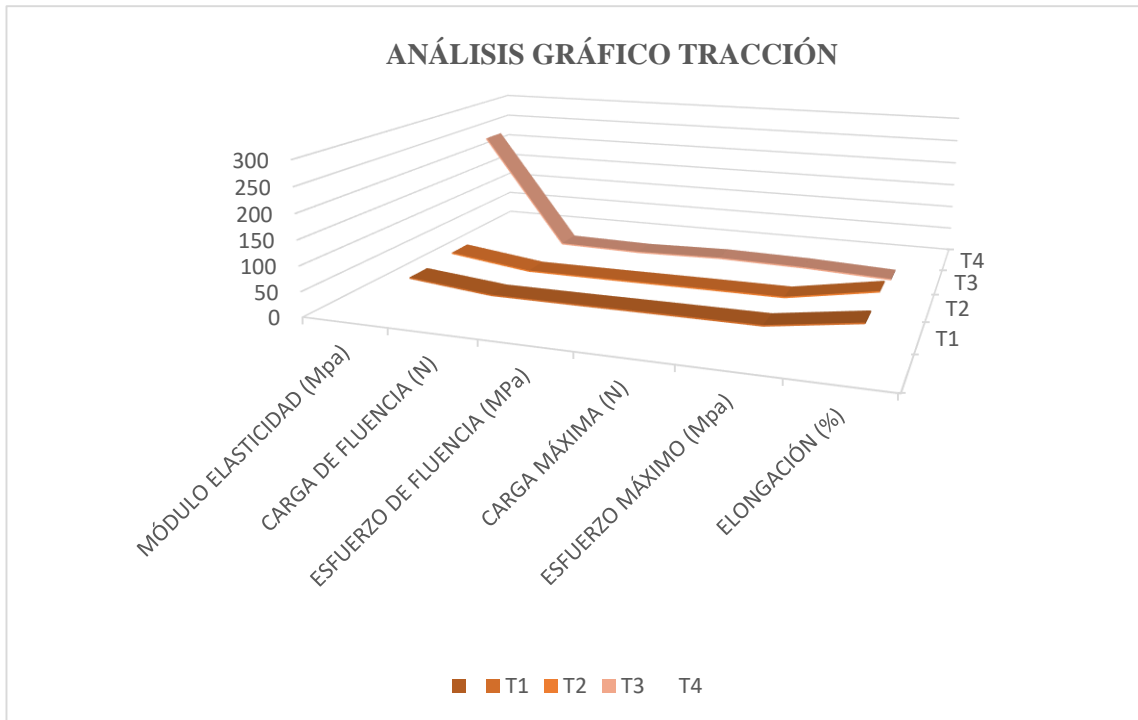


Gráfico 5-3: Análisis gráfico de la tracción de la biopelícula obtenida del almidón de maíz chulpi

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021



Figura 3-3. Realización del ensayo de tracción del tratamiento 4.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

3.1.4.6. Biodegradabilidad

Para la realización de las pruebas de biodegradación se realiza el análisis en tres condiciones diferentes, el primero se lo realiza en agua, el segundo el aire y el tercero en tierra, para la obtención de estos datos se analizó por 30 días las muestras en sus respectivas condiciones, valorando los datos obtenidos cada 5 días, así se puede observar en la **Tabla 14-3**, **Tabla 16-3** y **Tabla 17-3**.

Para apreciar el porcentaje perdido en cada muestra, se lo hizo mediante el cálculo por área, para ello se partió de la lámina de la biopelícula de cada tratamiento con un tamaño de 3x3 en cada condición. Dada la circunstancia en que se encontró cada muestra y lo complicado de la toma de valores para el cálculo de área, se usó la herramienta de Paint, con la cual a través de la resolución de los pixeles se transformó a la escala en mm, para con ello obtener valores exactos y el cálculo del área de cada lámina para cada tratamiento y para cada condición previamente establecida.

Tabla 14-3. Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Agua.

N°	BIODEGRADACIÓN EN AGUA												
	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	7.43	17.44	5.41	39.89	3.99	55.67	2.82	68.67	1.95	78.33	0.86	90.44
T2	9.00	7.18	20.22	5.43	39.67	4.16	53.78	2.87	68.11	1.96	78.22	0.84	90.67
T3	9.00	7.10	21.11	5.36	40.44	3.99	55.67	3.22	64.22	2.22	75.33	0.91	89.89
T4	9.00	7.40	17.78	6.20	31.11	4.10	54.44	3.40	62.22	2.30	74.44	0.98	89.11

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

Así se puede visualizar en el siguiente gráfico que la biodegradación se mantiene entre los TP1, TP2, y TP3 y que solo para el TP4 varía un poco.

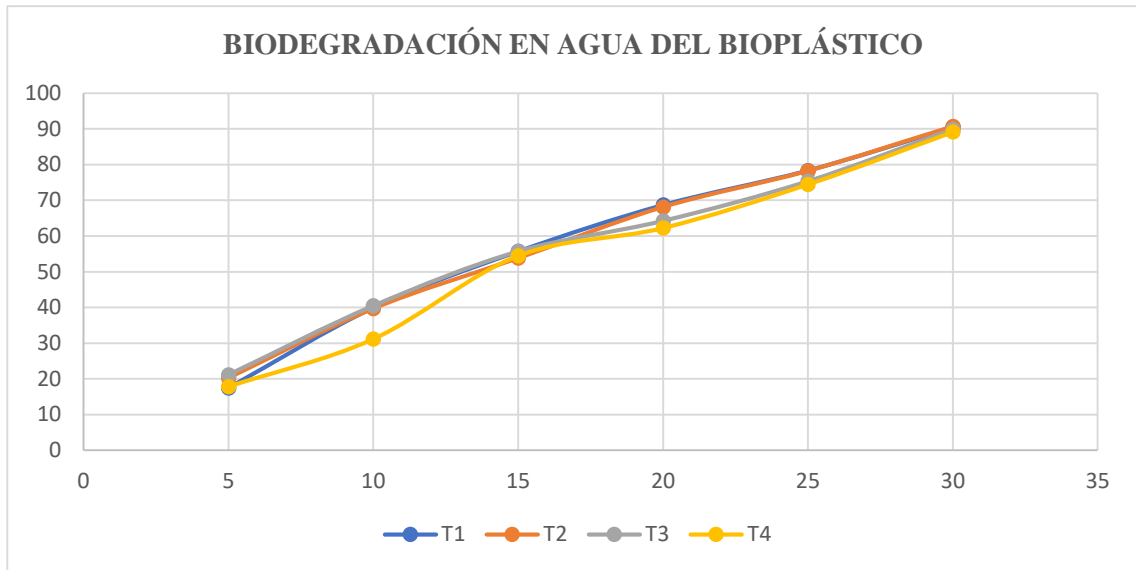


Gráfico 6-3: Resultados de la biodegradación en agua del bioplástico.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

En la siguiente tabla se visualiza el cambio que se obtuvo de la biodegradación en agua por 30 días.

Tabla 15-3. Resultados de la biodegradación en agua.



Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

Se realiza biodegradación en aire para los 4 tratamientos como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 16-3. Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Aire.

N°	BIODEGRADACIÓN EN AIRE												
	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	8.82	2.00	8.27	8.11	7.76	13.78	6.28	30.22	5.86	34.89	4.43	50.78
T2	9.00	8.85	1.67	8.21	8.78	7.21	19.89	6.25	30.56	5.86	34.89	4.35	51.67
T3	9.00	8.91	1.00	8.38	6.89	7.84	12.89	6.79	24.56	5.88	34.67	4.56	49.33
T4	9.00	8.94	0.67	8.44	6.22	7.87	12.56	6.81	24.33	5.93	34.11	4.58	49.11

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el siguiente gráfico se determina la variación de biodegradación en aire, para los 4 tratamientos del plástico, existiendo mayor variación entre el TP2 y TP4.

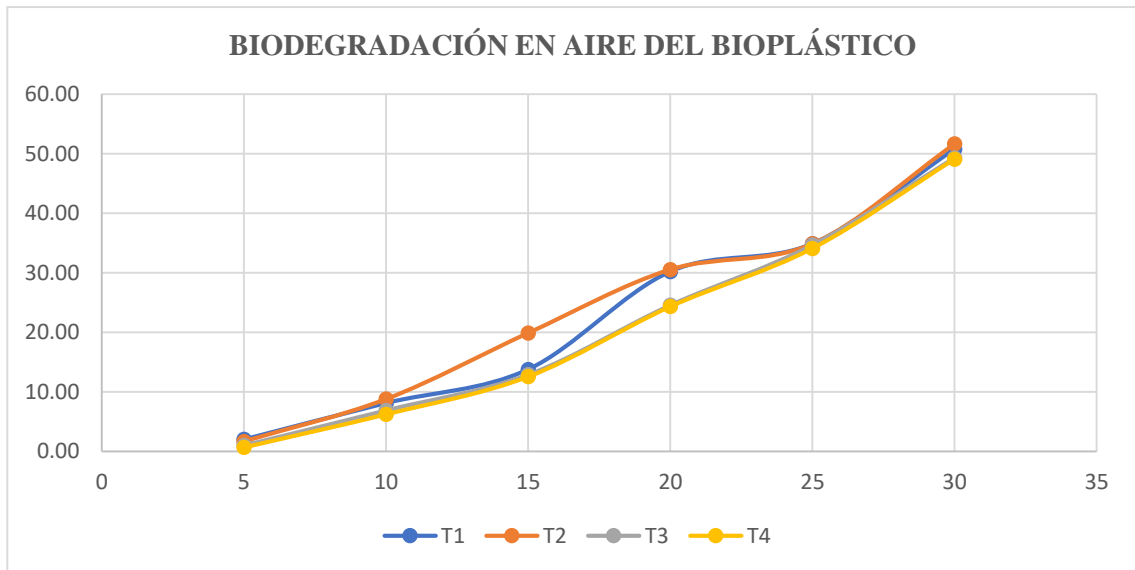


Gráfico 7-3: Resultados de la biodegradación en aire del bioplástico.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

Se realiza biodegradación en suelo para los 4 tratamientos como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 17-3. Resultados de la biodegradación de la biopelícula en Suelo.

N°	BIODEGRADACIÓN EN SUELO												
	0.00	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
T1	9.00	6.92	23.11	5.93	34.11	4.45	50.56	3.98	55.78	3.09	65.67	0.84	90.67
T2	9.00	6.99	22.33	5.88	34.67	4.37	51.44	3.86	57.11	2.99	66.78	0.74	91.78
T3	9.00	6.94	22.89	5.95	33.89	4.47	50.33	3.94	56.22	3.12	65.33	0.86	90.44
T4	9.00	6.97	22.56	5.98	33.56	4.52	49.78	3.99	55.67	3.13	65.22	0.87	90.33

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021.

En el siguiente gráfico se determina que la biodegradación en suelo resultó muy buena para los cuatro tratamientos, así como se puede observar.

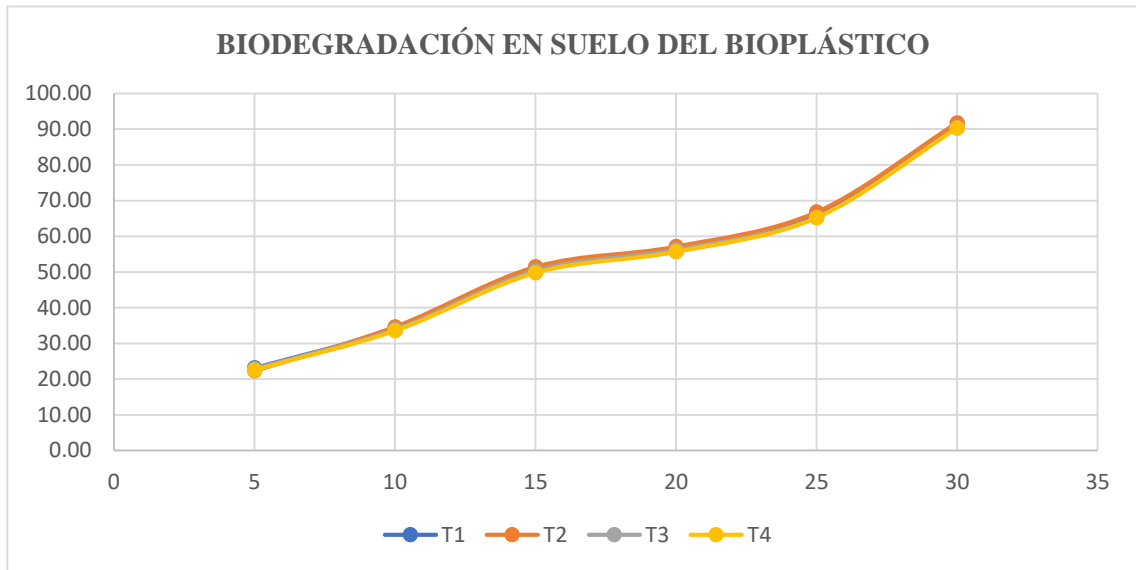
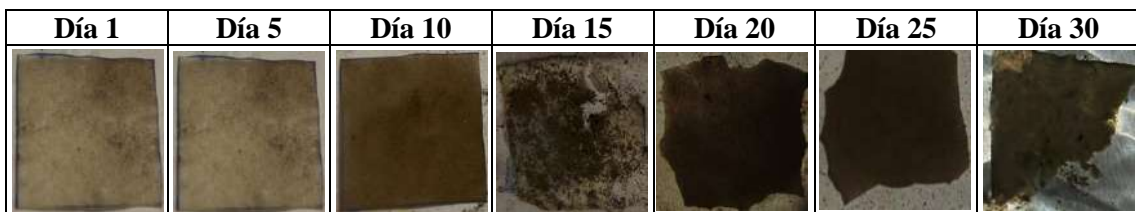


Gráfico 8-3: Resultados de la biodegradación en suelo del bioplástico.

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

En la siguiente tabla se visualiza el cambio que se obtuvo de la biodegradación en suelo por 30 días.

Tabla 18-3. Resultados de la biodegradación en suelo.



Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

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

La parte de aplicación de biopelícula es esencial, y se analizará comparando la fruta envuelta con la fruta al ambiente, lo que permitirá determinar si el empleo de la biopelícula es eficiente, así se determina un análisis sensorial de la frutilla que será la fruta sometida al estudio, la misma que se observa en la **Tabla 19-3**.

Tabla 19-3. Análisis sensorial de la frutilla envuelta en la biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi

ANÁLISIS SENSORIAL DE LA FRUTILLA				
Tipo de estudio	Textura	Sabor	Olor	Aspecto
Frutilla al ambiente	Suave	Agrio	Rancio	Deshidratado
Frutilla envuelta	Duro	Dulce	Dulce	Firme

Realizado por: Maza, Jhomara, 2021

3.2. Pruebas de hipótesis

3.2.1. Determinación de las características de la biopelícula para el embalaje de alimentos.

El almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) se lo extrajo por método húmedo al variar las velocidades alta y baja con dos tiempos de trituración de 45 segundos y 60 segundos; mediante el cual se puede considerar que es un almidón que cumple con las características necesarias para la elaboración de la biopelícula para el embalaje de alimentos y al poseer un valor de 25.63 % de amilosa le atribuyéndole buenas propiedades por la capacidad de hincharse al contacto con el agua beneficiando la obtención de la biopelícula para el embalaje de alimentos.

Aceptando la hipótesis general planteada para la formulación de las biopelículas elaboradas en base al almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*).

3.2.2. Determinación de la eficiencia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón, evaluación los 4 tratamientos a través del estudio factorial 2², formulación de la biopelícula basándose en la concentración de almidón y glicerina, y la aplicación del producto final en la biopelícula obtenida.

Mediante el análisis experimental obtenido se aceptarán las hipótesis específicas planteadas después de analizar los siguientes apartados:

3.2.2.1. Determinación de la eficiencia utilizando el método húmedo en la extracción del almidón.

La determinación del método húmedo para la extracción del almidón fue el mejor debido a que el rendimiento obtenido es alto, con un valor de 27,31% siendo importante para la formulación de las películas además de considerar que mediante este método se estima el % humedad del almidón lo que es relevante en este apartado ya que dependiendo de este, se determinara el resultado de las biopelículas, debido a que si el almidón es muy seco se quebraran las biopelículas, es por ello que se acepta la hipótesis ya que se obtuvieron biopelículas con buena elasticidad al haber extraído un almidón de buena calidad y de buen porcentaje de humedad del 9,88%.

3.2.2.2. Evaluación de los 4 tratamientos a través del estudio factorial 2^2 para la extracción de almidón determinando si la materia prima es la ideal para la posterior formulación de biopelículas.

Para el análisis de extracción del almidón de maíz chulpi se realizó un estudio mediante el cual se determinó que las variables serían las velocidades (Alta y Baja en RPM) y el tiempo (45-60 segundos), en donde se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, cuyo rendimiento se determinó a través de los pesos del almidón obtenido en cada caso, es así que se inició con 200 gramos de materia prima y 500 ml de agua destilada, y al determinar los valores de rendimiento promedio se tiene los valores que se pueden observar en la **Tabla 1-3**, teniendo en cuenta que para cada tratamiento se estimó un tiempo de secado. De esta manera el análisis factorial 2^2 se lo realiza con un estudio de varianza ANOVA, en donde se estima cada tratamiento para la determinación de la interacción, así como se muestra en la **Tabla 2-3** se obtiene un valor de interacción de 0.000030, el cual es menor a 0,50, lo que representa que si existe diferencia significativa entre los 4 tratamientos estimados, por lo que amplía un poco más el estudio con la prueba de Tukey la cual se la visualiza en la **Tabla 3-3**, así se inicia con el análisis, teniendo factores a determinar como la suma de los cuadrados, los grados de libertad, y el tamaño de muestra, lo que nos permite determinar el multiplicador el mismo que será la guía para encontrar dicho valor en la Tabla de valores críticos de Tukey mediante el cual se estable un valor de HSD de 1,13, lo que permite determinar las diferencias significativas entre el promedio de cada tratamiento, estimando de esta manera que en el T1, y T2 si existen diferencias significativas y que en el T3 y T4 no existen diferencias significativas, estimando de entre los cuatro tratamientos cual será el mejor en cuestión de costos, y de producción. Así se puede terminar que el mejor tratamiento sería el T1 el cual tiene un RPM A y un tiempo de 45 segundos, ya que se optimiza el consumo de energía, lo que permite tener menores costos de producción, en cuanto al rendimiento. Esta diferencia significativa se puede dar por la gran diferencia que existe entre las revoluciones ya que para la velocidad alta se tiene un valor de 20000 RPM y para la velocidad baja tiene un valor de 6800 RPM, lo que genera que se tenga mayor obtención de almidón con la revolución más alta ya que trocea con mayor agilidad al grano previamente remojado.

3.2.2.3. Determinación de la formulación óptima de la biopelícula según la aplicación del diseño factorial 2^2 , mediante el análisis estadístico ANOVA.

Para la determinación de las formulaciones óptimas, para el desarrollo de la investigación se realiza el diseño factorial 2^2 , mediante el cual se estableció un estudio de variables y constantes así se tiene que la concentración de almidón y concentración de glicerina serán las variables

teniendo valores de (1-2 g para el almidón) y (0,5-0,75 ml para la glicerina) y las constantes serán el vinagre (7ml) y el agua (40 ml), así se estima las porciones añadidas en la **Tabla 7-3**, en cuanto a la variación de cada tratamiento. De esta manera se comienza el análisis mediante un estudio de varianza ANOVA, como se puede observar la **Tabla 6-3** la misma que permite comprobar que al tener un valor de 0,7792 en la interacción y ser mayor a 0,50 no existe una diferencia significativa entre estos 4 tratamientos extraídos, por lo que se estima entre ellos, cuál será el que beneficie su elaboración en términos de costos y de producción. Es así que, al analizar varios factores, como tiempo de secado, optimización de materia prima y tiempo de degradación, se elige como el mejor tratamiento al TP2 debido a que su tiempo de secado es menor, se necesita la mitad en concentración de almidón, mantiene buenas propiedades en cuanto a la tracción y su tiempo de degradación en las 3 condiciones avanza con el mayor porcentaje, teniendo así una biopelícula económica y de buen rendimiento

3.2.2.4. Determinación de la aplicación del bioplástico sintetizado.

Una vez analizada la hipótesis general, la cual se centra en obtener una biopelícula que mantenga a la fruta envuelta con sus características organolépticas, se determina el estudio de prueba envolviendo a la frutilla como fruta de muestra.

De esta manera se establece un tiempo de 7 días para determinar visualmente el cambio que existe entre la frutilla envuelta con la biopelícula y la frutilla al ambiente, el análisis se empezó al mismo tiempo, teniendo resultados muy favorables los cuales se los puede observar en la **Tabla 19-3** en donde la biopelícula mantiene todas las características organolépticas de la frutilla, mantiene su textura, su olor, su aspecto, lo que beneficia dentro de la industria al evitar contaminación ambiental y al evitar el desecho de alimentos, en este estudio no se presencia el desprendimiento de vapor de agua, comprobando así que la biopelícula cumple con sus funciones de recubrimiento de alimentos.

3.3. Discusión de Resultados

3.3.1. Análisis de resultados de la caracterización del almidón extraído a base de almidón de maíz chulpi (Zea Mays Amylosaccharata)

Con esta determinación se valora si las características del almidón extraído, son iguales o varían a datos obtenidos bibliográficamente, y además se determina si los valores están normalizados, o están fuera del rango esperado; todo este estudio se puede establecer después de haber caracterizado al almidón de maíz chulpi, y obtener los resultados físicos, químicos y microbiológicos, los mismos que se encuentran plasmados en la **Tabla 4-3**.

La investigación se basó en lo que es el método húmedo debido a que según (Medina et al. 2010), es el método más utilizado porque se tiene un bajo costo de producción, además de que se obtiene un alto rendimiento.

Este método permite en muchos casos, la germinación de la semilla ya que en el caso de esta investigación que es el grano de maíz chulpi, necesita ablandar el endospermo para que el almidón que se obtenga sea mayor en porcentaje, así como lo menciona (Gonz 2018, p. 35-44) en su estudio se analiza las muestras por triplicado usando agua destilada, en donde dice que se encuentra el 13% más en comparación el método seco; así se analiza a continuación los valores caracterizados en el laboratorio.

Se puede determinar que el valor de humedad establecida bajo la norma NTE INEN-ISO 1666, para el almidón menciona que los parámetros estándar son del 9-15%, y experimentalmente se obtiene un valor de 9,88%, lo que permite determinar que se encuentra dentro de norma.

Se puede determinar también que en cuanto al valor de ceniza se realizó el estudio en base a la norma NTE INEN-ISO 3593, siendo su valor estándar de 0,12-0,82%, y al tener un valor de 0,53%, se puede determinar que está dentro de la norma y que el almidón de maíz chulpi cumple con el valor de ceniza.

También se analizó el valor de solubilidad, el cual se estudió bajo la norma FAO (Anderson, 1969), que establece un valor de referencia de 11,50-12,32%, y al compararlo con el valor obtenido se tiene 11.35%, esto se debe a que en la estructura química del maíz chulpi no tiene moléculas con más átomos de oxígeno las cuales se consideran como macromoléculas, es por ello que al unirse con agua no cumplen con su porcentaje de solubilidad ya que no pueden agruparse con los átomos de oxígeno necesarios, así lo menciona (Cobana y Antezana 2007, p. 4-6).

También se estima el valor de pH según la norma NTE INEN 1456:1986, la cual tiene un valor de referencia que va de 5.5-6.0, y al compararlo experimentalmente se tiene un valor de 4.53, lo que quiere decir que se encuentra dentro de la norma estimada.

En cuanto al análisis de fibra y proteína se basó en la norma NTE INEN 2725, la cual tiene una referencia de $12 \pm 1,30$ para la fibra y un valor de 8.80 ± 1.00 para proteína, obteniéndose así un valor de 12.19 para fibra, y un valor de 8.00 para la proteína experimentalmente, es así como los valores obtenidos entran en la norma.

Para el análisis de viscosidad se analiza con la norma FAO (Smith, 1997), el cual tiene un valor estándar de 840-1500cP, y experimentalmente se obtiene un valor de 936.50 cP, lo que quiere decir que este valor se encuentra dentro de la norma para el almidón de maíz chulpi.

Se determinó la temperatura de gelatinización la cual se basó en la norma FAO (Grace, 1977), con un límite de referencia de 57,5-70°C, el valor que se obtuvo es de 70°C, al compararlo con la gelatinización del maíz su temperatura de gelatinización es de 69°C variando en un grado, pero siendo corresponsal para este estudio con el valor obtenido.

Para los carbohidratos totales se basa en la norma FAO, teniendo su valor relacionado al 74,50% estando dentro de la norma, de la misma manera también se analiza el estudio de amilosa y amilopectina, es así como este estudio se lo analizó al sacarlo del informe Iniap que se basó en la norma NTE INEN-ISO 6647-1, siendo su valor estándar del 25-30%, y el resultado al estudiar el almidón de maíz chulpi es de 25.63% por lo que su valor se encuentra dentro de la norma.

Finalmente se realiza en análisis microbiológico el mismo que se lo analizó en el laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, rigiéndose en la norma FAO, y al analizar los resultados se establece que cumplen los parámetros establecidos en la norma, siendo este punto muy importante debido a que se llega a determinar que la muestra de almidón es apta para alimentos, al obtener un valor de 0 UPC/g en hongos cuyo valor de referencia es <10; un valor de 0 UPC/g en levaduras y mohos con un valor de referencia de 1000-5000 UPC/g y finalmente para coliformes totales un valor de 0 UPC/g, para un valor indeterminado referencialmente.

Así se puede considerar que el almidón extraído por método húmedo no altera la caracterización proximal, y además le confiere mayor porcentaje de obtención y su extracción no es costosa.

3.3.2. Análisis de resultados de la caracterización de la biopelícula en base al almidón de maíz chulpi

Una vez obtenidas las formulaciones en base al estudio factorial 2^2 se obtuvieron 4 tratamientos con 4 repeticiones, teniendo en total 16 muestras de biopelículas, que mediante un estudio de

ensayos experimentales, se determina las características principales, asumiendo la importancia de las concentraciones variantes, que en este caso es el almidón y la glicerina; como lo menciona (Nárvaez 2016) la glicerina es considerada como el material que le confiere elasticidad y maleabilidad a las películas, por lo cual se realiza el estudio de humedad, solubilidad, permeabilidad, espesor, pruebas mecánicas, sensoriales y de biodegradación de las biopelículas de las muestras obtenidas, en base a un patrón y realizando las pruebas por triplicado en la mayor parte de ensayos analizados.

3.3.2.1. Análisis sensorial de la biopelícula.

Se realizó el análisis sensorial de la biopelícula mediante el estudio organoléptico, atribuyéndole propiedades cualitativas que en esta investigación fueron el aspecto, la textura, la flexibilidad y la resistencia, así lo menciona también (Vih-sida 2009) que se considera una biopelícula de buena calidad, cuando presenta un aspecto translucido, es lisa, mantiene una buena flexibilidad y buena resistencia; de esta manera se puede determinar según los resultados de la **Tabla 4-3**, que el tratamiento con mejor características según el análisis sensorial es el TP4, ya que le confiere una aceptación a todas las cualidades valoradas en el apartado.

Al comparar el análisis sensorial obtenido con base en el almidón de maíz chulpi con el obtenido en base al almidón de maíz, se encuentra una leve diferencia, debido a que la biopelícula de maíz es completamente translucida según (Avellán et al. 2020) y la biopelícula de maíz chulpi es ligeramente translucida, afectando un poco la opacidad de la biopelícula obtenida en esta investigación. En relación con las demás características valoradas en este análisis sensorial, se mantiene igual para ambos tipos de maíz.

3.3.2.2. Análisis de determinación de espesor.

Para la determinación del espesor se basó en la norma INEN 2542, la cual mantiene valores de referencia de $0,120 \pm 0,010$ mm que según (Angueta Giraldo y Giraldo Tigua 2019, p. 65-67) son los valores específicos, para la obtención de biopelículas de buena calidad, y al comparar los valores normalizados, con los valores obtenidos experimentalmente se tiene una aceptación muy buen ya que según la **Tabla 5-3** la mayoría de los valores se encuentran dentro de la norma, y al compararlo con el estudio de (Angueta Giraldo y Giraldo Tigua 2019), se tiene en promedio un valor de 0,120 con las biopelículas elaboradas en base al almidón de maíz, mientras que el promedio de las biopelículas obtenidas con el almidón de maíz chulpi es de 0.136 de los 16 tratamientos

realizados, teniendo una diferencia de 0,016, entre los espesores de estas dos investigaciones, teniendo un valor relativamente bajo.

3.3.2.3. Análisis de determinación de humedad

Se realizó el análisis de porcentaje de humedad, para este estudio se basó en la Norma INEN 1462, la cual establece valores de referencia de 19,3-22,1% para el bioplástico según (Alimentarios 2011, p. 33-35), lo que permite normalizar el valor obtenido experimentalmente en el laboratorio, es así que de las 16 muestras obtenidas en la **Tabla 10-3** al realizar el promedio se obtuvo un valor de 15,33% lo que quiere decir que este valor se encuentra fuera de norma, pero es aceptable ya que como lo menciona (Agama-Acevedo et al. 2013) el maíz chulpi es un grano seco que en su análisis proximal mantiene un nivel de humedad menor a lo establecido por ser las características de su procedencia.

Si se compara el valor de humedad de la biopelícula obtenida con maíz chulpi y la obtenida con el maíz se tiene que la humedad de estas biopelículas a base de almidón de maíz es de 16,14%, por lo cual se puede determinar que este valor de humedad depende mucho del tipo de material con el que se extraiga el almidón.

3.3.2.4. Análisis de determinación de Solubilidad

La solubilidad de la biopelícula obtenida de las formulaciones se la realizó en el laboratorio bajo la determinación del análisis gravimétrico, mediante la cual se obtuvieron resultados muy bien valorados según el estudio de (Zárate 2011, p. 97), debido a que a mayor cantidad de glicerina, mayor va a ser el valor de la solubilidad obtenida en el bioplástico, sabiendo que esto se complementa con el almidón, mientras esta relación vaya a la par e incremente el valor del almidón y de la glicerina, se tiene un mayor valor de solubilidad, así se puede comprobar con los resultados de la **Tabla 11-3** en donde al determinar el promedio entre los 4 tratamientos analizados, se tiene que un valor de 48.77%, y lo que la norma permite es un valor de 39,0-59,5 %, mencionada por (Alimentarios 2011, p. 33-36), comparando que el valor analizado está dentro de la norma; así se puede determinar que los mejores tratamientos son el TP2 y TP4, para las muestras analizadas.

3.3.2.5. Análisis de determinación de permeabilidad

Una vez analizada la permeabilidad bajo la norma de ASTM 96 se puede determinar los parámetros establecidos de $0,00219 \pm 0,0010$ por (JOAQUI D y VILLADA C 2013, p. 1-10) que los valores obtenidos experimentalmente en la **Tabla 12-3**, están dentro de norma y corresponden a los valores de permeabilidad según investigaciones realizadas, así lo menciona (Zárate 2011), que al igual que en la solubilidad del bioplástico, es en la permeabilidad, es decir que ha mayor concentración de glicerina, se presentara mayor permeabilidad en el bioplástico, lo que quiere decir que en el tratamiento TP2 y TP4 existirá mayor desprendimiento de vapor de agua, y al momento de embalar algún alimento con este bioplástico afecte a las características organolépticas del alimento a embalar.

Si se revisa el **Gráfico 4-3**, se puede visualizar como la variación de la glicerina afecta por completo en los datos que se van obtenido, como lo menciona en la investigación de (Hernández-Gutiérrez, Rodríguez-Tomé y Cordero-Fernández 2014, p. 3-5), ya que al ser la glicerina un compuesto hidrofóbico, mantiene una estrecha relación en el comportamiento en la estructura de los bioplásticos.

3.3.2.6. Análisis de determinación de la prueba de tracción.

Para la determinación de este análisis se envió una muestra de probeta por cada tratamiento al laboratorio de LenMav, el mismo que se basó en la norma NTE- INEN 2635:012, mediante el cual se analizaron varios aspectos que determinan las propiedades mecánicas de la biopelículas, así se puede observar en la **Tabla 13-3**, que los valores de módulo de elasticidad medido en Mpa van incrementando, del tratamiento 1 al 4, siendo mayor el del tratamiento 4, que según (Ingeniería, Granda Sánchez y Jeyson 2019, p. 4-6), este valor de módulo de elasticidad varía dependiendo del procedimiento utilizado en la formulación con el aumento de la cantidad de plastificante, es por ello que el tratamiento 4 al tener mayor cantidad de glicerina y de almidón presenta un valor más elevado en el módulo de elasticidad.

Otro aspecto que se valora es la carga de fluencia que según (Ingeniería, Granda Sánchez y Jeyson 2019, p. 4-6), es un factor importante ya que es la deformación de la red cristalina de las biopelículas, y según la investigación que se realizó se puede decir que el tratamiento con mayor carga de fluencia es el tratamiento 3 con un valor de 15.9 N, debido a que esto depende de la cantidad del plastificante que se empleó con la cantidad del almidón, buscando estimar un equilibrio entre el módulo de elasticidad y la carga de fluencia para su tiempo de degradación posteriormente,

diferenciándose con el esfuerzo de fluencia en que esta será la carga que soporta la placa de probeta en MPa, para el tiempo en que demora en deformarse aplicando la fuerza sobre la probeta.

Conjuntamente se realiza un estudio de la carga máxima y el esfuerzo máximo de la biopelícula de la **Tabla 13-3**, que al compararlo con el estudio de (Espinoza y Puglisevich 2007, p. 76-78), la cual es una investigación de biopelículas a partir del almidón del maíz se tiene un valor de esfuerzo máximo de 2.124 MPa en promedio el cual es un valor muy parecido al del TP1 y TP2 cuyo valor promedio de los dos tratamientos es de 2.26 Mpa, de la biopelícula del maíz chulpi, pero muy diferente en cuanto al valor del TP3 y TP4, lo que nos da la idea de que el esfuerzo máximo será más débil con una mayor concentración del plastificante añadido, lo cual es totalmente contrario al estudio de elasticidad y esfuerzo de fluencia-de esta investigación.

Por último el porcentaje de elongación de la biopelícula del maíz chulpi comparando con el estudio de (Espinoza y Puglisevich 2007, p. 77-79), mantiene un valor del 41.1% en la obtención de biopelícula a partir del maíz, el mismo que es alto comparado con el porcentaje de elongación del maíz chulpi es cual es de 18.4%, por lo q se puede decir que el porcentaje de elongación es menor debido a que en los tratamientos TP3 y TP4 se tiene valores muy bajos de elongación porque sus biopelículas son rígidas y no permiten mayor elongación al tener mayor cantidad de almidón en su estructura afectado de esta manera en la flexibilidad de estos plásticos, mientras que en los tratamientos TP1 y TP2 mantienen una buena flexibilidad

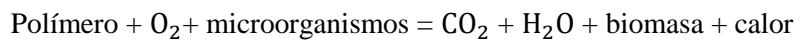
Finalmente se puede observar en la **Figura 5-3**, que en el tratamiento TP3 y TP4 debido a la diferente formulación que mantienen, variando el almidón y plastificante le confieren a la biopelícula mayor rigidez, y menor flexibilidad, afectando los valores de degradación que se determinara en el siguiente apartado. Cabe mencionar que para las determinaciones de todas las pruebas analizadas, se tomó en cuenta el espesor para cada tratamiento, teniendo un promedio de 0.12 mm de los cuatro tratamientos, lo que se encuentra dentro de la norma del espesor de $0,120 \pm 0,010$ mm según (Angueta Giraldo y Giraldo Tigua 2019, p. 65-67).

3.3.2.7. Análisis de determinación de la Biodegradabilidad del plástico.

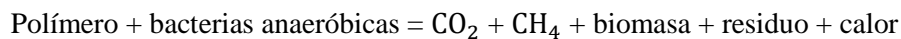
Para la determinación de la biodegradabilidad del bioplástico, se analizó este estudio en tres condiciones, que son agua, aire y suelo, mediante la cual se obtuvieron datos de degradación en porcentaje y se comparan las tres, durante el tiempo de 30 días, basándose en la norma ISO 13432 así se tiene el promedio de la **Tabla 14-3**, del análisis en agua, con un valor de 90.03%, y mediante el **Gráfico 6-3** se puede apreciar que la curva del TP2 es constante y muy parecida al TP1, y se degrada con mayor facilidad que el TP4, que de la misma manera mantiene valores relacionados con el TP3; que presenta un valor de degradación menor en comparación a los 4 tratamientos,

teniendo en cuenta que los factores principales que influyen en esta degradación es el pH, la temperatura del medio y la humedad.

De acuerdo al promedio de la **Tabla 16-3**, se tiene un valor del 50.22% siendo la mitad de la degradación esperada, ya que al ser aeróbica, sus propiedades estructurales se mantienen, y su tiempo de degradación es más demorado, así se puede determinar mediante el **Gráfico 7-3**, que existe una gran variación de las curvas del TP1 y TP2, teniendo porcentajes de degradación demorada y degradación acelerada en varios días, y por el contrario existe una curva constante entre el TP3 y TP4, como se puede observar en la gráfica. Este tiempo de degradación es bajo ya que según (Vidal 2000, p. 69-72) existe dos tipos de biodegradación, la primaria y secundaria, siendo este tipo de degradación la primaria ya que produce discretas alteraciones en las moléculas originales, lo que hace que se vaya perdiendo poco a poco las propiedades físico-químicas. Así se tiene la reacción en medio aerobio o en presencia de oxígeno:



Por ultimo al analizar el promedio de la **Tabla 17-3**, se tiene un valor de 90.81%, siendo este tipo de investigación secundaria según (Vidal 2000, p. 69-72) ya que al estar inmersa en el suelo presenta una degradación anaeróbica y en esta se produce la metabolización del material por microorganismos como fuentes de carbono y energía, lo que produce la transformación en compuestos inorgánicos, de esta manera se estima según el **Gráfico 8-3** que la curva de los tratamientos del 1 al 4 son constantes, teniendo una degradación progresiva con la siguiente reacción anaeróbica:



Finalmente, al comparar la biodegradación en estas tres condiciones, se puede determinar que la biopelícula mantiene una mejor degradación en el suelo y en el agua, al tener una degradación secundaria que mediante la mineralización ayuda a que la biopelícula se logre degradar en los 30 días, sin embargo, la degradación en aire al ser menor no deja de tener un valor apreciable al completar al menos el 50% de su proceso degradativo.

Así se demuestra que la hipótesis general puede ser aceptada, al analizar los resultados obtenidos en base a las características estudiadas experimentalmente.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), mediante el método húmedo, siendo considerable debido a que este método presenta un valor superior del 13% más en comparación al método seco para la extracción de almidón en granos, según lo menciona (Gonz 2018) a través del cual se obtuvo un valor de 27,31% de rendimiento con el T2, aunque estadísticamente se elige al T1, con un rendimiento de 22,89% puesto que al no tener diferencia significativa, el T1 permite optimizar la materia prima y los recursos; lo cual beneficia al utilizar menor cantidad de energía eléctrica y obtener un valor considerable de rendimiento para los tratamientos; relacionándolo además con su valor de amilosa obtenido que es del 25,63% y un valor de amilopectina de 74.37%; concluyendo así, que la decantación, el secado, la molienda y el tamizado fueron factores claves, para la obtención del almidón con las mejores propiedades, destacando la calidad del mismo al presentar en sus pruebas físicas, químicas proximales y microbiológicas valores dentro de las normas establecidas, siendo un almidón limpio y de buenas condiciones para el embalaje de alimentos.
- Se realizaron formulaciones del bioplástico a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*), utilizando un análisis factorial 2^2 , analizando cuatro tratamientos, con variables como la concentración de almidón y glicerina, y con las constantes que fueron el agua y vinagre; determinando estadísticamente con la varianza que no existe diferencia significativa entre estos 4 tratamientos, y debido a esto se eligió el TP2 el mismo que tiene en su composición 1 gramo de almidón, 0,75 ml de glicerina, 7 ml de vinagre y 40 ml de agua; ya que optimiza recursos y tiene las características óptimas para el embalaje de alimentos, atribuyéndole un buen rendimiento con menor concentración de almidón, presentando buena resistencia mecánica según el informe de tracción; con un valor de 33,58% de elongación siendo el mayor de los 4 tratamientos analizados, y además de esto posee buena degradación en las tres condiciones analizadas, con un valor de 90,67% para el agua, 51,67% para el aire y 91,78% para el suelo; concluyendo que los aditivos como el agua, el vinagre y la glicerina son componentes esenciales que ayudan a la maleabilidad, homogenización y flexibilidad, de las biopelículas, siendo estas de muy buena calidad.
- Se determinó la vida útil de los alimentos con el recubrimiento de las biopelículas, mediante el análisis en el ambiente, con un blanco y el otro embalado con la biopelícula obtenida a partir del almidón de maíz chulpi, se lo realizó con la frutilla como blanco de

estudio, y se determinó en un tiempo de 7 días que la biopelícula con la cual se embaló a la frutilla es de muy buena calidad y mantiene a la fruta, ya que las propiedades organolépticas no se alteraron, y la fruta se mantuvo fresca, con muy buena apariencia, como si hubiera estado dentro del refrigerador, no presentó permeabilidad al momento de cubrir la frutilla por lo que no se evidencia el paso de vapor de agua, concluyendo así que ayuda a mantener la fruta sin alterar sus propiedades.

RECOMENDACIONES

- Para la extracción del almidón en la parte del remojo se recomienda hacerlo con soluciones químicas preparadas como el hidróxido de sodio o el acetato de sodio ya que logra mayor ablandamiento del endospermo, con el fin de obtener mayor rendimiento, en presencia de calor a una temperatura de 60C.
- Para la extracción se puede variar analizando datos de tipo continuo, para otros experimentos con la utilización de un dispositivo de rango de variación de velocidad continuo, para q con un análisis ANOVA se realice una curva de regresión con el fin de predecir cuáles serán los datos futuros del peso en relación a las variables en función a una ecuación
- Se recomienda estandarizar los moldes en los que se trabaja para la obtención de la biopelícula debido a que los espesores llegan a variar dependiendo del tamaño de la placa, o de la misma manera se recomienda añadir la misma cantidad de producto a las muestras, aunque el tiempo de secado sea mayor.
- Para el análisis factorial del bioplástico, también se lo puede llevar a cabo a través de un modelo factorial de mezclas, en donde se involucran también a las constantes, y de esa manera se tendrá valores más específicos en cuento al desarrollo de cada biopelícula, determinando como afecta al variar en mayor o menor cantidad estas concentraciones.
- Para que el estudio de este tipo de investigación se debe tener acceso a los laboratorios que en este caso no estuvieron habilitados, debido a que existieron pruebas que fueron elaboradas por fuera de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

AGAMA,et.al, 2013. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, vol. 47, no. 1, pp. 1-12. ISSN 14053195.

AGUILAR, et.al, 2016. Características De La Glicerina Generada En La Producción De Biodiesel, Aplicaciones Generales Y Su Uso En El Suelo. *Cultivos Tropicales*, vol. 37, no. 3, pp. 7-14. ISSN 1819-4087. DOI 10.13140/RG.2.1.4329.2403.

ALIMENTARIOS, G.D.P., 2011. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec*, vol. 0, no. 4, pp. 33-36. ISSN 1688-3691.

ÁLVAREZ,et.al, 2016. Bioplásticos: obtención y aplicaciones de polihidroxicanoatos. *Universidad de Sevilla*, pp. 38.

ANGUETA,et.al, 2019. *Elaboración De Envases Bioplásticos Mediante El Aprovechamiento De Materias Primas Vegetales Con Fines Industriales*. S.l.: s.n. ISBN 0941059693.

AVELLÁN, A., DÍAZ, D., MENDOZA, A., ZAMBRANO, M., ZAMORA, Y. y RIERA, M.A., 2020. Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L .). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* [en línea], vol. 7(1), pp. 1-11. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/215974004.pdf>.

ÁVILA, S., 2010. El empaque y embalaje deben ser adecuados para reducir riesgos de pérdidas y daños en la carga. 1. , pp. 1-17.

CHACÓN, A., 2019. *Universidad Central Del Ecuador*. S.l.: s.n. ISBN 1717012353.

CHAQUI, C., 2013. Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*Zea mays* l.) tipo “Mishca” a partir de medios hermanos y hermanos completos. Tumbaco, Pichincha. [en línea], pp. 85. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1059/1/T-UCE-0004-11.pdf>.

CHARRO P; VALENCIA K, 2018. “Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], pp. 50-80. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7578>.

DASKALAKI N. & MAGOULA E., 2005. Institute of Polymer Science and Technology. *Journal of Materials Processing Technology* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 1-8. ISSN 09240136. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055>

%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252%0Ahttp://dx.doi.o

DERAS, H., 2012. *Redsicta. Guia Tecnica, El Cultivo Del Maiz* [en línea], vol. 1, pp. 40. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/b3469e/b3469e.pdf>.

PÉREZ,et.al, 2007. Observatorio Industrial del Plástico. [en línea]. Disponible en: <http://www.fedit.com/Spanish/DocumentosInformes/Portal/Publico/DocumentosEInformes/ObservatoriosIndustriales/Jornadas Difusi n 2007/Qu mico-Los bipolar meros en los pl sticos.pdf>.

ECUATORIANA, C., 2015. Ecuatoriana Nte Inen 296. *Inen*,

INEN, 2012. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA REACTIVOS PARA ANÁLISIS . ALMIDÓN SOLUBLE (PARA Primera edición. , pp. 2-9.

ESPINOZA, A.F.H.& PUGLISEVICH, R.D.C., 2007. Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo. *Lexus*, vol. 4, no. None, pp. 37.

EXTENDIDO, B.D.E., 2012. *Universidad Central del Ecuador Universidad Central del Ecuador*. S.l.: s.n. ISBN 1801420793.

FAO, 1999. Análisis físicoquímico del almidón. *Guía técnica para la producción y análisis de almidon de Yuca.*, vol. 140, pp. 61-134.

GONZ, J.C., 2018. Análisis comparativo de los métodos húmedo y alcalino en la extracción de almidón de semillas de *Amaranthus quitensis* L. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalurgica y Geográfica*, vol. 21, no. 41, pp. 35-44. ISSN 1682-3087.

GUAMÁN, J., 2019. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. *Facultad de ciencias*, pp. 1-54.

HERNÁNDEZ,et.al, 2014. Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 48, no. 3, pp. 22-25. ISSN 0138-6204.

INEN 2117, 2013. INEN 266, Determinación de almidón. , vol. First Edit, pp. 7-12.

INGENIERÍA, et.al, 2019. Universidad Nacional De Trujillo "Estudio De La Resistencia a La Tracción Y Deformación De. ,

JOAQUI D, D. & VILLADA C, H., 2013. Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua En Películas Producidas a Partir De Almidón. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 11, no. spe, pp. 59-68. ISSN 1692-3561.

LABEAGA, A., 2018. Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. *Files.Bartolomevazquezbernal. S.l.:*

- MARTÍN, I., SALCEDO, R. y FONT, R.,** 2011. Operaciones separación sólido-fluido. *Mecánica De Fluidos* [en línea], pp. 1-34. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones_separacion.pdf.
- MEDINA, et.al,** 2010. Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. *Bioagro*, vol. 22, no. 1, pp. 67-74. ISSN 13163361.
- NÁRVAEZ, M.,** 2016. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. *Edimarket*,
- ORTIZ, A.,** 2013. Evaluación ambiental de las diferentes alternativas en la utilización de la glicerina como subproducto de la producción de la planta de biodiesel Bio D S.A. del municipio de Facativá. *Universidad Libre* [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/10901/10617>.
- P C, S.,** 2012. PLAN DE NEGOCIO, FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES. *Universidad EAN*, vol. 66, pp. 37-39.
- PASPUEL, A.,** 2016. Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antocianinas de repollo morado (Brassica oleracea) como potencial indicador de pH. [en línea], pp. 1-62. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5838/1/AGI-2016-T034.pdf>.
- REV CHILD NUTR,** 2018. Artículo Revisión / Review Article. , vol. 45, no. 3, pp. 271-278.
- REYES FRÍAS, L.R.,** 2013. Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos ~ I ~. , pp. 15-17.
- RIVERO, et.al,** 2019. Revista de Energía Química y Física Características de la glicerina obtenida del proceso de la reacción del metóxido de sodio en la producción del Biodiesel Characteristics of glycerin obtained from the reaction process of sodium methoxide in the producti. , vol. 6, no. 18, pp. 18-28.
- ROMERO, D.,** 1997. *Evaluacion del grado de deterioro en plasticos biodegradables sometidos a distintos ecosistemas de estudio*. S.l.: s.n.
- SÁNCHEZ,** 2014. Maíz I (Zea mays). *Reduca (Biología). Serie Botánica* [en línea], vol. 7, no. 2, pp. 151-171. ISSN 1989-3620. Disponible en: <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/1739/1776%0A%0A>.
- SIERRA, et.al,** 2016. Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. [en línea], no. 2008, pp. 1. Disponible en: https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10_Secundaria_Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- VÁZQUEZ, et.al,** 2018. Degradación y biodegradación de plásticos. *Asociación Nacional de la Industria Química* [en línea], pp. 2-22. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/181105ANIQ-RE-2018.pdf>.

VIDAL, D.R., 2000. Ciencia y tecnología de alimentos. *Arbor*, vol. 166, no. 653, pp. 127-139. ISSN 02101963. DOI 10.3989/arbor.2000.i653.1004.

VIH-SIDA, E.D.E.L., 2009. Proyecto de análisis de Bioplásticos. , pp. 1-15.

YÉPEZ, C., 2012. Estudio del efecto del tratamiento de tostación con microondas sobre el grano de maíz de endospermo harinoso. [en línea], pp. 138. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4935/1/CD-4467.pdf>.

ZÁRATE, L., [sin fecha]. *Procesado Termomecánico a Partir De Mezclas Gluten / Plastificante* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/15861>.

ZEDADRA,et.al,2019. OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA. *Sustainability (Switzerland)* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 1-14. ISSN 20711050. Disponible en: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUS_AT_STRATEGI_MELESTARI.

ANEXOS

ANEXO A. Extracción del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE MAÍZ CHULPI (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>a. Limpieza de la materia prima</p> <p>b. Lavado de la materia prima</p> <p>c. Remojo de la materia prima</p> <p>d. Triturado de la materia prima</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p>Elaborado por:</p> <p>Jhomara Elizabeth Maza Martínez</p>	1	1:1	2020/11/16

ANEXO B. Extracción del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE MAÍZ CHULPI (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>)		
a. Filtrado de la mezcla b. Decantado de la mezcla c. Secado del almidón de maíz chulpi.	> Aprobado > Certificado > Por aprobar > Por calificar > Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
				Elaborado por: Jhomara Elizabeth Maza Martínez	1

ANEXO C. Caracterización del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN A PARTIR DE MAÍZ CHULPI (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>a. Determinación de pH del almidón de maíz chulpi.</p> <p>b. Determinación de humedad y ceniza del almidón</p> <p>c. Determinación del índice de solubilidad del almidón.</p>	<p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p>	<p>Elaborado por:</p> <p>Jhomara Elizabeth Maza Martínez</p>	1	1:1	2020/11/24

ANEXO D. Caracterización del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN A PARTIR DE MAÍZ CHULPI (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>)		
a. <i>Determinación de temperatura de gelatinización del almidón.</i> b. <i>Preparación para la determinación de viscosidad del almidón.</i> c. <i>Determinación de viscosidad del almidón</i>	➤ <i>Aprobado</i> ➤ <i>Certificado</i> ➤ <i>Por aprobar</i> ➤ <i>Por calificar</i> ➤ <i>Por verificar</i>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		Elaborado por: Jhomara Elizabeth Maza Martínez	1	1:1	2020/11/28

ANEXO E. Formulación de biopelículas a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	FORMULACIÓN DE BIOPELICULAS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAÍZ CHULPI (<i>Zea Mays Amylosaccharata</i>)		
a. <i>Formulaciones de biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi</i> b. <i>Preparación de muestras en cajas petri.</i> c. <i>Preparación de formulaciones de bioplástico en moldes grandes.</i>	> <i>Aprobado</i> > <i>Certificado</i> > <i>Por aprobar</i> > <i>Por calificar</i> > <i>Por verificar</i>	Elaborado por: Jhomara Elizabeth Maza Martínez	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/12/15

ANEXO F. Caracterización de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.



c.



d.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>a. <i>Determinación de solubilidad de la biopelícula.</i></p> <p>b. <i>Determinación de permeabilidad de la biopelícula.</i></p> <p>c. <i>Ensayo mecánico de la biopelícula.</i></p> <p>d. <i>Determinación de prueba de biodegradación.</i></p>	<p>➤ <i>Aprobado</i></p> <p>➤ <i>Certificado</i></p> <p>➤ <i>Por aprobar</i></p> <p>➤ <i>Por calificar</i></p> <p>➤ <i>Por verificar</i></p>	<p>Elaborado por:</p> <p>Jhomara Elizabeth Maza Martínez</p>	1	1:1	2020/12/23

ANEXO G. Determinación de biodegradabilidad de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

a.



b.

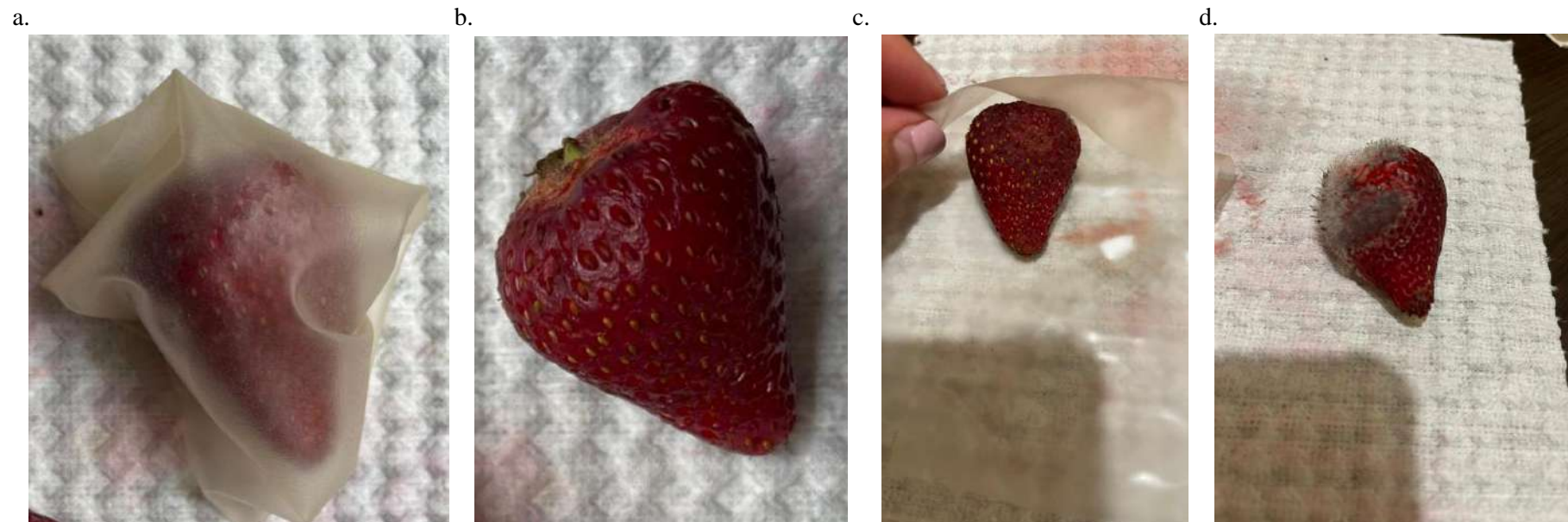


c.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DEGRADACIÓN DE LAS BIOPELÍCULAS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Preparación de la muestra para biodegradación en suelo.	➤ Aprobado	Elaborado por: Jhomara Elizabeth Maza Martínez	1	1:1	2021/01/15
b. Preparación de la muestra para biodegradación en agua.	➤ Certificado				
c. Preparación de la muestra para biodegradación en aire.	➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar				

ANEXO H. Análisis de aplicación con la frutilla de las biopelículas a partir del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	RECUBRIMIENTO DE LA FRUTILLA CON LA BIOPELÍCULA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>a. Frutilla embalada con el bioplástico obtenido a partir del almidón de maíz chulpi, al día 0.</p> <p>b. Frutilla al ambiente al día 0</p> <p>c. Frutilla embalada con el bioplástico al día 7.</p> <p>d. Frutilla al ambiente al día 7.</p>	<p>➤ Aprobado</p> <p>➤ Certificado</p> <p>➤ Por aprobar</p> <p>➤ Por calificar</p> <p>➤ Por verificar</p>	<p>Elaborado por:</p> <p>Jhomara Elizabeth Maza Martínez</p>	1	1:1	2021/01/25

ANEXO I. Informe de prueba de Amilosa del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

MO-LSAIA-2201-03

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-009

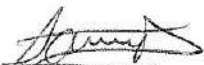
NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Jhomara Maza
DIRECCIÓN: Riobamba
FECHA DE EMISIÓN: 25/01/2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 8 al 22 de enero de 2021

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Srta. Jhomara Maza
FECHA DE RECEPCIÓN.: 08/01/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 11h15
ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa


ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0013	8,70	25,63				Almidón de maíz chulpi

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

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

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

ANEXO J. Informe prueba de probeta del tratamiento 1



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Jhomara Elizabeth Maza Martinez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI (Zea Mays Amylosaccharata) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	27-dic-20
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	Trat # - 1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.86
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.97
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.884.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.75
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.80
CARGA MAXIMA [N]	2.35
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.42
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	28.68
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 es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO K. Informe prueba de probeta del tratamiento 2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Jhomara Elizabeth Maza Martinez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI (Zea Mays Amylosaccharata) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	27-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	9.38
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.94
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.388 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.45
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.55
CARGA MAXIMA [N]	2.16
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.30
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	33.58
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1

ANEXO L. Informe prueba de probeta del tratamiento 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Jhomara Elizabeth Maza Martinez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI (Zea Mays Amylosaccharata) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	27-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	9.48
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.23
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.464.E+02
CARGA DE FLUENCIA [N]	15.90
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	12.90
CARGA MAXIMA [N]	16.91
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	13.72
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	6.04
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

ANEXO M. Informe prueba de probeta del tratamiento 4



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Jhomara Elizabeth Maza Martinez
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI (Zea Mays Amylosaccharata) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA - ALMIDÓN DE MAIZ CHULPI
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	27-dic-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # - 4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	8.71
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.05
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.732.E+02
CARGA DE FLUENCIA [N]	8.32
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	7.96
CARGA MAXIMA [N]	8.52
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	8.15
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	5.30
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

ANEXO N. Informe del análisis microbiológico del almidón de maíz chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*)

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE ALMIDONES

NOMBRE: Maza Martínez Jhomara Elizabeth
TIPO DE MUESTRA: Almidón de maíz chulpi.
FECHA DE ENTREGA: 06/01/2021

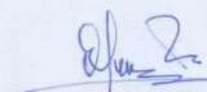
Exámen Físico

COLOR: Blanco
OLOR: Inodoro
ASPECTO: Granular

Exámen Bacteriológico

Maíz Chulpi			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	0
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	<10	0
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	0

Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**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: 20 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Jhomara Elizabeth Maza Martínez</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>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.10.20 11:13:38
-05'00'



1129-DBRA-UTP-2021