



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN  
BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE  
CHIRIVÍA (*Pastinaca Sativa*) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE  
ALIMENTOS**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTOR:** FABIOLA ANALY RODRIGUEZ GARCES

**DIRECTOR:** Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Fabiola Analy Rodriguez Garces**

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

Yo, FABIOLA ANALY RODRIGUEZ GARCES declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 16 de mayo de 2022



A handwritten signature in black ink, reading "Fabiola Analy Rodriguez Garces". The signature is written in a cursive style with a large, stylized initial 'F' and 'A'.

**Fabiola Analy Rodriguez Garces**

**180509261-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo Proyecto de Investigación, **SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA (*Pastinaca Sativa*) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: **FABIOLA ANALY RODRIGUEZ GARCES**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos Mgs. <b>PRESIDENTE DE TRIBUNAL</b>		2022-05-16
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>		2022-05-16
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos. MsC <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-05-16

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi querido padre Milton Rodriguez, mi apoyo incondicional, mi mejor amigo y sabio consejero. A mi madre Gladys Garces, mi motor fundamental para cumplir todos mis propósitos y retribuirle todo el amor y apoyo brindado hacia mí. A mis hermanas Rebeca, Marilú y Vanessa, por ser mi soporte y apoyo emocional a lo largo de esta trayectoria.

*Analy*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y salud suficiente para cumplir con esta meta de vida.

A mis padres, hermanas y sobrinos por animarme y confiar en mí siempre que tenía la sensación de dejar todo hasta ahí, gracias por ser mi apoyo incondicional.

A cada miembro de mi familia que desinteresadamente me ha brindado un consejo o apoyo emocional para continuar con este recorrido, y de manera especial a mi tío Dr. Edmundo Caluña por ser mi principal motivación para seguir formándome profesionalmente.

A mis amigas que fueron ese “plus” que se necesita en la vida universitaria, por ayudarme, animarme y alegrarme siempre que algo se presentó en este largo caminar.

A la carrera de Ingeniería Química, docentes y técnicos de laboratorio que me han sabido guiar y transmitir sus conocimientos en cada ámbito tratado durante toda la carrera. De manera especial, al Ing. Hannibal Brito por su apoyo y dirección en el desarrollo de la presente investigación.

*Analy*

## TABLA DE CONTENIDO

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

## CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.</b>	<b>Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2.</b>	<b>Marco Conceptual o Glosario .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1.</b>	<b><i>Productos agrícolas .....</i></b>	<b>4</b>
<b>1.2.1.1.</b>	<b><i>Chirivía .....</i></b>	<b>4</b>
<b>1.2.1.2.</b>	<b><i>Clasificación Taxonómica .....</i></b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.3.</b>	<b><i>Composición Química.....</i></b>	<b>5</b>
<b>1.2.2.</b>	<b><i>Almidón .....</i></b>	<b>6</b>
<b>1.2.3.</b>	<b><i>Extracción del almidón .....</i></b>	<b>7</b>
<b>1.2.3.1.</b>	<b><i>Extracción de almidón por vía seca.....</i></b>	<b>7</b>
<b>1.2.3.2.</b>	<b><i>Extracción de almidón por vía húmeda .....</i></b>	<b>7</b>
<b>1.2.4.</b>	<b><i>Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón .....</i></b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.1.</b>	<b><i>Recolección, lavado, pelado y remojo. ....</i></b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.2.</b>	<b><i>Reducción de tamaño .....</i></b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.3.</b>	<b><i>Filtración .....</i></b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.4.</b>	<b><i>Sedimentación .....</i></b>	<b>8</b>
<b>1.2.4.5.</b>	<b><i>Decantación .....</i></b>	<b>9</b>
<b>1.2.4.6.</b>	<b><i>Secado .....</i></b>	<b>9</b>
<b>1.2.4.7.</b>	<b><i>Tamizado.....</i></b>	<b>9</b>
<b>1.2.5.</b>	<b><i>Fenómenos de transformación del almidón.....</i></b>	<b>9</b>
<b>1.2.5.1.</b>	<b><i>Gelatinización .....</i></b>	<b>9</b>
<b>1.2.5.2.</b>	<b><i>Retrogradación .....</i></b>	<b>10</b>

1.2.6.	<i>Plásticos</i> .....	10
1.2.6.1.	<i>Generalidades</i> .....	10
1.2.6.2.	<i>Bioplásticos</i> .....	10
1.2.6.3.	<i>Biodegradación</i> .....	11
1.2.7.	<i>Aditivos para la formulación del bioplástico</i> .....	12
1.2.7.1.	<i>Agua destilada</i> .....	12
1.2.7.2.	<i>Plastificante</i> .....	12
1.2.7.3.	<i>Ácido acético</i> .....	12
1.2.7.4.	<i>Gel casting</i> .....	12

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	13
2.1.	<b>Objetivos de la Investigación</b> .....	13
2.1.1.	<i>General</i> .....	13
2.1.2.	<i>Específicos</i> .....	13
2.2.	<b>Planteamiento de Hipótesis</b> .....	13
2.2.1.	<i>General</i> .....	13
2.2.2.	<i>Específicas</i> .....	13
2.3.	<b>Especificación de Variables</b> .....	14
2.3.1.	<i>Identificación de Variables</i> .....	14
2.3.2.	<i>Operacionalización de Variables</i> .....	15
2.3.3.	<i>Matriz de Consistencia</i> .....	16
2.4.	<b>Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	18
2.4.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	18
2.4.2.	<i>Diseño experimental de la Investigación</i> .....	18
2.4.2.1.	<i>Diseño experimental para la extracción del almidón</i> .....	19
2.4.2.2.	<i>Diseño experimental para la formulación del bioplástico</i> .....	19
2.4.3.3.	<i>Diagrama de bloques de la extracción de almidón y obtención del bioplástico</i> .	21
2.5.	<b>Unidad de Análisis</b> .....	21
2.6.	<b>Población de Estudio</b> .....	22
2.7.	<b>Tamaño de Muestra</b> .....	22
2.8.	<b>Selección de muestra</b> .....	22
2.9.	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b> .....	22
2.9.1.	<i>Recursos para recolección de información</i> .....	22
2.9.2.	<i>Extracción de almidón de chirivía por vía húmeda</i> .....	23



2.9.3.	<i>Obtención del bioplástico</i> .....	24
2.9.4.	<i>Caracterización del almidón extraído</i> .....	26
2.9.5.	<i>Caracterización del bioplástico obtenido</i> .....	31

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	34
3.1.	<b>Datos Obtenidos</b> .....	34
3.1.1.	<i>Caracterización física de la materia prima</i> .....	34
3.1.2.	<i>Extracción de almidón de chirivía mediante el método de vía húmeda</i> .....	35
3.1.2.1.	<i>Secado de muestras de almidón extraído</i> .....	36
3.1.3.	<i>Pruebas fisicoquímicas realizadas al almidón extraído</i> .....	36
3.1.3.1.	<i>Prueba de humedad</i> .....	36
3.1.3.2.	<i>Prueba de densidad aparente</i> .....	37
3.1.3.3.	<i>Prueba de residuos por calcinación</i> .....	37
3.1.3.4.	<i>Prueba del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento</i> .....	38
3.1.4.	<i>Obtención y caracterización del bioplástico</i> .....	38
3.1.4.1.	<i>Formulaciones previas para la obtención del bioplástico</i> .....	38
3.1.4.2.	<i>Determinación del espesor</i> .....	39
3.1.4.3.	<i>Prueba de humedad</i> .....	40
3.1.4.4.	<i>Prueba de solubilidad</i> .....	40
3.1.4.5.	<i>Prueba de permeabilidad o grado de transmisión de vapor de agua</i> .....	41
3.1.4.6.	<i>Pruebas de biodegradabilidad (ambiente, agua y suelo)</i> .....	41
3.1.4.7.	<i>Propiedades de tracción</i> .....	43
3.2.	<b>Cálculos</b> .....	43
3.2.1.	<i>Extracción del almidón</i> .....	43
3.2.1.1.	<i>Porcentaje de rendimiento</i> .....	43
3.2.1.2.	<i>Porcentaje de residuos por calcinación</i> .....	44
3.2.1.3.	<i>Densidad aparente</i> .....	44
3.2.1.4.	<i>Índice de solubilidad en agua (ISA)</i> .....	44
3.2.1.5.	<i>Índice de absorción de agua (IAA)</i> .....	44
3.2.1.6.	<i>Poder de hinchamiento (PH)</i> .....	45
3.2.2.	<i>Obtención del bioplástico</i> .....	45
3.2.2.1.	<i>Porcentaje de solubilidad</i> .....	45
3.2.2.2.	<i>Grado de transmisión de vapor de agua (WVP)</i> .....	45

3.2.2.3.	<i>Porcentaje de biodegradabilidad</i> .....	46
3.3.	<b>Resultados y discusión</b> .....	47
3.3.1.	<i>Extracción de almidón de chirivía mediante el método de vía húmeda</i> .....	47
3.3.1.1.	<i>Porcentaje de rendimiento</i> .....	47
3.3.1.2.	<i>Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de almidón</i> .....	49
3.3.1.3.	<i>Curva de secado del almidón</i> .....	50
3.3.2.	<b>Caracterización fisicoquímica del almidón</b> .....	50
3.3.3.	<b>Caracterización del bioplástico obtenido</b> .....	52
3.3.3.1.	<i>Determinación de espesor</i> .....	52
3.3.3.2.	<i>Prueba de humedad</i> .....	53
3.3.3.3.	<i>Prueba de solubilidad</i> .....	54
3.3.3.4.	<i>Prueba de grado de transmisión de vapor de agua (permeabilidad)</i> .....	55
3.3.3.5.	<i>Prueba de biodegradabilidad</i> .....	56
3.3.3.6.	<i>Prueba de tracción, esfuerzos y módulos</i> .....	57
3.3.3.7.	<i>Embalaje en alimentos</i> .....	58
3.4.	<b>Prueba de Hipótesis</b> .....	60
3.4.1.	<i>Hipótesis General</i> .....	60
3.4.2.	<i>Hipótesis Específica 1</i> .....	60
3.4.3.	<i>Hipótesis Específica 2</i> .....	61
3.4.4.	<i>Hipótesis Específica 3</i> .....	61
3.4.5.	<i>Hipótesis Específica 4</i> .....	61
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	62
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	63
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Estudios realizados sobre la obtención de películas biodegradables.....	3
<b>Tabla 2-1:</b>	Taxonomía de la Chirivía.....	5
<b>Tabla 3-1:</b>	Composición Química de la Chirivía.....	5
<b>Tabla 1-2:</b>	Identificación de variables.....	14
<b>Tabla 2-2:</b>	Operacionalización de variables.....	15
<b>Tabla 3-2:</b>	Matriz de consistencia.....	16
<b>Tabla 4-2:</b>	Interpretación del diseño experimental para la extracción de almidón.....	19
<b>Tabla 5-2:</b>	Concentraciones óptimas de aditivos para la formulación del bioplástico.....	20
<b>Tabla 6-2:</b>	Recursos para la recolección de datos.....	22
<b>Tabla 7-2:</b>	Recolección de datos para la extracción de almidón de chirivía por vía húmeda.....	23
<b>Tabla 8-2:</b>	Recolección de datos para la obtención de bioplástico.....	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Recolección de datos para la caracterización del almidón extraído.....	26
<b>Tabla 10-2:</b>	Recolección de datos para la caracterización del bioplástico.....	31
<b>Tabla 1-3:</b>	Datos obtenidos de la caracterización física de la materia prima.....	34
<b>Tabla 2-3:</b>	Datos obtenidos de la extracción de almidón mediante el método de vía húmeda.....	35
<b>Tabla 3-3:</b>	Datos obtenidos en el proceso de secado del almidón.....	36
<b>Tabla 4-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de humedad.....	37
<b>Tabla 5-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de densidad aparente.....	37
<b>Tabla 6-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de residuos por calcinación.....	37
<b>Tabla 7-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba del índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento.....	38
<b>Tabla 8-3:</b>	Datos obtenidos de previas formulaciones para la obtención del bioplástico.....	38
<b>Tabla 9-3:</b>	Datos obtenidos de la determinación del espesor de los bioplásticos.....	39
<b>Tabla 10-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de humedad de los bioplásticos.....	40
<b>Tabla 11-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de solubilidad de los bioplásticos.....	40
<b>Tabla 12-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de permeabilidad de los bioplásticos.....	41
<b>Tabla 13-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en el ambiente.....	42
<b>Tabla 14-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en el agua.....	42
<b>Tabla 15-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en la tierra.....	43
<b>Tabla 16-3:</b>	Datos obtenidos de la prueba de propiedades de tracción.....	43
<b>Tabla 17-3:</b>	Resultados del tratamiento con mejor rendimiento obtenido.....	47
<b>Tabla 18-3:</b>	Análisis de Varianza (ANOVA) del rendimiento del almidón extraído.....	49
<b>Tabla 19-3:</b>	Interpretación de resultados de análisis de Varianza (ANOVA).....	49
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados de las pruebas de caracterización fisicoquímica del almidón.....	50

<b>Tabla 21-3:</b>	Resultados de la determinación de espesor del bioplástico .....	52
<b>Tabla 22-3:</b>	Resultados de la prueba de humedad.....	53
<b>Tabla 23-3:</b>	Resultados de la prueba de solubilidad.....	54
<b>Tabla 24-3:</b>	Resultados de la prueba de grado de transmisión de vapor de agua.....	55
<b>Tabla 25-3:</b>	Resultados de la prueba de biodegradabilidad en el ambiente .....	56
<b>Tabla 26-3:</b>	Resultados de la prueba de tracción, esfuerzos y módulos.....	57
<b>Tabla 27-3:</b>	Resultados del bioplástico durante el embalaje en alimentos.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Chirivía (Hojas y raíz) .....	5
<b>Figura 2-1:</b> Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina.....	6
<b>Figura 3-2:</b> Diagrama de bloques para la extracción de almidón de chirivía.....	21
<b>Figura 4-2:</b> Diagrama de bloques para la obtención del bioplástico.....	21
<b>Figura 1-3:</b> Muestras de chirivía escogidas al azar para su muestreo.....	34

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Diseño experimental para la extracción de almidón.....	19
<b>Gráfico 2-2:</b>	Diseño experimental para la obtención de bioplástico .....	20
<b>Gráfico 1-3:</b>	Porcentajes de rendimiento de almidón obtenido.....	48
<b>Gráfico 2-3:</b>	Curva de secado del almidón.....	50
<b>Gráfico 3-3:</b>	Biodegradabilidad del bioplástico en agua, ambiente y suelo.....	57

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2:</b>	Ecuación del diseño experimental .....	18
<b>Ecuación 2-2:</b>	Ecuación para el cálculo del rendimiento. ....	26
<b>Ecuación 3-2:</b>	Ecuación de cálculo del porcentaje de cenizas. ....	27
<b>Ecuación 4-2:</b>	Ecuación para calcular la densidad aparente. ....	28
<b>Ecuación 5-2:</b>	Ecuación para calcular el índice de absorción de agua.....	29
<b>Ecuación 6-2:</b>	Ecuación para calcular el índice de solubilidad de agua.....	29
<b>Ecuación 7-2:</b>	Ecuación para calcular el poder de hinchamiento.....	30
<b>Ecuación 8-2:</b>	Ecuación para determinar la solubilidad en el bioplástico.....	31
<b>Ecuación 9-2:</b>	Ecuación para determinar el grado de transmisión de vapor de agua.....	32
<b>Ecuación 10-2:</b>	Ecuación para determinar el porcentaje de biodegradabilidad .....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA
- ANEXO B:** ENVASADO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO
- ANEXO D:** INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN Y DE LA MATERIA PRIMA
- ANEXO E:** INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN
- ANEXO F:** OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS
- ANEXO H:** BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS
- ANEXO I:** INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 1
- ANEXO J:** INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 2
- ANEXO K:** INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 3
- ANEXO L:** INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 4
- ANEXO M:** EMBALAJE EN ALIMENTOS



## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo sintetizar y analizar el proceso de elaboración de un bioplástico biodegradable mediante el uso de almidón de chirivía como materia prima, para su posterior uso en el embalaje de alimentos. Para lo cual, se aplicó el diseño factorial 2k (k= 2), mismo que relacionó la velocidad de triturado y tiempo para la extracción de almidón; y, la concentración de almidón y plastificante para la obtención del bioplástico, en base a un límite alto y un límite bajo para ambos. La extracción del almidón se realizó mediante el método de vía húmeda obteniendo cuatro tratamientos, de los cuales el mejor rendimiento obtenido fue del 15,93%, correspondiente al Tratamiento 2. Posteriormente, se realizó la caracterización fisicoquímica del mismo en base a las normas establecidas (todas las pruebas cumplieron el estándar requerido). En la obtención del bioplástico, se encontró como mejores concentraciones para el almidón 3g y 3,5g y para el plastificante 1mL y 1,3 mL, las concentraciones de agua y ácido acético se mantuvieron constantes. También se realizó la caracterización de los bioplásticos obtenidos mediante pruebas de espesor, humedad, solubilidad y permeabilidad. Los ensayos de tracción mostraron al Tratamiento 3 como el mejor, ya que presentó el mayor porcentaje de elongación, módulo de elasticidad, esfuerzo de fluencia y esfuerzo máximo a comparación de los demás tratamientos. Para la prueba de biodegradabilidad, se depositó las muestras en tres medios durante un aproximado de 38 días; observando una acelerada biodegradabilidad en el agua, seguida por el suelo y finalmente el ambiente. Se concluye que las muestras de bioplástico obtenidas pueden ser aplicadas en el embalaje de alimentos ya que presentan las propiedades adecuadas requeridas por la normativa utilizada. Se recomienda dejar secar completamente la lámina, así se evitarán laceraciones en el desmoldado de esta.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICO>, <BIODEGRADABLE>, <ALMIDÓN>, <CHIRIVÍA (*Pastinaca Sativa*) >, <PLASTIFICANTE>, <BIODEGRADABILIDAD>.



0999-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of this research was to synthesize and analyze the elaboration process of a biodegradable bioplastic using parsnip starch as raw material, for its subsequent use in food packaging. For this purpose, a 2k factorial design (k= 2) was applied, which related the crushing speed and time for starch extraction and the concentration of starch and plasticizer for obtaining the bioplastic, based on a high limit and a low limit for both. Starch extraction was carried out using the wet method, obtaining four treatments, of which the best yield obtained was 15.93%, corresponding to Treatment 2. Subsequently, the physicochemical characterization of the starch was carried out based on the established standards (all the tests complied with the required standard). In obtaining the bioplastic, the best concentrations for the starch were found to be 3g and 3.5g and for the plasticizer 1mL and 1.3 mL; the concentrations of water and acetic acid remained constant. Characterization of the obtained bioplastics was also carried out by thickness, moisture, solubility and permeability tests. Tensile tests showed Treatment 3 as the best, as it presented the highest elongation percentage, elasticity modulus, yield stress and maximum stress compared to the other treatments. For the biodegradability test, the samples were deposited in three media for approximately 38 days, observing an accelerated biodegradability in water, followed by soil and finally the environment. It is concluded that the bioplastic samples obtained can be applied in food packaging as they present the appropriate properties required by the standards used. It is recommended to let the film dry completely, in order to avoid lacerations during demolding.

**Palabras clave:** <BIOPLASTIC>, <BIODEGRADABLE>, <STARCH>, <PARSNIP (*Pastinaca Sativa*) >, <PLASTIFICANT>, <BIODEGRADABILITY>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA  
Firmado digitalmente  
por ANA GABRIELA  
REINOSO ESPINOSA  
Fecha: 2022.06.10  
11:05:08 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la temática del calentamiento global y contaminación ambiental es algo de lo que todo el mundo pretende estar pendiente, sin embargo, pocos son los que de verdad generan “conciencia ambiental”. Los países desarrollados son quienes lideran el alto consumo de plásticos para su diario vivir, pues como menciona Eva Alessi (2018, p. 3), de países como Europa y China, el 40% de estos plásticos se utilizan para envases, lo que genera 16.7 millones de toneladas de residuos que van a parar directo a los vertederos. El problema está en que dichos residuos tardan entre 100 y 1000 años en degradarse por completo, lo cual ocasiona un gran impacto en el deterioro ambiental del sistema (Brito et al., 2020a: p. 3).

Según Zapata et al., (2012, p. 77), de los 100 millones de toneladas de plástico que se producen al año, alrededor del 30% se usa en material de empaque. De esta manera, surgen nuevas alternativas basadas en polímeros de origen natural tales como la celulosa, proteínas y el almidón.

El almidón se considera actualmente uno de los principales materiales biodegradables con mayor aplicación, este puede utilizarse como aditivo o material de sustitución en plásticos tradicionales. Este compuesto acelera la degradación o fragmentación de las cadenas de los polímeros sintéticos (Zapata et al., 2012: p. 78).

Por tanto, para el desarrollo del presente trabajo se utilizará como materia prima el almidón extraído de la Chirivía (*Pastinaca Sativa*). Pues, según She et al., (2005), la raíz de esta planta es rica en almidón y azúcar y se utiliza como alimento, forraje para animales y para la elaboración de vino.

Ante lo mencionado, en la presente investigación se propone la idea de sintetizar y analizar el proceso de obtención de un bioplástico biodegradable utilizando como materia prima el almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*), el cual pueda servir para el embalaje de alimentos. Es importante realizar el presente proyecto de investigación porque, además de que se contribuirá al uso de materias primas agrícolas que predominan en los Andes Ecuatorianos, también se desarrollará una alternativa de mejora en cuanto al uso del plástico común.

Además, la metodología implementada para el desarrollo de la investigación reunirá todos los conceptos aprendidos durante la carrera ya que se aplicará una serie de operaciones unitarias que conforman el método de extracción de almidón por vía húmeda; al igual que, para la obtención del bioplástico será necesario la ejecución de ensayos mediante procesos térmicos químicos que permitan obtener el producto deseado.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de la investigación

En la actualidad, los desechos generados en cuanto al uso de los plásticos van en aumento. Centrándonos específicamente en el embalaje de productos alimenticios o de uso doméstico, la mayoría de estos plásticos son polímeros derivados del petróleo, los mismos, que se caracterizan por poseer una degradabilidad que, según los componentes y aditivos que se utilicen para la fabricación de los mismos, puede durar hasta más de mil años en degradarse, lo cual es un gran problema para el planeta; dicha situación provoca que la cantidad de plástico que va a dar a los océanos aumente considerablemente a diario.

Para La y Piura (2011a: p. 12), los desechos o residuos plásticos en los océanos causan 13 mil millones de dólares de daños cada año, de acuerdo con el informe del PNUMA, y esa cifra podría aumentar. Se ha trazado que la producción de plástico en todo el mundo puede alcanzar los 33 mil millones de toneladas para el 2050, lo cual representará el 80% de basura en los océanos y costas.

Ante lo mencionado, los esfuerzos para implementar el uso de materiales biodegradables se han incrementado para generar concientización ambiental en la sociedad, por lo que algunas empresas productoras de plástico son las mismas que ofrecen soluciones alternas como propuestas de reciclaje y biodegradación corta de dichos materiales.

Por otro lado, según García Quiñonez (2015, p. 9), el sector del empaque, a nivel regional, se vería favorecido en encontrar accesibilidad en el mercado de empaques biodegradables, de bajo costo preferiblemente, debido a que la alta demanda de plásticos procesados se encuentra en este grupo; siendo el mayor cliente de empaques en la industria alimenticia, seguido por la industria farmacéutica y de cosméticos.

Con respecto a los primeros materiales biodegradables, Arevalo (1996, p. 17) resalta en su investigación que estos surgieron a partir de mezclas con polímeros de fuentes naturales de alimentación como el almidón. Con el pasar de los años, se fueron implementando varias pruebas en las que se utilizaron bacterias como medio de fermentación o la inserción de grupos funcionales sobre la estructura de las bases poliméricas.

Murray y D (1978: p 19), señalan que, existen algunos polisacáridos naturales que presentan un gran potencial para la creación de plásticos biodegradables debido a su estructura química, dentro de los cuales encontramos al almidón, celulosa, quitina, pectina y lignina. De los cuales, según Profile (2021, p. 12), el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente pragmático

(espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, debido a sus características fisicoquímicas. Además, relata que, el mismo es una materia prima con un amplio campo de utilidad y aplicaciones que van desde la impartición de estructura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables.

Es así como, durante los últimos años se han venido desarrollando varias investigaciones y estudios sobre la obtención de películas biodegradables a partir del uso del almidón de fuentes orgánicas como materia prima, algunos de estos estudios se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 1-1:** Estudios realizados sobre la obtención de películas biodegradables

N°	Título de investigación	Autor (es)	Año	Tipo	País
1	Elaboración de láminas biodegradables a partir de almidón de papa ( <i>Solanum Tuberosum</i> ) y la resina de sábila ( <i>Aloe Vera</i> )	Ángel Gabriel Rivera Castro	2019	Tesis	Perú
2	Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio	Paola Nathali Meza Ramos	2016	Tesis	Perú
3	Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz ( <i>Zea Mays l.</i> )	Adriana Avellán Dayana Díaz Angie Mendoza María Zambrano Yuly Zamora María Riera	2020	Artículo científico	Ecuador
4	Desarrollo y caracterización de películas comestibles elaboradas a partir del almidón de malanga ( <i>Colocasia Esculenta</i> )	Hyllenne Gutiérrez María Ríos Aleida Hernández	2021	Artículo científico	México
5	Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz	Alma Verónica García Quiñónez	2015	Proyecto de investigación	El salvador

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

Analizando dichos estudios, la mayoría de ellos concluyen que usar la base de almidón para crear películas biodegradables es una realidad comercial debido al bajo costo y disponibilidad de este, claro que todo va a depender de la fuente botánica del mismo. Además, la velocidad de degradación del bioplástico será en función de la estructura y el medio ambiente en el que este se desarrolle.

## **1.2. Marco Conceptual o Glosario**

### **1.2.1. Productos agrícolas**

#### **1.2.1.1. Chirivía**

La chirivía (*Pastinaca sativa*) es una planta del género *Pastinaca* y de la familia de las umbelíferas (Apiaceae). Esta planta es cultivada por su raíz, tubérculo que recibe el mismo nombre, este es rico en almidón y azúcar, además se utiliza para el consumo humano (en sopas, pasteles, muffins y budines), piensos para animales y elaboración de vino. Sus hojas frescas y los cogollos también se utilizan como verduras para alimentos y sopas. Tiene diversas aplicaciones nutricionales y terapéuticas en diferentes países (Averill y Ditommaso, 2014a: p. 282).

Las semillas de chirivía contienen sustancias aromáticas amargas que aumentan la leche y también se utilizan como especias alimentarias, su raíz larga y tuberosa tiene piel y carne de color crema; y si se deja madurar en el suelo, adquiere un sabor más dulce después de las heladas invernales. Crece mejor en suelos ricos, alcalinos y húmedos, pero también puede sobrevivir en condiciones pobres de suelo (Averill y Ditommaso, 2014b, p: 279-282).

La planta se localiza en todo el mundo, pero originalmente se cultivaba en Asia y Europa, con la expansión colonial se extendió a América y el sur de Canadá desde 1800 en adelante. Actualmente, se la encuentra colonizada en antiguas granjas abandonadas, vías férreas, calles y terrenos baldíos (Kenari et al., 2021a: p. 3).

En Ecuador, la chirivía se cultiva en la parte alta de Baños hacia la Amazonía, como también en la ciudad de Tulcán, su comercio no es muy común debido a que la planta crece de manera silvestre.



**Figura 1-1.** Chirivía (Hojas y raíz)

Fuente: (CARBALLIDO, 2021, p. 2).

1.2.1.2. Clasificación Taxonómica

**Tabla 2-1:** Taxonomía de la Chirivía

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Apiales
<b>Familia</b>	Apiaceae
<b>Tribu</b>	Tordylieae
<b>Género</b>	<i>Pastinaca</i>
<b>Especie</b>	<i>Pastinaca Sativa</i>

Fuente: (Kenari et al., 2021b: p. 4).

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.

1.2.1.3. Composición Química

**Tabla 3-1:** Composición Química de la Chirivía

<b>Agua</b>	79.53 g
<b>Calorías</b>	18.75 g
<b>Potasio</b>	0.375 g
<b>Hidratos de carbono</b>	19 g
<b>Fibra</b>	4.9 g
<b>Proteínas</b>	1.2 g

<b>Vitamina C</b>	0.017 g
<b>Calcio</b>	0.036 g
<b>Grasas</b>	0.2 g
<b>Aceites Esenciales</b>	----
<b>Furanocumarinas</b>	----

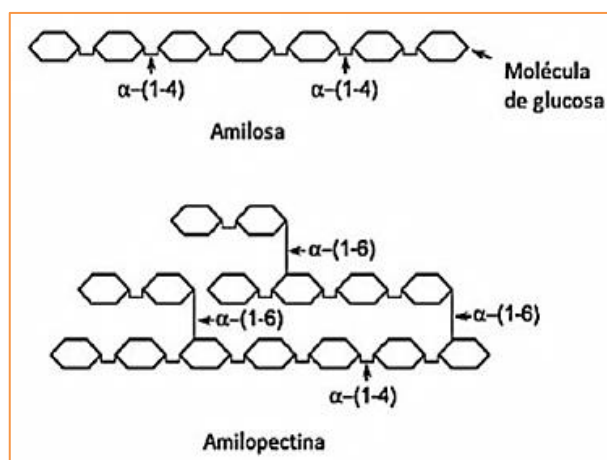
Fuente: (Maroto Borrego, 2002, p. 5).

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

Los frutos de la chirimía presentan alta concentración de aceites esenciales y oxalato de calcio, presentan un efecto diurético y estimulan el apetito. Pero si se toca esta planta y a su vez, se somete a los rayos del sol, puede sufrir reacciones fototóxicas en la piel debido a los aceites esenciales que posee, también puede desarrollar fotodermatitis por las furanocumarinas que contiene la planta (Averill y Ditommaso, 2014c: p. 282).

### 1.2.2. Almidón

Es un compuesto formado por la unión de dos polisacáridos característicos: la amilosa y la amilopectina y se localiza en el interior de las células vegetales. Los monómeros se encuentran compuestos por n unidades de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4) y ramificaciones adicionales enlazadas por enlaces  $\alpha$  (1-6). El almidón presenta una estructura semicristalina, la misma que varía del 15 al 45%, este comportamiento se atribuye a las cadenas ramificadas de la amilopectina, ya que tiene la capacidad de formar puentes de hidrógeno para enlazar moléculas vecinas con las cuales formará dobles hélices organizadas las cuales van a brindar la estructura cristalina tridimensional (Hernández et al., 2008: pp. 718-719).



**Figura 2-1.** Estructuras de amilosa y amilopectina

Fuente: (MARTÍNEZ ET AL., 2017; p. 12).



Martínez (2007, p. 3) menciona que, en su mayoría, los almidones poseen 25% de amilosa y un 75% de amilopectina, sin embargo, existen almidones en los que se puede encontrar hasta un 99% de contenido de amilopectina y, evidentemente, un bajo contenido de amilosa, este tipo de almidón es denominado como “ceroso”, esto posiblemente se debe a que fueron manipulados genéticamente desde su fuente botánica.

### **1.2.3. Extracción del almidón**

Para aislar y extraer el almidón existen dos métodos conocidos por los cuales se puede lograr este objetivo, los cuales son mediante molienda húmeda o molienda seca, cada uno va a incluir una serie de operaciones unitarias por las que debe pasar el almidón (Bello Perez y Agama-Acevedo, 2017a: p. 4).

#### **1.2.3.1. Extracción de almidón por vía seca**

El método de molienda en seco utiliza clasificación de aire y tamizado para separar los componentes de la materia prima. Esta técnica consiste en separar las capas externas de la materia prima como el germen y el pericarpio del endospermo almidonado. Si bien es cierto, se obtiene una molienda súper fina, la molienda en seco no se considera satisfactoria, ya que, en su mayoría se obtiene un bajo rendimiento de almidón (Bello Perez y Agama-Acevedo, 2017b: p. 8).

#### **1.2.3.2. Extracción de almidón por vía húmeda**

El método de molienda húmeda se caracteriza por sumergir la fuente de almidón en agua o en alguna solución especial donde se incluye reactivos que evitan la oxidación del material (por ejemplo, metabisulfito de sodio, ácido cítrico, etc.) durante un determinado tiempo; esto produce que el tejido se ablande y que, al momento de pasar a la operación de triturado de la muestra, la obtención de almidón sea más eficiente. Posteriormente, se muele dicha solución, se tamiza a diferentes tamaños de malla y dicho residuo se lava hasta que no presente residuos relacionados al almidón. La suspensión se mantiene por varias horas hasta que sedimente totalmente. Se procede a decantar el sobrenadante y, de ser necesario, se centrifuga el residuo para recuperar el almidón húmedo presente. Finalmente, se seca en un horno de convección a 40-45°C durante 24 horas aproximadamente (Bello Perez y Agama-Acevedo, 2017c: p. 7).

La aplicación de este método es el más recomendado, ya que según Singh y Eckhoff (1996, p. 7), la revisión de algunos estudios que aplicaron el método de molienda húmeda para aislar y extraer almidón a escala de laboratorio mostró que aunque existan diferencias relativas en el

procedimiento, el porcentaje de rendimiento obtenido puede resultar comparable a los obtenidos a nivel industrial, ya que presenta un buen rendimiento y alta calidad del almidón.

#### **1.2.4. Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón**

Para extraer el almidón es necesario llevar a cabo una serie de operaciones, las cuales se detallan a continuación:

##### **1.2.4.1. Recolección, lavado, pelado y remojo.**

Este proceso consiste en recoger la materia prima de mejor calidad, proceder a realizar varios lavados para eliminar impurezas como exceso de tierra, insectos u algún otro objeto que pueda degenerar la calidad del producto. Por consiguiente, se procede a remover la piel del material con la ayuda de un cuchillo y realizar un segundo lavado para eliminar el resto de las impurezas que puedan encontrarse en la piel expuesta, luego se dejará reposar en agua por un tiempo determinado para ablandar dicha piel.

##### **1.2.4.2. Reducción de tamaño**

El término reducción de tamaño consiste en todas las maneras en las que un alimento pueda ser cortado, roto, desmenuzado, triturado, o descompuesto en partículas más pequeñas (Colina, 2013, p. 2).

##### **1.2.4.3. Filtración**

Esta operación unitaria consiste en separar partículas sólidas insolubles que están contenidas en fluidos líquidos o gases, mediante el paso de dicho fluido a través de una superficie porosa con orificios de determinado tamaño aplicando una fuerza de presión o vacío (Luisa y Irezabal, 2016: p. 2). Dicha superficie conocida como medio filtrante, va a retener las partículas sólidas formando lo que se conoce como torta de filtración, misma que va a estar compuesta de una masa gruesa de partículas de forma irregular situadas entre conductos capilares (Brito, 2001, p. 24).

##### **1.2.4.4. Sedimentación**

En esta operación existe una separación de fases fluido-sólido donde las partículas sólidas van a separarse del fluido debido a que poseen mayor densidad, por ende, van a sedimentar por acción

de la gravedad. La sedimentación puede darse de forma intermitente o continua dependiendo el caso (Huerta Ochoa, 2016, p. 4).

#### *1.2.4.5. Decantación*

Esta operación se basa en la diferencia de densidades entre dos componentes. Es un proceso físico de separación de mezclas homogéneas que pueden ser sólido-líquido o líquido-líquido. La separación se da al dejar en reposo a ambos componentes, después de un determinado tiempo, estos se van a separar por acción de la gravedad, de tal forma que el más denso se va a situar en la parte inferior del decantador. La velocidad de sedimentación dependerá de la morfología de las partículas presentes (Peña y García, 2015: p. 20-24).

#### *1.2.4.6. Secado*

El secado es una operación de transferencia de masa en fase gas-sólido, donde se va a transferir la humedad presente en el sólido hacia la fase gaseosa por efecto de la diferencia entre la presión de vapor ejercida por el sólido húmedo y la presión parcial de vapor de la corriente gaseosa, Al igualarse dichas presiones, el sólido y el gas entraran en equilibrio y el proceso de secado habrá terminado (Villa, 2016, p. 1-2).

#### *1.2.4.7. Tamizado*

El tamizado o cribado consiste en separar las diferentes fracciones que componen un sólido granular o polvoriento (almidón) en tamaños diferentes de sus partículas. Para esto se utilizan cribas o tamices, los cuales son superficies con agujeros, donde al agregar el sólido, el tamiz debe estar en constante movimiento para que las partículas sólidas de diámetros menores puedan atravesarlo (Brito, 2000, p. 19).

### ***1.2.5. Fenómenos de transformación del almidón***

#### *1.2.5.1. Gelatinización*

Esta propiedad térmica es tal vez el cambio físico más importante que sufre el almidón. Consiste en una transición estructural a las que se someten las cadenas poliméricas presentes en el carbohidrato, la misma que se activa al someterlo a un proceso de calentamiento en ambiente acuoso. Aquí los gránulos del almidón se inflan por la acción del calor provocando que sufran la

pérdida de propiedades en su estructura semicristalina hasta formar una consistencia gelatinosa a una determinada temperatura crítica (Cajiao et al., 2016: p. 54). La intensidad de la gelatinización dependerá de la fuente vegetal de la que proviene el almidón, el contenido de humedad de la muestra, presencia de sólidos y pH (Charro, 2015a, p. 13).

La gelatinización es un paso obligatorio previo al consumo de productos amiláceos. Pero también esta propiedad confiere la funcionalidad a diversos productos en donde se vaya a utilizar el almidón como ingrediente principal, en este caso, el bioplástico.

#### *1.2.5.2. Retrogradación*

Otro fenómeno importante que se presenta en el almidón previamente gelatinizado es la retrogradación, la cual se logra al enfriarse cuando las cadenas se agrupan para producir una estructura “ordenada”. Algunos almidones, principalmente aquellos con alto contenido de amilosa, producen una rápida y alta retrogradación; mientras tanto, este fenómeno es lento y bajo para los almidones cerosos (bajo contenido de amilosa). Las cadenas de amilosa y amilopectina pueden formar un punto de unión simple y esas uniones pueden aumentar con el tiempo hasta producir una red fuerte (Bello Perez y Agama-Acevedo, 2017d, p. 11).

Durante la retrogradación, se pueden observar dos procesos: primero, se desarrolla un gel opaco y cortable y, en tiempos más largos, este sistema se vuelve gomoso con la pérdida de agua, denominado sinéresis. Si se trata de almidones cerosos, el sistema se caracteriza por una estructura cristalina debido a la reorganización de los componentes del almidón después del proceso de gelatinización (Bello Perez y Agama-Acevedo, 2017e, p. 11).

### *1.2.6. Plásticos*

#### *1.2.6.1. Generalidades*

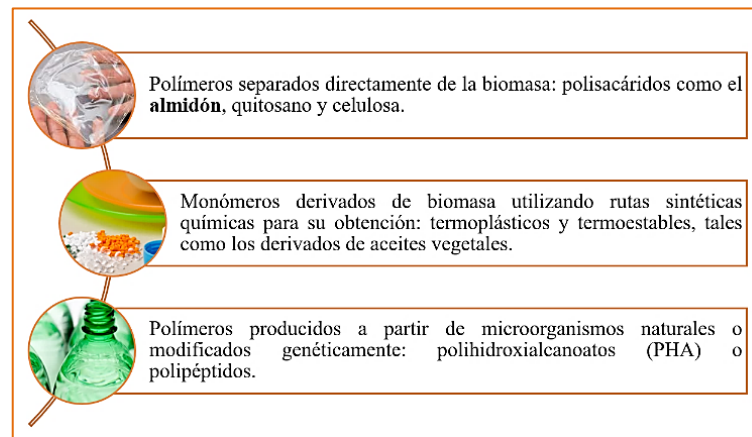
Son polímeros sintéticos que resultan de reacciones de polimerización, mismos que están constituidos por macromoléculas con un peso molecular elevado, estas a su vez, están formadas por cadenas lineales o ramificadas de unidades estructurales repetitivas más pequeñas conocidas como monómeros, estos tardan 300 años para empezar su degradación (Flores, 2009, p. 53).

#### *1.2.6.2. Bioplásticos*

Un bioplástico es un material que se obtiene ocasionalmente de materias orgánicas vegetales en su mayoría utilizando la biomasa y, luego de su vida útil vuelven a formar parte de ella como

biocompostable. Además, según la Asociación Europea de Bioplástico, para considerarse a un material como bioplástico, este debe presentar una base biológica en su composición y, por ende ser biodegradable (Rimac León, 2018, p. 6).

Entre las materias primas de origen biológico aptas para la obtención de bioplásticos se consideran tres familias:



**Gráfico 3-1.** Materias primas de origen biológico

**Realizado por:** Rodríguez, Analy. 2021.

Los bioplásticos obtenidos a base de almidón conforman el mayor porcentaje de uso en el mercado de bioplásticos (Ballesteros, 2014a, p. 7).

#### 1.2.6.3. *Biodegradación*

Según La y Piura (2011b: p. 12), la ASTM define a la biodegradación como la capacidad de un material para descomponerse en dióxido de carbono, agua, biomasa u otros componentes orgánicos, donde el mecanismo que más predomina es la acción enzimática de los microorganismos. Mientras que Imam et al. (1999, p.1), la define como un proceso dentro del cual el polímero es desintegrado y reducido a pequeñas partículas mediante las enzimas de microorganismos, de tal manera que el carbón presente en dicho material vuelva a la biosfera. Las pruebas de biodegradabilidad van a variar en función de la variedad y requerimientos técnicos de la materia prima utilizada, pero es común que se prolongue hasta varios meses.

Una gran ventaja que presentan los materiales de embalaje biodegradables es que en la desintegración o biodegradación, estos pueden actuar como acondicionadores y fertilizantes del suelo en donde fueron depositados, aportando un mejor rendimiento de cultivos (Ballesteros, 2014b, p. 10).

### ***1.2.7. Aditivos para la formulación del bioplástico***

Para obtener el bioplástico se utilizan una serie de elementos, mismos que son descritos a continuación:

#### ***1.2.7.1. Agua destilada***

Es un tipo de agua que presenta ausencia de cloruros, fluoruros, calcio y magnesio por medio de una destilación. Al estar libre de contaminantes, es utilizada en todo tipo de industrias (Parra, 2019, p. 14).

#### ***1.2.7.2. Plastificante***

Es un material que se incorpora como aditivo al polímero para disminuir la atracción de las cadenas poliméricas presentes mejorando la flexibilidad y reduciendo así la cristalinidad que caracteriza al polímero, los más usados son los polioles como el glicerol o glicerina. Sin su uso sería difícil fabricar todo tipo de formas flexibles como láminas o tubos (Cadena, 2017, p. 3).

#### ***1.2.7.3. Ácido acético***

El ácido acético es uno de los ácidos carboxílicos más utilizados en la industria química y alimentaria. La principal aplicación que se le da es en la producción de acetato de vinilo, el cual es el monómero empleado en la producción de pinturas, papel y adhesivos. Se lo considera como estabilizante y modificador químico (Sánchez, 2016, p. 1).

#### ***1.2.7.4. Gel casting***

Es una técnica empleada a nivel de laboratorio que consiste en disolver el polímero en un medio, dicha solución se coloca en un molde hasta que alcance la consistencia de gel. Por consiguiente, este gel será procesado a distintas concentraciones del medio orgánico empleado en la disolución con agua hasta obtener una estructura micro porosa. También se la conoce como “Vaciado de placas” (Alemán et al., 2020: p. 1).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Objetivos de la Investigación

##### 2.1.1. *General*

- Sintetizar y analizar el proceso de obtención de un bioplástico biodegradable a partir de almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*) para el uso en el embalaje de alimentos.

##### 2.1.2. *Específicos*

- Extraer almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*) mediante la aplicación del método por vía húmeda a escala de laboratorio.
- Caracterizar el almidón extraído bajo los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1456 utilizando métodos fisicoquímicos.
- Establecer formulaciones a partir del almidón obtenido y aditivos que faciliten la obtención del bioplástico.
- Determinar las propiedades mecánico-físicas del bioplástico obtenido para conocer la calidad del producto.

#### 2.2. Planteamiento de Hipótesis

##### 2.2.1. *General*

- Es posible obtener un plástico biodegradable mediante la alteración de la concentración del almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) extraído y del plastificante, el cual contará con propiedades y características requeridas por la norma establecida que lo califiquen apto para el embalaje de alimentos.

##### 2.2.2. *Específicas*

- Es posible realizar la extracción de almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) mediante la aplicación del método por vía húmeda.

- Mediante la caracterización fisicoquímica del almidón obtenido es posible conocer la calidad de este para que, de cierta manera pueda cumplir con los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1456.
- Es probable establecer la formulación correcta del bioplástico al variar la concentración de ciertos aditivos y empleando el modelo estadístico  $2^k$ .
- Las pruebas mecánico-físicas realizadas al bioplástico biodegradable obtenido funcionan como un indicador de la calidad y factibilidad que presenta el mismo para ser aplicado en el embalaje de alimentos.

### 2.3. Especificación de Variables

#### 2.3.1. Identificación de Variables

**Tabla 1-2:** Identificación de variables

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Variables dependientes</b>
Extracción del almidón	– Rendimiento del almidón	– Velocidad de licuado – Tiempo de licuado
Obtención del bioplástico	– Formulación del bioplástico	– Cantidad de almidón – Cantidad de plastificante

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.



### 2.3.2. Operacionalización de Variables

**Tabla 2-2:** Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Categorización</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos de medición</b>
Rendimiento del almidón	Independiente	Serie de operaciones unitarias que permiten obtener la máxima cantidad posible de almidón como producto final.	–	% de rendimiento	Balanza analítica Probetas Estufa
Velocidad de licuado	Dependiente	Rapidez con la que gira el motor de la licuadora en RPM.	–	Revolución alta Revolución baja	Licuadora
Tiempo de licuado	Dependiente	Intervalo que tarda la materia prima en triturarse dentro de la licuadora.	–	Minutos	Cronómetro
Formulación del bioplástico	Independiente	Proceso que involucra la mezcla de aditivos sometidos a una determinada temperatura.	–	Formación de biopelícula	Balanza Analítica Pipetas Termómetro
Cantidad de almidón	Dependiente	Peso del almidón a emplearse en la formulación.	–	Gramos	Balanza Analítica
Cantidad de plastificante	Dependiente	Volumen del plastificante a utilizarse en la formulación.	–	Mililitros	Pipetas

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

2.3.3. *Matriz de Consistencia*

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general		Objetivo general	Hipótesis General	
<p>El uso de plásticos forma parte de la vida diaria en la sociedad, el gran inconveniente se presenta en el manejo de los desechos que se generan con el uso creciente de estos materiales, ya que gran parte de la basura producida por los mismos contaminan el medio ambiente y terminan en el océano. La descomposición de estos es un problema, pues puede durar hasta más de 500 años en degradarse por completo. Debido a esto, se propone optar por bioplásticos como una solución alternativa a dicho problema, ya que, estos son capaces de degradarse hasta en menos de 3 meses.</p>		<p>Sintetizar y analizar el proceso de obtención de un bioplástico biodegradable a partir de almidón de Chirivía (<i>Pastinaca sativa</i>) para el uso en el embalaje de alimentos.</p>	<p>Es posible obtener un plástico biodegradable mediante la alteración de la concentración del almidón de chirivía (<i>Pastinaca Sativa</i>) extraído y del plastificante, el cual contará con propiedades y características requeridas por la norma establecida que lo califiquen apto para el embalaje de alimentos.</p>	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
<p>No existe un método verificable para la extracción del almidón de Chirivía (<i>Pastinaca sativa</i>).</p>	<p>Extraer almidón de la planta Chirivía (<i>Pastinaca sativa</i>) mediante la aplicación del método por vía húmeda a escala de laboratorio.</p>	<p>Es posible realizar la extracción de almidón de chirivía (<i>Pastinaca Sativa</i>) mediante la aplicación del método por vía húmeda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendimiento del almidón</li> <li>- Velocidad y tiempo de licuado</li> <li>- Tiempo de secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trituración</li> <li>- Método de secado en estufa.</li> <li>- Molienda y tamizado</li> <li>- Elaboración de una curva de secado.</li> </ul>

<p>¿El almidón extraído cumple con las normas establecidas en la norma NTE INEN 1456?</p>	<p>Caracterizar el almidón extraído bajo los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1456 utilizando métodos fisicoquímicos.</p>	<p>Mediante la caracterización fisicoquímica del almidón obtenido es posible conocer la calidad de este para que, de cierta manera pueda cumplir con los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1456.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Ceniza</li> <li>- Humedad</li> <li>- Solubilidad</li> <li>- Densidad aparente</li> <li>- Temperatura de gelatinización</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos físicos</li> <li>- INEN 1456</li> <li>- FAO 2007</li> </ul>
<p>Se desconoce el método adecuado para la elaboración del plástico biodegradable a partir del almidón de Chirivía (<i>Pastinaca sativa</i>).</p>	<p>Establecer formulaciones a partir del almidón obtenido y aditivos que faciliten la obtención del bioplástico.</p>	<p>Es posible establecer la formulación del bioplástico al añadir ciertos aditivos a la materia prima y empleando el modelo estadístico <math>2^k</math>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulación del bioplástico</li> <li>- Cantidad de almidón</li> <li>- Cantidad de plastificante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variación de la concentración de almidón y plastificante.</li> </ul>
<p>¿El plástico biodegradable obtenido posee las características necesarias para su aplicación en el embalaje de alimentos?</p>	<p>Determinar las propiedades mecánico-físicas del bioplástico obtenido para conocer la calidad del producto.</p>	<p>Las pruebas mecánico-físicas realizadas al bioplástico biodegradable obtenido funcionan como un indicador de la calidad y factibilidad que presenta el mismo para ser aplicado en el embalaje de alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espesor</li> <li>- Resistencia</li> <li>- Elongación</li> <li>- Biodegradabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Métodos físicos y mecánicos</li> <li>- INEN 2635</li> </ul>

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

## **2.4. Tipo y Diseño de Investigación**

### **2.4.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo experimental, ya que se tiene como objetivo obtener un almidón de calidad mediante distintas pruebas a escala de laboratorio; lo cual permitirá encontrar la mejor formulación para obtener el bioplástico. Además, el desarrollo de esta investigación servirá como material bibliográfico para posteriores investigaciones que puedan abarcar temas relacionados a la extracción de almidón de chirivía como base para elaborar bioplástico, pues, hasta el momento no existe bibliografía relacionada a la obtención de bioplásticos utilizando la mencionada materia prima.

### **2.4.2. Diseño experimental de la Investigación**

El diseño de esta investigación es de tipo experimental ya que, tanto para la extracción del almidón como para la obtención del bioplástico, se deben controlar diferentes variables para llegar al método más adecuado, estas son el tiempo, velocidad y concentración.

El diseño factorial  $2^k$ , es el que hace posible controlar dos variables de trabajo, y, a su vez, cada variable permite generar un límite alto y límite bajo de aplicación. Mediante la combinación de estas dos variables es posible trabajar con cuatro tratamientos tanto para la extracción del almidón, como para la formulación del bioplástico. La ecuación que cumple con este diseño, se enuncia de la siguiente manera:

#### **Ecuación 1-2. Ecuación del diseño experimental**

$$DE = 2^k$$

Donde:

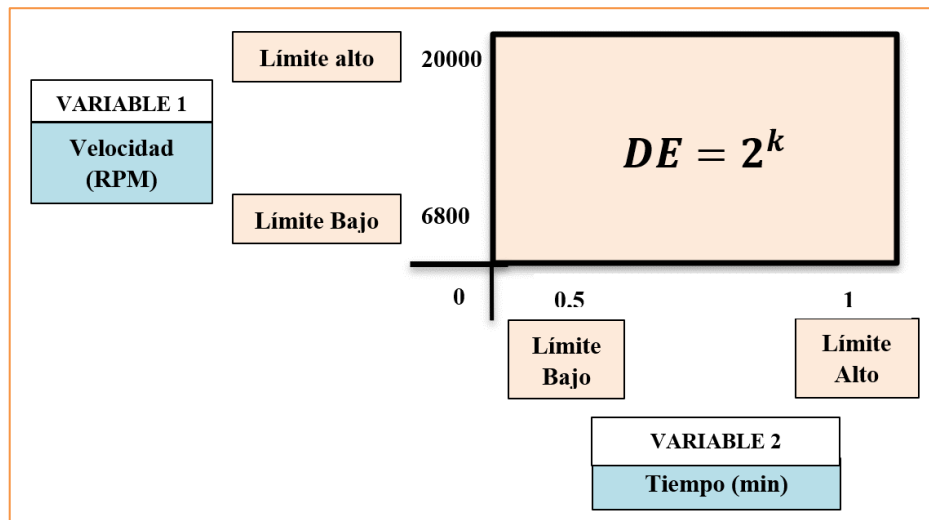
DE = Diseño experimental

2 = Límite alto y límite bajo

K = Variables de trabajo (K = 2)

2.4.2.1. *Diseño experimental para la extracción del almidón*

Para la extracción del almidón de chirimía se controlan las variables de velocidad en revoluciones por minuto contra el tiempo de triturado de la materia prima:



**Gráfico 1-2.** Diseño experimental para la extracción de almidón

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

La aplicación del diseño experimental permitió trabajar con cuatro tratamientos para la extracción de almidón, mismos que se describen a continuación en base a las repeticiones y variables de trabajo empleadas:

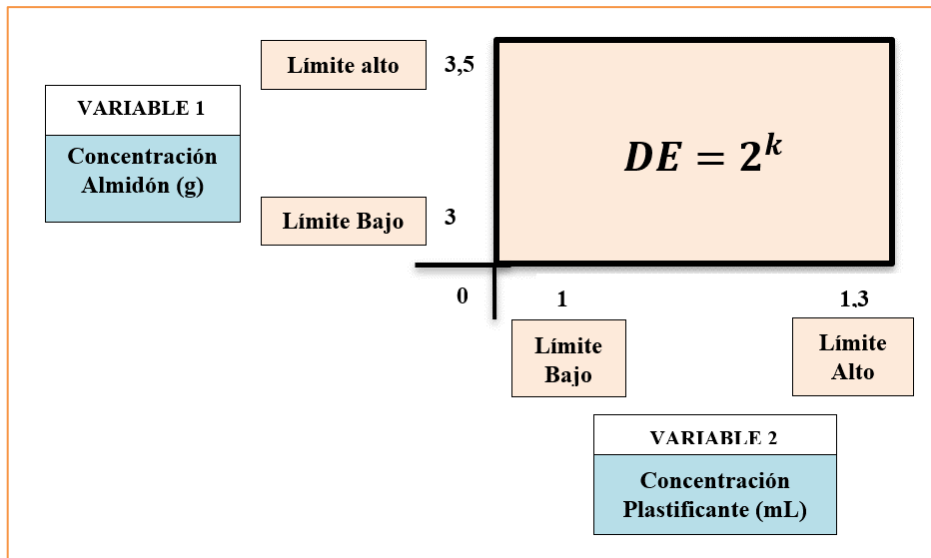
**Tabla 4-2:** Interpretación del diseño experimental para la extracción de almidón

Tratamiento	Variables		Repeticiones
	Velocidad (RPM)	Tiempo (min)	
1	6800 (baja)	0,5	4
2	6800 (baja)	1	4
3	20000 (alta)	0,5	4
4	20000 (alta)	1	4

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

2.4.2.2. *Diseño experimental para la formulación del bioplástico*

Para la formulación del bioplástico se controló la concentración del almidón (g) vs la concentración del plastificante (mL):



**Gráfico 2-2.** Diseño experimental para la obtención de bioplástico

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

La interpretación del diseño experimental permitió hallar el límite alto (LA) y límite bajo (LB) de concentración para el almidón y plastificante, óptimos para la formulación del bioplástico, mismos que se detallan a continuación:

**Tabla 5-2:** Concentraciones óptimas de aditivos para la formulación del bioplástico

Almidón		Glicerina		Agua (mL)	Ácido acético (mL)
LB (g)	LA (g)	LB (mL)	LA (mL)		
3	3,5	1	1,3	45	3

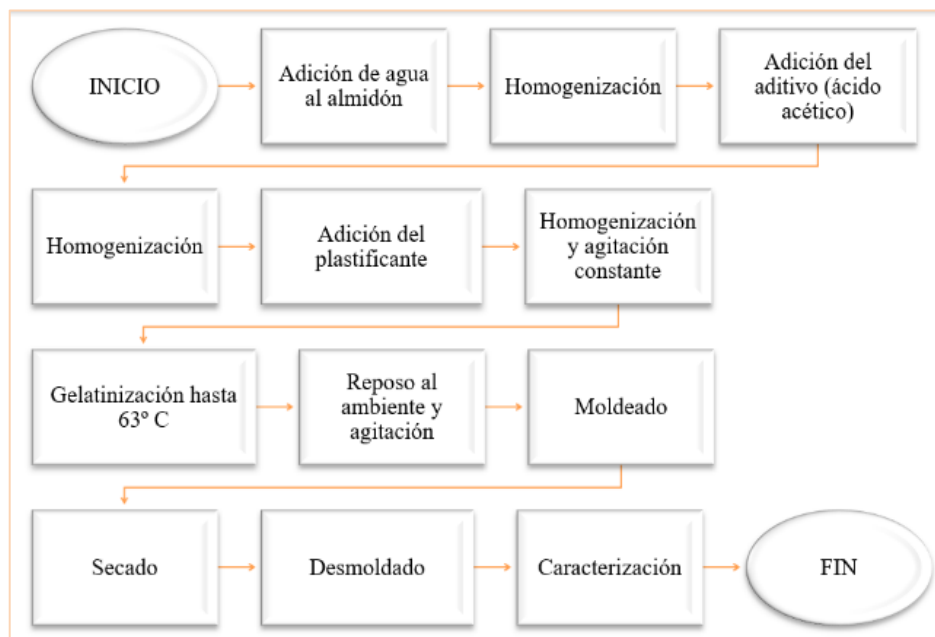
Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

### 2.4.3.3 Diagrama de bloques de la extracción de almidón y obtención del bioplástico



**Figura 3-2.** Diagrama de bloques para la extracción de almidón de chirivía

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.



**Figura 4-2.** Diagrama de bloques para la obtención del bioplástico

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

## 2.5. Unidad de Análisis

Los objetos de estudio son la extracción de almidón y la formulación del bioplástico a partir de la materia prima seleccionada. Para esto, se realizará una previa caracterización al almidón extraído

de la chirivía (*Pastinaca Sativa*), mientras que al bioplástico se le someterá a pruebas mecánico-físicas para conocer la calidad del producto.

## 2.6. Población de Estudio

La población de estudio es la materia prima seleccionada: Chirivía (*Pastinaca Sativa*), la misma que se obtuvo mediante un proveedor de verduras y hortalizas en general de la ciudad de Riobamba.

## 2.7. Tamaño de Muestra

En esta investigación se trabajó con un aproximado de 20 kilogramos de materia prima.

## 2.8. Selección de muestra

Para la selección de la chirivía se tomó en cuenta la calidad del producto en base a algunos parámetros, mismos que se detallan a continuación:

- Frescura
- Olor característico
- Color crema
- Sin señales de moho
- Sin laceraciones

## 2.9. Técnicas de Recolección de Datos

### 2.9.1. Recursos para recolección de información

**Tabla 6-2:** Recursos para la recolección de datos

Nº	Técnicas de recolección de datos	Método
1	Recopilación de la información	Fuentes bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Internet</li> <li>– Libros electrónicos</li> <li>– Artículos científicos</li> <li>– Revistas científicas</li> </ul>
2	Extracción del almidón de chirivía ( <i>Pastinaca Sativa</i> )	Método por vía húmeda: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Lavado, pelado y remojo</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Triturado y filtrado</li> <li>- Sedimentación y decantación</li> <li>- Secado</li> <li>- Triturado y tamizado</li> </ul>
3	Formulación del bioplástico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezcla de aditivos sometidos a una determinada temperatura</li> <li>- Vaciado de placas (método casting)</li> <li>- Secado</li> </ul>
4	Análisis de datos y resultados	<p>Programas en línea</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microsoft Excel</li> <li>- Software IMAGE J</li> </ul>

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

### 2.9.2. Extracción de almidón de chirivía por vía húmeda

**Tabla 7-2:** Recolección de datos para la extracción de almidón de chirivía por vía húmeda

Equipos y Materiales	Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Licuadora industrial</li> <li>- Cronómetro</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Estufa</li> <li>- Vidrio reloj</li> <li>- Probeta de 500 mL</li> <li>- Vasos de precipitación de 500 y 1000 mL</li> <li>- Cuchillos</li> <li>- Mallas Nylon</li> <li>- Recipientes de aluminio</li> <li>- Recipientes de plástico</li> <li>- Mortero y pistilo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia prima (chirivía)</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Metabisulfito de Sodio</li> </ul>	<p>Siguiendo los pasos de la Figura 3-2. luego de la recepción de la materia prima, se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavar y retirar todas las impurezas que pueda contener la raíz.</li> <li>- Pelar y cortar en trozos más pequeños (reducción de tamaño) y poner a remojar inmediatamente para evitar la oxidación de la raíz.</li> <li>- Mediante el uso de una licuadora industrial Oster de 2 velocidades, triturar la materia prima (150 g) junto con una solución de agua destilada y metabisulfito de sodio al 0,5 % (500 mL) para cada tratamiento.</li> <li>- Filtrar la torta mediante una malla Nylon o tela filtrante, separando el líquido que contiene el almidón en recipientes de plástico.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envases herméticos</li> <li>- Tamices</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dejar sedimentar el almidón durante 12 horas o más hasta observar que se ha depositado completamente en el fondo del recipiente.</li> <li>- Decantar el exceso de agua y depositar el sedimento obtenido (almidón húmedo) en recipientes de aluminio o bandejas.</li> <li>- Secar las muestras de almidón obtenido en la estufa a 50°C máximo durante 24 horas, pesando las muestras cada hora hasta obtener un peso constante en cada tratamiento.</li> <li>- Triturar las muestras secas en un mortero y tamizar hasta obtener la más mínima granulometría (recomendable pasar por el tamiz de 53 micras).</li> <li>- Almacenar las muestras en envases herméticos y mantener a una temperatura de 22°C.</li> </ul>
---	--	--

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

### 2.9.3. Obtención del bioplástico

**Tabla 8-2:** Recolección de datos para la obtención de bioplástico

Equipos y Materiales	Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Reverbero</li> <li>- Malla de Asbesto</li> <li>- Varilla de agitación</li> <li>- Espátula</li> <li>- Vasos de precipitación de 25 y 50 mL</li> <li>- Moldes de vidrio</li> <li>- Termómetro</li> <li>- Guantes térmicos</li> <li>- Pinzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón de chirivía</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Ácido acético</li> <li>- Glicerina</li> </ul>	<p>Siguiendo los pasos de la Figura 4-2. para la obtención del bioplástico, se debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una suspensión de agua destilada con almidón y agitar lentamente (para evitar la formación de burbujas) hasta que los gránulos del almidón se hayan disuelto completamente.</li> <li>- Someter la solución a baño maría y agitar constantemente, mientras se controla la temperatura mediante un termómetro.</li> <li>- Una vez que la temperatura supere los 50°C, adicionar el conservante (ácido acético), homogenizar e inmediatamente adicionar el plastificante (glicerina).</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Retirar la mezcla de aditivos del baño maría cuando esta haya alcanzado su temperatura de gelatinización (63°C) y dejar enfriar durante 3 minutos aproximadamente.</li><li>- Depositar la mezcla en un molde de vidrio o acrílico y dejar secar a temperatura ambiente hasta obtener la lámina de bioplástico deseada.</li></ul>
--	--	--

**Realizado por:** Rodriguez, Analy. 2021.

#### 2.9.4. Caracterización del almidón extraído

**Tabla 9-2:** Recolección de datos para la caracterización del almidón extraído

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula (Resultado)	Método o Ensayo
1	Rendimiento del almidón	- Balanza analítica - Espátula	- Almidón de chirivía	- Una vez extraído el almidón, se procede a obtener el peso final de cada tratamiento mediante la balanza analítica. - Se procede a calcular el porcentaje de rendimiento mediante la aplicación de la <b>Ecuación 2-2</b> .	<p><b>Ecuación 2-2.</b> Ecuación para el cálculo del rendimiento.</p> $\% R = \frac{pf}{pi M} * 100$ <p>Donde: % R = Porcentaje del rendimiento Pf = Peso del almidón obtenido pi M = Peso de la muestra inicial (materia prima)</p> <p>El resultado será el tratamiento que presenta mayor porcentaje de rendimiento.</p>	Método directo (cuantitativo).
2	Prueba de Humedad	- Termobalanza - Espátula - Papel aluminio	- Almidón de chirivía	- Se enciende el equipo y se procede a levantar la tapa - Se tara el equipo y se añade 2 g de muestra en el plato (previamente realizado con papel aluminio) del equipo. - Se cierra la tapa y esperamos el tiempo necesario hasta que el equipo emita la señal de aviso de haber terminado.	La termobalanza proporciona directamente el % de humedad contenida en la muestra, el peso final de la muestra y el tiempo transcurrido.	Método directo (cuantitativo), (Dirección General de Normas, 1982, p. 2).
3	Prueba de Solubilidad	- Reverbero - Malla de asbesto	- Almidón de chirivía	- Hervir 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.		Método cualitativo,

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Espátula</li> <li>- Varilla de agitación</li> <li>- Vidrio reloj</li> <li>- Vasos de precipitación de 25 y 250 mL</li> <li>- Pinzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En un vaso de 25 mL pesar 2g de almidón, añadir 5 mL de agua destilada, mezclar bien la solución y transferir al recipiente que contiene el agua hirviendo.</li> <li>- Agitar continuamente por dos minutos.</li> </ul>	<p>La muestra cumple con la normativa al observar una ligera opalescencia que se mantenga sin intensificar después del enfriamiento de la solución</p>	<p>(NTE INEN 1456, 2012a, p. 1).</p>
4	<i>Prueba de pH</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH metro</li> <li>- Vaso de precipitación de 100 mL</li> <li>- Termómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solución obtenida previamente en la prueba de solubilidad (almidón más agua destilada)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estandarizar el medidor del pH sumergiendo los electrodos en una solución tampón (pH 7,0) a temperatura ambiente.</li> <li>- Mediante el control de asimetría, calibrar al valor de pH requerido de la solución tampón y retornar el equipo a su posición de reposo inicial.</li> <li>- Lavar los electrodos en agua destilada y secarlos con papel absorbente suave.</li> <li>- Sumergir los electrodos en la solución de análisis y leer el valor de pH mostrado por el equipo.</li> </ul>	<p>La muestra cumple con la normativa cuando el valor medido de pH oscile entre 5,0 y 7,0.</p>	<p>Método directo (cuantitativo), (NTE INEN 1456, 2012b, p. 1-2).</p>
5	<i>Prueba de contenido de residuos por calcinación</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mufla</li> <li>- Estufa</li> <li>- Crisoles</li> <li>- Pinzas de crisol</li> <li>- Desecador</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Reverbero</li> <li>- Pinzas</li> <li>- Guantes térmicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón de chirivía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarar los crisoles a ocupar dentro de la estufa 1 día antes del ensayo.</li> <li>- Enfriar los crisoles en un desecador para eliminar la humedad contenida en los mismos por un mínimo de 3 horas.</li> <li>- Pesar los crisoles vacíos.</li> <li>- Colocar 1g de muestra en cada crisol.</li> </ul>	<p>El contenido de residuos por calcinación se obtiene mediante la aplicación de la siguiente ecuación:</p> <p><b>Ecuación 3-2.</b> Ecuación de cálculo del porcentaje de cenizas.</p> $\%C = \frac{m2 - mc}{m1 - mc} * 100$ <p>Donde:</p>	<p>Método cualitativo, (NTE INEN 1456, 2012c, p. 3).</p>

		- Espátula		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calentar las muestras en el reverbero hasta ignición dentro de una campaña de extracción de gases.</li> <li>- Calcinar las muestras carbonizadas en la mufla a 550 °C hasta obtener residuos de una muestra blanquecina.</li> <li>- Sacar los crisoles, enfriarlos en el desecador y pesarlos.</li> <li>- Repetir el proceso hasta obtener un peso constante de muestras.</li> </ul>	<p>%C = porcentaje de cenizas totales (%)  m1= masa del crisol con la muestra (g)  m2 = masa del crisol con la ceniza (g)  mc = masa del crisol vacío (g)</p> <p>La muestra cumple con la normativa cuando el residuo obtenido no deba ser mayor que 0,40g/100g.</p>	
6	<i>Prueba de densidad aparente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Probetas de 10 mL, 25 mL y 50 mL.</li> <li>- Espátula</li> <li>- Embudo</li> <li>- Balanza analítica</li> </ul>	- Almidón de chirivía	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tarar y pesar las probetas vacías</li> <li>- Agregar el almidón de manera compacta hasta el total del volumen de cada probeta.</li> <li>- Pesar cada probeta compacta con el almidón.</li> </ul>	<p><b>Ecuación 4-2.</b> Ecuación para calcular la densidad aparente.</p> $\rho = \frac{\text{masa del almidón}}{\text{volumen de la probeta}}$ <p>La muestra cumple con la normativa cuando presente una densidad promedio de 1,560 g/mL.</p>	Método cualitativo, (Aristizábal y Sánchez, 2007: p. 65).
7	<i>Temperatura de gelatinización</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Vasos de precipitación de 100 y 250 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón de chirivía</li> <li>- Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar 10g de almidón y agregar agua destilada, disolver y completar hasta 100 mL.</li> <li>- Calentar 250 ml de agua aparte.</li> </ul>	<p>La temperatura de gelatinización se lee directamente en el termómetro.</p>	Método directo (cuantitativo) (Aristizábal y

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reverbero</li> <li>- Malla de asbesto</li> <li>- Termómetro</li> <li>- Cronómetro</li> <li>- Varilla de agitación</li> <li>- Espátula</li> <li>- Pinzas</li> <li>- Guantes térmicos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomar 50 ml de la solución y llevarla a baño maría en el agua previamente calentada.</li> <li>- Agitar la solución hasta observar la formación de un gel viscoso mientras cronometramos el tiempo de la formación de este.</li> <li>- Observar directamente la temperatura marcada por el termómetro al momento de la formación del gel.</li> </ul>	<p>Los valores aproximados de la temperatura de gelatinización oscilan entre los 59°C hasta las 73°C para los almidones de algunos tubérculos (Aristizábal y Sánchez 2007, p. 36).</p>	Sánchez, 2007b: p. 87).
8	Viscosidad de Brookfield	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reverbero</li> <li>- Malla de asbesto</li> <li>- Vasos de precipitación de 500 mL y 1000 mL</li> <li>- Varilla de agitación</li> <li>- Espátula</li> <li>- Pinzas</li> <li>- Viscosímetro de Brookfield</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón de chirivía</li> <li>- Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar 25 g de muestra y disolver con agua destilada hasta completar 500 mL.</li> <li>- Colocar la suspensión en el vaso de precipitación de 1000 mL y calentar hasta ebullición por aproximadamente 15 minutos.</li> <li>- Dejar enfriar totalmente la muestra hasta temperatura ambiente.</li> <li>- Sumergir la aguja del viscosímetro de Brookfield en la muestra y observar directamente el valor dado por el equipo.</li> </ul>	<p>La viscosidad se lee directamente en el viscosímetro de Brookfield.</p> <p>El almidón de los tubérculos y las raíces presenta un fuerte elevamiento de viscosidad durante el cocimiento, mucho mayor que el de los cereales (Aristizábal y Sánchez 2007, p. 38).</p>	Método directo (cuantitativo) (Aristizábal y Sánchez, 2007c: p. 66).
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Índice de absorción de agua (IAA),</li> <li>- Índice de solubilidad en agua (ISA),</li> <li>- Poder de hinchamiento (PH).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Centrífuga</li> <li>- Estufa</li> <li>- Espátula</li> <li>- Tubos de centrífuga</li> <li>- Embudo</li> <li>- Probetas de 25 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Almidón de chirivía</li> <li>- Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dejar los tubos de centrífuga dentro de la estufa a 50 °C durante 24 horas.</li> <li>- Sacar y colocar los tubos de centrífuga en el desecador hasta que se encuentren a temperatura ambiente.</li> <li>- Pesar cada tubo de centrífuga.</li> <li>- Calentar agua destilada hasta los 60°C.</li> </ul>	<p><b>Ecuación 5-2.</b> Ecuación para calcular el índice de absorción de agua</p> $IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}}$ <p><b>Ecuación 6-2.</b> Ecuación para calcular el índice de solubilidad de agua</p> $ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} * \text{Vsobrenadante (mL)} * 10}{\text{peso muestra (g)}}$	Método cualitativo (Aristizábal y Sánchez, 2007d: p. 73).

		<p>- Vasos de precipitación de 50 mL.</p> <p>-Pipeta volumétrica de 10 mL.</p>		<p>- Pesar 1,25 g de almidón (peso muestra) en cada tubo y agregar 30 mL del agua destilada precalentada anteriormente.</p> <p>- Agitar cada tubo y someterlos a baño maría a 60 °C durante 30 minutos (volver a agitar cada solución a los 10 minutos de haber iniciado el proceso).</p> <p>- Centrifugar cada suspensión a 1000 RPM durante 1 hora a temperatura ambiente.</p> <p>- Decantar el líquido sobrenadante máximo 1 minuto después de la centrifugación y medir el volumen.</p> <p>- Pesar el tubo de centrífuga con el gel contenido.</p> <p>- Pesar el vaso de precipitado de 50 mL y añadir 10 mL del sobrenadante en el mismo.</p> <p>- Secar el sobrenadante en la estufa a 70 °C por 12 horas.</p> <p>- Pesar el vaso de precipitado con los insolubles.</p>	<p><b>Ecuación 7-2.</b> Ecuación para calcular el poder de hinchamiento</p> $PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)} - \text{peso solubles (g)}}$ <p>Almidones con alta viscosidad de la pasta, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento. Mientras que, una alta solubilidad, baja absorción de agua y bajo poder de hinchamiento indican un almidón de tipo ceroso, el cual al enfriarse produce pastas delgadas y de poca estabilidad, por ende, también presentará una baja viscosidad (Aristizábal y Sánchez, 2007e: p. 73-74).</p>	
--	--	--	--	--	---	--

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.



2.9.5. *Caracterización del bioplástico obtenido*

**Tabla 10-2:** Recolección de datos para la caracterización del bioplástico

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula (Resultados)	Método de Ensayo
1	<i>Espesor</i>	- Calibrador Pie de rey	- Láminas de bioplástico obtenido	- Dividir visualmente la lámina en 4 partes - Medir cada parte con el calibrador pie de rey. - Repetir el procedimiento anterior	El resultado se obtendrá de manera directa mediante el calibrador.	Método directo (NTE INEN 2635: 2012 <sup>a</sup> , p. 2)
2	<i>Humedad</i>	- Termobalanza	- Láminas de bioplástico obtenido	- Encender el equipo y levantar la tapa, tarar y añadir la muestra en el plato del equipo. - Cerrar la tapa.	El % de humedad se obtiene directamente del equipo.	Método directo cualitativo (Acosta et al., 2018: p. 7)
3	<i>Solubilidad</i>	- Balanza analítica - Vasos con tapa - Probeta - Shaker - Papel filtro	- Láminas de bioplástico obtenido - Agua destilada	- Colocar las láminas de bioplástico en el papel filtro y secar a una temperatura de 40 °C. - Agregar 50 mL de agua destilada en un vaso con tapa y, posteriormente colocar las muestras sobre este. - Colocar los vasos en el equipo Shaker a 100 RPM a temperatura ambiente durante 1 hora. - Filtrar el agua y colocar en la estufa a 40°C. - Pesar las muestras completamente secas.	<b>Ecuación 8-2.</b> Ecuación para determinar la solubilidad en el bioplástico. $\% S = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ Donde: % S = porcentaje de solubilidad mi = masa inicial del bioplástico seco (g) mf = masa final del bioplástico seco (g)	Método cuantitativo (Flores et al., 2021: p. 629)

4	<p style="text-align: center;"><i>Grado de transmisión de vapor de agua (permeabilidad)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubos de ensayo</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Desecador</li> <li>- Sílica</li> <li>- Cinta adhesiva</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Láminas de bioplástico obtenido</li> <li>- Sílica</li> <li>- NaCl saturada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Activar la sílica a una temperatura de 65°C un día antes de realizar la prueba.</li> <li>- Colocar la sílica en cada tubo de ensayo hasta las ¾ partes.</li> <li>- Pesar las láminas de bioplástico</li> <li>- Sellar los tubos de ensayo con las muestras del bioplástico, la cinta a utilizar debe ser transparente.</li> <li>- Colocar los tubos de ensayo sellados en un desecador que posea una solución sobresaturada de NaCl.</li> <li>- Pesar los tubos cada hora hasta obtener un peso constante.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Ecuación 9-2.</b> Ecuación para determinar el grado de transmisión de vapor de agua.</p> $WVP = \frac{WVTR * e}{PV * (R2 - R1)}$ <p>Donde:</p> <p><i>WVP</i> = Grado de transmisión de vapor de agua.</p> <p><i>WVTR</i> = Pendiente de la curva (peso vs tiempo) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m<sup>2</sup>)</p> <p><i>e</i> = Espesor del bioplástico</p> <p><i>t</i> =Tiempo transcurrido en todo el ensayo</p> <p><i>PV</i> = Presión de vapor a la temperatura de ensayo (T=20°C)</p> <p><i>R2</i> = Humedad relativa de la cámara de solución saturada (75%)</p> <p><i>R1</i> = Humedad relativa del interior del tubo (0%)</p>	<p>Método cuantitativo (Charro, 2015b, p. 32-33). (ASTM 1653 – 93, 2008, p. 3-4).</p>
5	<p style="text-align: center;"><i>Tracción</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquina universal de pruebas de tracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Láminas de bioplástico obtenido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acondicionar las muestras revisando que tanto estas, como el dispositivo de medida, estén libres de agentes contaminantes externos.</li> <li>- Colocar las probetas de ensayo en las mordazas de la máquina de ensayo.</li> </ul>	<p>El equipo proporciona de manera directa el resultado.</p>	<p>Método Cualitativo (NTE INEN 2635:2012c, p. 7).</p>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apretar de manera uniforme y firme las mordazas para disminuir su deslizamiento de las muestras durante el ensayo.</li> <li>- Comprobar el punto cero del dispositivo de medida antes y después de iniciar el proceso.</li> </ul> <p>(NTE INEN 2635:2012b, p. 6-8)</p>		
6	<i>Biodegradabilidad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Software IMAGE J</li> <li>- Envases plásticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Láminas de bioplástico obtenido</li> <li>- Tierra orgánica</li> <li>- Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recortar láminas de 4x4</li> <li>- Esta prueba se va a realizar por tres medios: ambiente, agua y suelo.</li> <li>- Colocar las muestras en la tierra orgánica y el agua a 3 cm de la superficie y mantener a temperatura ambiente.</li> <li>- Verificar la degradabilidad de las muestras cada 7 días durante 5 semanas.</li> </ul>	<p>El valor de disminución de área se obtendrá mediante el Software IMAGE J.</p> <p>El porcentaje de biodegradabilidad se obtiene mediante la siguiente ecuación:</p> <p style="text-align: center;"><b>Ecuación 10-2.</b> Ecuación para determinar el porcentaje de biodegradabilidad</p> <p style="text-align: center;"><i>% Biodegradabilidad =</i></p> $100 - \left( \frac{\text{Área semana siguiente}}{\text{Área inicial}} * 100 \right)$	<p>Método Cualitativo-Cuantitativo</p> <p>(NTE INEN 2643:2012, p. 5).</p>

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Datos Obtenidos

##### 3.1.1. Caracterización física de la materia prima



**Figura 1-3.** Muestras de chirivía

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

A continuación, se muestran datos recogidos como el peso, longitud y espesor para la caracterización física de la raíz, la misma que está previamente pelada y cortada en trozos, como se observa en la Figura 1-3, dichos datos se recogieron de 5 muestras al azar:

**Tabla 1-3:** Datos obtenidos de la caracterización física de la materia prima

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Chirivía ( <i>Pastinaca Sativa</i> )	4,01	18,00	15,00
	9,51	23,00	18,70
	6,84	26,00	19,00
	4,75	21,00	14,70
	7,92	23,60	18,00
<b>Promedio</b>	<b>6,61</b>	<b>22,32</b>	<b>17,08</b>

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

**3.1.2. Extracción de almidón de chirivía mediante el método de vía húmeda:**

En base al diseño experimental presentado en el Gráfico 2-2, en función de los cuatro tratamientos se obtuvo los siguientes datos:

**Tabla 2-3:** Datos obtenidos de la extracción de almidón mediante el método de vía húmeda

Tratamientos	Variables: (Velocidad) (Tiempo)	Repeticiones	Vol. Agua (mL)	Peso (g)			Tiempo de secado(h)
				Materia prima	Almidón obtenido	Promedio	
1	V1: t1	R1	500	150	26,348	23,804	24
		R2			22,943		
		R3			24,073		
		R4			21,852		
2	V1: t2	R1			27,157	23,999	
		R2			22,066		
		R3			23,72		
		R4			22,774		
3	V2: t1	R1			20,306	22,497	
		R2			23,525		
		R3			23,785		
		R4			22,373		
4	V2: t2	R1			21,501	21,802	
		R2			22,051		
		R3			21,033		
		R4			22,621		

Realizado por: Rodríguez, Anay. 2021.

Donde:

V1 = Velocidad baja (6800 RPM)

V2 = Velocidad alta (20000 RPM)

t1 = tiempo 1 (0,5 min)

t2 = tiempo 2 (1 min)

### 3.1.2.1. Secado de muestras de almidón extraído

El secado de muestras de almidón se realizó en una estufa a una temperatura de 50°C durante 24 horas. Los datos de peso se tomaron cada dos horas hasta llegar a un valor constante, cabe recalcar que, los pesos 6, 7 y 8 fueron tomados luego de 12 horas.

**Tabla 3-3:** Datos obtenidos en el proceso de secado del almidón

Tratamientos	Repeticiones	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Peso 7 (g)	Peso 8 (g)
1	R1	56,732	49,318	45,736	41,242	38,338	26,627	26,474	26,348
	R2	58,818	52,169	48,89	35,456	32,666	23,193	23,013	22,943
	R3	52,406	44,497	41,551	38,592	35,659	24,335	24,22	24,073
	R4	48,388	41,423	34,392	33,113	32,377	22,144	22,054	21,852
2	R1	49,515	41,978	38,667	35,093	31,822	28,037	27,537	27,157
	R2	46,62	39,005	35,513	31,807	29,486	22,29	22,159	22,066
	R3	50,88	44,11	43,543	37,009	33,479	23,972	23,875	23,72
	R4	49,483	41,788	35,701	34,875	31,997	23,079	22,901	22,774
3	R1	51,396	43,632	41,512	36,537	32,58	20,616	20,468	20,306
	R2	55,894	49,968	40,994	40,598	37,561	24,008	23,766	23,525
	R3	57,188	46,531	41,981	38,736	35,679	24,198	23,93	23,785
	R4	56,267	46,989	35,106	29,796	26,425	22,823	22,635	22,373
4	R1	46,608	38,487	38,028	31,686	29,217	21,956	21,738	21,501
	R2	47,282	38,973	37,992	32,402	30,007	22,329	22,2	22,051
	R3	45,653	39,064	33,006	31,3	28,191	21,297	21,152	21,033
	R4	49,535	40,124	35,319	32,784	30,671	22,92	22,82	22,621
<b>Tiempo (h)</b>	-	0	2	4	6	8	20	22	24

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

### 3.1.3. Pruebas fisicoquímicas realizadas al almidón extraído

#### 3.1.3.1. Prueba de humedad

Como se menciona en la Tabla 9-2, los resultados de humedad se obtienen directamente de la termobalanza (equipo utilizado). Sin embargo, los valores presentados a continuación, son datos de respaldo obtenidos para justificar la realización de esta prueba, mismos que también son brindados por el propio equipo.

**Tabla 4-3:** Datos obtenidos de la prueba de humedad

<b>Muestras</b>	<b>Peso inicial</b>	<b>Peso final</b>
1	2,002	1,770
2	2,041	1,799
3	2,002	1,771

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.

### 3.1.3.2. Prueba de densidad aparente

Esta prueba se realizó empleando la metodología utilizada por Aristizábal y Sánchez (2007f, p. 80), la cual menciona que, la densidad aparente puede ser determinada utilizando la relación entre el peso del almidón empacado en una probeta que ocupa un volumen conocido de la misma.

**Tabla 5-3:** Datos obtenidos de la prueba de densidad aparente

<b>Peso Probeta Vacía (g)</b>	<b>Peso Probeta más almidón empacado (g)</b>	<b>Volumen Probeta (mL)</b>
22,861	38,063	10
52,027	89,938	25
112,853	190,49	50

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.

### 3.1.3.3. Prueba de residuos por calcinación

**Tabla 6-3:** Datos obtenidos de la prueba de residuos por calcinación

<b>Muestras</b>	<b>Peso del crisol vacío (g)</b>	<b>Peso del crisol con la muestra (g)</b>	<b>Peso del crisol con la ceniza (g)</b>	<b>Tiempo de tarado (h)</b>
1	39,392	40,429	39,394	3
2	34,585	35,606	34,587	3
3	36,804	37,83	36,806	3

Realizado por: Rodriguez, Analy. 2021.

3.1.3.4. Prueba del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

**Tabla 7-3:** Datos obtenidos de la prueba del índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

Muestras	Peso del tubo vacío (g)	Peso del almidón (g)	Peso del tubo más el gel (g)	Volumen del sobrenadante (ml)	Peso del vaso vacío (g)	Peso del vaso más solubles (g)
1	14,072	1,253	20,330	26	30,618	30,688
2	14,224	1,253	20,479	26	31,876	31,946
3	14,928	1,253	20,508	25	30,716	30,789

Realizado por: Rodríguez, Analy. 2021.

3.1.4. Obtención y caracterización del bioplástico:

3.1.4.1. Formulaciones previas para la obtención del bioplástico

Para encontrar la correcta formulación del bioplástico, se determinaron cantidades exactas para cada aditivo presente en la mezcla de cada tratamiento y así poder obtener el producto deseado. Mediante estas formulaciones se pudo elegir las óptimas en base al diseño experimental presentado en el Gráfico 2-2.

**Tabla 8-3:** Datos obtenidos de previas formulaciones para la obtención del bioplástico

Tratamiento	Repeticiones	Concentraciones				Temperatura de gelatinización (°C)	Tiempo de secado (h)	Temperatura de secado (°C)	Moldeo	Forma película	Transparencia	Estabilidad
		Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido Acético (mL)	Agua (mL)							
1	1	2	0,3	3	45	63	144	25	Si	Si	Si	No
	2		1	3	45	63	144	25	Si	Si	Si	No
	3		1,3	3	45	63	120	25	Si	Si	Si	No
	4		2	3	45	63	144	25	No	No	Si	No
2	1	2,5	0,3	3	45	63	120	25	Si	Si	Si	No
	2		1	3	45	63	120	25	Si	Si	Si	No
	3		1,3	3	45	63	120	25	Si	Si	Si	No
	4		2	3	45	63	120	25	No	No	Si	No
	1		0,3	3	45	63	96	25	Si	Si	Si	No



3	2	3	1	3	45	63	96	25	Si	Si	Si	Si
	3		1,3	3	45	63	96	25	Si	Si	Si	Si
	4		2	3	45	63	120	25	No	No	Si	No
4	1	3,5	0,3	3	45	63	120	25	Si	Si	Si	No
	2		1	3	45	63	96	25	Si	Si	Si	Si
	3		1,3	3	45	63	96	25	Si	Si	Si	Si
	4		2	3	45	63	120	25	Si	No	Si	No

Realizado por: Rodríguez Analy, 2021.

Para la caracterización del bioplástico, se trabajó con tres muestras de análisis por cada tratamiento.

### 3.1.4.2. Determinación del espesor

Para la recolección de los datos presentados en la Tabla 9-3, se dividió visualmente en cuatro partes la lámina de bioplástico, y así se midió el espesor de cada lado. Esto permitió observar las variaciones de espesor que existieron en cada muestra, dichas variaciones se generan debido a la irregularidad de la superficie en la que se colocaron las muestras plaqueadas para su secado.

**Tabla 9-3:** Datos obtenidos de la determinación del espesor de los bioplásticos

Tratamiento	Muestras	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor 4 (mm)
1	1	0,11	0,11	0,11	0,10
	2	0,12	0,11	0,12	0,12
	3	0,11	0,11	0,11	0,11
2	1	0,10	0,09	0,09	0,09
	2	0,10	0,10	0,09	0,09
	3	0,09	0,10	0,09	0,09
3	1	0,10	0,09	0,10	0,09
	2	0,10	0,10	0,11	0,10
	3	0,10	0,10	0,09	0,09
4	1	0,12	0,12	0,12	0,11
	2	0,11	0,11	0,11	0,11
	3	0,12	0,11	0,12	0,12

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

### 3.1.4.3. Prueba de humedad

Al igual que en la caracterización de almidón, la prueba de humedad de las láminas se realizó en una termobalanza, como se menciona en la Tabla 10-2. Este equipo proporciona los resultados de manera directa, sin embargo, los valores presentados a continuación, son datos de respaldo obtenidos para justificar la realización de esta prueba, mismos que también son dados por el propio equipo.

**Tabla 10-3:** Datos obtenidos de la prueba de humedad de los bioplásticos

Tratamientos	Muestras	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	1	0,096	0,084
	2	0,128	0,113
	3	0,125	0,11
2	1	0,128	0,109
	2	0,103	0,088
	3	0,122	0,104
3	1	0,154	0,129
	2	0,100	0,084
	3	0,102	0,086
4	1	0,174	0,15
	2	0,174	0,149
	3	0,179	0,154

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

### 3.1.4.4. Prueba de solubilidad

**Tabla 11-3:** Datos obtenidos de la prueba de solubilidad de los bioplásticos

Tratamiento	Muestras	Peso inicial	Peso final
1	1	0,086	0,042
	2	0,111	0,066
	3	0,110	0,058
2	1	0,109	0,068
	2	0,087	0,054
	3	0,104	0,060
3	1	0,126	0,080

	2	0,084	0,041
	3	0,086	0,058
4	1	0,150	0,093
	2	0,149	0,092
	3	0,154	0,094

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

### 3.1.4.5. Prueba de permeabilidad o grado de transmisión de vapor de agua

**Tabla 12-3:** Datos obtenidos de la prueba de permeabilidad de los bioplásticos

Tratamientos	Muestras	Peso Inicial (g)	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Peso 7 (g)
1	1	32,4108	32,4179	32,4250	32,4334	32,4372	32,4425	32,4474	32,4521
	2	32,3515	32,6360	32,6605	32,7033	32,7071	32,7124	32,7193	32,7254
	3	32,3369	32,3472	32,3545	32,3645	32,3698	32,3749	32,3808	32,3867
2	1	31,3240	31,3255	31,3270	31,3325	31,3349	31,3397	31,3457	31,3522
	2	31,8542	31,8569	31,8596	31,8669	31,8694	31,8735	31,8808	31,8881
	3	32,0014	32,0066	32,0118	32,0187	32,0207	32,0258	32,0323	32,0390
3	1	32,2150	32,2201	32,2245	32,2254	32,2266	32,2298	32,2328	32,2367
	2	32,4234	32,4270	32,4306	32,4335	32,4365	32,4398	32,4425	32,4447
	3	32,2198	32,2088	32,2198	31,3816	31,3834	31,2880	31,2896	31,2945
4	1	31,1844	31,2722	31,3600	31,3751	31,3777	31,3822	32,2267	32,2270
	2	32,0639	32,0671	32,0703	32,0756	32,0772	32,0804	32,0835	32,0894
	3	31,3449	31,3557	31,3816	32,2225	32,2239	32,2288	32,2326	32,2367

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

### 3.1.4.6. Pruebas de biodegradabilidad (ambiente, agua y suelo)

Para las pruebas de biodegradabilidad, se depositó las muestras de 4x4 cm<sup>2</sup> en tres medios: ambiente, agua y suelo, a una profundidad de 3cm de la superficie para el agua y el suelo. Los envases que contenían las muestras se colocaron en un lugar cerrado con poca humedad y una exposición parcial al sol. Se tomaron datos cada semana hasta observar una avanzada biodegradabilidad de los mismos. Los valores de reducción de área presentados a continuación, se obtuvieron mediante el uso del Software IMAGE J, mismo que calcula el área de las láminas mediante fotografías de las mismas.

**Tabla 13-3:** Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en el ambiente

Tratamiento	Muestras	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )					
		Semana Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1	1	15,521	14,943	14,169	13,389	12,408	11,652
	2	15,39	14,8	14,003	13,225	12,42	11,607
	3	15,456	14,945	14,111	13,461	12,579	11,388
2	1	15,465	15,068	14,212	13,373	12,77	11,853
	2	15,763	15,341	14,521	13,702	12,979	11,963
	3	15,466	15,065	14,264	13,563	12,862	11,539
3	1	15,591	15,153	14,306	13,569	12,724	11,802
	2	15,419	15,033	14,142	13,457	12,669	11,759
	3	15,92	15,501	14,788	13,967	13,055	12,231
4	1	16,078	15,524	14,668	13,615	12,857	11,929
	2	15,85	15,519	14,386	13,252	12,515	11,688
	3	15,344	14,886	14,034	13,177	12,321	11,407

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

**Tabla 14-3:** Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en el agua

Tratamiento	Muestras	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )					
		Semana Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1	1	15,91	14,611	12,253	9,853	6,198	3,413
	2	15,17	13,573	11,207	8,816	5,974	4,175
	3	15,349	14,051	11,752	8,875	5,599	3,907
2	1	16,009	14,781	11,46	8,566	5,761	3,955
	2	15,292	14,097	11,788	8,227	5,35	3,356
	3	15,383	14,102	11,785	8,019	5,261	3,118
3	1	15,378	14,071	11,658	8,285	5,911	2,857
	2	15,33	14,058	11,614	8,217	5,379	2,515
	3	16,078	14,782	12,453	9,023	6,133	3,651
4	1	15,948	14,665	12,337	9,182	6,409	3,529
	2	16,113	14,913	12,591	8,264	5,534	2,888
	3	15,929	14,531	12,206	8,805	5,126	2,425

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

**Tabla 15-3:** Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad en la tierra

Tratamiento	Muestras	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )					
		Semana Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1	1	16,29	15,299	13,289	11,285	9,293	7,105
	2	15,527	14,625	13,72	11,833	8,925	7,005
	3	15,909	14,887	13,855	11,853	8,855	6,892
2	1	16,083	15,077	13,261	12,049	9,441	7,107
	2	15,477	14,42	13,355	11,313	9,24	7,188
	3	15,865	14,765	13,678	11,557	9,479	7,351
3	1	16,026	14,927	12,808	10,889	8,589	6,488
	2	16,096	14,945	12,715	10,612	8,454	6,298
	3	15,581	14,365	13,13	11,919	9,687	7,471
4	1	15,484	14,322	13,182	11,022	8,856	6,717
	2	15,89	14,545	13,222	11,878	9,534	6,211
	3	15,384	14,221	13,077	11,901	9,755	7,508

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

### 3.1.4.7. Propiedades de tracción

**Tabla 16-3:** Datos obtenidos de la prueba de propiedades de tracción

Tratamiento	Espesor (mm)	Anchura (mm)	Longitud Inicial (mm)	Sección Transversal (mm <sup>2</sup> )
1	0,11	8,02	25	0,88
2	0,09	8,04	25	0,72
3	0,10	7,80	25	0,78
4	0,12	8,90	25	1,07

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

## 3.2. Cálculos

### 3.2.1. Extracción del almidón

#### 3.2.1.1. Porcentaje de rendimiento

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidon obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} * 100 \quad (1)$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{23,929}{150} * 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 15,953 \quad \%$$

3.2.1.2. *Porcentaje de residuos por calcinación*

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{masa del crisol con cenizas} - \text{masa del crisol vacío}}{\text{masa del crisol con almidón} - \text{masa del crisol vacío}} * 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{39,394 - 39,392}{40,429 - 39,392} * 100$$

$$\% \text{ Cenizas} = 0,193 \quad \%$$

3.2.1.3. *Densidad aparente*

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{peso probeta} + \text{almidón empacado (g)} - \text{peso probeta vacía (g)}}{\text{volumen de muestra empacada (mL)}} \quad (3)$$

$$\text{Densidad aparente} = \frac{38,063 - 22,861 \text{ (g)}}{10 \text{ (mL)}}$$

$$\text{Densidad aparente} = 1,520 \text{ g/mL}$$

3.2.1.4. *Índice de solubilidad en agua (ISA)*

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso solubles (g)} * V * 10}{\text{peso muestra (g)}} \quad (4)$$

$$\text{ISA} = \frac{(30,688 - 30,618) \text{ g} * (25) \text{ mL} * 10}{1,253 \text{ g}}$$

$$\text{ISA} = 14,525 \quad \%$$

3.2.1.5. *Índice de absorción de agua (IAA)*

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)}} \quad (5)$$

$$IAA = \frac{20,330 - 14,072 \text{ (g)}}{1,253 \text{ (g)}}$$

$$IAA = 4,994 \text{ g gel/g muestra}$$

3.2.1.6. *Poder de hinchamiento (PH)*

$$PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{peso muestra (g)} - \text{peso solubles (g)}} \quad (6)$$

$$PH = \frac{(20,330 - 14,072) \text{ g}}{1,253 \text{ g} - (30,688 - 30,618) \text{ g}}$$

$$PH = 5,290 \text{ g agua/g almidón}$$

3.2.2. *Obtención del bioplástico*

3.2.2.1. *Porcentaje de solubilidad*

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{masa inicial del plástico seco} - \text{masa final del plástico seco}}{\text{masa inicial del plástico seco}} * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,086 - 0,042 \text{ (g)}}{0,086 \text{ (g)}}$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 51,163 \%$$

3.2.2.2. *Grado de transmisión de vapor de agua (WVP)*

- Área expuesta

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (8)$$

$$A = \pi * \left(\frac{0,09}{2}\right)^2$$

$$A = 6,36 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Velocidad de transmisión de vapor de humedad (WVTR)

$$WVTR = \frac{\text{Pendiente}}{\text{Área}} \quad (9)$$

$$WVTR = \frac{0,006 \text{ g/h}}{6,36 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$WVTR = 0,922 \text{ (g/h * m}^2\text{)}$$

Por consiguiente:

$$WVP = \frac{WVTR * \text{espesor}}{p * (R_1 - R_2)} \quad (10)$$

$$WVP = \frac{0,922 \left( \frac{\text{g}}{\text{h}} * \text{m}^2 \right) * 0,00011 \text{ m}}{0,00234 \text{ MPa} * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0,0006 \frac{\text{g}}{\text{m} * \text{h} * \text{MPa}}$$

### 3.2.2.3. Porcentaje de biodegradabilidad

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 100 - \frac{\text{Área semana siguiente}}{\text{Área inicial}} * 100 \quad (11)$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 100 - \frac{14,943}{15,521} * 100$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 3,724 \% \text{ (ambiente)}$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 8,165 \% \text{ (agua)}$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 6,083 \% \text{ (suelo)}$$



### 3.3. Resultados y discusión

#### 3.3.1. Extracción de almidón de chirivía mediante el método de vía húmeda

##### 3.3.1.1. Porcentaje de rendimiento

**Tabla 17-3:** Resultados del tratamiento con mejor rendimiento obtenido

Tratamiento	Variables: (Velocidad) (Tiempo)	Repeticiones	Rendimiento (%)	Promedio
1	V1: t1	R1	17.565	15,869
		R2	15.295	
		R3	16.049	
		R4	14.568	
2	V1: t2	R1	18.105	15,953
		R2	14.711	
		R3	15.813	
		R4	15.183	
3	V2: t1	R1	13.537	14,998
		R2	15.683	
		R3	15.857	
		R4	14.915	
4	V2: t2	R1	14.334	14,534
		R2	14.701	
		R3	14.022	
		R4	15.081	

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

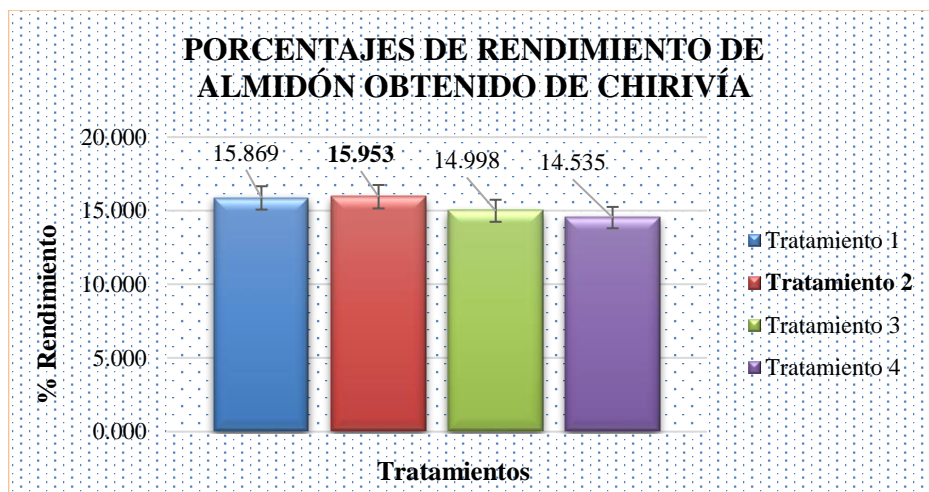
Donde:

V1 = Velocidad baja (6800 RPM)

V2 = Velocidad alta (20000 RPM)

t1 = tiempo 1 (0,5 min)

t2 = tiempo 2 (1 min)



**Gráfico 1-3.** Porcentajes de rendimiento de almidón obtenido

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

Al analizar la Tabla 17-3, se puede observar que el mayor porcentaje obtenido corresponde al Tratamiento 2, con un valor del 15,95% a una velocidad baja de 6800 RPM durante 1 minuto. Interpretando dichos resultados, se puede deducir que es mejor someter a la materia prima al límite alto de tiempo de licuado, pero a una velocidad baja, de esto depende que se obtenga la mayor pérdida de área de superficie de la misma y así ganar un mayor rendimiento posible de almidón.

De acuerdo a la investigación realizada por La y Piura (2011c: p. 47), donde se obtuvo un rendimiento del 9,67% de la extracción de almidón de papa, dicho valor resulta ser bajo en comparación con el obtenido en la presente investigación, teniendo en cuenta que en ambos casos se tiene como materia prima un tubérculo y la extracción se da bajo el mismo método, por tanto el resultado obtenido es bastante satisfactorio. Se realizó otra comparación con (Brito et al., 2020b: p. 6), quienes extrajeron almidón a partir de zanahoria blanca aplicando el mismo diseño experimental, en dicha investigación se obtuvo un rendimiento del 10,6% bajo el método de vía húmeda, mismo que, de igual manera, resulta más bajo que el obtenido en la investigación presente, estas variaciones en cuanto a porcentajes de rendimiento de almidón de tubérculos van a depender mucho del contenido de humedad que posee cada uno. Sin embargo, el análisis permite concluir que el rendimiento obtenido en la presente investigación es bastante satisfactorio debido a que sobrepasa los valores antes mencionados.

3.3.1.2. Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento de almidón

**Tabla 18-3:** Análisis de Varianza (ANOVA) del rendimiento del almidón extraído

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad (P)	Valor crítico para F
Entre grupos	5,686	3	1,895	1,449	0,277	3,490
Dentro de los grupos	15,694	12	1,307			
Total	21,381	15	1,425			
					Alfa	0,05

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

**Tabla 19-3:** Interpretación de resultados de análisis de Varianza (ANOVA)

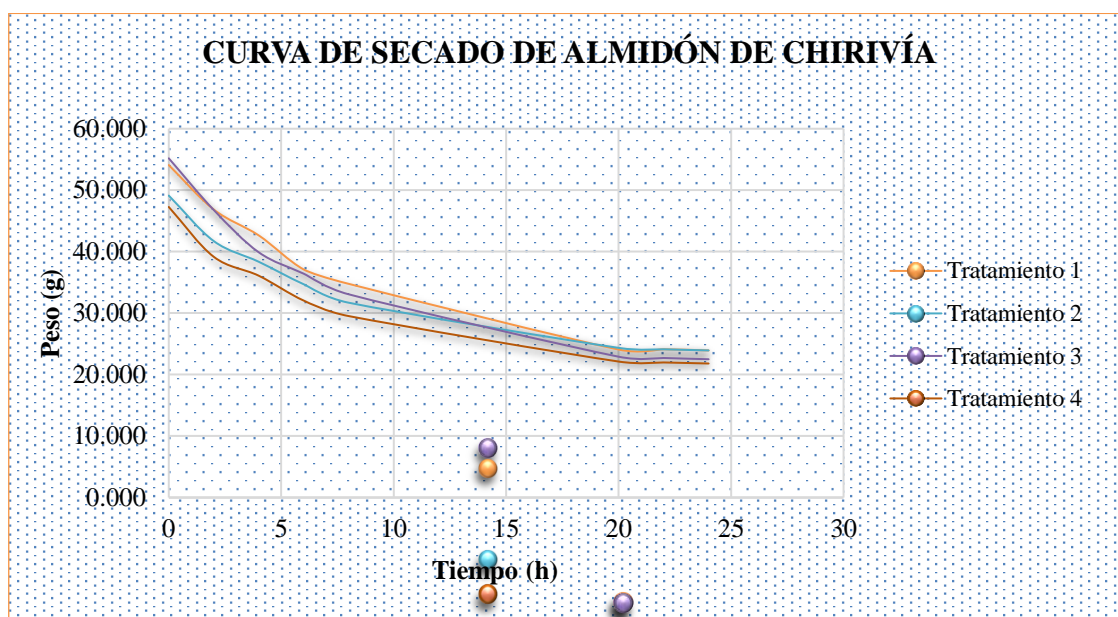
$p > 0,05 = H_0$	No existen diferencias significativas =	<i>Todos los tratamientos son iguales</i>
$p < 0,05 = H_a$	Existen diferencias significativas =	<i>Al menos un tratamiento es diferente</i>

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

La Tabla 18-3 representa el análisis de varianza realizado en base a los resultados obtenidos de porcentaje de rendimiento en cada tratamiento. Para esto se utilizó el test estadístico ANOVA, mismo que indica que la probabilidad de interacción obtenida debe ser mayor al porcentaje de error ( $p > 0,05$ ), de esta manera se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) por lo tanto, todos los tratamientos son iguales; de lo contrario, si la probabilidad es menor ( $p < 0,05$ ), se acepta la hipótesis alterna ( $H_a$ ), lo que indica que existen diferencias significativas por lo menos en un tratamiento (Tabla 19-3). Para analizar qué tratamiento es significativamente diferente es necesario aplicar el análisis estadístico de Tukey.

En este caso, se realizó únicamente el análisis de varianza ANOVA ya que se obtuvo una probabilidad del 0,227 misma que es mayor al 0,05, por tanto, se deduce que todos los porcentajes de rendimiento obtenidos en cada tratamiento son relativamente iguales (teoría que puede ser demostrada mediante el Gráfico 1-3), por ende, no fue necesario realizar la prueba de Tukey.

### 3.3.1.3. Curva de secado del almidón



**Gráfico 2-3.** Curva de secado del almidón

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

Analizando el Gráfico 2-3, al inicio del proceso, se observa que los pesos de cada tratamiento rondan los 40 – 60 (g), mismos que disminuyen radicalmente en las primeras 5 a 10 horas, y, en adelante se observa un descenso mucho más lento hasta obtener un peso constante en las últimas 4 horas de secado, el descenso lineal final muestra que, el Tratamiento 4 alcanzó un peso constante más rápido que los demás, esto puede ser debido a que, inicialmente presentó un peso menor a los demás tratamientos, por tanto, la liberación de vapor de agua por acción del calor se dio más rápido para dicho tratamiento.

### 3.3.2. Caracterización fisicoquímica del almidón

**Tabla 20-3:** Resultados de las pruebas de caracterización fisicoquímica del almidón

No.	Parámetros	Unidades	Valor/ Resultado	Estándar	Norma / Institución
1	Solubilidad	%	Ligeramente opaco	Ligera opalescencia	INEN 1456
2	pH	-	6.51	5,00 – 7,00	INEN 1456
3	Ceniza	%	0,19	≤0,4	INEN 1456
4	Humedad	%	11,51	≤13	NMX-F-428-1982

5	Densidad aparente	g/mL	1,53	1,56	FAO 2007
6	Temperatura de gelatinización	°C	63	57,5 - 70	FAO 2007
7	Viscosidad	cP	333	840 - 1500	FAO 2007
8	Índice de absorción	g gel/g muestra	4,95	0,82 – 15,52	FAO 2007
9	Índice de solubilidad	%	14,52	0,27 – 12,32	FAO 2007
10	Poder de hinchamiento	g agua / g almidón	5,10	0,79 – 15,45	FAO 2007
11	Amilosa	%	10,94	MO-LSAIA-04	INIAP
12	Amilopectina	%	89,06	MO-LSAIA-04	INIAP
13	Hongos	UPC/g	20	1000-5000	SAQMIC
14	Levaduras y mohos	UPC/g	<10	1000-5000	SAQMIC
15	Coliformes fecales	UPC/g	Ausencia	<10	SAQMIC
16	Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	SAQMIC

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

La Tabla 20-3 presenta el resultado promedio obtenido para cada prueba realizada durante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón extraído. Analizando dicha tabla, se evidencia que, los valores obtenidos de solubilidad, cenizas y pH, sí se encuentran dentro del valor estándar asignado por la norma establecida INEN 1456.

La prueba de humedad se realizó bajo los parámetros requeridos por la norma NMX-F-428, obteniendo un valor del 11,53%, mismo que también se encuentra dentro del rango asignado por dicha norma. Mientras que, para las pruebas de densidad aparente, temperatura de gelatinización, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad y poder de hinchamiento, se trabajó bajo los parámetros señalados por la norma FAO 2007. Las pruebas que no cumplieron con el estándar asignado fueron la viscosidad y el índice de solubilidad; citando lo indicado por la norma, (Aristizábal y Sánchez, 2007g: p. 74) señalan que, una alta solubilidad, bajo valor de absorción de agua

y bajo poder de hinchamiento indican que, el almidón al enfriarse produce una pasta delgada y poca estable, por ende, también va a presentar baja viscosidad.

El análisis del contenido de amilosa y amilopectina, fue realizado bajo las especificaciones de la institución INIAP, los resultados presentados muestran que el almidón extraído tiene valores del 10,94 % para la amilosa y 89,06% de amilopectina, respectivamente, por ende, como mencionan (Brito et al., 2020c: p. 987), al presentar un alto contenido de amilopectina, se va a necesitar una elevada concentración de almidón para la elaboración del bioplástico, teoría que coincide con los datos presentados en la Tabla 8-3, donde se observa que se necesitó 3g y 3,5 g de almidón para la formulación del mismo, pues con menores concentraciones, no se obtuvo muestras de bioplástico con buena estabilidad. Además, mediante el valor obtenido de contenido de amilopectina, se puede clasificar al almidón de chirivía como un almidón del tipo “ceroso” pues presenta un valor aproximado al 90 % de amilopectina.

Los análisis microbiológicos se determinaron bajo los parámetros de la institución SAQMIC, dichas pruebas corresponden al contenido de hongos, levaduras y mohos, así como también de coliformes fecales y totales, los resultados obtenidos fueron ausencia total para los últimos mencionados, mientras que, se encontró un valor de 20 UPC/g para hongos y la cantidad de levaduras y mohos fue <10 UFC/g, dichos valores están dentro del rango establecido, lo cual califica al almidón obtenido como óptimo para su posterior uso en la elaboración del bioplástico, ya que está libre de patógenos que puedan interrumpir en la vida útil del mismo.

### 3.3.3. *Caracterización del bioplástico obtenido*

#### 3.3.3.1. *Determinación de espesor*

**Tabla 21-3:** Resultados de la determinación de espesor del bioplástico

Tratamientos	Muestras	Espesor (mm)	Promedio
1	1	0,108	0,112
	2	0,118	
	3	0,110	
2	1	0,093	0,093
	2	0,095	
	3	0,093	
3	1	0,095	0,098
	2	0,103	
	3	0,095	

4	1	0,118	0,115
	2	0,110	
	3	0,118	

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

Como se observa en la Tabla 21-3, los valores de espesor obtenidos son < 1,0 mm para todos los tratamientos, valor que corresponde al rango establecido por la norma INEN 2635 (2012, p. 1). Por tanto, cualquiera de estos tratamientos se encuentra óptimo para la aplicación en el embalaje de alimentos. Según Charro (2015c, p. 67), para una fácil manipulación y doblaje se debe considerar a la película que posee menor espesor y es más delgada, por tanto, los tratamientos que cumplirían aceptablemente con esta teoría serían el Tratamiento 2 y el Tratamiento 3 que poseen un espesor de 0,09 mm.

### 3.3.3.2. Prueba de humedad

**Tabla 22-3:** Resultados de la prueba de humedad

Tratamientos	Muestras	% de Humedad	Promedio
1	1	12,500	12,073
	2	11,719	
	3	12,000	
2	1	14,844	14,720
	2	14,563	
	3	14,754	
3	1	16,234	15,973
	2	16,000	
	3	15,686	
4	1	13,793	14,042
	2	14,368	
	3	13,966	

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

La Tabla 22-3 arroja los porcentajes promedio de humedad obtenidos de cada tratamiento. Como se observa, el Tratamiento 1 presenta el mejor resultado, ya que posee el menor porcentaje de humedad (12,07%), valor que, satisfactoriamente resulta ser bajo en comparación con la investigación realizada por Charro (2015d, p. 49), quien obtuvo un valor del 35,0 % de humedad para un bioplástico elaborado a partir de almidón de patata. Mientras que, (Ledezma et al., 2021: p.

48) obtuvo un 30,02% de humedad para un bioplástico a partir de almidón de quinua. Al tener en cuenta, que un elevado porcentaje de humedad en las láminas de bioplástico puede contribuir a la proliferación de microorganismos en la misma, el resultado obtenido es aceptable para la aplicación en el embalaje de alimentos, es más, si se realiza un promedio general del porcentaje de humedad de todos los tratamientos, se tiene un valor del 14,20%, mismo que sigue siendo considerablemente bajo en comparación a los mencionados anteriormente, por tanto todos los tratamientos serían aptos para el embalaje de alimentos.

### 3.3.3.3. Prueba de solubilidad

**Tabla 23-3:** Resultados de la prueba de solubilidad

Tratamientos	Muestras	% de Solubilidad	Promedio
1	1	51,163	46,325
	2	40,541	
	3	47,273	
2	1	37,615	39,284
	2	37,931	
	3	42,308	
3	1	36,508	40,086
	2	51,190	
	3	32,558	
4	1	38,000	38,405
	2	38,255	
	3	38,961	

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

De los porcentajes de solubilidad obtenidos en la Tabla 23-3 se observa que el Tratamiento 4 es el que presenta menor solubilidad con un valor del 38,4%, mientras que el tratamiento 1 presenta el mayor porcentaje de solubilidad (46,3%), aun así, ambos valores están dentro de un rango muy aceptable, ya que, según Trujillo (2014a, p. 75), si se poseen valores de solubilidad menores al 70%, las láminas de bioplástico pueden ser utilizadas en el embalaje de alimentos, y si son valores mayores, estos se pueden emplear como recubrimiento de cápsulas en la medicina, pues, la alta solubilidad en biopelículas puede servir como una alternativa aplicativa en productos que requieran hidratarse antes de su consumo. Este análisis permite deducir que el bioplástico si puede servir como embalaje para alimentos. De igual manera, si comparamos con la investigación realizada por (Torres, 2015a, p. 52) quien realizó la obtención de un plástico biodegradable a partir



de almidón de cáscara de papa y cáscara de papaya, el autor obtuvo un 47,85% de solubilidad valor que es mayor al obtenido aquí, por tanto el resultado obtenido es bastante favorable en la presente investigación.

### 3.3.3.4. Prueba de grado de transmisión de vapor de agua (permeabilidad)

**Tabla 24-3:** Resultados de la prueba de grado de transmisión de vapor de agua

Tratamiento	Muestras	Permeabilidad	Promedio
1	1	0,0006	0,0017
	2	0,0037	
	3	0,0007	
2	1	0,0003	0,0004
	2	0,0004	
	3	0,0004	
3	1	0,0003	0,0003
	2	0,0003	
	3	0,0004	
4	1	0,0155	0,0114
	2	0,0004	
	3	0,0183	

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

La permeabilidad o grado de transmisión de vapor es una propiedad fundamental que se debe aplicar al bioplástico, ya que de esta depende la vida útil y estabilidad de los productos envasados, pues, como menciona (Trujillo, 2014b, p. 25), la importancia de la permeabilidad radica en que las láminas del bioplástico crean un muro al paso de las moléculas de vapor de agua, lo cual permite reducir considerablemente la pérdida de peso en frutos y vegetales y a su vez, que se pueda alargar el tiempo de vida útil de los mismos. Por tanto, mientras más bajos sean los valores de permeabilidad, más alta será la probabilidad de utilizar el bioplástico para el embalaje de dichos alimentos. De los resultados mostrados en la Tabla 24-3 el Tratamiento 3 es el que mejor cumple con la teoría antes mencionada, pues tiene una permeabilidad de 0,0003 g/ mhMPa, valor que resulta ser muy bajo en comparación a la investigación realizada por (Charro, 2015e, p. 58), donde obtuvo valores de hasta 0,1766 g/ mhMPa. Sin embargo, si se realiza una comparación con la investigación realizada por (Joaqui y Villada, 2013: p. 63), los autores obtuvieron valores bastante bajos de hasta  $2,17 \times 10^{-9}$  de permeabilidad, esto se debe al tipo de plastificante que se utiliza para la elaboración de bioplásticos y, la concentración del mismo, pues, como se menciona en dicha

investigación, a mayor contenido de plastificante, mayor será la permeabilidad al agua. Además, si se trata de plastificantes de tipo hidrofílico como la glicerina, estos van a ser compatibles con el material polimérico que forma la biopelícula, por tanto, aumentará la capacidad de adsorción de moléculas polares tales como el agua.

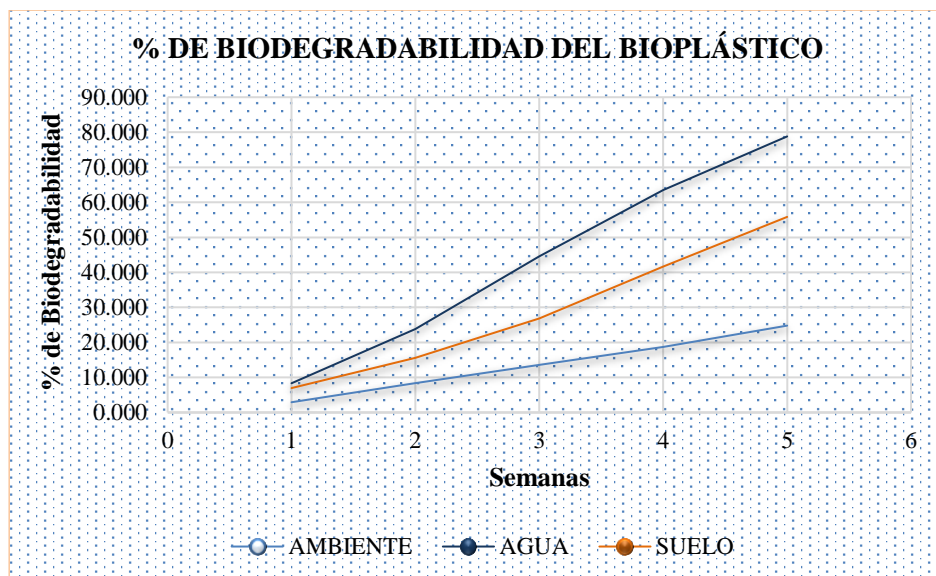
### 3.3.3.5. Prueba de biodegradabilidad

**Tabla 25-3:** Resultados de la prueba de biodegradabilidad en el ambiente

Tratamiento	Días	BIODEGRADABILIDAD (%)		
		Ambiente	Suelo	Agua
1	38	25,276	55,262	75,191
2	38	24,285	54,344	77,693
3	38	23,737	57,480	80,769
4	38	25,907	56,243	81,575

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

Al ser el Tratamiento 3 el mejor debido a su baja permeabilidad, la Tabla 25-3 muestra que, al cabo de 38 días, el menor porcentaje de biodegradación se dio en el medio ambiente con un valor del 23,74%, seguido por el suelo con el 57,48% y, finalmente, el mayor porcentaje de biodegradación se dio en el agua con un valor del 80,77%. Comparando estos resultados con la investigación realizada por (Torres, 2015b, p. 69), el autor tuvo un porcentaje del 25,87% de biodegradabilidad en el ambiente y un 29,743% en el suelo, en el lapso de 15 días para un plástico biodegradable a base de almidón de cáscara de papa y cáscara de papaya, valores que son bastante mayores a los obtenidos en la investigación si solo contamos los primeros 15 días también en cuanto a la biodegradabilidad en el ambiente, sin embargo en el suelo, existe una mayor biodegradación en comparación a la obtenida en la presente investigación, Por otro lado, en la investigación realizada por (Meza et al., 2019: p. 79), el autor obtuvo el 64, 21 % de biodegradabilidad al cabo de 92 días para un bioplástico a partir de almidón de residuos de papa, valor que difiere bastante del actual, estas variaciones en cuanto a la biodegradación van a depender mucho de la fuente botánica que se utilizó para la extracción de almidón.



**Gráfico 3-3.** Biodegradabilidad del bioplástico en agua, ambiente y suelo

Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

El Gráfico 3-3 demuestra claramente el comportamiento de las muestras de bioplástico que fueron sometidas a biodegradabilidad en medio ambiente, agua y suelo, durante 5 semanas. Analizando dicha gráfica, se observa que la rápida biodegradación se dio en el agua, seguida por el suelo y, finalmente, el medio ambiente. Esto es satisfactorio, considerando que, al ser el almidón extraído de una fuente botánica y, servir como base para la formación del bioplástico, afortunadamente los desechos que se generen después de alcanzar la biodegradabilidad completa se fusionarán con la biomasa sin causar algún tipo de impacto ambiental negativo, a comparación de lo que sucede con los plásticos comunes.

### 3.3.3.6. Prueba de tracción, esfuerzos y módulos

**Tabla 26-3:** Resultados de la prueba de tracción, esfuerzos y módulos









Tratamiento	Módulo elasticidad (Mpa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (Mpa)	Carga máxima (Mpa)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Elongación (%)
1	18,27	0,84	0,95	0,98	1,11	2,16
2	36,02	1,50	2,07	1,67	2,30	2,64
3	55,13	1,75	2,24	1,92	2,47	4,88
4	17,65	1,75	1,64	1,97	1,85	4,04







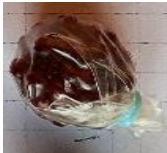





Realizado por: Rodríguez, Analy, 2021.

Las pruebas de tracción, esfuerzos y módulos fueron realizadas en el laboratorio LenMaV, bajo las especificaciones de la norma NTE INEN 2635. La Tabla 26-3 muestra que, el Tratamiento 3 fue el mejor ya que presentó el mayor porcentaje de elongación del 4,88%, un esfuerzo máximo de 1,47 Mpa, una carga máxima de 1,98 Mpa, un esfuerzo de fluencia de 2,24 Mpa, carga de fluencia de 1,75 N y un módulo de elasticidad de 55,13 Mpa, valores que, satisfactoriamente son mayores en comparación al resto de tratamientos. Por lo que, al ser el que reúne la mayoría de propiedades como las más óptimas, se puede decir que este tratamiento es el más adecuado para su posterior uso en el embalaje de alimentos. Según los estudios realizados por (Rodríguez y Cinthia, 2022: p. 61) en su investigación, el aumento de concentración de plastificante va a influir negativamente en el porcentaje de elongación y resistencia máxima, por tanto, es recomendable realizar estudios previos que permitan obtener una concentración óptima del mismo que brinde la elasticidad necesaria al bioplástico sin la necesidad de deformarla de inmediato.

### 3.3.3.7. Embalaje en alimentos

**Tabla 27-3:** Resultados del bioplástico durante el embalaje en alimentos

	Alimento	Uvilla		Mora	
	Característica	Con bioplástico	Sin bioplástico	Con bioplástico	Sin bioplástico
<b>DÍA 0</b>	Imagen Visual				
	Color	Característico tomate	Característico tomate	Rojo claro	Morado oscuro
	Textura	Rígida	Rígida	Firme	Firme
	Sabor		Ácido-dulce		Ácido-dulce
	Olor		Característico		Característico
	Alimento	Uvilla		Mora	
	Característica	Con bioplástico	Sin bioplástico	Con bioplástico	Sin bioplástico
<b>DÍA 2</b>	Imagen Visual				
	Color	Característico tomate	Característico tomate	Rojo claro	Morado oscuro

	<b>Textura</b>	Rígida	Rígida	Firme	Firme
<b>DÍA 4</b>	<b>Alimento</b>	<b>Uvilla</b>		<b>Mora</b>	
	<b>Característica</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>
	<b>Imagen Visual</b>				
	<b>Color</b>	Característico tomate	Característico tomate	Rojo oscuro	Morado oscuro
	<b>Textura</b>	Rígida	Rígida	Firme	Blanda con laceraciones
<b>DÍA 6</b>	<b>Alimento</b>	<b>Uvilla</b>		<b>Mora</b>	
	<b>Característica</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>
	<b>Imagen Visual</b>				
	<b>Color</b>	Característico tomate	Característico tomate	Rojo oscuro	Morado oscuro
	<b>Textura</b>	Rígida	Menos rígida	Blanda	Frágil con laceraciones y presencia de moho
<b>DÍA 8</b>	<b>Alimento</b>	<b>Uvilla</b>		<b>Mora</b>	
	<b>Característica</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>	<b>Con bioplástico</b>	<b>Sin bioplástico</b>
	<b>Imagen Visual</b>				
	<b>Color</b>	Tomate opaco	Característico tomate	Rojo oscuro	Rojo bastante oscuro
	<b>Textura</b>	Menos rígida	Blanda	Blanda y frágil. El bioplástico se mezcla con la humedad de la fruta	Quebradiza y con abundante presencia de moho. Totalmente en descomposición.

Realizado por: Rodriguez, Analy, 2021.

Para este análisis se utilizó el Tratamiento 3 ya que fue el que reunió las mejores propiedades en base a su previa caracterización para ser validado mediante el embalado de alimentos. Es así que, se analizó muestras de uvilla y mora en función de características como textura, color y durabilidad, tanto para la fruta que se encuentra con bioplástico, como para la que se encuentra al ambiente. Pues, como mencionan (Villegas y Albarracín, 2016: p. 203), la mora tiene una vida útil que varía de 3 a 5 días al ambiente, mientras que, según (Pabón y Arrango, 2008: p. 158), la uvilla presenta una durabilidad al ambiente de 10 hasta 13 días. Por tanto, como muestra la Tabla 27.3, la mora al ambiente tuvo una buena durabilidad hasta el día 5, mientras que la embalada por el bioplástico alcanzó una durabilidad mayor prolongada hasta el día 8. Por otro lado, tanto la uvilla al ambiente, como la que se encuentra con la envoltura, se encontraron en perfecto estado hasta el día 8. Se alargó el tiempo de análisis de la misma observando una buena durabilidad de 15 días en la uvilla al ambiente, y la embalada presentó una textura bastante blanda en el día 20 (ANEXO M).

### **3.4. Prueba de Hipótesis**

#### **3.4.1. Hipótesis General**

*Es posible obtener un bioplástico biodegradable mediante la alteración de la concentración del almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) extraído y del plastificante, el cual contará con propiedades y características requeridas por la norma establecida que lo califiquen apto para el embalaje de alimentos.*

Mediante la aplicación del modelo estadístico  $2^k$ , el cual permitió alterar la concentración de almidón y plastificante para encontrar la formulación óptima del mismo, se pudo obtener un bioplástico que, en base a su caracterización mecánico física bajo la norma NTE INEN 2635, y la biodegradabilidad del mismo, cumplió con las características y propiedades requeridas, lo que lo califica como apto para su posterior aplicación en el embalaje de alimentos.

#### **3.4.2. Hipótesis Específica 1**

*Es posible realizar la extracción de almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) mediante la aplicación del método por vía húmeda.*

La aplicación del método de vía húmeda, el cual se caracteriza por sumergir la fuente botánica en una solución especial durante un determinado tiempo para que esta pueda ablandarse, permitió que, durante la operación de triturado de la misma, la obtención del almidón sea más eficiente. Es así que, luego de una serie de operaciones unitarias que incluyen la reducción de tamaño, filtrado, decantado, sedimentado, tamizado y secado del mismo, de los cuatro tratamientos aplicados, se obtuvo un mejor porcentaje de rendimiento del 15.95 % para el Tratamiento 2. Además, mediante

el test estadístico ANOVA se verificó que cualquiera de los cuatro tratamientos es óptimo para continuar con su uso en la obtención del bioplástico puesto que, no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

#### **3.4.3. Hipótesis Específica 2**

*Mediante la caracterización fisicoquímica del almidón obtenido es posible conocer la calidad de este para que, de cierta manera pueda cumplir con los parámetros requeridos por la norma NTE INEN 1456.*

La caracterización fisicoquímica del almidón extraído, efectivamente cumplió con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1456, como se muestra en la Tabla 19-3, pues los resultados obtenidos de solubilidad, pH y cenizas se encontraron dentro del rango especificado por dicha norma. Lo cual permite calificarlo como un almidón de calidad para ser aplicado en la formulación del bioplástico.

#### **3.4.4. Hipótesis Específica 3**

*Es probable establecer la formulación correcta del bioplástico al variar la concentración de ciertos aditivos y empleando el modelo estadístico  $2^k$ .*

Mediante la aplicación del modelo estadístico presentado en el Gráfico 2-2, se estableció diferentes concentraciones para el almidón y plastificante como principales aditivos, la variación de los mismos, permitió encontrar la formulación óptima para obtener el bioplástico. En cuanto al resto de aditivos que fueron el agua y el conservante (ácido acético) las concentraciones se mantuvieron constantes (obsérvese la Tabla 9-3).

#### **3.4.5. Hipótesis Específica 4**

*Las pruebas mecánico-físicas realizadas al bioplástico biodegradable obtenido funcionan como un indicador de la calidad y factibilidad que presenta el mismo para ser aplicado en el embalaje de alimentos.*

La caracterización mecánico física del bioplástico obtenido permitió analizar que este sí cumple con las especificaciones requeridas para ser aplicado en el embalaje de alimentos. Pues, se obtuvo valores muy aceptables tanto para el porcentaje de solubilidad como de grado de transmisión de vapor de agua, propiedades que son fundamentales en la vida funcional de los bioplásticos. Mientras que, los resultados obtenidos de los ensayos de tracción funcionan como indicador de la calidad del producto, arrojando al Tratamiento 3 como el más factible para ser destinado al embalaje de alimentos, pues cumplió con la mayor parte de propiedades requeridas.

## CONCLUSIONES

- Se pudo extraer almidón de Chirivía (*Pastinaca sativa*) mediante el método por vía húmeda con un rendimiento del 15,95%, correspondiente al Tratamiento 2 el cual trabajó con velocidad baja (6800 RPM) por 1 minuto.
- Se caracterizó el almidón extraído obteniendo resultados fisicoquímicos y microbiológicos de la siguiente manera: solubilidad con una ligera opalescencia, pH de 6.51 y 0,19% de cenizas mismos que cumplen con el estándar establecido por la norma INEN 1456. De acuerdo a la norma NMX-F-428, se obtuvo 11,53% de humedad, mientras que, para hongos y levaduras se obtuvo valores de 20 UPC/g y <10 UFC/g, respectivamente. Bajo la norma FAO 2007, se realizaron las pruebas de densidad aparente (1,53 g/mL), temperatura de gelatinización (63 °C), viscosidad (333 cP), índice de absorción de agua (4,95 g gel/g muestra), índice de solubilidad (14,52%) y poder de hinchamiento (5,10 g agua/g almidón).
- Se estableció como mejor formulación al Tratamiento 3 con una concentración de 3,5 g de almidón, 1 mL de plastificante, 45 mL de agua y 3 mL de ácido acético. Además, se realizó la caracterización del mismo mediante pruebas de espesor (0,11 mm), humedad (15,97%), solubilidad (40,09%) y permeabilidad (0,0003 g/m<sup>2</sup>\*h\*Mpa) en base a la norma INEN 2635.
- En un lapso de 5 semanas se determinó que la biodegradabilidad en el ambiente fue de 23,73%, 57,48% en el suelo y 80,76% en el agua.
- Se determinó las propiedades mecánico-físicas del bioplástico obtenido mediante ensayos de tracción realizados bajo los parámetros de la norma INEN 2635, los cuales mostraron al Tratamiento 3 como el mejor ya que presentó los valores más altos en cuanto al porcentaje de elongación (4,88%), módulo de elasticidad (55,13 Mpa), esfuerzo máximo (2,47 Mpa) y esfuerzo de fluencia (2,24 Mpa).



## RECOMENDACIONES

- Durante la extracción del almidón se generan como desechos la cáscara y la fibra del tubérculo, por lo cual es recomendable realizar un posterior estudio para el aprovechamiento de los mismos.
- En el tamizado del almidón, se recomienda utilizar el tamiz con la malla número 53, para obtener la más fina granulometría ya que de esto dependerá la textura y espesor del bioplástico.
- Al momento del vaciado en placas, se recomienda hacerlo en una superficie lo más lisa posible, para que así el moldeado sea uniforme y el proceso de secado sea por igual para toda la lámina.
- En el desmoldado del bioplástico es importante que la lámina esté bien seca, de lo contrario no se obtendrá una lámina completamente estable.
- Para posteriores investigaciones, es recomendable alargar el tiempo de sometimiento a biodegradabilidad de las muestras de bioplástico, para analizar la vida útil total de las mismas, en especial en el medio ambiente
- Es importante que se utilice asepsia y condiciones específicas para realizar el embalaje en alimentos, de esta manera se pueden obtener resultados más favorables

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J; et al.** "Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico". *Bionatura* [en línea], 2018, vol. (1), no. 1, pp. 17-18. [Consulta: 02 junio 2021]. Disponible en: <http://revistabionatura.com/files/CS-2018.01.01.2---Revista-bionatura.pdf>.
- ALEMÁN, M; et al.** "Estudio De Las Propiedades Y Biodegradabilidad De Plasticos ( Cast-Films ) Elaborados a Partir De Cáscara De Naranja , Pectina Y Alcohol Polivinilico ( Pvoh )". *Universidad Autonoma de Nuevo León* [en línea], 2020, pp. 1-2. [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: [https://smbb.mx/congresos/smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA\\_IV/CIV-14.pdf](https://smbb.mx/congresos/smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CIV-14.pdf).
- AREVALO, K.** "Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo". *Facultad De Ciencias Biológicas* [en línea], 1996, vol. (1), no. 1, pp. 75-84. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://gacetaii.iingen.unam.mx/>.
- ARISTIZÁBAL, J. & SÁNCHEZ, T.** "Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca". *Fao* [en línea], 2007, vol. (163), pp. 134. [Consulta: 02 junio 2021] ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.
- ASTM 1653 – 93.** "Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films 1". *Annual Book of ASTM Standards* [en línea], 2008, vol. (11), no. 3, pp. 1-5 [Consulta: 24 noviembre 2021]. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1653>.
- AVERILL, K. & DITOMMASO, A.** "Wild Parsnip ( *Pastinaca Sativa* ): A Troublesome Species of Increasing Concern Intriguing World of Weeds Wild Parsnip (*Pastinaca sativa*)". *A Troublesome Species of Increasing Concern*. [en línea], 2014, no. 1, pp 7-9. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: DOI 10.1614/WT-05-186.1.
- BALLESTEROS, V.** "LOS BIOPLASTICOS COMO ALTERNATIVA VERDE Y SOSTENIBLE DE LOS PLASTICOS BASADOS EN PETROLEO". [en línea], 2014

[Consulta: 17 julio 2021]. Disponible en:  
[http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los Bioplásticos\\_Laura Ballestero\\_USBCTG\\_2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los_Bioplásticos_Laura_Ballestero_USBCTG_2014.pdf).

**BELLO PEREZ, L. & AGAMA-ACEVEDO, E.** *Starch* [en línea]. 2017 S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128122570. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00001-7>.

**BRITO, H.** "Texto Básico de Operaciones Unitarias I". *ResearchGate* [en línea], vol. (1), June 2000, pp. 33. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en:  
<https://www.researchgate.net/publication/313673724>.

**BRITO, H.** "Texto Básico de Operaciones Unitarias II". *ResearchGate*, 2001. pp. 24. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315778840%0D>.

**BRITO, H; et al.** "Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza". *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, vol. (6), no. 2, pp. 981-994. [Consulta: 17 septiembre 2021]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745\\_Produccion\\_de\\_laminas\\_de\\_plastico\\_biodegradables\\_a\\_partir\\_d\\_el\\_almidon\\_de\\_arracacia\\_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p](https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_d_el_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p).

**CADENA, D.** ADITIVOS. [en línea], 2017, vol (1), pp. 12-14 [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: <http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/fisicoquimica/wp-content/uploads/2017/07/aditivos.pdf>.

**CAJIAO, E; et al.** "Efecto de la Gelatinización de Harina de Yuca sobre las Propiedades Mecánicas, Térmicas y Microestructurales de una Matriz Moldeada por Compresión". *Informacion Tecnologica*, [en línea], 2016 vol (27), no. 4, pp. 53-62. [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: ISSN 07180764. DOI 10.4067/S0718-07642016000400006.

**CARBALLIDO, E.** "CARACTERÍSTICAS DE LA CHIRIVÍA". *Botanical Online* [en línea], 2021, pp. 3, [Consulta: 16 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.botanical-online.com/alimentos/chirivia-caracteristicas>.

**CHARRO, M.** "OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN

*DE PATATA*". S.l.: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. [en línea], 2015 vol (151), no. 3, pp. 13, [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: ISBN 9781450349185

**COLINA, L.** "Reducción de tamaño de alimentos". *Ingeniería de alimentos III* [en línea], 2013, pp. 1-39. [Consulta: 20 junio 2021] Disponible en: [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red\\_tam\\_solidos\\_intro.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf).

**DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.** *Fomento Industrial Norma Mexicana Nmx-F-428-1982 Alimentos - Determinación De Humedad ( Método Rapido De La Termobalanza )*. [en línea], 1982, [Consulta: 07 enero 2022] Disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/1982/nmx-f-428-1982.pdf>.

**EVA ALESSI, G.** "Turismo, una trampa de plásticos". *WWF* [en línea], 2018, pp. 3. [Consulta: 10 junio 2021] Disponible en: [www.mediterranean.panda.org](http://www.mediterranean.panda.org).

**FLORES, C.E.** "Polímeros vs. plásticos". *Facultad de ingeniería - Universidad Rafael Landívar* [en línea], 2009, no. 14, pp. 51-60. [Consulta: 11 junio 2021] ISSN 2076-3166. Disponible en: [http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL\\_14\\_MEC01.pdf](http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf) [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_14\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_14_MEC01.pdf).

**FLORES, L; et al.** "Trigo y cebada Physical-chemical and mechanical characterization of bioplastics obtained from wheat and barley". *dominiodelasciencias*, [en línea], 2021, vol. 7, pp. 623-637. [Consulta: 17 septiembre 2021] DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2114>

**GARCIA QUIÑONEZ, A.V.** *Obtención De Un Polímero Biodegradable a Partir De Almidón De Maíz* [en línea]. 2015 [Consulta: 03 junio 2021] S.l.: s.n. ISBN 9789996150210. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.

**HERNÁNDEZ, M; et al.** "Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán", México. [en línea]. 2008 [Consulta: 20 junio 2021], vol. 2008, no. 002894, pp. 718-726.

**HUERTA OCHOA, S.** Sedimentación Separación mecánica Sedimentación Centrifugación Filtración. *Departamento de Biotecnología*, [en línea]. 2016 [Consulta: 22 junio 2021], pp.

- IMAM, S; et al.** "Degradation of Starch–Poly(b-Hydroxybutyrate–Co-b-Hydroxyvalerate)". *Applied and Environmental Microbiology*, 1999, [Consulta: 20 junio 2021] vol. 65, no. 2, pp. 431-437.
- JOAQUI, D. & VILLADA, H.** "Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua En Películas Producidas a Partir De Almidón". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2013, vol. (11), no. pp. [Consulta: 12 mayo 2022] 59-68. ISSN 1692-3561. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>.
- KENARI, H; et al.** "Review of pharmacological properties and chemical constituents of *pastinaca sativa*". *Journal of Pharmacopuncture*, [en línea]. 2021, vol. (24), no. 1, pp. 14-23. [Consulta: 20 junio 2021] ISSN 22346856. DOI 10.3831/KPI.2021.24.1.14.
- LA, D. & PIURA, R.** Universidad Nacional de Piura. ,2021, pp. 1-110. [Consulta: 03 junio 2021]
- LEDESMA, A; et al.** "Bióplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradáveis". [en línea]. 2021, vol. 7, pp. 39-56. [Consulta: 17 septiembre 2021]
- LUISA, M. & IREZABAL, C.** *Filtración*, 2016, vol. 2, pp. 14. [Consulta: 20 junio 2021]
- MAROTO BORREGO, J.V.** *Horticultura herbácea especial*. 5ta. Madrid, España: Mundi-Prensa. [en línea], 2002 [Consulta: 20 junio 2021] ISBN 9788484760429.
- MARTÍNEZ, E; et al.** " $\beta$  – Glucanos en almidón nativo de fruta pan y su potencial uso en alimentos funcionales.//  $\beta$  - Glucans in native starch from breadfruit and their potential use in functional foods". *Ciencia UNEMI* [en línea], 2017, vol. (10), no. 1390-4272, pp. 82-87. [Consulta: 20 junio 2021] DOI <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol10iss24.2017pp82-87p>. Disponible en: <http://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/561/428>.
- MARTÍNEZ, L.** "Obtención y caracterización de almidones de malanga , arroz y maíz ceroso modificados por extrusión termoplástica para su uso como encapsulantes de aceite esencial de naranja". [en línea], 2007, pp. 1-69. [Consulta: 12 diciembre 2021] ISSN 01448617. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46987>.

- MEZA, P; et al.** *Vista de Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio.pdf* [en línea]. 2019. pp. 14 [Consulta: 04 marzo 2022] S.l.: s.n. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691/14254>.
- MURRAY, A. & HATTIS, D.** Approaches to a practical assessment of supply and demand for chitin products in the United States. "*Muzzarelli and Pwiser*"., 1978 [Consulta: 03 junio 2021]
- NTE INEN 1456.** *Norma Técnica Ecuatoriana Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble. Primera edición.* [en línea], 2012, pp. 2-9. [Consulta: 12 julio 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.
- NTE INEN 2635.** Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012. [Consulta: 13 julio 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.
- NTE INEN 2643.** Norma Técnica Ecuatoriana Especificación Para Plásticos Compostables. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012, pp. 1-7. [Consulta: 13 julio 2021] Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>.
- PABÓN, P. & ARRANGO, L.** "ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO POSCOSECHA DE LA UVILLA (*Physalis Peruviana L.*) SIN CAPUCHÓN. [en línea], 2008, pp. 1-196. [Consulta: 12 mayo 2022] Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/462/1/03\\_AGI\\_216\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/462/1/03_AGI_216_TESIS.pdf).
- PARRA, J.** *OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) COMO ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO* [en línea]. 2019, pp. 45. [Consulta: 21 junio 2021] S.l.: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Disponible en: <file:///C:/Users/Compaq/Downloads/96T00573.pdf>.
- PEÑA, E. & GARCÍA, M.** "Operaciones Básicas de Laboratorio". *Manual* [en línea], 2015, pp. 18-19. [Consulta: 22 julio 2021] Disponible en: <https://www.unirioja.es/dptos/dq/docencia/material/obl/OBLFINAL.PDF>.
- PROFILE, S.** *OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PLÁTANO VERDE ( Musa paradisiaca L . ) ,*

no. October 2020. [Consulta: 03 junio 2021]

**RIMAC, A.** Bioplasticos. [en línea], 2018, pp. 1-126. [Consulta: 21 junio 2021] Disponible en: <http://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/UCS/806>.

**SÁNCHEZ, A.** "Modelado Del Proceso De Extracción De Ácido Acético Con Recuperación Del Disolvente Orgánico". *IndustrialES* [en línea], 2016, pp. 81 [Consulta: 22 noviembre 2021] . Disponible en: [http://oa.upm.es/42845/1/TFG\\_ANA\\_SANCHEZ\\_LEVOSO.pdf](http://oa.upm.es/42845/1/TFG_ANA_SANCHEZ_LEVOSO.pdf).

**SHE, M; et al.** FOC *Flora of China* . 2015 Vol. 14. [Consulta: 03 junio 2021]

**SINGH, N. & ECKHOFF, S.** "Wet milling of corn - A review of laboratory-scale and pilot plant-scale procedures". *Cereal Chemistry*, [en línea], 1996, vol. 73, no. 6, pp. 659-667. [Consulta: 02 junio 2021] ISSN 00090352.

**TORRES, E.** "ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN DE LA CÁSCARA DE LA PAPA (*Solanum Tuberosum*) Y LA CÁSCARA DE LA PAPAYA HAWAINA (*Carica Papaya L.*) COMO ALTERNATIVA PARA USO DE ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS". [en línea], 2015 [Consulta: 11 enero 2022] Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/14978/1/96T00632.pdf>.

**TRUJILLO, C.** "OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA ( *Manihot esculenta Crantz* ) TITULO DE LA TESIS : OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA ( *Manihot escu / enta Crantz* ) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPA". [en línea], 2014 [Consulta: 17 septiembre 2021] Disponible en: <https://docplayer.es/64206300-Obtencion-de-peliculas-biodegradables-a-partir-de-almidon-de-yuca-manihot-esculenta-crantz-doblemente-modificado-para-uso-en-empaque-de-alimentos.html>

**VILLA, E.** *REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA DE LA OPERACIÓN DE SECADO DE CACAO (Theobroma Cacao L.), EMPLEANDO HOJAS DE CÁLCULO (EXCEL)*. [en línea]. 2016 S.l.: [Consulta: 20 junio 2021] UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3679/5/CD000005-INTRODUCCION-pdf>.

**VILLEGAS, C. & ALBARRACÍN, W.** Edible coating application and effect on blackberry

(*Rubus glaucus* Benth) shelf life. *Vitae*, [en línea]. 2016, vol. 23, no. 3, pp. 202-209.  
[Consulta: 09 enero 2022] ISSN 21452660. DOI 10.17533/udea.vitae.v23n3a06.

**ZAPATA, D; et al.** "Polímeros biodegradables: una alternativa de futuro a la sostenibilidad del medio ambiente". *Técnica Industrial* [en línea], 2012, vol. 297, pp. 76-80.[Consulta: 26 mayo 2021] Disponible en: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIAdmin/Numeros/82/889/a889.pdf>.

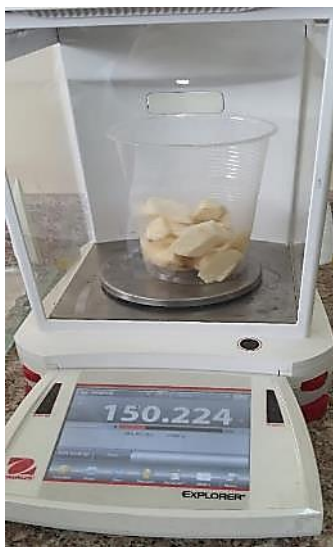


**ANEXOS**

**ANEXO A. EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA**



a)



b)



c)



d)

<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Recepción, lavado y cortado de la materia prima</p> <p>b) Pesaje de la materia prima,</p> <p>c) Triturado de la materia prima,</p> <p>d) Filtrado</p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CHIRIVÍA (<i>Pastinaca Sativa</i>)</b></p>		
			<p><b>LÁMINA</b></p> <p>1</p>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:4</p>	<p><b>FECHA</b></p> <p>21/05/2021</p>

CONTINUACIÓN – ANEXO A



e)



f)



g)



h)

NOTAS:

- e) Proceso de sedimentación
- f) Secado en estufa
- g) Triturado
- h) Tamizado

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información calificar
- Preliminar
- Por aprobar
- Por

ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA

ELABORADO POR:  
Fabiola Analy Rodriguez Garces

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE  
CHIRIVÍA (*Pastinaca Sativa*)

LÁMINA	ESCALA	FECHA
2	1:4	21/05/2021

## ANEXO B. ENVASADO DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA



a)



b)



c)

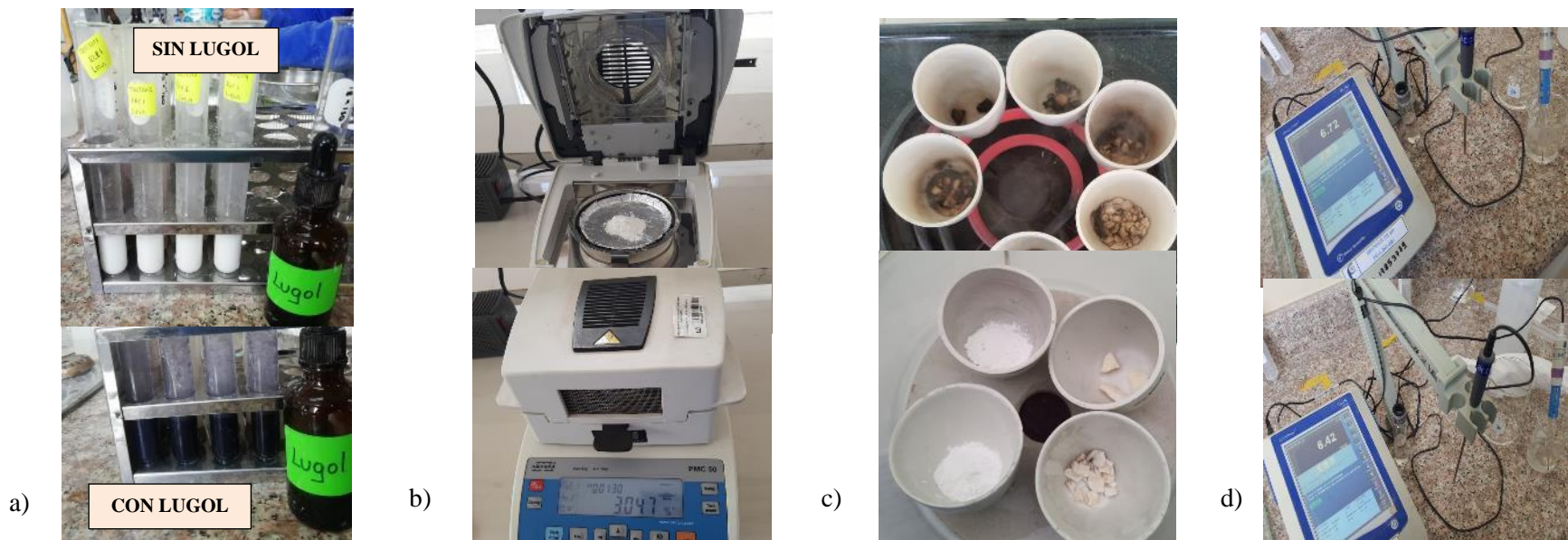


d)

<b>NOTAS:</b> a) Tratamiento 1 (4 repeticiones) b) Tratamiento 2 (4 repeticiones) c) Tratamiento 3 (4 repeticiones) d) Tratamiento 4 (4 repeticiones)	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR                  POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS                  ESCUELA DE INGENIERÍA                  QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces	<b>ENVASADO DEL ALMIDÓN DE                  CHIRIVÍA (<i>Pastinaca Sativa</i>)</b>		
			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		3	1:4	21/05/2021	

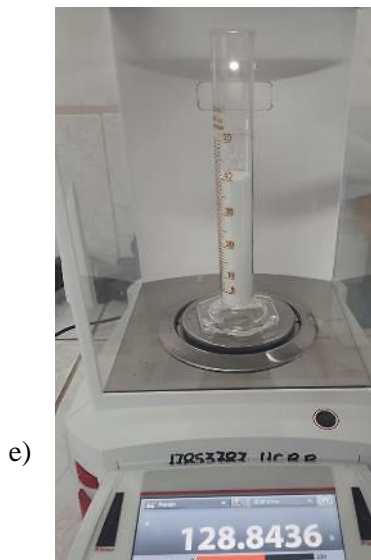


**ANEXO C. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO**



<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Prueba de lugol</p> <p>b) Prueba de humedad</p> <p>c) Prueba de cenizas</p> <p>d) Prueba de pH</p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>			<p><b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO DE CHIRIVÍA</b></p>		
		<p><b>LÁMINA</b></p> <p>4</p>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:4</p>	<p><b>FECHA</b></p> <p>02/07/2021</p>			

CONTINUACIÓN – ANEXO C



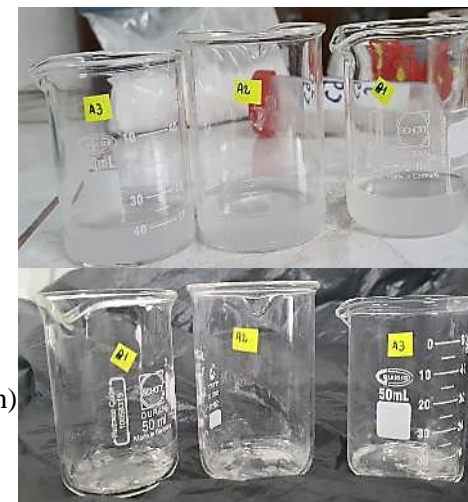
e)



f)



g)



h)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO DE CHIRIVÍA</b></p>		
<p>e) Prueba de densidad aparente</p> <p>f) Prueba de viscosidad</p> <p>g) Identificación de temperatura de gelatinización</p> <p>h) Prueba de índice de solubilidad, índice de absorción y poder de hinchamiento</p>					

## ANEXO D. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN Y DE LA MATERIA PRIMA

MC-LSAIA-2201-06	<b>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</b> ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD <b>LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS</b> Panamericana Sur Km. 1, CutuglaguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340			
<b>INFORME DE ENSAYO No: 21-0148</b>				
<b>**NOMBRE PETICIONARIO:</b>	Srta. Fabiola Analy Rodriguez	<b>**INSTITUCIÓN:</b>	Particular	
<b>**DIRECCIÓN:</b>	Riobamba	<b>**ATENCIÓN:</b>	Srta. Fabiola Analy Rodriguez	
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	03/08/2021	<b>FECHA DE RECEPCIÓN.:</b>	22/07/2021	
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b>	Del 22 de julio al 03 de Agosto del 2021	<b>HORA DE RECEPCIÓN:</b>	10h00	
		<b>ANÁLISIS SOLICITADO:</b>	Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>2</sup>	**IDENTIFICACIÓN
<b>METODO</b>	<b>MO-LSAIA-01.01</b>	<b>MO-LSAIA-04</b>	
<b>METODO REF.</b>	<b>U. FLORIDA 1970</b>	<b>Morrison y Laignelet 1983</b>	
<b>UNIDAD</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	
21-0870	6,30	10,94	Almidón de chirivía
21-0871	7,54	20,80	Tubérculo de Chirivía

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

Firmado electrónicamente por:  
**IVAN RODRIGO SAMANIEGO MATEA**  
 Dr. MSc. Ivan Samaniego  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

**RESPONSABLES DEL INFORME**

Firmado electrónicamente por:  
**BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS**  
 Ing. Bladimir Ortiz  
**RESPONSABLE CALIDAD**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

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

a)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces	INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN Y DE LA MATERIA PRIMA						
a) Informe de análisis de contenido de amilosa en almidón de chirivía y la raíz como tal.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>LÁMINA</b></td> <td style="width: 33%;"><b>ESCALA</b></td> <td style="width: 33%;"><b>FECHA</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">22/07/2021</td> </tr> </table>	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	6	1:4	22/07/2021
<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>							
6	1:4	22/07/2021							

**ANEXO E. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN**



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

**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Fecha: 26 de Agosto del 2021  
 Análisis solicitado por: Srta. Analy Rodriguez Garces  
 Tipo de muestras: Almidón de Chirivia (*Pastinaca sativa*)  
 Localidad: Riobamba

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios Mesófilos	UFC/g	Siembre en masa	20
Coliformes Totales	UFC/g	Siembre en masa	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembre en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembre en masa	<10

Observaciones:

a) Atentamente.



Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos

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

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

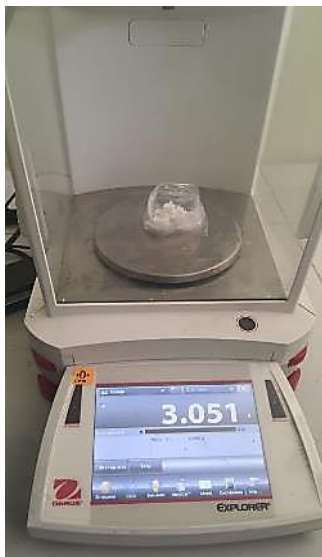
Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid  
 Contáctanos: ☎ 0998580374 ☎ 032 942 322  
 Saqmic Laboratorio  
 Riobamba - Ecuador



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces	<b>INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN</b>						
a) Informe de análisis microbiológico del almidón (Contenido de aerobios mesófilos, mohos y levaduras, coliformes fecales y totales).	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">26/08/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	7	1:4	26/08/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
7	1:4	26/08/2021							



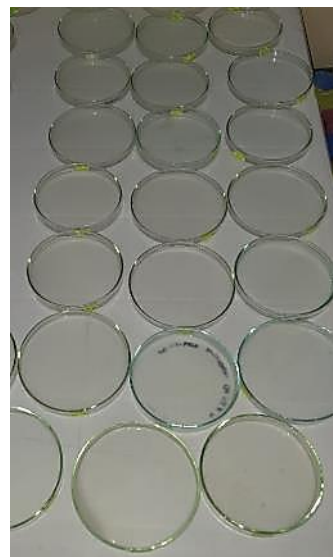
**ANEXO F. OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO**



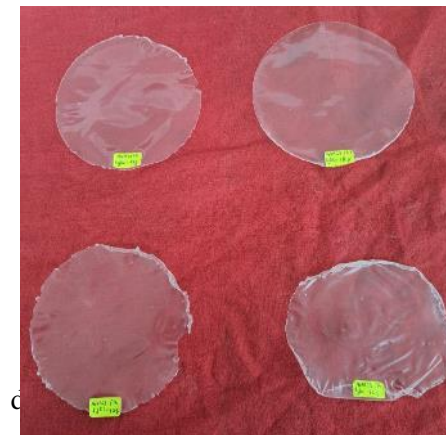
a)



b)



c)

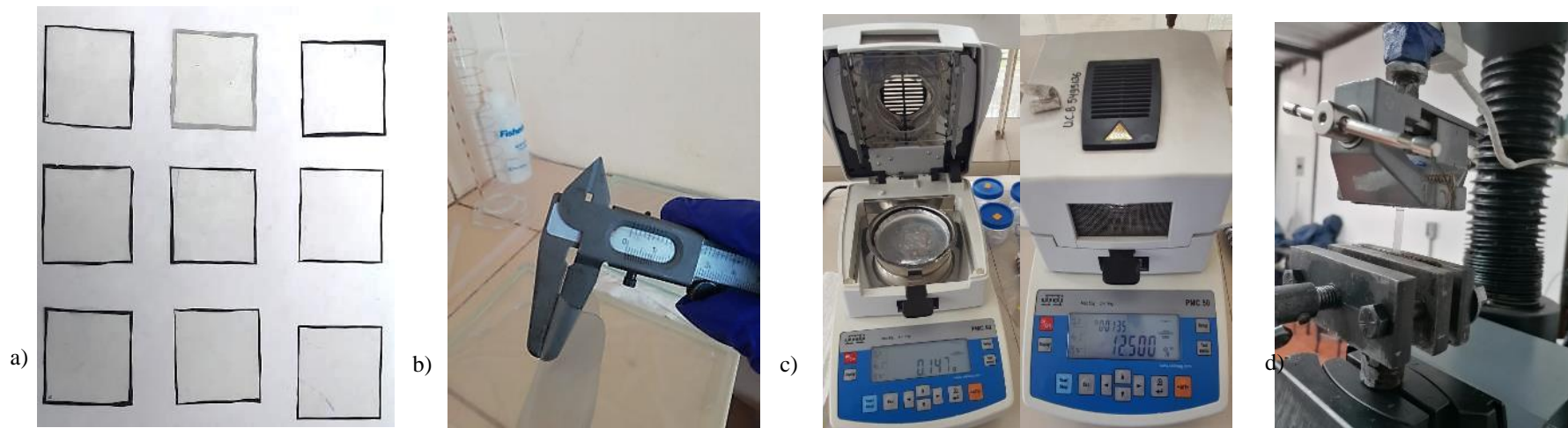


d)

<p><b>NOTAS:</b></p> <p>a) Pesaje de almidón</p> <p>b) Mezcla de componentes sometidos a baño maría</p> <p>c) Plaqueo y secado de muestras al ambiente</p> <p>d) Primeras muestras obtenidas de bioplástico</p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodríguez Garces</p>	<p><b>FORMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS MEDIANTE LA MEZCLA DE ADITIVOS</b></p>		
			<p><b>LÁMINA</b></p> <p>8</p>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:4</p>	<p><b>FECHA</b></p> <p>19/07/2021</p>



## ANEXO G. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS

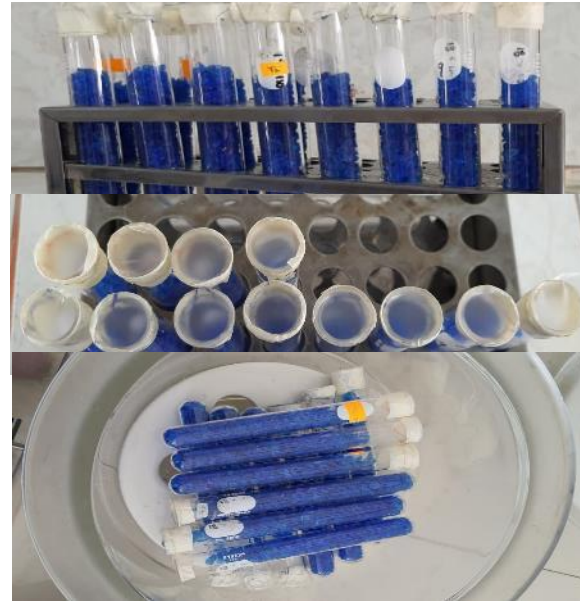


<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR          POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERÍA          QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces	<b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA          DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS</b>		
a) Muestras determinadas para la caracterización físicoquímica b) Determinación de espesor c) Prueba de humedad d) Ensayos de tracción			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
		9	1:4	19/07/2021	

CONTINUACIÓN – ANEXO G



e)



f)



g)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p>	<p><b>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS</b></p>		
<p>e) Prueba de solubilidad f) Prueba de permeabilidad g) Prueba de biodegradabilidad de las muestras a la semana inicial en agua, suelo y ambiente.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información calificar</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Por <input type="checkbox"/> Por</p>	<p><b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>10</p>	<p>1:4</p>	<p>19/07/2021</p>


## ANEXO H. BIODEGRADABILIDAD DE BIOPLÁSTICOS



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Fabiola Anly Rodriguez Garces	<b>BIODEGRADABILIDAD FINAL DE LOS BIOPLÁSTICOS POR TRATAMIENTO EN AGUA, SUELO Y AMBIENTE</b>		
a) Biodegradabilidad final al ambiente b) Biodegradabilidad final en el suelo c) Biodegradabilidad final en el agua	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Información calificar			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>
			11	1:4	23/08/2021




**ANEXO I. INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 1**



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 01	
SOLICITADO POR:	Fabiola Analy Rodriguez Garces
PROYECTO DE TESIS:	"SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHIRIVIA (PASTINACA SATIVA) PARA EL USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	3-sep-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.02
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.88
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.827.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.84
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.95
CARGA MÁXIMA [N]	0.98
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	1.11
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.16
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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


1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987240955
email: jvinan54@lenmav.com  
Mabamba - Ecuador

a)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado  <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Por calificar                 </p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO - TRATAMIENTO 1</b></p>						
<p>a) Informe – Prueba de tracción - Tratamiento 1</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 50%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">03/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	12	1:4	03/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
12	1:4	03/09/2021							


**ANEXO J. INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 2**



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Fabiola Anny Rodríguez Garces
PROYECTO DE TESIS:	SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHIRIVÍA (PASTINACA SATIVA) PARA EL USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS*
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	3-sep-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-P-201650006
CÓDIGO IDENTIFICATIVO:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.09
ANCHURA [mm]	8.04
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.72
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.602 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.50
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.07
CARGA MÁXIMA [N]	1.67
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.30
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN [%]	2.64
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñan B. MsC.  
GERENTE DEL LABORATORIO  
ENSAYO DE MATERIALES

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


1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987240955
email: jvinas54@enmav.com  
Ilobamba - Ecuador

a)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado  <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado  <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Información  <input type="checkbox"/> Por calificar                 </p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Anny Rodríguez Garces</p>	<p><b>INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO – TRATAMIENTO 2</b></p>						
<p>a) Informe – Prueba de tracción - Tratamiento 2</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 50%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">13</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">03/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	13	1:4	03/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
13	1:4	03/09/2021							


**ANEXO K. INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 3**



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	Denominación: RG 18 - 1 N° 03
SOLICITADO POR:	Fabiola Analy Rodriguez Garces
PROYECTO DE TESIS:	"SÍNTESIS Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHIRIVIA (PASTINACA SATIVA) PARA EL USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	3-sep-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓDIGO IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T3
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.1
ANCHURA [mm]	7.80
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.78
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.513 E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.73
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.24
CARGA MÁXIMA [N]	1.92
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.47
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN [%]	4.88
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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


1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica    Tel: 032924420 - Cel: 0987260955    email: jvinan54@lenmav.com  
#Iobamba - Ecuador

a)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO - TRATAMIENTO 3</b></p>						
<p>a) Informe – Prueba de tracción - Tratamiento 3</p>			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">14</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">03/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	14	1:4	03/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
14	1:4	03/09/2021							

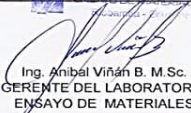
**ANEXO L. INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 4**



Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 04	
SOLICITADO POR:	Fabiola Analy Rodriguez Garces
PROYECTO DE TESIS:	SINTESIS Y ANALISIS DEL PROCESO DE OBTENCION DE UN BIOPLASTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE CHRIVIA (PASTINACA SATIVA) PARA EL USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	3-sep-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	8.90
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	1.07
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.765.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.75
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.64
CARGA MAXIMA [N]	1.97
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.85
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4.04
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987260955
email: jvinan54@lenmav.com  
Riobamba - Ecuador

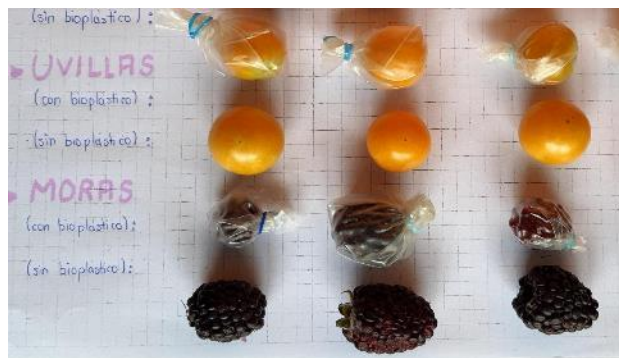
a)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces</p>	<p><b>INFORME DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLASTICO - TRATAMIENTO 4</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 25%;">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">1:4</td> <td style="text-align: center;">03/09/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	15	1:4	03/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
15	1:4	03/09/2021							
<p>a) Informe – Prueba de tracción - Tratamiento 4</p>									



## ANEXO M. EMBALAJE EN ALIMENTOS

a)



b)



c)



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Fabiola Analy Rodriguez Garces	<b>EMBALAJE EN ALIMENTOS (MORA Y UVILLA)</b>			
a) Embalaje en mora y uvilla ETAPA INICIAL (día 0)  b) Embalaje en mora y uvilla ETAPA INTERMEDIA (día 8)  c) Embalaje en uvilla ETAPA FINAL (día 20)			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	
			16	1:4	02/04/2022	





epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 09 / 06 / 2022

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres – Apellidos:** Fabiola Analy Rodríguez Garces

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** Ciencias

**Carrera:** Ingeniería Química

**Título a optar:** Ingeniera Química

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



0999-DBRA-UTP-2022



Firmado electrónicamente por:  
**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**