



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLIMERO A PARTIR DE LA
MASHUA IZAÑO (*Tropaeolum tuberosum*) PARA EL EMBALAJE
DE ALIMENTOS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: LADY VICTORIA ÁVILA PINCAY

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOÍNA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Lady Victoria Ávila Pincay

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

Yo, LADY VICTORIA ÁVILA PINCAY, declaro que el presente trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son de 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 a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 5 de agosto de 2022.



Lady Victoria Ávila Pincay
171681308

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, **PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLIMERO A PARTIR DE LA MASHUA IZAÑO (*Tropaeolum tuberosum*) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por, la señorita **LADY VICTORIA ÁVILA PINCAY**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-008-10
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-10
Ing. César Arturo Puente Guijarro PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-08-10

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado al esfuerzo de cada uno de los ángeles que han llegado a mi vida y se disfrazaron de amigos que aportaron para que este sea una realidad, al apoyo incondicional de mi familia en especial a mi primo Xavier Muñoz quien es mi apoyo incondicional , a mi hermano Víctor Ávila con quien siempre recorro el camino de la vida sin soltar su mano, a mi madre Lubi Pincay (+) quien al fin desde el cielo puede ver su sueño hecho realidad pero sobre todo a Dios por darme la sabiduría, las fuerzas y la humildad que todo este camino recorrido ha requerido.

Lady

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento eterno al alma máter Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a cada uno de mis ingenieros en especial aquellos que dejaron de serlo para convertirse en amigos de quienes me llevo las enseñanzas más grandes ya que también me prepararon para la vida, aquellos ingenieros que me enseñaron de una manera diferente afrontar cada una de las complejas situaciones que se presentaban en el camino, a mis amigos quienes han estado a lo largo de todo este camino conmigo enseñándome y teniéndome paciencia en cada una de mis ocurrencias.

Lady

ÍNDICE 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

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Justificación de la investigación.....	3
1.3. Antecedente de la investigación.....	3
1.4. Marco teórico.....	4
1.4.1. Productos agrícolas.....	4
1.4.1.1. Tubérculos	4
1.4.1.2. Generalidades de la Mashua	4
1.4.1.3. Usos de la mashua	5
1.4.1.4. Consumo de la mashua	5
1.4.1.5. Composición química de la mashua	6
1.4.1.6. Taxonomía.....	6
1.4.1.7. Variedades	7
1.4.2. Biopolímeros.....	7
1.4.2.1. Definición.....	7
1.4.2.2. Biopolímeros de origen vegetal	7
1.4.2.3. Propiedades	7
1.4.2.4. Almidón	8
1.4.2.5. Amilopectina	8
1.4.2.6. Amilosa.....	9
1.4.2.7. Características del almidón	9
1.4.2.8. Glicerina	9

1.4.2.9.	<i>Ácido acético</i>	10
1.4.2.10.	<i>Metabisulfito de sodio</i>	10
1.4.2.11.	<i>Usos de los biopolímeros</i>	10

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	11
2.1.	Objetivos	11
2.1.1.	<i>General</i>	11
2.1.2.	<i>Específicos</i>	11
2.2.	Hipótesis	11
2.2.1.	<i>Hipótesis general</i>	11
2.2.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	11
2.3.	Variables	12
2.3.1.	<i>Identificación de variables</i>	12
2.4.	Operacionalización de variables	12
2.5.	Matriz de consistencia	14
2.6.	Tipo y diseño de investigación	16
2.6.1.	<i>Tipo de investigación</i>	16
2.6.2.	<i>Diseño de investigación</i>	16
2.7.	Población de estudio	17
2.8.	Tamaño de la muestra	17
2.9.	Selección de la muestra	17
2.10.	Técnicas de recolección de datos	18
2.10.1.	<i>Obtención de almidón de mashua</i>	18
2.10.2.	<i>Caracterización fisicoquímica, organolépticas, microbiológicas y funcionales del almidón de mashua</i>	20
2.10.2.1.	<i>Viscosidad de Brookfield</i>	28
2.10.2.2.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	29
2.10.2.3.	<i>Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento</i>	30
2.10.2.4.	<i>pH</i>	31
2.10.2.5.	<i>Cenizas</i>	32
2.10.3.	<i>Elaboración de las biopelículas</i>	33
2.10.4.	<i>Caracterización física química de las biopelículas</i>	35

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	42
3.1.	Recolección de datos de materia prima, almidón de mashua y del biopolímero .	42
3.1.1.	<i>Caracterización física de la mashua</i>	42
3.1.2.	<i>Contenido de materia seca</i>	42
3.1.3.	<i>Ceniza de la materia prima</i>	43
3.1.4.	<i>pH de la materia prima</i>	43
3.1.5.	<i>Obtención del almidón</i>	43
3.1.6.	<i>Curva de secado</i>	45
3.1.7	<i>Contenido de materia seca</i>	45
3.1.8.	<i>pH del almidón</i>	46
3.1.9.	<i>Contenido de ceniza del almidón</i>	46
3.1.10.	<i>Densidad real</i>	46
3.1.11.	<i>Densidad aparente</i>	47
3.1.12.	<i>Poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua.</i>	47
3.1.13.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	47
3.1.14.	<i>Viscosidad de Brookfield</i>	48
3.1.15.	Elaboración del biopolímero	48
3.1.16.	<i>Espesor del biopolímero</i>	49
3.1.17.	<i>Tasa de transmisión de vapor de agua y permeabilidad de vapor de agua</i>	52
3.1.18.	<i>Humedad y solubilidad de la biopelícula</i>	54
3.1.19.	<i>Pruebas mecánicas</i>	55
3.1.20.	<i>Degradabilidad del biopolímero</i>	55
3.2.	Cálculos	55
3.2.1.	<i>Rendimiento del almidón</i>	55
3.2.2.	<i>Contenido de materia seca y humedad</i>	55
3.2.3.	<i>Porcentaje de ceniza</i>	56
3.2.4.	<i>Densidad aparente y densidad real</i>	56
3.2.4.1.	<i>Densidad real</i>	56
3.2.4.2.	<i>Densidad aparente del almidón suelto</i>	56
3.2.4.3.	<i>Densidad aparente del almidón empaquetado</i>	56
3.2.5.	<i>Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento</i>	57
3.2.5.1.	<i>Índice de absorción de agua (IAA)</i>	57
3.2.5.2.	<i>Índice de solubilidad en agua</i>	57

3.2.5.3.	<i>Poder de hinchamiento</i>	57
3.2.6.	<i>Tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) y transmisión de vapor de agua (WVP)</i>	57
3.2.6.1.	<i>Tasa de transmisión de vapor de agua</i>	57
3.2.6.2.	<i>Trasmisión de vapor de agua</i>	58
3.2.7.	<i>Porcentaje de solubilidad</i>	58
3.2.8.	<i>Módulo de elasticidad</i>	58
3.2.9.	<i>Degradación del biopolímero</i>	58
3.3.	Resultados y discusión	59
3.3.1.	<i>Resultado de los análisis realizados a la materia prima (mashua).</i>	59
3.3.1.1.	<i>Resultados de la caracterización física de la mashua</i>	59
3.3.1.2.	<i>Resultados organolépticos de la mashua</i>	59
3.3.1.3.	<i>Resultados de las pruebas físico química de la mashua</i>	60
3.3.2.	<i>Resultado de los análisis del almidón de mashua</i>	61
3.3.2.1.	<i>Rendimiento del almidón</i>	61
3.3.2.2.	<i>Curva de secado</i>	63
3.3.2.3.	<i>Análisis microbiológico del almidón de mashua</i>	63
3.3.2.4.	<i>Resultados del análisis físico químico del almidón de mashua</i>	64
3.3.3.	<i>Resultados y discusión de los análisis del biopolímero</i>	67
3.3.3.1.	<i>Composición del biopolímero</i>	67
3.3.3.2.	<i>Formación de las biopelículas</i>	68
3.3.3.3.	<i>Caracterización de las biopelículas</i>	69
3.3.3.4.	<i>Pruebas mecánicas de las biopelículas</i>	71
3.3.3.5.	<i>Biodegradabilidad</i>	72
3.3.3.6.	<i>Embalaje de frutas</i>	77
3.4	Prueba de hipótesis	79
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES		81
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición química de la mashua	6
Tabla 2-1:	Taxonomía de la mashua	7
Tabla 1-2:	Operación de variable.....	12
Tabla 2-2:	Matriz de consistencia general	14
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia específica	14
Tabla 4-2:	Matriz de obtención de almidón diseño factorial $2k$	16
Tabla 5-2:	Matriz de obtención del biopolímero diseño factorial $2k$	16
Tabla 6-2:	Obtención de almidón de mashua.....	18
Tabla 7-2:	Caracterización física, química, microbiológicas y funcional.....	20
Tabla 8-2:	Elaboración del biomaterial.....	33
Tabla 9-2:	Caracterización física y química de las biopelículas	35
Tabla 1-3:	Datos de las características física de la mashua	42
Tabla 2-3:	Datos de materia seca	42
Tabla 3-3:	Datos de la ceniza de la mashua	43
Tabla 4-3:	pH de la materia prima	43
Tabla 5-3:	Obtención de datos del almidón	44
Tabla 6-3:	Obtención de datos de la curva de secado.	45
Tabla 7-3:	Datos del contenido de la materia seca del almidón.....	45
Tabla 8-3:	pH del almidón	46
Tabla 9-3:	Obtención de datos de la ceniza del almidón	46
Tabla 10-3:	Obtención de datos de la densidad real	46
Tabla 11-3:	Obtención de datos de la densidad aparente.....	47
Tabla 12-3:	Obtención de datos ISA, IAA y PH.....	47
Tabla 13-3:	Obtención de la temperatura de gelatinización.....	48
Tabla 14-3:	Viscosidad de Brookfield	48
Tabla 15-3:	Obtención de datos de la elaboración de la biopolímero.....	49
Tabla 16-3:	Espesor del biopolímero	50
Tabla 17-3:	Datos de la obtención del biopolímero	51
Tabla 18-3:	Datos de la permeabilidad de agua	53
Tabla 19-3:	Humedad	54
Tabla 20-3:	Datos de la solubilidad	54
Tabla 21-3:	Datos de pruebas mecánicas.....	55
Tabla 22-3:	Resultados de las pruebas organolépticas.....	59
Tabla 23-3:	Resultados de las pruebas físico químicas de la mashua.....	60

Tabla 24-3: Resumen del modelo para el rendimiento del almidón	62
Tabla 25-3: Análisis Tukey del rendimiento del almidón.....	62
Tabla 26-3: Resultados del análisis microbiológico del almidón de mashua.....	63
Tabla 27-3: Resultados de los análisis físico químico del almidón de mashua.	64
Tabla 28-3: Composición del biopolímero	67
Tabla 29-3: Formación de las biopelículas	68
Tabla 30-3: Características del biopolímero	68
Tabla 31-3: Caracterización de las biopelículas.....	69
Tabla 32-3: Pruebas mecánicas de las biopelículas	71
Tabla 33-3: Biodegradación al ambiente	73
Tabla 34-3: Biodegradación en agua	74
Tabla 35-3: Biodegradación en tierra.....	76
Tabla 36-3: Embalaje de frutas con las biopelículas.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Follaje y flores de la mashua	5
Figura 2-1: Estructura de la amilopectina.....	8
Figura 3-1: Estructura de la amilosa	9
Figura 4-1: Frutas empacadas	10

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Identificación de variables.....	12
Gráfico 2-2:	Flujograma de la obtención de almidón de mashua	19
Gráfico 3-2:	Flujograma de la viscosidad de Brookfield	28
Gráfico 4-2:	Temperatura de gelatinización	29
Gráfico 5-2:	Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.....	30
Gráfico 6-2:	Flujograma del pH.....	31
Gráfico 7-2:	Flujograma de cenizas.....	32
Gráfico 8-2:	Flujograma de elaboración de la biopelícula.....	34
Gráfico 1-3:	Rendimiento del almidón.....	61
Gráfico 2-3:	Rendimiento del almidón por el método TUKEY.....	62
Gráfico 3-3:	Curva de secado.....	63
Gráfico 4-3:	Espesor del biopolímero.....	69
Gráfico 5-3:	% de humedad del biopolímero.....	70
Gráfico 6-3:	Permeabilidad de vapor de agua.....	70
Gráfico 7-3:	Transmisión de vapor de agua.....	70
Gráfico 8-3:	Porcentaje de solubilidad.....	71
Gráfico 9-3:	Pruebas mecánicas del biopolímero	72
Gráfico 10-3:	Resultados de la biodegradación	73

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Rendimiento del almidón.....	20
Ecuación 2-2:	%Materia seca.....	20
Ecuación 3-2:	Densidad aparente del almidón suelto	22
Ecuación 4-2:	Densidad aparente del almidón empacado.....	22
Ecuación 5-2:	Índice de absorción de agua (IAA)	23
Ecuación 6-2:	Índice de solubilidad en agua (ISA)	23
Ecuación 7-2:	Poder de hinchamiento (PH).....	23
Ecuación 8-2:	Contenido de cenizas	24
Ecuación 9-2:	Contenido de humedad	25
Ecuación 10-2:	Densidad real	26
Ecuación 11-2:	Transmisión de vapor de agua.	35
Ecuación 12-2:	Permeabilidad de vapor de agua.	36
Ecuación 13-2:	Porcentaje de solubilidad.....	37
Ecuación 14-2 :	Módulo de elasticidad.....	38
Ecuación 15-2:	Degradabilidad del biopolímero	39

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATERIA PRIMA

ANEXO B: ELABORACIÓN DE ALMIDÓN

ANEXO C: ELABORACIÓN DE ALMIDÓN (CONTINUACIÓN)

ANEXO D: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICA DEL ALMIDÓN

ANEXO E: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICA DEL ALMIDÓN (CONTINUACIÓN)

ANEXO F: AMILOSA Y HUMEDAD

ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE MASHUA

ANEXO H: ANÁLISIS DE FIBRA, PROTEÍNA Y GRASA DEL ALMIDÓN DE MASHUA
Y DE LA MASHUA.

ANEXO I: ELABORACIÓN DEL BIOPOLÍMERO

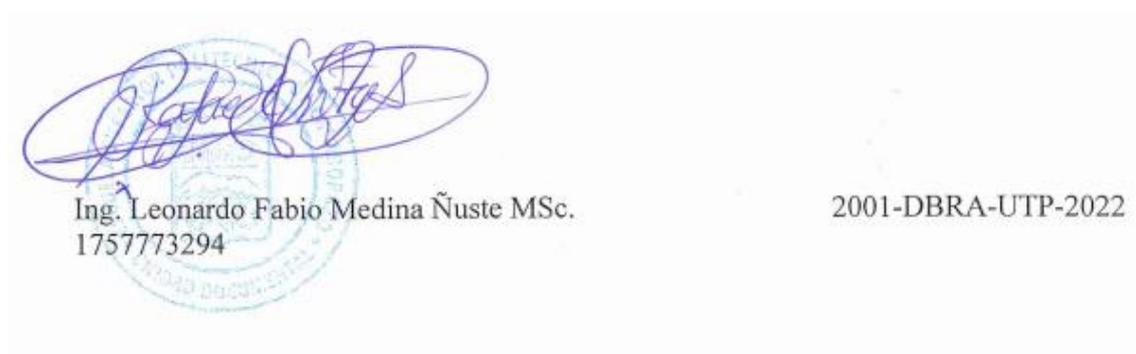
ANEXO J: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL BIOPOLÍMERO

ANEXO K: PROBETA.

RESUMEN

Una problemática que llamó la atención del mundo es la contaminación que genera al ambiente los desechos de residuos plásticos obtenidos a partir del petróleo; el presente proyecto de investigación desarrolló la obtención de un biopolímero a partir del almidón de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*). Para la obtención del almidón se aplicó un modelo de diseño de investigación denominado factorial 2 k, obteniendo de este modo cuatro tratamientos destacando entre ellos el mejor mismo que luego fueron sometido a varios análisis físico-químicos entre ellos el poder de hinchamiento, temperatura de gelatinización, viscosidad entre otros destacando que el valor obtenido de la amilosa de 47,41% favoreciendo de este modo los valores de cada análisis realizado. En el biopolímero se aplicó el mismo diseño de investigación y el método casting con el que se consiguió cuatro biopolímeros que tenían elasticidad, transparencia, moldeo y forma, a los que se le realizaron pruebas físico-químicas, mecánicas, biodegradabilidad y embalaje de fruta, dio como resultado que el mejor biopolímero corresponde al Tratamiento2 compuesto por 2g de almidón, 1,5 mL de glicerina, 40mL de agua destilada y 4mL de ácido acético, para la elección del mejor tratamiento del biopolímero se tomaron en cuenta criterios como la solubilidad, permeabilidad de vapor de agua, la transmisión de vapor de agua, módulo de elasticidad, esfuerzo y elongación. Se recomienda la adición a la formación del biopolímero carboximetilcelulosa para obtener mejores resultados en los parámetros evaluados.

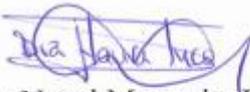
Palabras clave: <MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)>, <BIOPOLÍMERO>, <EMBALAJE>, <BIODEGRADABILIDAD>, <ALMIDÓN>.



ABSTRACT

A problem that has attracted the world's attention is the pollution generated to the environment by waste plastic residues obtained from petroleum; the present research project developed the production of a biopolymer from the starch of the mashua (*Tropaeolum tuberosum*). In order to obtain the starch, a research design model called 2 k factorial was applied, thus obtaining four treatments, highlighting among them the best one, which was then subjected to various physical-chemical analyses, including swelling power, gelatinization temperature, viscosity, among others, highlighting the value obtained for amylose of 47.41%, thus favoring the values of each analysis carried out. In the biopolymer, the same research design was applied and the casting method was used to obtain four biopolymers with elasticity, transparency, molding and shape, to which physical-chemical, mechanical, biodegradability and fruit packaging tests were carried out, resulting in the best biopolymer corresponding to Treatment2 composed of 2g of starch, 1.5 ml of glycerin, 40 ml of distilled water and 4 ml of acetic acid. For the choice of the best biopolymer treatment, criteria such as solubility, water vapor permeability, water vapor transmission, modulus of elasticity, stress and elongation were taken into account. The addition of carboxymethyl cellulose to the formation of the biopolymer is recommended to obtain better results in the evaluated parameters.

Key words: <MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)>, <BIOPOLYMER>, <PACKAGING>, <BIODEGRADABILITY>, <STARCH>.



Dra. Nanci Margarita Inca Chunata, Mgs.
0602926719

INTRODUCCIÓN

El uso del plástico se viene dando ya desde mucho tiempo atrás, se estima que surgió a mediados del siglo XX y desde entonces su producción solo va en aumento ya que estos son utilizados en las diversas áreas de la vida cotidiana gracias a su versatilidad y su bajo costo sin tomar en cuenta que muchos de estos son considerados de un solo uso mismos que luego terminarían en el ambiente causando daños en los diferentes ecosistemas, para que estos plásticos obtenidos del petróleo se degraden tendrán que pasar cientos de años (Charro, 2015. p.1).

Ya hace algún tiempo la comunidad científica viene trabajando en esta problemática con la elaboración de biopolímeros como la alternativa favorable para el ambiente mismos que se pueden obtener de plantas, animales o microorganismos considerados fuentes renovables y una vez que inicia su proceso de degradación estos no alterarán de ningún modo el medio donde se degraden, para la obtención de estos, también se realizan mezclas con cascaras de crustáceos con plantas, aceites de frutos oleaginosos y residuos proveniente de la agricultura (Pertuz, 2021, p.10).

Ecuador es considerado un país agrícola, sin embargo, los desperdicios de alimentos proveniente de este son altos tomando un valor de 4.9 millones de toneladas solo para tubérculos y raíces de las cuales 2,4 millones de toneladas no son aprovechadas representando el 49%, por otro lado el desarrollo de esta investigación tiene por interés el rescate del mismo y de los cultivos andinos generando un impacto ambiental, social y económico positivo (Guaranguay y Ramírez, 2021. p.13).

La mashua está entre los primeros cuatro lugares de cultivos de tubérculos Andinos aunque la siembra de este es mucho menor en comparación de sus antecesores esta no es menos importante y su rescate es necesario para de este modo asegurar la alimentación de muchas familias, la producción de esta se estima que inicio hace más de 7500 años según las evidencias arqueológicas, el hábitat de la mashua va desde Colombia hasta el norte de Argentina en alturas que van desde los 2400 y 4300 (metros sobre el nivel del mar) msnm, en los últimos años se ha podido observar que también se la produce en Nueva Zelanda y Canadá, sin embargo en países como Perú y Bolivia es donde más se concentra el área de siembra (Manrique, et al., 2013. p.1).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

En la actualidad el plástico es uno de los mayores contaminantes del planeta, el cual se encuentra flotando en los océanos en un 70% representando un total de 13.0000 piezas por cada kilómetro cuadrado. (GREEPACE, 2011). Se estima que diariamente se descargan al océano 8 millones de toneladas de basura dentro de la cual se encuentra hasta un 63,5% de residuo plástico causando la contaminación de océanos y muertes de animales mamíferos acuáticos y tortugas marinas (PNUMA, 2011).

La acumulación de plásticos en el océano llega a tal punto que gracias a este existen 200 áreas inertes causadas por la insuficiencia de oxígeno dentro del mismo (Meza, 2013, p.4).

El plástico film se puede definir como una lámina incolora, fina y maleable que cumple con la función principal de enrollar alimentos sin embargo su vida útil es corta ya que termina una vez que es desechada (Alcalde, 2019, p.1), el mismo que cuando es incinerado o acumulado en vertederos empieza a desprender compuestos químicos que son considerados tóxicos los mismos que perduran en el medio ambiente y pueden acabar en la cadena alimentaria durando en el organismo de 7 a 11 años según lo expresa la OMS (OMS, 2016).

El conocimiento es tan nulo sobre los productos innatos con los que contamos en nuestro territorio dando como resultado la caída de los mismos y en el peor de los casos estos empiezan a desaparecer causando daño en la naturaleza y en el ser humano ya que su fuente alimentaria va disminuyendo (Ávalos & Vivero, 2013, p.2).

Por otra parte, la mashua es un tubérculo tosco oriundo del centro de los Andes, siendo cultivado en tierras no tratadas es decir carentes de abonos, fertilizante y pesticidas (Salazar, 2014, p.5), en el año 2000 se realizó una encuesta que dejó en evidencia que los cultivos de mashua tiene tendencia a declive dando como resultado los escasos y esto se debe a la poca información que se tiene del producto, así como de sus propiedades vitamínicas y su utilidad dentro de la industria (Heredia, 2012, p.1).

En los últimos estudios realizados se ha desarrollado una investigación en el cual se propone la industrialización de la obtención del almidón a partir de la mashua y es que este tubérculo cuenta con características como su riqueza en hidratos de carbono, fibra, proteínas, aporta vitaminas B y C, sales minerales como potasio, hierro y magnesio y libre de grasa (Brito, et al., 2020, p.3).

1.2. Justificación de la investigación

En medio de la globalización y su desarrollo lo que se busca cada día es la obtención de productos limpios, es decir que cuando hayan terminado su vida útil estos no sean contaminantes para el medio ambiente o el ser humano lo que nos empuja a desarrollar investigaciones que brinden un gran aporte, en la actualidad la ESPOCH “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo” mediante el área de investigación ambiental y desarrollo se encuentra inmersa dentro de este vasto campo. El plástico en la actualidad es el foco de varias investigaciones que se desarrollan para la protección del medio ambiente y el ser humano, por eso es de suma importancia el desarrollo de plásticos alternativos como el bioplástico film que sean amigables con el ambiente y sean un sustituyente idóneo de los plásticos convencionales.

La versatilidad de la mashua, su fácil cultivo y su adaptación a climas fríos hacen que este sea un producto bastante apto para la industrialización ya que brinda beneficios a través de sus amplias propiedades con las que cuenta, siendo una de ellas la obtención de almidón como base fundamental para la obtención de bioplástico film.

1.3. Antecedente de la investigación

En investigaciones que se han llevado a cabo, se ha podido determinar que los biopolímeros han sido utilizados desde la antigüedad, remontándose más o menos hace unos 2000 A.C. cuando las resinas fueron utilizadas por egipcios para embalsamar cuerpos, con el paso del tiempo el uso del látex y caucho fue eminente dentro de algunas culturas para la elaboración de zapatos y pelotas (Labeaga, 2018:a p.4).

Más adelante en el año 1869 se da el descubrimiento del denominado celuloide el cual vino a ser el perfecto reemplazo para el marfil los mismos que se utilizaban para hacer teclas de piano entre otras y para el año 1912 se descubrió el celofán los cuales siguen siendo utilizados en nuestros días (Labeaga, 2018:b p.4).

El uso de los plásticos naturales empezó a decaer con la aparición de los plásticos sintéticos siendo el petróleo su materia prima, sin embargo, a mediados del siglo XX por los años 70 este sufrió una escasez ocasionando que se retomaran los estudios de los plásticos naturales (Labeaga, 2018:c p.5).

Para el año 1976 la empresa Imperial Chemical Industries creó y comercializó el polihidroxibutirato sintetizado a partir de bacterias, seguido por el Biopol en el año 1983 el cual no tuvo mucho auge en el mercado debido a su precio, a inicios de la década de los noventa tomó fuerza el tema ambiental dándole mayor importancia a los plásticos naturales (Labeaga, 2018:d p.5).

El uso de plásticos naturales a nivel mundial tiene una buena aceptación que se refleja en la producción del año 2014 con 1,7 millones de toneladas y estimándose que para el año 2019 la producción alcance los 8 millones de toneladas (Labeaga, 2018:e p.5). En la actualidad se siguen

desarrollando varios estudios e investigaciones con el enfoque a diversas materias primas naturales con la finalidad de darle un valor agregado a estas y de este modo evitar que esas desaparezcan siendo pionera en esta la “Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Productos agrícolas

Ecuador es considerado un país en vía de desarrollo jugando dentro de este un papel fundamental la agricultura ya que se estima que el 70% de ingresos del sector rural proveniente de este considerándose además una fuente de empleo, ayuda al aumento de la producción interna y la exportación, pero el rol más importante de esta es la soberanía alimentaria (García, et al., 2006. p.1). La agricultura es una actividad de producción que está muy bien determinada desde hace muchos años atrás, siendo este un trabajo netamente aplicativo del entendimiento e ingenio que ayuda a modificar el medio con la finalidad de lograr la adquisición de vegetales y animales que sean beneficiosos para el (Parra, et al., 198. p.3).

1.4.1.1. Tubérculos

Según lo expresa la RAE en botánica un tubérculo es una parte del tallo o raíz engrosada en la cual se acumulan grandes cantidades de nutrientes y sustancias, estos tienen como característica esencial su crecimiento y desarrollo bajo la tierra (RAE).

1.4.1.2. Generalidades de la Mashua

La mashua también es conocida por diversos nombres que estarán en dependencia de la ubicación geográfica y el idioma que se emplee por ejemplo en el quecha se la conoce como: allausu, añu, apiñu, apiñamama, cubio, hubios, hubias, mashua, mashwa entre otros mientras que en el sur de Colombia como: puel o Páez mientras que en inglés se la denomina como: anu, mashua, perennial nasturtium (Barrera, et al., 2004a: p.5).

La mashua es un tubérculo que se cultiva en los valles húmedos de Perú, Colombia, Argentina, Ecuador y Bolivia (Castillo, 1990. pp.35-36). Los sectores de cultivo de este producto tienen una altitud que va desde los 2400 a los 3700 metros sobre el nivel del mar, es considerada un tubérculo rústico ya que se puede desarrollar sin problemas en suelos considerados pobres es decir libres de pesticidas o fertilizante y aún bajo estas condiciones su rendimiento en comparación con el de la papa será el doble (Suquilanda, 2012. pp.20-22).

Para un buen desarrollo de esta lo que se requiere es una buena profundidad al momento de la siembra y un suelo rico en materia orgánica (Tapia y Fries, 2007a: p.52).

Una vez que la semilla de mashua ha sido sembrada y vaya en desarrollo la planta tendrá una forma recta y a medida que esta vaya madurando se ira postrando, cada una de las hojas de color verde regularmente podrán contener de 3 a 5 lóbulos sus flores nacerán en las axilas de las hojas mientras que los tubérculos tendrán forma cónica o elipsoidal con yemas alargadas y profundas, presentaras una coloración blanca, amarilla o naranja (Tapia y Fries, 2007b: p. 51).



Figura 1-1: Follaje y flores de la mashua

Realizado por: Ávila, L., 2022.

La mashua regularmente es sembrada en intervalo con la papa, ulluco y oca o alrededor de estas ya que esta posee la característica del principio de control de nematocida e insecticida (Chua, 2015. p.5).

1.4.1.3. Usos de la mashua

Uno de los principios activos con los que cuenta la mashua son los fenoles y flavonas, estos compuestos orgánicos se les atribuye características como el uso farmacológico ya que esta actúa como desinflamante, desinfectante y diurético, siendo también un antecesor de la formación de compuestos más complejos los cuales ayudaran al crecimiento, desarrollo y protección de la planta (Barrera, et al., 2004b: p.113).

1.4.1.4. Consumo de la mashua

El consumo de mashua en la actualidad se ve bastante afectada, se conoce que únicamente el 25% de este escaso producto se puede encontrar en los mercados y que su uso está directamente relacionado con fines medicinales mientras que el restante de este está dirigido para el autoconsumo por las propiedades alimentarias con las que cuenta (Barrera, et al., 2004c: p.164).

1.4.1.5. Composición química de la mashua

En estudios realizados por Beatriz Brito y Susana Espín se obtiene la siguiente información (Villacrés y Espín, 1999. pp.23-35):

Tabla 1-1: Composición química de la mashua

MASHUA		
Nº	PARÁMETRO	CANTIDAD (%)
1	Humedad	87,70
2	Cenizas	4,81
3	Proteína	9,17
4	Fibra	5,86
5	Extracto etéreo	4,61
6	Carbohidrato total	75,40
7	Ca	0,006
8	P	0,32
9	Mg	0,11
10	Na	0,044
11	K	1,99
12	Cu (ppm)	9
13	Fe (ppm)	42
14	Mn (ppm)	7
15	Zn (ppm)	48
16	Almidón	46,92
17	Azúcar total	42,81
18	Azúcares reductores	35,83
19	Energía (Kcal/100g)	440
20	Vitamina C (mg/100g mf)	77,37
21	Eq. Retinol/100 g mf	73,56

Fuente: Barrera, Tapia y Monteros, 2004

Realizado por: Ávila, L., 2022.

1.4.1.6. Taxonomía

Dentro de varios estudios realizados por Tapia se ha determinado la siguiente taxonomía de la mashua:

Tabla 2-1: Taxonomía de la mashua

CARACTERÍSTICAS	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Tropaeolaceae
Género	Tropaeolum
Especie	Tuberosum r. et p.

Fuente: Tapia, 1997

Realizado por: Ávila, L., 2022.

1.4.1.7. Variedades

En la actualidad se conocen 100 tipos de variedad de la mashua, sin embargo dentro de esta resaltan 5 variedades denominadas como son la mashua blanca, mashua chaucha, mashua amarilla tardía, mashua morada y mashua zapallo (Suquilanda, 2012. p.22).

1.4.2. Biopolímeros

1.4.2.1. Definición

Los biopolímeros son todas aquellas macromoléculas que son obtenidas mediante sistemas biológicos de origen animal, marino, vegetal, o microbiano; estas macromoléculas a su vez tienen la capacidad de ser degradados en circunstancias normales por microorganismos y fueron desarrolladas con el fin de reemplazar, corregir entre otras (Vega y Montaña, 2020. p.192).

1.4.2.2. Biopolímeros de origen vegetal

Son aquellas macromoléculas que se obtienen de las plantas especialmente de las paredes de esta o de la lignina destacándose en esta área el conocido almidón mismo que se obtiene de modo natural o mediante algún proceso químico (Rabetafika, et al., 2006a: p.186).

1.4.2.3. Propiedades

Los biopolímeros cuentan con varias características importantes, sin embargo, dentro de estas se resaltan la biodegradabilidad que no es más que la síntesis dada por microorganismos en un material que sea considerado compostable y la permeabilidad al vapor de agua característica que

se le adjudica gracias a los grupos hidrófilos que se encuentran dentro de su estructura (Rabetafika, et al., 2006b: pp.187-188).

1.4.2.4. Almidón

El almidón es considerado un polisacárido abundante en la tierra y este a su vez es la base del suministro diario de energía para los seres vivos (Acosta, et al., 2018. p.4) habitualmente se lo encuentra en semillas, granos y tubérculos, dentro de su composición química resaltan las cadenas de los polímeros de glucosa como la amilosa y amilopectina (Surco, 2004a: p.16).

Dentro de la apariencia del almidón se puede apreciar granos de un tamaño que oscila dentro de las 2 a 100 micras con una forma redonda u ovoide pero esta última se encuentra en dependencia del origen del cual se realizó la extracción, el almidón tiene una distribución compleja dentro de su estructura y se encuentra en capas cercanas al núcleo del mismo (Surco, 2004b: p.16-17).

La característica más importante con la que cuenta el almidón es con la capacidad de formar geles los cuales se dan a una temperatura determinada la misma que viene dada por la materia prima de la cual proviene (Eerlingen y Delcour, 1995. pp. 129-138), dentro de este proceso se puede notar la birrefringencia, algunas moléculas se solubilizan y van perdiendo su cristalinidad debido a la absorción del agua (Costas, 1998. pp.1-168).

1.4.2.5. Amilopectina

Es un polímero de más o menos 10000 moléculas de glucosa que se mantienen unidas entre sí mediante enlaces α -D-(1 \rightarrow 4) de aspecto lineal cortas mientras que para formar sus ramificaciones contarán con los enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) lo que le permite formar enlaces con el hidrógeno lo cual le ayudará con la claridad y durante su tiempo de acopio este no se gelatinice (Aristizábal, et al., 2007a: p.34)

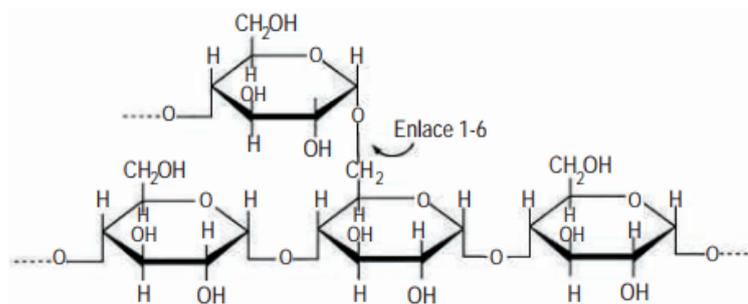


Figura 2-1: Estructura de la amilopectina

Realizado por: Ávila, L., 2022

1.4.2.6. Amilosa

Es polímero que regularmente cuenta con más o menos unas 1000 moléculas de glucosa que se encuentra unidas mediante enlaces α -D-(1 \rightarrow 4) haciendo que su disposición sea lineal, en su estructura cuenta con grupos hidroxilos los mismos que son atraídos por el agua y que a su vez se hidratan de manera muy unida para formar estructuras cristalinas, fuertes y flexibles (Aristizábal, et al., 2007b: pp.33-34).

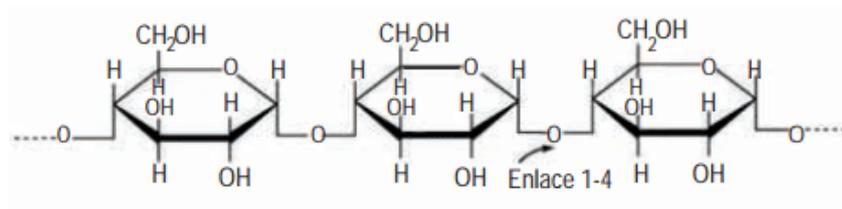


Figura 3-1: Estructura de la amilosa

Realizado por: Ávila, L., 2022.

1.4.2.7. Características del almidón

Las características con las que cuenta un almidón están dadas directamente por su atributo físico-químico mismas que estarán influenciadas por la forma del grano y su molécula, sin embargo, de manera común se toma en cuenta la gelatinización, solubilidad, hinchamiento, retrogradación, absorción de agua, entre otros (Hernández, et al., 2008. p.719).

1.4.2.8. Glicerina

Llamado científicamente 1,2,3-propanotriol o glicerol de apariencia incolora, inodoro, viscoso, higroscópico y de sabor ligeramente dulce. Este producto es bastante requerido en las diferentes industrias gracias a la infinidad de usos que este puede tener y esto se debe a las características con las que cuenta como la flexibilidad, humectación, lubricación, permeabilidad, entre otros (Lafuente, 2017. pp.6-9).

La glicerina puede ser clasificada en tres grandes grupos tales como la glicerina cruda, técnica y la USP siendo esta última la más utilizada dentro de la industria ya que la misma cumple con normas como la United State Pharmacopeia y la Food Chemicals Codex (Ortiz, 2013. pp.25-26).

1.4.2.9. *Ácido acético*

Conocido comercialmente como vinagre de aspecto líquido y de sabor característico (añejado), químicamente formulado como $C_2H_4O_2$ y soluble en agua. Se lo utiliza con frecuencia para la formación de emulsiones, adhesivos, conservante y coagulante (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2018. pp.1-2).

1.4.2.10. *Metabisulfito de sodio*

Polvo blancuzco, soluble en agua y con olor característico a huevo podrido, de fórmula química $Na_2S_2O_5$. El metabisulfito de sodio tiene una gran acogida en la industria alimentaria ya que cuenta con características como aditivas (vegetales, frutas, almidones), preservante (mermeladas), fermentativas (vinagre), entre otras. (Ospina, 2020. pp.1-2).

1.4.2.11. *Usos de los biopolímeros*

El uso de estos biopolímeros se están implementando dentro del campo de la medicina y farmacia y esto se da gracias a la biocompatibilidad, biorreabsorbibilidad y las propiedades mecánicas con las que cuenta, estos también incursionan en el mundo de la agricultura gracias a su rápida degradabilidad y su capacidad de dar paso a la creación de nuevas plantas (Rabetafika, et al., 2006: pp.189-190).

Uno de los campos donde se encuentra incursionando actualmente los biopolímeros es en la industria de los plásticos abarcando un 75% en el uso de embases y embalaje siendo su base de composición el almidón y otros polímeros (Valero, et al., 2013. p.173).



Figura 4-1: Frutas empacadas

Realizado por: Ávila, L., 2022.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Producir un biopolímero a partir de la mashua izaño (*Tropaeolum tuberosum*) para el embalaje de alimentos.

2.1.2. Específicos

- Obtener almidón de la mashua izaño.
- Identificar las concentraciones para la elaboración del biomaterial.
- Determinar las características físico-químicas y mecánicas.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis general

- El biopolímero film obtenido a partir de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un sustituyente idóneo para el embalaje de alimentos reemplazando así al film obtenido a base de petróleo ayudando a la disminución de la contaminación del medio ambiente.

2.2.2. Hipótesis específicas

- La posibilidad de obtener almidón a partir de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es bastante amplia mediante una vía húmeda.
- Es posible identificar las concentraciones de los reactivos y el almidón de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) utilizando el método de casting para la obtención de un biopolímero y las condiciones de la elaboración del mismo.
 - Mediante las normas INEN 1456, INEN 2635 y ASTM D1653-93 es posible determinar las características físico-químicas y mecánicas del biopolímero obtenido a partir de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*).

2.3. Variables

2.3.1. Identificación de variables

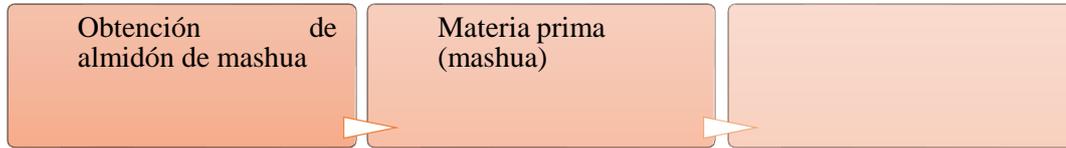


Gráfico 1-2: Identificación de variables

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 1-2: Operación de variable.

TEMA	DEFINICIÓN	EXTENSIÓN	VARIABLES	UNIDADES	GUÍA
Obtención de biopolímero filma partir de la mashua	Mashua: Tubérculo originario de los Andes centrales.	Obtención de materia prima (almidón de mashua)	<ul style="list-style-type: none">• Velocidad• Tiempo• T de secado• Humedad	r.p.m. s °K %	Producción de almidón a nivel industrial de mashua.
			<ul style="list-style-type: none">• Peso	g	

<i>(Tropaeolum tuberosum)</i>	Biofilm: Lámina delgada similar al plástico que se biodegrada con facilidad.	Especificación del rendimiento del almidón	• Amilosa	%		
		Caracterización física y química del almidón	• Viscosidad de Brookfield	$\frac{\text{dina} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2}$	Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).	
			• Humedad	%		
			• T de gelatinización	°K		
			• Ceniza	%		
		• pH				
• Índice de absorción de agua						
		• Poder de hinchamiento				
		• Solubilidad		%	INEN 1456	
		• Densidad aparente		$\frac{\text{g}}{\text{l}}$	INEN 923:2013	
		Adquisición de biofilm a partir del almidón de mashua	• Constitución de reactivos	g		
			• T de secado	l		
			• Tiempo de secado	°K		
				s		
		Caracterización del biopolímero film	• Espesor	mm	ASTM D882	
			• Transparencia			ASTM D1653-93
			• Permeabilidad de vapor	g		
			• Humedad	%		
			• Solubilidad			
			• Degradabilidad			
		• Tracción		$\frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$	INEN2635	

Realizado por: Ávila, L. 2022.

2.5. Matriz de consistencia

Tabla 2-2: Matriz de consistencia general

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS
Un tema en aguje y de mucha preocupación es la contaminación causada por los plásticos ya que mientras este se descompone va causando daños en muchos casos irreparables, por ende es de vital importancia obtener productos que cumplan con la misma función, sea biodegradable y no cause daño alguno al medio ambiente.	Producir de un biopolímero a partir de la mashua izaño (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) para el embalaje de alimentos.	El biopolímero film obtenido a partir de la mashua (<i>tropaeolum tuberosum</i>) es un sustituyente idóneo para el embalaje de alimentos reemplazando así al film obtenido a base de petróleo ayudando a la disminución de la contaminación del medio ambiente.

Realizado por: Ávila, L. 2022.

Tabla 3-2: Matriz de consistencia específica

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Técnica
Obtención adecuada de almidón y amilasa.	Obtener almidón de la mashua izaño.	La posibilidad de obtener almidón a partir de la mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) es bastante amplia mediante una vía húmeda.	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de almidón idónea. • Amilasa suficiente dentro de su composición. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de almidón por vía húmeda. • Espectrofotometría • Rendimiento del proceso.
Identificar las cantidades	Identificar las concentraciones para la elaboración del	Es posible identificar las concentraciones de los reactivos y el almidón de	<ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de reactivos y almidón obtenido. • Método y temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica de casting

exactas para la obtención de biofilm.	biomaterial.	mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) utilizando el método de casting para la obtención de un biopolímero y las condiciones de la elaboración del mismo.	adecuada	
El biopolímero obtenido se podría cumplir con los estándares requeridos para ser biofilm	Determinar las características físico-químicas y mecánicas.	Mediante las normas INEN 1456, INEN 2635 y ASTM D1653-93 es posible determinar las características físico-químicas y mecánicas del biopolímero obtenido a partir de la mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).		<ul style="list-style-type: none"> • INEN 1456 • INEN 2635 • ASTM D1653-93

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.6. Tipo y diseño de investigación

2.6.1. Tipo de investigación

El carácter de éste tiene base en la investigación experimental, dado que dentro del presente trabajo existirá el manejo de variables basadas en técnicas definidas ayudando a la obtención de información la misma que será observada con la finalidad de obtener un resultado sea o no favorable para el cumplimiento de la hipótesis (Wilfido, et al., 2019. pp.1-2).

2.6.2. Diseño de investigación

El diseño factorial 2^k es aquel donde k puede tomar dos magnitudes las mismas que pueden ser cuantitativas o cualitativas o la combinación entre ellas mediante la técnica que más se ajuste con la finalidad de comprender el resultado que ejerce k, la ventaja del uso de este diseño es la poca cantidad de experimento que se pueden realizar y que los resultados obtenidos se los analiza mediante la observación (Fernández, 2020a: pp.19-20).

Este diseño se lleva a cabo con el uso de una matriz donde debe constar la simbología + y – para cada una de sus magnitudes, los mismos que pueden o no repetirse, pero de cada uno de ellos solo se debe obtener una respuesta (Fernández, 2020b: pp.20-21).

En el desarrollo de este trabajo investigativo se empleará el diseño de investigación en dos ocasiones, la primera será utilizada para la obtención del almidón donde se hará variar las magnitudes tiempo y velocidad de licuado; y la segunda será en la obtención del biopolímero donde se hará variar las cantidades de almidón (g) y glicerina (mL).

Tabla 4-2: Matriz de obtención de almidón diseño factorial 2^k

N°	Valor de la magnitud		Velocidad de licuado (r.p.m)	Tiempo (s)
1	-	-	666,67	30
2	+	-	133,33	60
3	+	+	2000	90

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 5-2: Matriz de obtención del biopolímero diseño factorial 2^k

Experimento	Valor de la magnitud		Almidón (g)	Glicerina (mL)
1	-	-	2	1,2
2	-	+	2	1,5
3	+	-	2,5	1,5
4	+	+	2,5	1,2

Realizado por: Ávila, Lady., 2021.

2.7. Población de estudio

Para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo se direccionó sobre la mashua la misma que fue obtenida en la ciudad de Latacunga en el cantón Saquisilí mercado Kenedy y en la provincia de Tungurahua ciudad de Ambato en el mercado mayorista.

2.8. Tamaño de la muestra

Para la obtención del almidón se utilizó 5 quintales de mashua (500 kg) los cuales dieron como resultado 2kg de almidón ya molido y tamizado.

2.9. Selección de la muestra

Para la selección de la mashua se consideró algunos factores tales como el tamaño (mediano), que no se encuentre en estado de putrefacción sino de preferencia en etapa verde-madura y que no contenga raíces, mientras que para la selección del biopolímero se tomará en cuenta características como su elasticidad, resistencia y grosor.

2.10. Técnicas de recolección de datos

2.10.1. Obtención de almidón de mashua

Tabla 6-2: Obtención de almidón de mashua

OBTENCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA			
Materiales	Equipo	Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillo • Cedazo • Tela de bolsillo • Probeta • Vasos de un litro transparente • Mortero • Fundas Ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza mecánica • Licuadora 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención de la mashua. • Selección de la mashua en base a la normativa NTE INEN 1831:2012. • Pesar 200g de mashua. • Lavado de la mashua con abundante agua. • Pelado de la mashua. • Lavado de la mashua pelada. • Pesado de la mashua pelada y lavada. • Colocar la mashua pesada en la licuadora con 200mL de agua destilada. • Licuar con la velocidad y el tiempo que aporten el mejor rendimiento. • Colocar sobre el tamiz la tela tipo bolsillo y filtrar el licuado. • Dejar sedimentar el tamizado por 24h. • Desechar el agua del sedimentado y conservar el almidón asentado. • Secar el almidón a 60°C por 3h. • Moler y pesar el almidón obtenido. • Conservar el almidón en una funda Ziploc.

Fuente: Brito et al., 2020

Realizado por: Ávila, L., 2022.

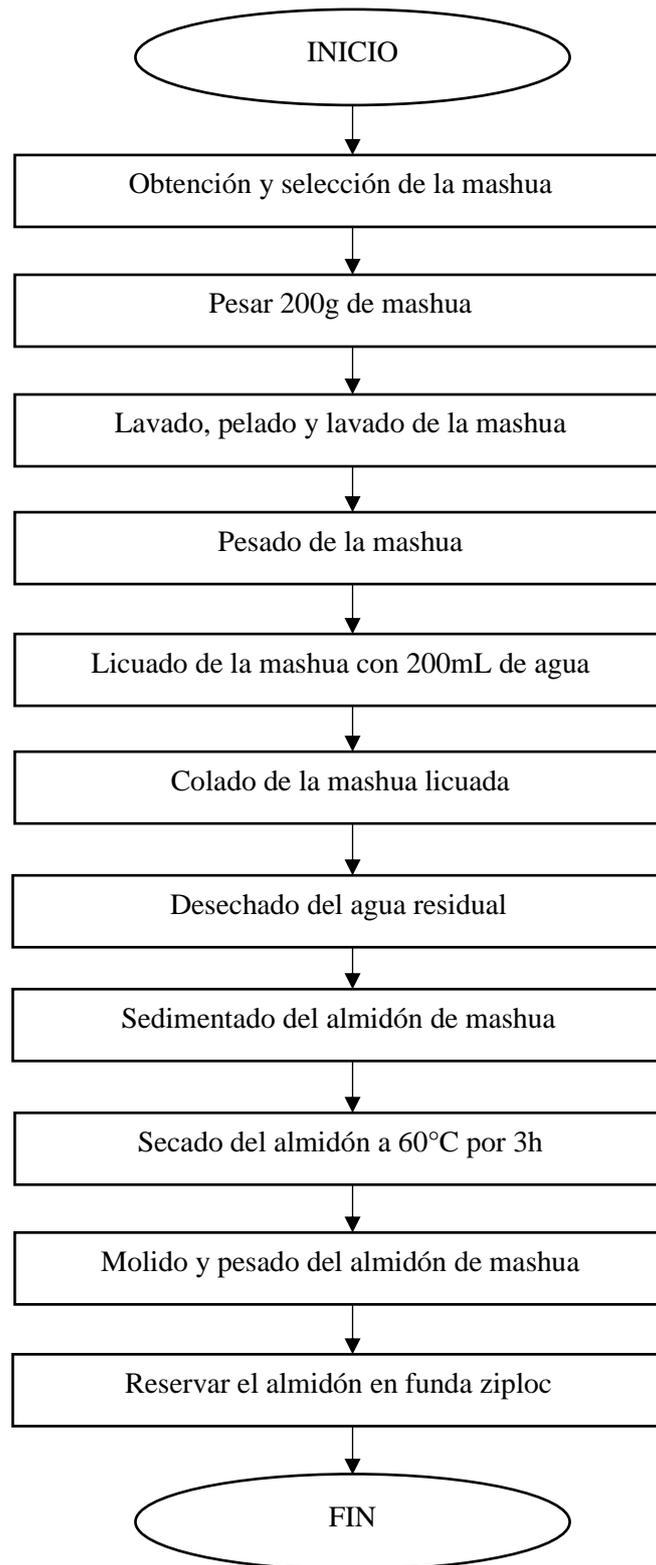


Gráfico 1-2: Flujograma de la obtención de almidón de mashua

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2. Caracterización fisicoquímica, organolépticas, microbiológicas y funcionales del almidón de mashua

Tabla 7-2: Caracterización física, química, microbiológicas y funcional

ANÁLISIS	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIEMITNO	FÓRMULA	MÉTODO
Caracterización organolépticas		Almidón de mashua	La caracterización organoléptica del almidón de mashua se basará en: <ul style="list-style-type: none"> • Olor • Color • Sabor • Textura 	Directa	
Rendimiento del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillo • Licuadora • Cedazo • Vaso plástico • Balanza 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Mashua 	Obtener almidón de mashua con el procedimiento descrito anteriormente.	Ecuación 1-2: Rendimiento del almidón $\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón}}{\text{Peso de la materia pima}} * 100$	(Mogrovejo, 2019. p.21)
Contenido de materia seca	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Cápsula • Estufa • Desecador • Pinza para crisol 	Almidón de mashua	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar la cápsula y colocar en la estufa a 80°C por 24h. • Sacar la cápsula con pinza de la estufa y colocarlos en el desecador hasta que estos se enfríen. • Pesar en la cápsula de 20 a 30gr del almidón. 	Ecuación 1-2: %Materia seca $\% \text{ materia seca} = 100 - \% \text{Humedad}$	(Aristizábal, et al., 2007c: p 62)

			<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a la estufa por 24h la cápsula con el almidón • Tomar con pinza la cápsula con almidón y colocarlo en el desecador hasta que se enfríe. • Pesar los crisoles con el almidón. 		
<p>Temperatura de gelatinización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Baño María • Vasos de precipitado de 100mL y 250mL • Pinzas • Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Calentar el baño María a 85°C y que permanezca constante. • Pesar 10g de almidón en un vaso de precipitado de 100ml. • Diluir el almidón con agua destilada hasta completar los 100mL. • Colocar 50mL de la mezcla en un vaso de precipitado de 100mL e introducirlo en el equipo de baño María. • Agitar de manera constante la mezcla hasta obtener una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. • Leer la temperatura que marca el termómetro (Temperatura de gelatinización). 	Directo	(Aristizábal, et al., 2007d: p72)

<p>Densidad aparente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Probeta graduada de 10mL • Embudo • Espátula 	<p>Almidón de mashua</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la probeta graduada vacía. • Colocar en ella el almidón con ayuda del bembudo y la espátula hasta completar los 10mL. • Colocar la probeta con la muestra de almidón en el vibrador y agregar más almidón hasta que ocupe el volumen total. • Dejar este por cinco minutos en el vibrador. • Medir el volumen de muestra compactada. 	<p>Ecuación 3-2: Densidad aparente del almidón suelto</p> $= \frac{(P_1 + \text{almidón suelto}) - P_2}{10\text{mL}}$ <p>Ecuación 4-2: Densidad aparente del almidón empacado</p> $= \frac{(P_1 + \text{almidón empacado}) - P_2}{10\text{mL}}$ <p>Donde: P₁: Peso de la probeta P₂: Peso de la probeta vacía</p>	<p>(Aristizábal, et al., 2007e: p.65)</p>
<p>Viscosidad de Brookfield</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Viscosímetro de Brookfield • Vaso de precipitado de 600mL • Termómetro • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25g de almidón en base seca y diluir en agua destilada. • Agregar agua destilada hasta completar los 500mL. • Colocar está en el reverbero. • Agitar de manera constante hasta que la suspensión llegue a punto de ebullición. • Sacar del reverbero. • Enfriar hasta llegar a los 25°C. • Colocar la muestra en el viscosímetro. • Medir la viscosidad. 	<p>Directo</p>	<p>(Aristizábal, et al., 2007f: p.66)</p>

<p>Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Equipo de baño María • Centrifuga • Tubos para centrifuga de 50mL • Vaso de precipitación de 50mL • Estufa • Pipeta • Desecador • Pinza para crisol 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar los tubos de centrifuga. • Colocar los tubos de centrifuga en la estufa por 24h a 60°C. • Colocar en el desecador los tubos. • Dejar ahí hasta que estos se enfríen. • Pesar los tubos. • Pesar dentro de los tubos 1,25g de almidón en base seca. • Agregar 30mL de agua destilada previamente calentada a 60°C y agitar suavemente. • Colocar los tubos con el precipitado dentro del equipo de baño María a 60°C. • Trascorridos los primeros 10min agitar de manera suave. • Colocar los tubos dentro del baño María por 20min. • Enfriar hasta temperatura ambiente. • Centrifugar a 4900 RPM por 30min. • Decantar el sobrenadado después de centrifugar. 	<p>Ecuación 5-2: Índice de absorción de agua (IAA)</p> $IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g) bs}}$ <p>Donde: Bs: Base seca</p> <p>Ecuación 6-2: Índice de solubilidad en agua (ISA)</p> $ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g) bs}}$ <p>Donde: V: Volumen del sobrenadante Bs: Base seca</p> <p>Ecuación 7-2: Poder de hinchamiento (PH)</p> $PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g) - Peso solubles (g)}}$	<p>(Aristizábal, et al., 2007g: p. 73)</p>
--	---	---	---	---	--

			<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 10mL del sobrenadado en un vaso de precipitación previamente tarado y pesado. • Colocar este en la estufa por 12h a 70°C. • Enfriar hasta temperatura ambiente en un desecador y pesar. • Pesar el tubo de centrifuga con el gel. 		
pH	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de pH • Papel filtro Whatman N°1 • Balanza • Probeta • Vasos de precipitación de 150mL • Embudo • Reverbero 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada • Solución tampón 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el pHmetro con solución tampón ente un pH de 4 y 7. • Colocar en un vaso de precipitación 100mL de agua y hervir por 15 min. • Enfriar asta temperatura ambiente. • Pesar 20g de almidón en base seca. • Colocar los 100mL de agua destilada y agitar suavemente. • Colocar el papel filtro en el embudo y filtrar. • Medir el pH y anotar el resultado. 	<i>Directo</i>	(Aristizábal, et al., 2007h: p.89)
Contenido de cenizas	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Crisoles • Desecador • Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar los crisoles y colocar en la estufa a 60°C por 24h. 	Ecuación 8-2: Contenido de cenizas $\text{Ceniza (\%)} = \frac{\text{Peso de la ceniza (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$	(Aristizábal, et al., 2007i: p.91)

	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Pinza para crisol 		<ul style="list-style-type: none"> • Sacar y colocar en el desecador hasta que llegue a temperatura ambiente. • Pesar en los crisoles 1g de almidón. • Colocar las muestras en la mufla a 550°C por 3h30min. • Sacarlas y colocar en el desecador hasta que este tenga un peso constante. • Pesar el crisol con la ceniza. 		
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Crisol • Pinzas para crisol • Estufa • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar y colocar los crisoles en la estufa por 24h a 80°C. • Colocar en el desecador hasta que se encuentren a temperatura ambiente. • Pesar los crisoles. • Pesar en cada crisol de 20 a 30g de almidón. • Colocar en la estufa los crisoles con la muestra por 24h a 80°C. • Sacarlos y colocarlos en el desecador por 35min aprox. • Pesar los crisoles con la muestra seca. 	<p>Ecuación 9-2: Contenido de humedad</p> <p>% materia seca</p> $= \frac{P_3 - P_1}{P_1} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>P_1: Cápsula tarada</p> <p>P_2: Peso del almidón</p> <p>P_3: Peso del almidón seco con la cápsula.</p>	(Aristizábal, et al., 2007j: p.62)

<p>Solubilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Vaso de precipitación de 25mL • Vaso de precipitación de 200mL • Varilla de agitación • Reverbero • Probeta 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • En el vaso de precipitación de 25mL pesar 2g de almidón. • Agregar 5mL de agua al ambiente y agitar suavemente. • Transferir la mezcla a 100mL de agua hirviendo. • Dejar este en ebullición por 2min. • Observar su color, brillo y transparencia. • Los mismos deben mantenerse una vez que la solución se haya enfriado. 	<p>Directo</p>	<p>(NTE INEN 1456:1986. 2012, p.1)</p>
<p>Densidad real</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Picnómetro • Embudo • Estufa • Desecador • Pipeta • Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar el picnómetro. • Colocar en la estufa a 60°C por 24h. • Colócalo en el desecador hasta que esté a temperatura ambiente. • Tomar la temperatura del agua con la que se va a trabajar. • Llenar el picnómetro con agua destilada y pesar. • Vaciar la mitad del contenido de agua y pesar. 	<p>Ecuación 10-2: Densidad real</p> $\delta_{\text{real}} = \frac{m_3 - m_2}{\frac{(m_3 - m_2) - (m_4 - m_1)}{\delta_{\text{agua}}}}$ <p>Donde:</p> <p>m₁: Picnómetro lleno de agua</p> <p>m₂: Picnómetro con la mitad de agua</p> <p>m₃: Picnómetro con la mitad de agua y almidón de mashua</p> <p>m₄: Picnómetro lleno de agua con almidón</p>	<p>(Cromtek, 2020. p.1)</p>

			<ul style="list-style-type: none"> • Colocar una pequeña cantidad de almidón de mashua agitar suavemente y pesar. • Eliminar todas las burbujas. • Completar con agua el picnómetro. • Pesar. 		
Amilosa		<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis de llevo a cabo en la ciudad de Quito en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 		(Morrison y Laignelet, 1983.)
Análisis microbiológico		<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de servicios analíticos químicos y microbiológicos en agua y alimentos (SAQMIC) ubicado en la ciudad de Riobamba. 		Siembra en masa
Fibra cruda, proteína y grasa		<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Mashua 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis se llevó a cabo en el laboratorio de servicios analíticos químicos y microbiológicos en agua y alimentos (SAQMIC) ubicado en la ciudad de Riobamba. 		Método gravimétrico, digestión acida y básica. Método Kjeldahl.

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2.1. Viscosidad de Brookfield

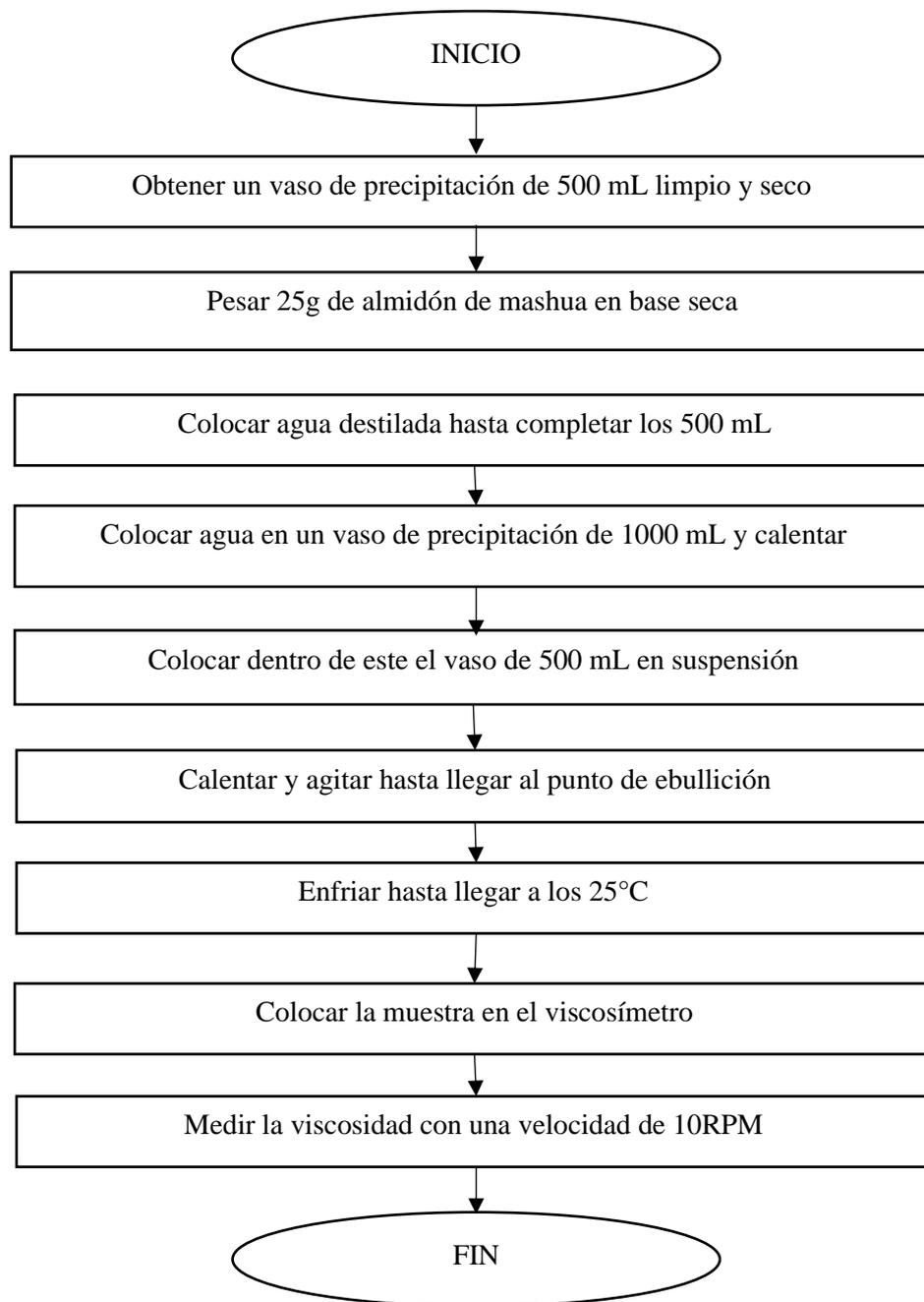


Gráfico 3-2: Flujograma de la viscosidad de Brookfield

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2.2. *Temperatura de gelatinización.*

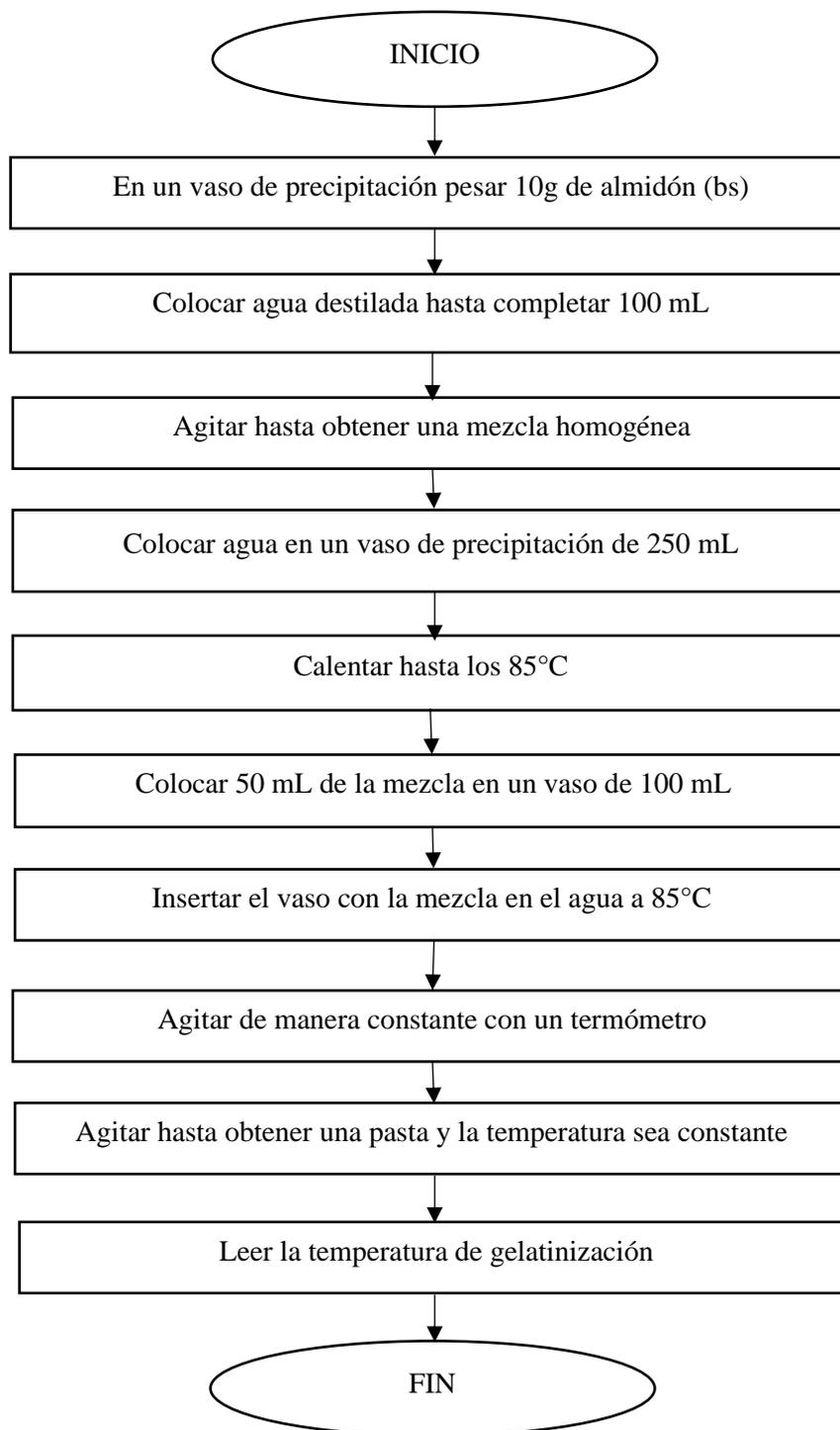


Gráfico 4-2: Temperatura de gelatinización

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2.3. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

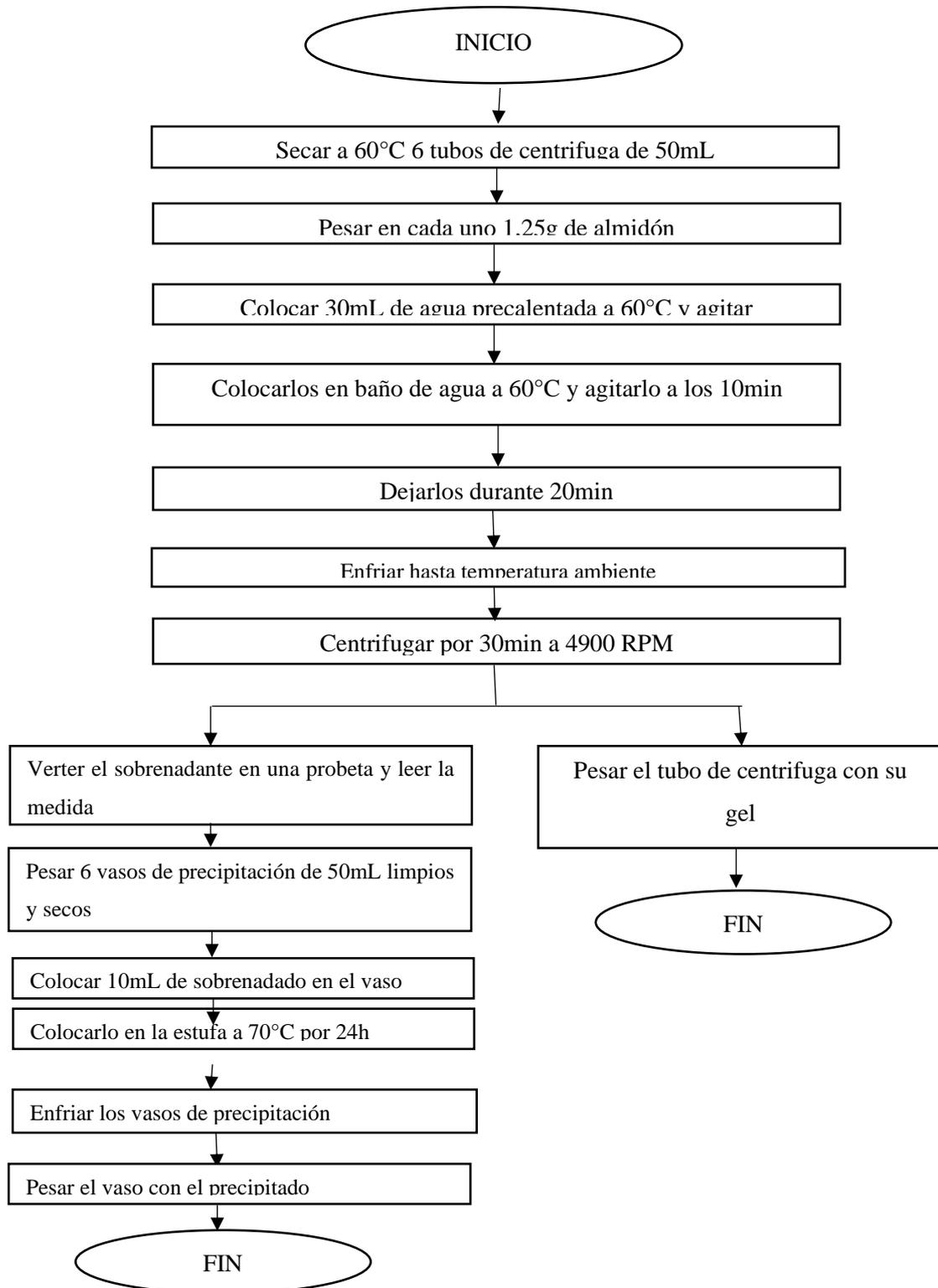


Gráfico 5-2: Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2.4. pH

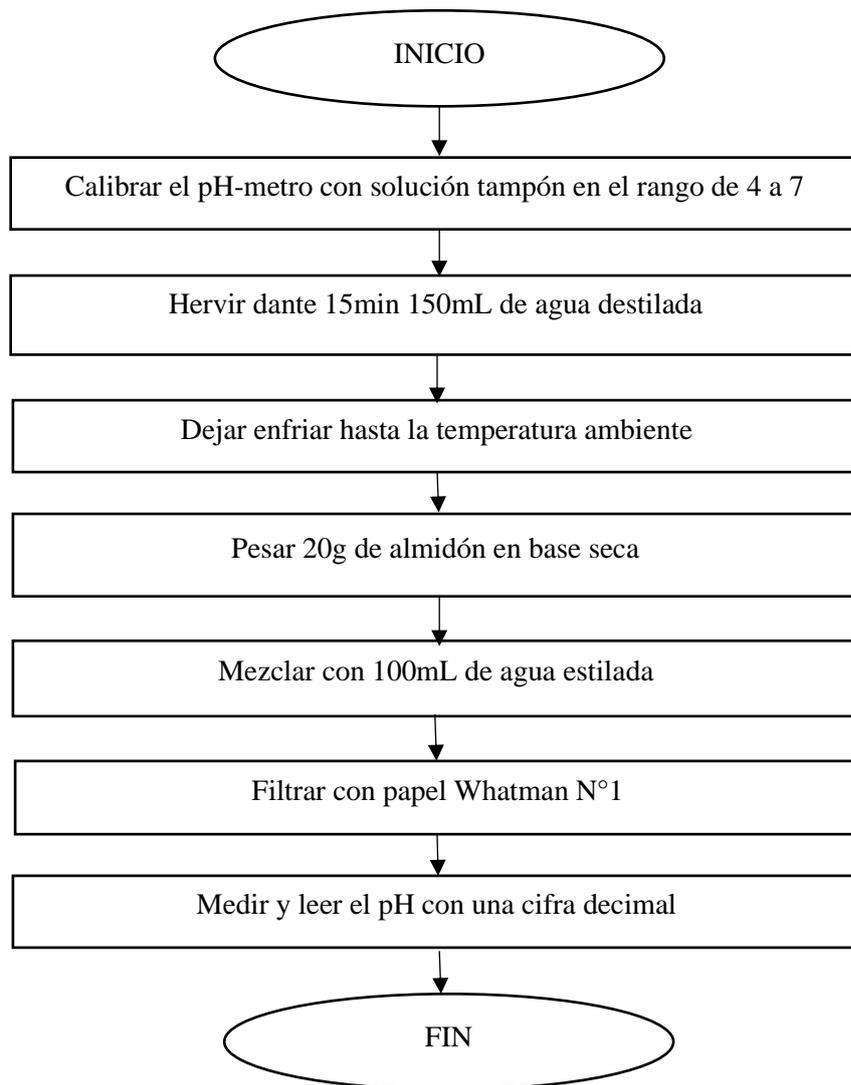


Gráfico 6-2: Flujograma del pH

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.2.5. Cenizas

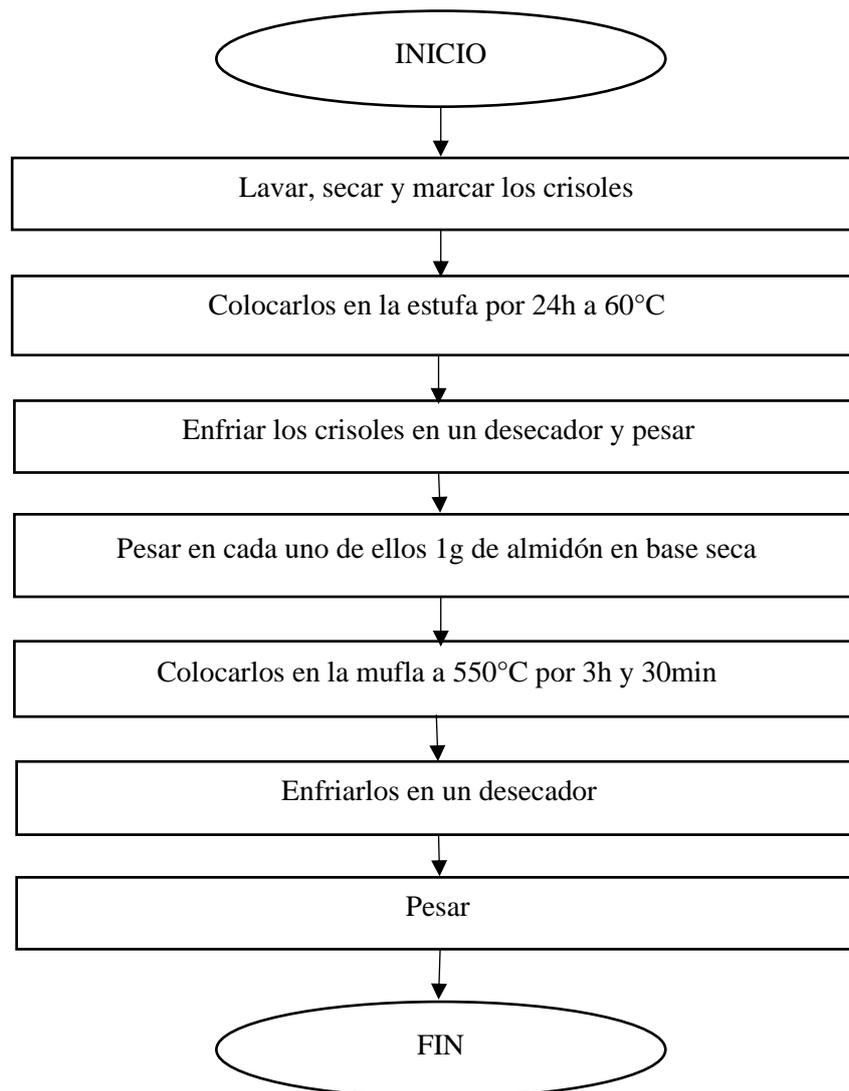


Gráfico 7-2: Flujograma de cenizas.

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.3. Elaboración de las biopelículas

Tabla 8-2: Elaboración del biomaterial

Obtención de la biopelícula			
Materiales	Reactivos	Equipo	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Termómetro • Vaso de precipitación de 150mL • Vaso de precipitación de 500mL • Varilla de agitación • 2 Probetas de 10mL graduadas • Pera de succión • Pinza para crisol • Cajas Petri 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de mashua • Agua destilada • Vinagre (grado alimenticio) • Glicerina 	<ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar 400mL de agua en el vaso de precipitación de 500mL. • Poner esté en el reverbero hasta que se encuentre a 80°C y mantener la temperatura constante. • Pesar en el vaso de precipitación de 150mL el almidón de mashua. • Colocar la glicerina, vinagre y el agua destilada • Agitar la mezcla suavemente hasta que no se observe ningún grumo. • Tomar con la pinza el vaso con la mezcla e introducir en el vaso de 500mL. • Agitar de manera constante la mezcla hasta que esta llegue al punto de gelatinización. • La mezcla debe tener una textura de colada. • Verter la mezcla en la caja Petri. • Llevar a la estufa a 50°C por 10min. • Dejar secar al ambiente por 48h. • Retirar el biopolímero de la caja Petri y dar la vuelta. • Dejar secar este por 12h al ambiente.

Fuente: Castillo et al., 2015 p.36.

Realizado por: Ávila, Lady, 2022

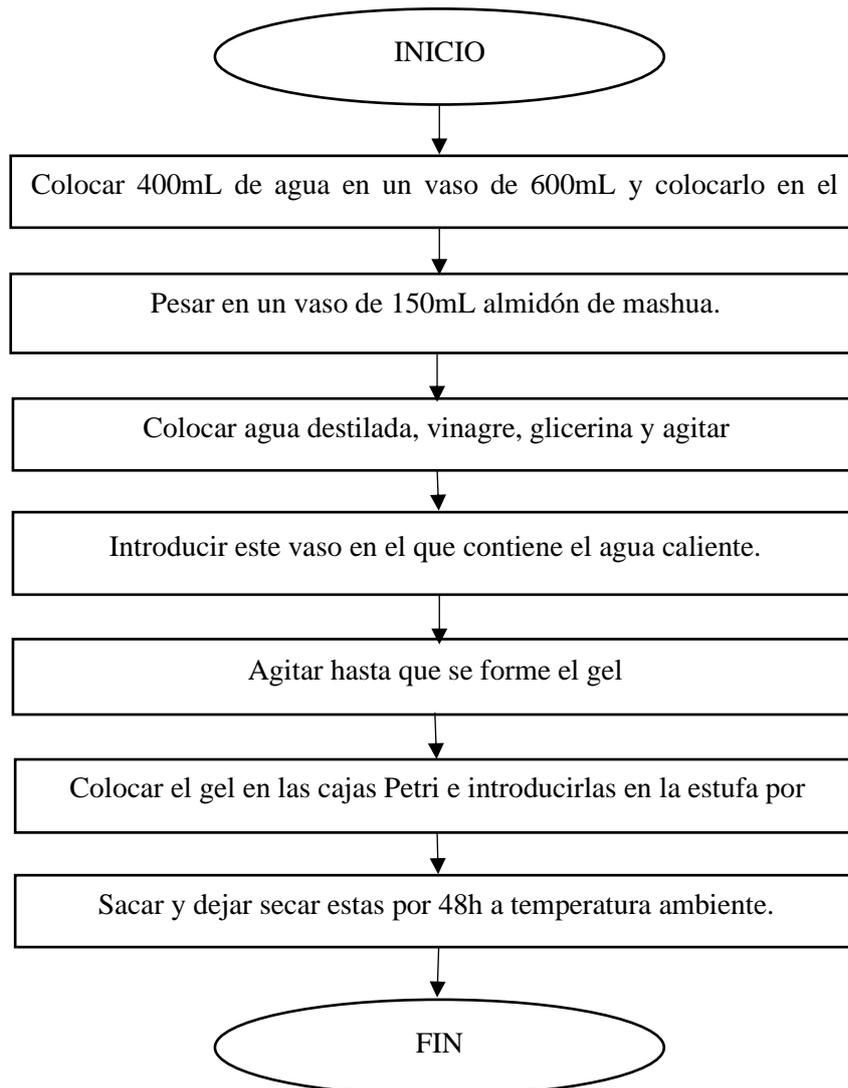


Gráfico 8-2: Flujograma de elaboración de la biopelícula

Realizado por: Ávila, L., 2022.

2.10.4. Caracterización física química de las biopelículas

Tabla 9-2: Caracterización física y química de las biopelículas

ANÁLISIS	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	FÓRMULA	MÉTODO
ESPESOR	<ul style="list-style-type: none"> • Biopolímero • Pie de rey digital 		<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopolímero. • Calibrar el pie de rey digital. • Hacer seis mediciones como mínimo del biopolímero. • Realizar una media 		(Yagos, 2022a: p.31)
TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA	<ul style="list-style-type: none"> • Gradilla • Sílice gel • Desecador • Pie de rey • Biopelícula • Balanza • Estufa • Parafilm 	<ul style="list-style-type: none"> • Sal de mesa • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar la sílice gel en la estufa a 80°C por 24h. • Enfriar en el desecador. • Colocar la sílice gel en cada uno de los tubos de ensayos (3/4 partes). • Obtener biopolímero de 4cm². • Colocar el biopolímero en la boca del tubo de ensayo y 	<p>Ecuación 2-2: Transmisión de vapor de agua.</p> $WVTR = \frac{Q}{t * A}$ <p>Donde:</p> <p>WVTR: Tasa de transmisión de vapor de agua (g/hm²).</p> <p>Q: Cambio de peso (g).</p> <p>t: Tiempo (h).</p> <p>A: Área de la biopolímero a m².</p>	(ASTM International, 2008. pp:1-5)

			<p>colocar parafilm en los bordes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada uno de los tubos de ensayos ya preparados. • Colocar dentro del desecadora una solución de agua con sal saturada. • Colocar dentro del desecador la gradilla con los tubos de ensayo. • Pesar cada hora los tubos de ensayo durante 8h. 	<p>Ecuación 3-2: Permeabilidad de vapor de agua.</p> $WVP = \frac{WVTR}{\Delta p} * e$ $\Delta p = S * (HR_2 - HR_1)$ <p>Donde:</p> <p>WVP: Permeabilidad de vapor de agua (g/hmMPa).</p> <p>e: espesor (m)</p> <p>WVTR: Tasa de transmisión de vapor de agua (g/hm²).</p> <p>S: Presión de vapor de saturación a temperatura de prueba (MPa).</p> <p>HR₂: Humedad relativa del desecador con la solución saturada.</p>	
--	--	--	--	--	--

				HR₁ : Humedad relativa en el interior de la celda ($HR_1 = 0\%$)	
HUMEDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Termobalanza • Biopolímero 		<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de 3cm² de la biopolímero. • Colocar en la termobalanza las láminas del biopolímero a 105°C. • Leer los resultados obtenidos de la humedad en la termobalanza. 		(Yagos, 2022b: p.31)
SOLUBILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Biopolímero • Equipo shaker • Vasos estériles • Estufa • Balanza • Papel filtro • Probeta • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopolímeros de 3cm². • Quitar la humedad de las láminas de biopolímeros. • Pesar las láminas de biopelícula. • Coloca 80mL de agua destilada en el vaso esterilizado. • Colocar dentro del vaso las láminas de biopolímeros. 	<p>Ecuación 4-2: Porcentaje de solubilidad.</p> <p>%Solubilidad</p> $= \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100$ <p>Donde:</p> <p>P₁: Peso del biopolímero sin humedad</p> <p>P₂: Peso del biopolímero seco</p>	(GONTARD, et al., 1994. p:41)

			<ul style="list-style-type: none"> • Colocar estos en el equipo shaker por 1h a 20°C y 100rpm. • Obtener láminas de papel filtro de 5cm². • Pesarse cada una de las láminas de papel filtro. • Sacar las láminas de papel biopolímero y colocarlas sobre las láminas de papel filtro. • Colocarlas en una estufa a 105°C por 24h. • Colocar las muestras en el desecador y enfriar. • Pesarse cada una de las muestras. 		
PROPIEDADES DE TRACCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo EZ-S SHIMADZU • Probetas de bioplástico de 2mm. 		<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopelícula que tengan máximo el espesor de 0,2mm. • Recortar probetas. (Las probetas deben estar en 	<p>Ecuación 5-2 : Módulo de elasticidad.</p> $ME = \frac{F/A}{\Delta L/L}$ <p>Donde:</p>	(ASTM D 882-02, 2002, pp.1-12)

	<ul style="list-style-type: none"> • Estilete 		<p>perfecto estado, estas no deben contener fisuras, rasgaduras y demás).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocar la probeta en las mordazas. • Ejecutar el programa para que el equipo inicie su funcionamiento. 	<p>ME: Módulo de elasticidad (MPa).</p> <p>F: Carga Máxima (N)</p> <p>A: Área de la sección transversal (m²).</p> <p>ΔL: Cambio de longitud.</p> <p>L: Longitud inicial</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> • Biopolímeros • Envases 	Tierra	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopolímero de 3cm². • Colocar tierra en el recipiente. • Colocar la biopelícula en medio de estar cubrir. • Extraer de manera delicada la lámina de biopelícula y limpiar los excesos de tierra. • Tomar una foto. • Procesar la foto en el programa ImageJ. • Medir el área. 	<p>Ecuación 6-2: Degradabilidad del biopolímero</p> $\% \text{Biodegradabilidad} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} * 100$ <p><i>Donde:</i> A₁: Área inicial (cm²) A₂: Área final (cm²)</p>	(Rodríguez et al., 2020. p.121)

BIODEGRADABILIDAD			<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el procedimiento cada tres días 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Biopolímeros • Envases 	Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopolímero de 3cm². • Colocar agua en el recipiente. • Colocar la biopelícula en medio de estay cubrir. • Extraer de manera delicada la lámina de biopolímero • Tomar una foto. • Procesar la foto en el programa ImageJ. • Medir el área. • Realizar el procedimiento cada tres días. 	(Ruiz et al., 2009. pp.70-71)
	<ul style="list-style-type: none"> • Biopelícula • Envases 		<ul style="list-style-type: none"> • Obtener láminas de biopolímero de 3cm². • Colocar la biopelícula en el envase y dejar la muestra al ambiente. • Extraer de manera delicada la lámina de biopolímero. • Tomar una foto. 	

			<ul style="list-style-type: none">• Procesar la foto en el programa ImageJ.• Medir el área.• Realizar el procedimiento cada tres días.	
--	--	--	--	--

Realizado por: Ávila, L., 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Recolección de datos de materia prima, almidón de mashua y del biopolímero

3.1.1. Caracterización física de la mashua.

A continuación, se muestran los datos obtenidos del peso, largo y ancho de la mashua para esto se seleccionaron cinco las cuales contaban con un tamaño semejante con las cuales se obtuvo una media y su desviación estándar.

Tabla 1-3: Datos de las características física de la mashua

ENSAYO	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
1	105,4995	150,10	36,08
2	85,4515	154,85	35,20
3	81,4289	147,82	34,39
4	74,8919	119,94	35,10
5	74,1396	141,85	24,32

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.2. Contenido de materia seca

La materia prima fue cortada de manera delgada y uniforme con la finalidad de que todos sus lados tengan un secado homogéneo dando los siguientes resultados.

Tabla 2-3: Datos de materia seca

MUESTRAS	(P1) MASA CRISOL (g)	(P2) MASA DE ALMIDÓN	(P3) MASA CRISOL + MASA ALMIDON SECO (g)
1	106,9645	27,25	109,29
2	83,857	25,6407	86,3621
3	95,0357	25,7391	97,4438
Promedio	95,2857	26,2093	97,6986

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.3. Ceniza de la materia prima

Los datos obtenidos para la elaboración de la ceniza de la materia prima se obtuvieron una vez que se procedió con el secado, triturado, molienda y el sacado de esta, detallándose a continuación.

Tabla 3-3: Datos de la ceniza de la mashua

MUESTRAS	MASA CRISOL (g)	MASA DEL ALMIDÓN (g)	MASA CRISOL + MASA CENIZA (g)
1	33,5434	1,0130	33,5834
2	42,8569	1,0107	42,9051
3	43,996	1,013	44,0426

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.4. pH de la materia prima

Para obtención de datos del pH de la materia prima se realizaron tres repeticiones de manera directa con el pHmetro.

Tabla 4-3: pH de la materia prima

MUESTRA	pH
1	5,81
2	5,75
3	5,66

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.5. Obtención del almidón

El almidón obtenido fue procesado por vía húmeda y en base en el diseño factorial 2^k tomando las variables tiempo de 30s y 60s; y las velocidades de licuado baja (333,33 RPM1) y alta (666,66 RPM2) dando como resultado la obtención de cuatro muestras de las cuales se realizaron cuatro repeticiones dando los datos expresados en la siguiente tabla:

Tabla 5-3: Obtención de datos del almidón

TRATAMIENTO	VARIABLES (rpm/t)	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
				PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
					R	PROMEDIO				TOTAL
T1	RPM 1 : 30s	R1	500	200	6	6,5	26	3,00	3,25	70
		R2			7			3,50		
		R3			6			3,00		
		R4			7			3,50		
T2	RPM 1 : 60s	R1			9	9,25	37	4,50	4,63	
		R2			9			4,50		
		R3			9			4,50		
		R4			10			5,00		
T3	RPM 2 : 30s	R1			6	6,5	26	3,00	3,25	
		R2			7			3,50		
		R3			7			3,50		
		R4			6			3,00		
T4	RPM 2 : 60s	R1			8	7,75	31	4,00	3,88	
		R2			7			3,50		
		R3			9			4,50		
		R4			7			3,50		

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.6. Curva de secado

Para la elaboración de la curva de secado se requirió del almidón ya procesado que luego fue colocados en capsulas para entrar a la estufa a 60°C y pesado cada 40min.

Tabla 6-3: Obtención de datos de la curva de secado.

T(h)	R1	R2	R3	R4	R5	R6
0	26,3333	26,5641	25,7465	24,0767	24,5796	26,9331
0,4	24,191	23,7635	24,014	21,896	22,65	24,7416
1,3	22,103	21,3465	21,512	2,0348	20,2112	22,9873
2	19,8972	19,483	19,8667	18,9296	18,7396	20,767
2,5	18,979	18,5552	18,9332	18,175	18,00445	19,447
3,3	18,3812	18,1047	18,2961	17,7072	17,5831	18,6636
4	17,8208	17,6851	17,6904	17,1218	17,2442	18,1997
4,5	17,7343	17,6037	17,6042	16,9901	17,2278	18,1722
5,3	17,6951	17,6326	17,5615	16,9066	17,2258	18,1657
6	17,6836	17,6382	17,5566	16,8778	17,2229	18,159
6,5	17,6817	17,6361	17,5479	17,8767	17,2082	18,1568
7,3	17,6729	17,6294	17,5455	16,8704	17,2058	18,1405
8	17,6721	17,6121	17,5451	16,8679	17,2032	18,1325
8,5	17,6562	17,6082	17,5227	16,8437	17,1943	18,1315
9,3	17,6444	17,5882	17,5067	16,8287	17,1844	18,1227
10	17,6335	17,5772	17,4948	16,8203	17,1816	18,111

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.7 Contenido de materia seca

Para recabar estos datos se realizó el pesaje de capsulas taradas y dentro de ellas la colocación del almidón para ingresar a la estufa por 24h.

Tabla 7-3: Datos del contenido de la materia seca del almidón

MUESTRAS	(P1) MASA CRISOL (g)	(P2) MASA DE ALMIDÓN	(P3) MASA CRISOL + MASA ALMIDON SECO (g)
1	85,1547	20,0005	102,0337
2	75,5726	20,0085	91,4326
3	83,8037	20,0002	100,6764
Promedio	81,5103	20,0030	98,0475

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.8. pH del almidón

Para la obtención de los datos del pH del almidón se realizaron tres repeticiones de forma directa mediante el pHmetro adquiriendo por medio de este su desviación estándar.

Tabla 8-3: pH del almidón

MUESTRAS	pH
1	5,24
2	5,5
3	5,5

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.9. Contenido de ceniza del almidón

La adquisición de datos se dio mediante el tarado de crisoles y el pesaje de almidón dentro de estas para luego reposar por 24h dentro de la mufla dando como resultado lo expresado en la siguiente tabla.

Tabla 9-3: Obtención de datos de la ceniza del almidón

MUESTRAS	MASA CRISOL (g)	MASA DEL ALMIDÓN (g)	MASA Crisol + MASA ceniza (g)
1	37,5033	1,0006	37,5063
2	37,5033	1,0006	37,5063
3	42,0552	1,0072	42,0582

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.10. Densidad real

Los datos de la densidad aparente se dieron mediante el pesaje del picnómetro tarado, con agua, con la mitad de agua y una cantidad considerable de almidón, y el aforo total de este, dando los valores que se expresan a continuación.

Tabla 10-3: Obtención de datos de la densidad real

MUESTRAS	Peso picnómetro	M1	M2	M3	M4	Masa	Volumen
1	15,6115	25,3962	20,7116	21,905	25,8388	1,19340	0,75296
2	11,7104	21,4102	16,7705	17,7376	21,752	0,96710	0,62650
3	15,6472	26,216	20,6916	22,0971	26,7191	1,40550	0,90414

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.11. Densidad aparente

Para el desarrollo y obtención de datos de esta se realizó el pesaje de una probeta de 10mL y dentro de ella se colocó el almidón sin empacar y después se empaco el mismo, como se expresa a continuación

Tabla 11-3: Obtención de datos de la densidad aparente

Peso de la probeta vacía	Volumen probeta	Almidón suelto	Almidón empacado
14,9863	10	21,6888	24,173
14,9896	10	21,7907	24,431
14,9853	10	21,9291	23,8592
14,99	10	22,1394	24,3788

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.12. Poder de hinchamiento, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua.

Para el desarrollo de este análisis se requirió de tubos de centrifuga en el cual se colocó agua y almidón se agitaron de manera delicada y se colocaron en baño maría para pasar a la centrifuga y de este modo medir el sobrenadado y tomar una pequeña alícuota de este en un vaso de precipitación que luego entrara a la estufa a 60°C por 12h dando como resultado lo que se expresa a continuación.

Tabla 12-3: Obtención de datos ISA, IAA y PH

Muestras	Peso del vaso vacío	Peso del tubo vacío	Peso del tubo + gel	Peso del vaso + insolubles	Peso del gel	Peso de la muestra	Peso insolubles	Volumen Probeta
1	28,1470	13,3440	28,3120	28,1715	14,9680	1,2520	0,0245	15,0000
2	33,8660	13,5020	28,8050	33,8866	15,3030	1,2530	0,0206	15,0000
3	29,9760	13,4690	29,0900	29,9971	15,6210	1,2500	0,0211	15,5000
4	32,5810	13,3040	28,4550	32,6052	15,1510	1,2510	0,0242	16,5000

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.13. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización se llevó a cabo mediante la colocación del almidón con agua destilada y un baño maría preparado a 85°C, el cual será agitado suavemente con un termómetro

hasta obtener una pasta la cual nos indicará la temperatura a la cual se forma dándose esta de manera directa con su respectiva desviación estándar.

Tabla 13-3: Obtención de la temperatura de gelatinización

Muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	60	4
2	62	3,6
3	62	4,3

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.14. Viscosidad de Brookfield

La viscosidad de Brookfield inicia con el pesaje del almidón y la colocación de agua mezclando de manera homogénea y luego sometida al calor hasta la aparición de la primera burbuja para luego enfriarse hasta llegar a temperatura ambiente y poder medir la viscosidad en el viscosímetro dando los siguientes datos y resultados con su respectiva desviación estándar de manera directa.

Tabla 14-3: Viscosidad de Brookfield

Muestra	Temperatura (°C)	Viscosidad (mPa*s)
1	25,9	5400
2	24,9	5990
3	25,8	5690

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.15. Elaboración del biopolímero

El desarrollo del biopolímero se realizó en el laboratorio de investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con una cantidad alta de almidón (CA1) y una cantidad baja de almidón (CA2) y con la variante de la glicerina alta (CP1) y una cantidad baja de glicerina (CP2) dando los siguientes resultados expresados a continuación.

Tabla 15-3: Obtención de datos de la elaboración de la biopolímero

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (min)	SECADO		
				ELABORACIÓN	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (H)
T1	CA1 : CP1	R1	61,3	4:34	Ambiente	25	48
		R2					48
		R3					48
		R4					48
T2	CA1 : CP2	R1		4:00			48
		R2					48
		R3					48
		R4					48
T3	CA2 : CP1	R1		2:49			48
		R2					48
		R3					48
		R4					48
T4	CA2 : CP2	R1		2:19			48
		R2					48
		R3					48
		R4					48
				2:40			48

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.16. Espesor del biopolímero

El biopolímero se obtuvo con los datos expresados anteriormente y con estas se realizaron los ensayos los cuales fueron los decisivos para la elección de los biopolímeros, a continuación, se detallan.

Tabla 16-3: Espesor del biopolímero

T1				T2				T3				T4			
0,12	0,09	0,11	0,12	0,08	0,10	0,08	0,11	0,13	0,13	0,14	0,13	0,11	0,07	0,11	0,09
0,10	0,08	0,11	0,12	0,10	0,11	0,20	0,11	0,14	0,11	0,15	0,15	0,10	0,10	0,11	0,10
0,10	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,20	0,11	0,14	0,11	0,14	0,16	0,10	0,08	0,12	0,10
0,09	0,10	0,12	0,10	0,09	0,12	0,20	0,12	0,16	0,14	0,16	0,15	0,10	0,09	0,12	0,10
0,08	0,10	0,11	0,11	0,09	0,12	0,20	0,10	0,16	0,14	0,17	0,14	0,09	0,09	0,12	0,11
0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,13	0,20	0,10	0,15	0,15	0,17	0,13	0,09	0,10	0,10	0,11
0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,20	0,12	0,13	0,16	0,18	0,13	0,10	0,10	0,10	0,09
0,14	0,12	0,12	0,10	0,11	0,12	0,17	0,10	0,14	0,16	0,18	0,11	0,10	0,09	0,11	0,09
0,14	0,12	0,13	0,11	0,11	0,13	0,17	0,11	0,08	0,14	0,20	0,12	0,12	0,09	0,12	0,08
0,13	0,12	0,13	0,12	0,10	0,13	0,17	0,11	0,11	0,14	0,16	0,12	0,12	0,10	0,12	0,08

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 17-3: Datos de la obtención del biopolímero

Tratamiento	Variable	Repetición	Área (cm ²) caja Petri	Masa caja Petri vacía	Masa del vertido	Caja Petri + muestra seca	Masa del biopolímero	Promedio del biopolímero	PESO / ÁREA (g/cm ²)	Promedio del espesor	% Humedad
T1	CA1 : CP1	R1	78,54	41,7428	17,9147	43,18	1,4372	1,5729	0,0183	0.12±0.01	91,98
		R2	66,476	43,7022	16,5139	45,065	1,3628		0,0205		91,75
		R3	78,54	42,8155	17,5377	44,215	1,3995		0,0178		92,02
		R4	66,476	40,1169	16,5728	42,209	2,0921		0,0315		87,38
T2	CA1 : CP2	R1	78,54	42,1714	17,8581	43,614	1,4426	1,6398	0,0184	0.13±0.01	91,92
		R2	66,476	37,7890	16,6825	39,931	2,1420		0,0322		87,16
		R3	78,54	37,2120	18,8707	38,744	1,5320		0,0195		91,88
		R4	66,476	44,1975	16,8014	45,64	1,4425		0,0217		91,41
T3	CA2 : CP1	R1	78,54	38,8164	18,5423	40,494	1,6776	1,9504	0,0214	0.13±0.01	90,95
		R2	66,476	37,0499	16,942	39,473	2,4231		0,0365		85,70
		R3	78,54	37,9290	17,9154	39,547	1,6180		0,0206		90,97
		R4	66,476	43,4861	16,8514	45,569	2,0829		0,0313		87,64
T4	CA2 : CP2	R1	78,54	41,9636	18,5270	43,491	1,5274	1,5084	0,0194	0.15±0.01	91,76
		R2	66,476	39,0550	15,5023	40,63	1,5750		0,0237		89,84
		R3	78,54	46,7870	17,7071	48,263	1,4760		0,0188		91,66
		R4	66,476	42,7108	16,7020	44,166	1,4552		0,0219		91,29

Realizado por: Avila, L., 2022.

3.1.17. Tasa de transmisión de vapor de agua y permeabilidad de vapor de agua

La permeabilidad de vapor de agua se realizó en tubos de ensayo los cuales contenían sílice gel activa y en la boca del tubo de ensayo se colocó de manera hermética el biopolímero a para ser colocada dentro de un desecador que contenía en su interior una solución salina sobresaturada para ser pasado cada hora por 8h dando los datos expresados a continuación.

Tabla 18-3: Datos de la permeabilidad de agua

Tratamiento	Repetición	Peso inicial	Peso (1h)	Peso (2h)	Peso (3h)	Peso (4h)	Peso (5h)	Peso (6h)	Peso (7h)	Peso (8h)
T1	1	34,4891	34,4933	34,5020	34,5026	34,5102	34,5187	34,5237	34,5200	34,5381
	2	34,3614	34,3661	34,3732	34,3744	34,3813	34,3912	34,3984	34,4010	34,4113
	3	33,3324	33,3370	33,3455	33,3465	33,3548	32,3640	33,3719	33,3749	33,3889
	4	33,8982	33,9032	33,9107	33,9113	33,9197	33,9274	33,9313	33,9346	33,9428
T2	1	33,8366	33,8413	33,8531	33,8540	33,8586	33,8656	33,8694	33,8728	33,8824
	2	34,4757	34,4795	34,4854	34,4881	34,4990	34,5037	34,5094	34,5122	34,5221
	3	33,4990	33,5038	33,5108	33,5147	33,5210	33,5346	33,5358	33,5425	33,5515
	4	34,0594	34,0646	34,0707	34,0765	34,0815	34,0872	34,0987	34,1016	34,1152
T3	1	33,3337	33,3396	33,3472	33,3532	33,3599	33,3669	33,3723	33,3766	33,3863
	2	33,4919	33,4978	33,5046	33,5091	33,5149	33,5226	33,5278	33,5324	33,5422
	3	34,3535	34,3587	34,3645	34,3712	34,3788	34,3862	34,3915	34,3750	34,4078
	4	32,8755	3,8809	32,8886	32,8941	32,9014	32,9093	32,9160	32,9228	32,9311
T4	1	33,6864	33,7907	33,7931	33,7993	33,8038	33,8072	33,8105	33,8142	33,8212
	2	33,9613	33,9669	33,9706	33,9759	33,9804	33,9880	33,9889	33,9938	34,0012
	3	33,6338	33,6338	33,6372	33,6427	33,6449	33,6500	33,6533	33,6589	33,6644
	4	32,9608	32,9642	32,9689	32,9781	32,9809	32,9846	32,9890	32,9997	33,0055

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.18. Humedad y solubilidad de la biopelícula

La humedad del biopolímero se midió de manera directa con el uso de la termobalanza y una vez obtenido su valor y el biopolímero se realizaron las pruebas de solubilidad mediante la colocación de agua en vasos estériles para ser colocados en el shaker y ser llevados luego a la estufa dando los resultados que se visualizan a continuación.

Tabla 19-3: Humedad

Tratamiento	% Humedad
T1	15,30
	13,37
	14,01
T2	15,48
	16,54
	15,27
T3	18,92
	17,68
	16,31
T4	14,50
	15,04
	16,18

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 20-3: Datos de la solubilidad

Tratamiento	Repeticiones	Peso inicial	Peso final
T1	R1	0,1830	0,0995
	R2	0,2520	0,0902
	R3	0,2070	0,0943
T2	R1	0,2390	0,1090
	R2	0,2600	0,1190
	R3	0,2620	0,1224
T3	R1	0,2220	0,1016
	R2	0,1980	0,0877
	R3	0,2330	0,1058
T4	R1	0,1330	0,0725
	R2	0,1360	0,0715
	R3	0,1400	0,0821

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.19. Pruebas mecánicas

Para el desarrollo de las pruebas mecánicas se elaboró la probeta la misma que serviría para la colocación en el equipo para su respectivo análisis, dando los siguientes datos que se expresa a continuación.

Tabla 21-3: Datos de pruebas mecánicas

Tratamiento	Repetición	Espesor			
T1	R1	0,12	0,18	0,160	0,017
	R2	0,14	0,13	0,19	0,015
T2	R1	0,2	0,19	0,2	0,020
	R2	0,2	0,19	0,17	0,019
T3	R1	0,13	0,13	0,14	0,013
	R2	0,19	0,19	0,18	0,019
T4	R1	0,18	0,2	0,2	0,019
	R2	0,18	0,19	0,19	0,019

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.1.20. Degradabilidad del biopolímero

3.2. Cálculos

Cabe destacar que para la elaboración de los cálculos se realiza solo un ejemplar de cada uno de los ítems, sin embargo por cada uno de los mismo se realizaron repeticiones.

3.2.1. Rendimiento del almidón

$$\%R = \frac{m_1}{m_2} * 100$$

$$\%R = \frac{10}{200} * 100$$

$$\%R = 5\%$$

3.2.2. Contenido de materia seca y humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_3 - P_1}{P_1} x 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{102,0337 - 85,1547}{20,0005} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 82,39\%$$

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - \% \text{ humedad}$$

$$\% \text{ Materia seca} = 100 - 82,39\%$$

$$\% \text{ Materia seca} = 17,61$$

3.2.3. Porcentaje de ceniza

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{\text{Peso de la ceniza (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Ceniza (\%)} = \frac{37,5063g - 37,5033g}{1,0006g} \times 100$$

$$\text{Ceniza (\%)} = 0,30\%$$

3.2.4. Densidad aparente y densidad real

3.2.4.1. Densidad real

$$\delta_{real} = \frac{m_3 - m_2}{\frac{(m_3 - m_2) - (m_4 - m_1)}{\delta_{agua}}}$$

$$\delta_{real} = \frac{21,0950g - 20,7116g}{\frac{(21,0950g - 20,7116g) - (25,8388g - 2,3962g)}{0,99713 \text{ g/mL}}}$$

$$\delta_{real} = 1,58 \text{ g/mL}$$

3.2.4.2. Densidad aparente del almidón suelto

$$\delta_{aparente} = \frac{(P_1 + \text{almidón suelto}) - P_2}{10\text{mL}}$$

$$\delta_{aparente} = \frac{(14,9863g + 21,68888g) - 14,9863g}{10\text{mL}}$$

$$\delta_{aparente} = 2,1688 \text{ g/mL}$$

3.2.4.3. Densidad aparente del almidón empaquetado

$$\delta_{\text{aparente}} = \frac{(P_1 + \text{almidón empacado}) - P_2}{10\text{mL}}$$

$$\delta_{\text{aparente}} = \frac{(14,9863\text{g} + 24,1730\text{g}) - 14,9863\text{g}}{10\text{mL}}$$

$$\delta_{\text{aparente}} = 2,4173 \text{ g/mL}$$

3.2.5. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

3.2.5.1. Índice de absorción de agua (IAA)

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)bs}}$$

$$IAA = \frac{14,9680\text{g}}{1,2520 \text{ g}}$$

$$IAA = 11,9553$$

3.2.5.2. Índice de solubilidad en agua

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g) bs}}$$

$$ISA = \frac{0,0245\text{g} \times 15\text{ml} \times 10}{1,2520\text{g}}$$

$$ISA = 2,9353\%$$

3.2.5.3. Poder de hinchamiento

$$PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g) - Peso solubles (g)}}$$

$$PH = \frac{14,9680\text{g}}{1,2520\text{g} - 0,0245\text{g}}$$

$$PH = 12,1939$$

3.2.6. Tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) y transmisión de vapor de agua (WVP).

3.2.6.1. Tasa de transmisión de vapor de agua

$$WVTR = \frac{Q}{t * A}$$

$$WVTR = \frac{34,5381\text{g} - 34,4891}{(8\text{h} - 0\text{h}) * 0,00160\text{m}^2}$$

$$WVTR = 3,828 \frac{g}{h.m^2}$$

3.2.6.2. Trasmisión de vapor de agua

$$\begin{aligned} \Delta p &= S * (HR_2 - HR_1) \\ \Delta p &= 0,00317MPA * (0,75 - 0) \\ \Delta p &= 0,002378MPA \\ WVP &= \frac{WVTR}{\Delta p} * e \\ WVP &= \frac{3,828 \frac{g}{h.m^2}}{0,002378MPA} * 0,00010m \\ WVP &= 0,161 \frac{g}{h.m.MPA} \end{aligned}$$

3.2.7. Porcentaje de solubilidad

$$\begin{aligned} \%Solubilidad &= \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100 \\ \%Solubilidad &= \frac{0,183g - 0,0995g}{0,183g} * 100 \\ \%Solubilidad &= 4,63\% \end{aligned}$$

3.2.8. Módulo de elasticidad

$$\begin{aligned} ME &= \frac{F/A}{\Delta L/L} \\ ME &= \frac{3,9N / 0,00000255m^2}{0,283m - 0,274m / 0,070m} \\ ME &= 11895424,84Pa \frac{1MPa}{1000000Pa} \\ ME &= 11,89MP \end{aligned}$$

3.2.9. Degradación del biopolímero

$$\%Biodegradabilidad = \frac{A_1 - A_2}{A_1} * 100$$

$$\%Biodegradabilidad = \frac{13 - 12,80}{13} * 100$$

$$\%Biodegradabilidad = 6,09\%$$

3.3. Resultados y discusión

3.3.1. Resultado de los análisis realizados a la materia prima (mashua).

3.3.1.1. Resultados de la caracterización física de la mashua

Tabla 22-3: Resultados de la caracterización

PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
84,28±5,7	142,91±6,11	33,02±2,19

Realizado por: Ávila, L., 2022.

3.3.1.2. Resultados organolépticos de la mashua

Tabla 22-3: Resultados de las pruebas organolépticas

Color	Amarillo claro
Olor	Dulce
Sabor	Dulce-picante
Textura interna	Dura
Textura externas	Lisa con pliegues

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Las pruebas organolépticas que se le realizaron a la mashua van de acuerdo con lo expresado por Gabriela quien también asevera que su forma que es cónica, de olor dulce y sabor picante dulce cuando esta se encuentra cruda (Coellar, 2017, p.31).

3.3.1.3. Resultados de las pruebas físico química de la mashua

Tabla 23-3: Resultados de las pruebas físico químicas de la mashua

ANÁLISIS	UNIDADES	VALOR	NORMA
Humedad	%	90,55	(NTE INEN-ISO 1666, 2014)
Sustancia seca	%	9,45	(NTE INEN-ISO 1666, 2014)
Ceniza	%	4,44±0,25	AOAC 942.05
pH	-	5,74±0,044	INEN 1456
Fibra cruda	%	4,03	Metodo gravimetrico Digestión ácida y básica/SAQMIC
Proteína	%	5,59	Metodo Kjeldahl/SAQMIC Codex alimentarius
Grasa	%	4,40	NTE INEN 523/SAQMIC

Realizado por: Ávila, L., 2022.

La humedad obtenida tiene un valor de 90,55% la cual se encuentra fuera de rango ya que la NTE INEN-ISO 1666 expresa que la humedad toma el valor del 60% al 70% (NTE INEN-ISO 1666, 1996), sin embargo en la investigación desarrollada por Espín explica que la humedad en la mashua es de 88,70% (Espín, et al., 2004, p.93), el incremento de la humedad se debe a la presencia de azúcares libres o al grupo hidrófilo que se encuentran en su estructura, mismos que ayudan a la captación y formación de agua dentro de la materia prima (Ocaña, 2019a: p.18), teniendo en cuenta que la fórmula de la materia seca está relacionada íntimamente con la humedad está tomará un valor que se encontrara fuera de los límites establecidos.

La ceniza obtenida tiene un valor de 4,44±0,25 misma que no se encuentra dentro de rango pero se encuentra bastante próxima según la AOAC ya que estos valores van de 3,5 a 4,0 (Thiex y Novotny, 2012, p.1394) este excedente presente en la ceniza se debe a la presencia de algunos minerales ya que se han obtenido valores de 4,93 ± 0,05 en la mashua (Ocaña, 2019b: p.19).

El pH obtenido en el ensayo por medio del pHmetro dio un resultado de 5,74±0,044 el cual se encuentra dentro de los valores establecidos que van desde 5 a 7 (NTE INEN 1456:1986, 2012. p.2), en un estudio realizado previamente se obtuvo un valor de 4,71 (Medina y Usca, 2018a: p.69).

El valor de la fibra cruda obtenida es de 4,03%, la misma que es aceptada siempre y cuando dentro de la fase de prueba esta no supere el 0,01% entre sus repeticiones (NTE INEN 522, 2013, p.3), en estudios realizados se ha podido encontrar que la fibra de la harina de mashua puede llegar a tener valores comprendidos entre 0,7% (Ministerio de Cultura y Patrimonio, 2013. p.4) y 7,53% (Medina y Usca, 2018b: p.67) mismas que estará en dependencia únicamente de cada producción de mashua.

5,59% es el valor correspondiente a la cantidad de proteína presente en la materia prima la misma que se encuentra dentro del valor máximo permitido por el Codex alimentarius que tiene un valor

del 7% (FAO y OMS, 2007. p.46), pero en estudios realizados en la mashua se han encontrado valores que van desde 7,46% (Urresta, 2010a: p.40) y hasta 9,12% (Ocaña, 2019. p.18) y en comparación con la proteína contenida en la harina de oca que es de 4,96% (Medina y Usca, 2018c: p.68) se puede expresar que la mashua tiene mayor cantidad de proteína.

La cantidad de grasa obtenida tuvo un valor 4,40%, mismo resultado que va muy cercano con el obtenido de 4,61% por Urresta (Urresta, 2010b: p.40) , sin embargo la técnica expresa que para que el resultado se encuentre dentro de norma en las repeticiones realizadas sus valores deben variar con un máximo de un 0,02% (INEN NTE 523, 1980. p.3).

3.3.2. Resultado de los análisis del almidón de mashua

3.3.2.1. Rendimiento del almidón

Como se puede observar a continuación en el siguiente gráfico el mejor rendimiento le corresponde al tratamiento dos con tiempo de 60s y a una velocidad de 333.3RPM, dando el mismo resultado mediante la elaboración de una ANOVA y TUKEY.

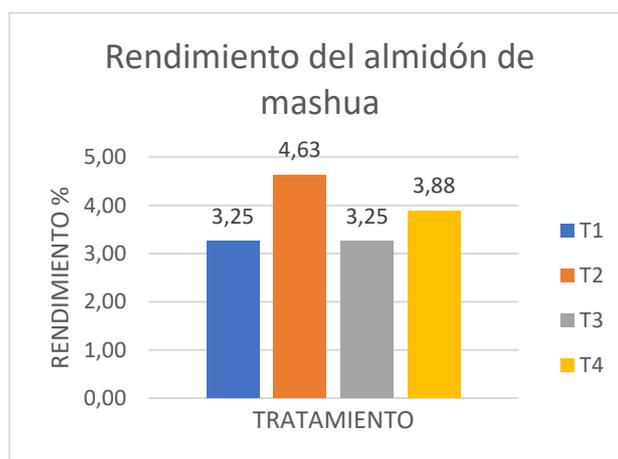


Gráfico 1-3: Rendimiento del almidón.

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 24-3: Varianza (ANOVA) del rendimiento del almidón

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
RPM	1	0,5625	0,5625	4,91	0,04
TIEMPO	1	4,0000	4,0000	34,91	0,000
RPM*TIEMPO	1	0,5625	0,5625	4,91	0,04
Error	12	1,3750	0,114		
Total	15	6,5000			

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 24-3: Resumen del modelo para el rendimiento del almidón

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,338502	78,85%	73,56%	62,39%

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 25-3: Análisis Tukey del rendimiento del almidón

RPM*TIEMPO	N	Media	Agrupación
1 60	4	4,625	A
2 60	4	3,875	B
1 30	4	3,250	B
2 30	4	3,250	B

Realizado por: Ávila, L., 2022.

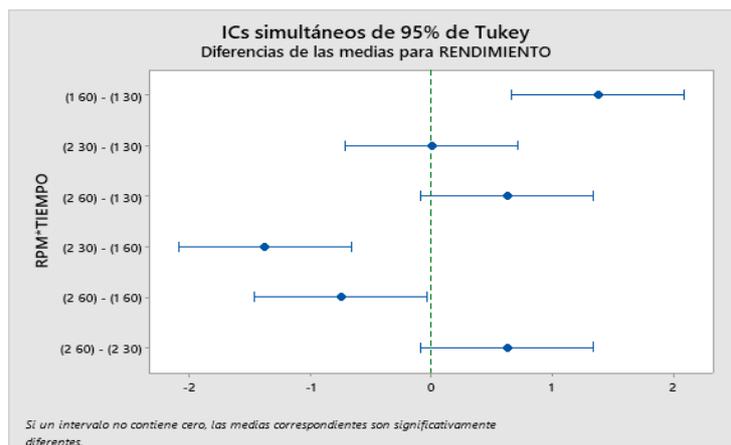


Gráfico 2-3: Rendimiento del almidón por el método TUKEY

Realizado por: Ávila, L., 2022.

En los resultados obtenidos a partir de la varianza se puede determinar que la interacción entre el tiempo y la velocidad (RPM), toman un valor de $p < 0,04$ siendo menor a $p < 0,05$ indicando que estos son factores que influyen de manera directa sobre el almidón con una confianza del 95%, mientras que en el modelo de Tukey se encontró que existe una letra diferente correspondiente a una velocidad de 333,33 RPM, 60s y un rendimiento del 4,625% con un nivel de confianza del 95% se asegura entonces de este modo que es el mejor rendimiento le corresponde al tratamiento dos lo que también se evidencia mediante la gráfica obtenida, que comparado con el rendimiento del maíz chulpi es muy bajo ya que este pudo alcanzar un rendimiento de 27,31% con un valor de $p < 0,000$ indicando lo descrito anteriormente con una velocidad alta en 60s (Maza, et al., 2022).

p.951) claramente los valores obtenidos discrepan entre sí, debido a que la caracterización de los tubérculos y granos se encuentra en dependencia de cada uno y de cada tipo (Manzanillas, 2018, p.21).

3.3.2.2. Curva de secado

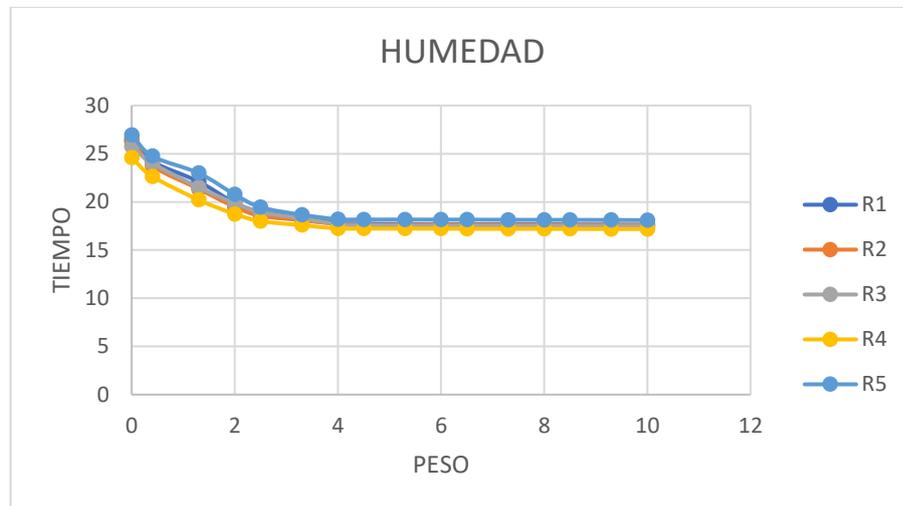


Gráfico 3-3: Curva de secado

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Dentro de la curva de secado en las diversas repeticiones se puede observar cómo estas se van equilibrando de manera uniforme, lo mismo que sucede en la curva de secado del almidón de cebada en sus diversas temperaturas de secado a las cuales fueron expuestas tomando un tiempo promedio de más o menos 9h sin embargo cada producto agrícola y su derivado tiene un tiempo de secado diferente (Noroña, 2018. p.26).

3.3.2.3. Análisis microbiológico del almidón de mashua

En los resultados facilitados por el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC) se puede observar que hay presencia de aerobios mesófilos en 260 UFC/g y para levaduras, mohos, coliformes totales y fecales existe ausencia de estos tal como se lo expresa a continuación.

Tabla 26-3: Resultados del análisis microbiológico del almidón de mashua.

Aerobios mesófilos	260 UFC/g
Levaduras y mohos	Ausencia
Coliformes totales	Ausencia

Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	Ausencia
--	----------

Realizado por: Ávila, L., 2022.

En los análisis microbiológicos realizados en el laboratorio SAQMIC se observa la presencia de aerobios mesófilos con 260 UFC/g encontrándose está por debajo del rango establecido por la FAO el mismo que se encuentra en un margen de 2000000-3000000 UFC/g (Aristizábal, et al., 2007) p.94), sin embargo en estudios realizados por Guaminga Lilia detalla que en el almidón del maíz negro se obtuvieron datos normales es decir datos que se encuentra dentro de norma (Guaminga, 2020. p.26).

3.3.2.4. Resultados del análisis físico químico del almidón de mashua

Tabla 27-3: Resultados de los análisis físico químico del almidón de mashua.

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	NORMA / INSTITUCIÓN
Humedad	%	16,28	(NTE INEN-ISO 1666, 2014)
Sustancia seca	%	83,72	(NTE INEN-ISO 1666, 2014)
Ceniza	%	0,3±0	AOAC 942.05
Solubilidad	%	Si	(NTE INEN 1456, 1986)
Fibra cruda	%	0,20	Metodo gravimetrico Digestión ácida y básica/SAQMIC
Proteína	%	0,44	Metodo Kjeldahl/SAQMIC
Grasa	%	0,11	NTE INEN 523/ SAQMIC
pH	-	5,41±0,01	INEN 1456
Densidad Real	g/mL	1,56±0,01	(Cromtek, 2020).
Densidad aparente	g/mL	2,19±0,01	(Aristizábal & Sánchez, 2007).
Amilosa	%	47,41	INIAP
Amilopectina	%	52,59	INIAP
Viscosidad	°C	25,9±0,04	FAO, 2007
	mPa*s	5693,3±170,33	
Temperatura de gelatinización	°C	61,3±0,67	(Yugán, 2015)
Índice de Absorción de agua (IAA)	g gel/g muestra	12,19±0,11	(Anderson, et al., 1970)

Índice de Solubilidad en agua (ISA)	%	2,8±0,16	(Anderson, et al., 1970)
Poder de Hinchamiento (PH)	g H ₂ O/g almidón	12,42±0,11	(Anderson, et al., 1970)

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Los resultados obtenidos en la investigación para el Índice de Absorción de Agua (IAA) tiene un valor de 12,19±0,11, el Índice de Solubilidad de Agua (ISA) obtuvo un valor de 2,8±0,16 y el Poder de Hinchamiento (PH) 12,42±0,1 mismos que se encuentran dentro de rango ya que el IAA va desde 0,82 hasta 15,52 g gel/g muestra, el ISA 0,27-12,32 % y el PH 0,79-15,45 g H₂O/g almidón (Aristizábal y Mejía, 2007k: p.74), sin embargo los resultados obtenidos se encuentran en un margen muy alto en IAA y PH debido al poder de absorción de agua que tienen las ramificaciones presentes en el almidón de mashua cabe destacar que mientras más altos sean estos valores el almidón se considera de buena calidad (Yungán, 2015a: p.25) mientras que el ISA se relaciona directamente con la cantidad de amilopectina y el tamaño de partícula ya que de ellos depende el paso del agua que ayudara a su solubilidad (Alvis, et al., 2008. p.23) por ende los valores obtenidos pero en estudios realizados para el almidón de yuca se han obtenidos valores de IAA 5,219±0,014, ISA 0,032±0,03 y un PH 5,38±0,136 (Salcedo, et al., 2016. p.793) presentándose de esta manera que el almidón de mashua tiene buenas propiedades de IAA, ISA y PH.

Uno de las características en la que se puede afianzar lo antes mencionado es la viscosidad, la cual obtuvo un valor de 5693,3±170,33 MPa*s a una temperatura de 25,9±0,04°C es considerada alta por el excedente del límite superior ya que pueden tomar valores entre 840-1500 MPa*s (Aristizábal, et al., 2007k: p.66) expresando de este modo que el almidón de mashua es capaz de formar pastas estables (Yungán, 2015b: p.25), en estudios realizados anteriormente se ha determinado que el almidón de chayote tiene una viscosidad de 1260 MPa*s y el almidón de papa 221 MPa*s (Garzón, 2006. p.21).

Un factor que influye directamente sobre la viscosidad es el medio en el que este se puede desarrollar es decir este estará en dependencia del pH si este aumenta o disminuye lo hará también la viscosidad (Fonseca, et al., 2019, p.50), el valor de pH obtenido dentro del desarrollo de la investigación 5,41±0,01 el mismo que valida aquello expresado, esté valor también cumple con lo establecido dentro de rango que tiene valores de 5 a 7 (NTE INEN 1456, 2012. p.2).

La temperatura de gelatinización obtuvo un valor de 61,3±0,67°C, misma que se encuentran dentro de rango según lo expuesto por (Aristizábal, et al., 2007l: p.72) el cual se encuentra en 57,5 y 70°C sin embargo en bibliografía se ha podido evidenciar que mientras mayor es la temperatura de gelatinización existe mayor estabilidad interna del gránulo esta característica va de la mano de la cantidad de amilosa presente en el almidón y en estudios realizados se ha observado como

que el almidón de batata morada tuvo un valor de $76,67 \pm 2,31^{\circ}\text{C}$ y el almidón de batata amarilla es de $76,33 \pm 3,21^{\circ}\text{C}$ (Murillo, et al., 2021a: p.124) que en comparación con los valores obtenidos son bastante elevados.

La amilosa y amilopectina se encargan de darle las características a los almidones, ya que de estas dependen sus propiedades reológicas y funcionales, también cuenta con la propiedad de retrogradación misma que se encontrará en dependencia del factor tiempo entre otros y con la propiedad de formar películas sobre todo la amilosa (Solarte, et al., 2018. p.38); el almidón puede clasificarse en función de la cantidad de amilosa presente, si esté tiene alrededor del 1% son cerosos, del 15 al 30% son almidones normales y si se encuentran en el 50% son almidones altos (Amaya, 2019. p.47) con esta clasificación y el valor de la amilosa de 47,41% y amilopectina de 52,59% obtenido dentro de la investigación se lo considera un almidón alto por su proximidad al 50% y en comparación con la amilosa contenida en algunas variedades de papas como YACH $29,11 \pm 0,29$; PER $28,18 \pm 1,30$; KQ $28,16 \pm 1,05$ (Martínez, et al., 2015, p.295), el almidón de mashua es favorable.

La sustancia seca registrada en la investigación tiene un valor de 83,72% y la de la humedad de 16,28% que se encuentra dentro de rango según la escala de Moorthy con valores del 6 al 16% si se sobrepasa este valor se puede considerar un almidón de mala calidad siendo capaz de ayudar a formar microorganismos (Meaño, et al., 2014a: p.184), sin embargo en algunos trabajos se ha podido evidenciar que la humedad presente en la malanga blanca y morada es de $14,49 \pm 0,04\%$ y $14,29 \pm 0,05\%$ respectivamente (Rapelo, et al., 2013a: p.55), mientras que la sustancia seca oscila entre 90,2 y 87,4% (Yungán, 2015c: p.27), que en relación con la humedad y sustancia seca generadas siguen siendo muy elevadas.

Los análisis de fibra cruda, proteína y grasa se llevaron a cabo en el laboratorio SAQMIC reportando los siguientes resultados 0,20; 0,44 y 0,11 respectivamente, la fibra cruda se encuentra relacionada de manera directa con la forma de extracción del almidón pues durante el proceso las impurezas están presente (Rapelo, et al., 2013b: p.55), mientras que la proteína guarda relación con las características térmicas, viscosidad y la estabilidad del almidón (Pardo, et al., 2013a: p.292), la grasa por su parte esta ligada con los grupos fenólicos que se encuentran en el almidón (Pacheco y Techeira, 2009. p.282), sin embargo se han reportado resultados para el almidón de la batata morada de $0,43 \pm 0,01$; $0,38 \pm 0,04$ y $0,46 \pm 0,29$ correspondientes a la fibra cruda, proteína y grasa de igual modo para la batata amarilla $0,47 \pm 0,04$; $0,34 \pm 0,08$ y $0,20 \pm 0,10$ valores de la fibra cruda , proteína y grasa (Murillo, et al., 2021b: p.121), que comparada con la cantidad de fibra obtenida tiene un bajo porcentaje por ende poca contaminación, mientras que la proteína del almidón de mashua se encuentra en el intermedio de los valores y el contenido de grasa es baja en comparación a los encontrados anteriormente.

La ceniza se encuentra directamente asociada con el contenido de fósforo el cual es responsable del hinchamiento y la estabilidad de la pasta pero la cantidad de este elemento está en dependencia

de las características propias de cada especie (Pardo, et al., 2013b: p.292), la ceniza en el almidón de mashua es de $0,3\pm 0\%$, mientras que en estudios presentados se ha podido evidenciar que en el almidón del ñame congo tiene un valor de $0,21 \pm 0,01$ (Meaño, et al., 2014b: p.184), teniendo entonces el almidón de mashua una leve ventaja sobre el almidón de ñame congo.

La densidad es un parámetro de suma importancia en la industria, está depende del tamaño de partícula (Reyes, et al., 2021. p.39), también se puede encontrar en función de la cantidad de amilosa y amilopectina presente en el almidón (Rapelo, et al., 2013c: p.58) o de la humedad (Guillén, 2019. p.35), el valor para la densidad real y aparente es de $1,56\pm 0,01$ y $2,19\pm 0,01$ g/mL correspondientemente que en comparación de la densidad real y aparente del almidón de ñame $0,65$ y $0,82$ g/mL respectivamente y para el almidón de yuca una densidad real de $0,44$ g/mL y la densidad aparente de $0,67$ g/mL (Salcedo, et al., 2017. p.38), las densidades determinadas en esta investigación toma valores más altos por la humedad y la cantidad de amilosa contenida en el almidón.

3.3.3. Resultados y discusión de los análisis del biopolímero

3.3.3.1. Composición del biopolímero

Tabla 28-3: Composición del biopolímero

Tratamiento	Almidón	Glicerina	Agua (mL)	Vinagre (mL)
T1	2	1,2	40	4
T2	2,5	1,5	40	4
T3	2	1,5	40	4
T4	2,5	1,2	40	4

Realizado por: Ávila, L., 2022.

En la investigación llevada a cabo se realizaron varios ensayos que dieron paso a la obtención de las biopelículas, el tratamiento uno consta de 2g de almidón y 1,2mL de glicerina, el tratamiento dos contiene 2g de almidón y 1,5mL de glicerina, el tratamiento 3 consta de 2,5g de almidón y 1,2mL de glicerina y el tratamiento 4 de 2,5 de almidón y 1,5mL de glicerina; para todos los tratamientos se utilizó 40mL de agua destilada y 4mL de vinagre mientras que en ensayos realizados en el experimento denominado “Elaboración de biopolímeros y determinación de su biodegradabilidad” se ha observado que se realizaron seis tratamientos mismos que se dividen en dos secciones donde la primera tiene tres tratamientos los cuales tienen 5mL de glicerina, 10g de almidón, 60mL de agua destilada existiendo variaciones en el contenido de vinagre, para el tratamiento uno 3mL, para el tratamiento dos 5mL de vinagre y para el tratamiento tres 10mL de vinagre; en la segunda parte se utilizaron 10mL de glicerina, 10g de almidón, 60mL de agua destilada variando del mismo modo el vinagre para el tratamiento cuatro con 3mL de vinagre,

para el tratamiento cinco 5mL de vinagre y para el tratamiento seis 10mL de vinagre (Meza, et al., 2019, p.69), cuyos reactivos están en concordancia con los utilizados dentro de esta investigación aunque en diferente proporciones para la obtención de biopelículas.

3.3.3.2. Formación de las biopelículas

Tabla 29-3: Formación de las biopelículas

ANÁLISIS	TRATAMIENTO			
	T1	T2	T3	T4
Área de la caja Petri (cm^2)	72,51±4,02	72,51±4,02	72,51±4,02	72,51±4,02
Masa del vertido	17,13±0,59	17,55±0,59	17,56±0,47	17,11±0,75
Promedio de la biopelícula	1,57±0,19	1,64±0	1,95±0,22	1,51±0,03
Peso/área	0,02±0	0,02±0	0,03±0	0,02±0

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 30-3: Características del biopolímero

Tratamiento	Molde	Forma película	Transparencia	Estabilidad
T1	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
T2	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
T3	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
T4	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si
	Si	Si	Si	Si

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Los resultados obtenidos dentro de la elaboración de la biopelícula y las características que se tomaron en cuenta para su evaluación son las mismas que aparecen en la obtención de la biopelícula a partir del almidón de papa china (Sáenz, 2022. p.68) las cuales también cuentan con formación de biopelícula, elasticidad, transparencia y moldeado, sin que estas se vean afectadas por la cantidad de masa utilizada que para la biopelícula de papa china fue de hasta 1,63g mientras que para el proveniente de mashua fue de 1,95g.

3.3.3.3 Caracterización de las biopelículas

Tabla 31-3:Caracterización de las biopelículas

PROPIEDAD		TRATAMIENTO			
		T1	T2	T3	T4
Espesor (mm)		0,11±0	0,13±0,02	0,14±0,01	0,1±0
Humedad (%)		14,23±0,39	15,76±0,39	17,64±0,75	15,24±0,5
Solubilidad (%)		54,76±0,35	53,97±0,35	54,84±0,44	44,09±2,43
Permeabilidad vapor agua g/m ² *h*MPa		0,165±0,008	0,165±0,008	0,175±0,004	0,206±0,08
Transmisión de vapor de agua g/hm ²		3,906±0,19	3,916±0,19	4,156±0,09	4,883±1,9
BIODEGRADABILIDAD (%)	Agua	71,670	55,050	58,060	56,440
	Suelo	57,050	87,710	97,860	86,280
	Ambiente	0,140	0,720	3,150	4,870

Realizado por: Ávila, L., 2022.

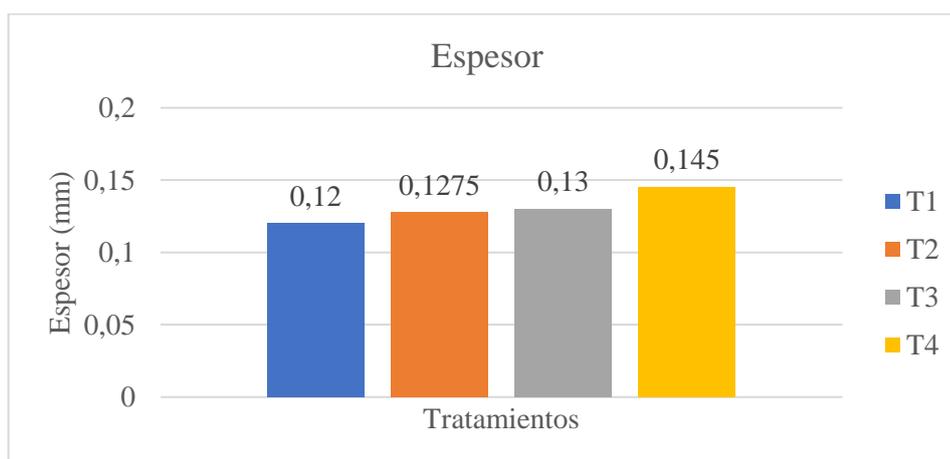


Gráfico 4-3: Espesor del biopolímero

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Una vez obtenida las biopelículas con un calibrador se procedió con la medición del espesor de cada uno de los tratamientos obteniendo 0,12mm, 0,1275mm, 0,13mm y 0,145mm respectivamente para el tratamiento 1,2,3 y 4, cumpliendo de este modo con lo requerido ya que no se debe sobrepasar los 0,2mm (NTE INEN 2542, 2010. p.3), resultados que tienen cercanía con los obtenidos en la investigación “Obtención de una biopelícula a Partir de Almidón de Maíz Chulpi (*Zea Mays Amylosaccharata*) para Embalaje de Alimentos” en los cuales el tratamiento uno tuvo un espesor 0,13mm, tratamiento dos con 0,1575mm, el tratamiento tres con 0,125mm y el tratamiento 4 con 0,145mm (Meza, et al., 2022. p.1277).

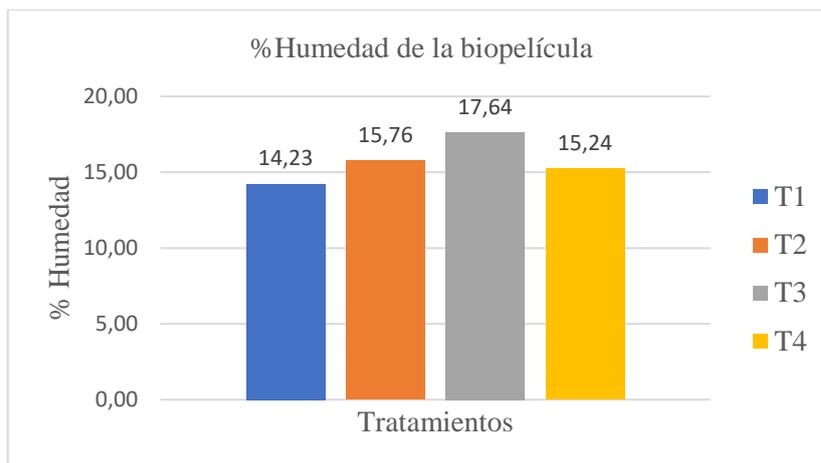


Gráfico 5-3: % de humedad del biopolímero

Realizado por: Ávila, L., 2022.

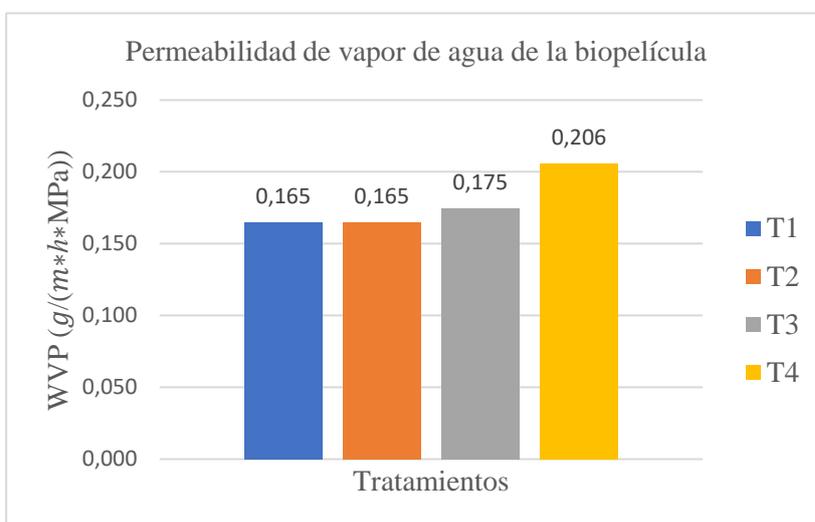


Gráfico 6-3: Permeabilidad de vapor de agua

Realizado por: Ávila, L., 2022.

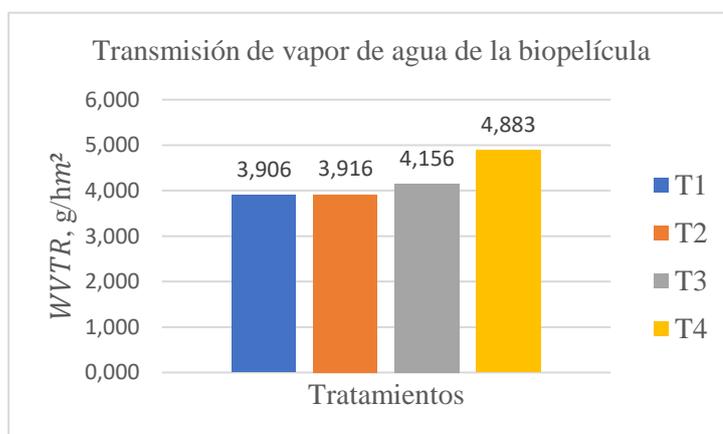


Gráfico 7-3: Transmisión de vapor de agua

Realizado por: Ávila, L., 2022.

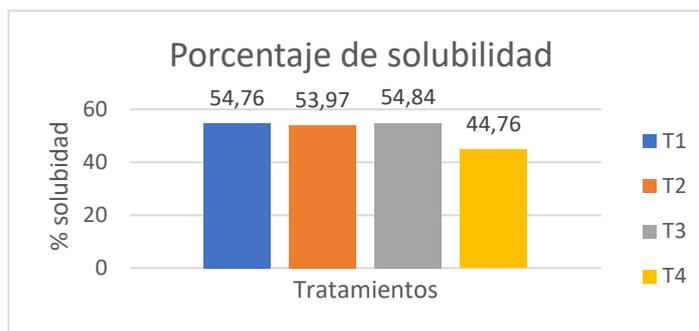


Gráfico 8-3: Porcentaje de solubilidad

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Dentro de la revisión bibliográfica se ha determinado que la humedad, la solubilidad, la permeabilidad al vapor de agua y su tasa están en función de la cantidad de plastificante que se haya utilizado para la formación de la biopelícula afectando de manera directa en la resistencia; la humedad que se obtuvo para la cascara de coco y papaya tuvo valores de 22.89 y 21.41% respectivamente (García y Henández, 2000, pp. 25-26) que comparado con los obtenidos dentro de la investigación se pueden considerar altas ya que tomaron valores de 14,23% T1, 15,67% T2, 17,64% T3 y 15,24% T4, por otro lado la solubilidad se relaciona de manera directa con el plastificante y amilopectina, característica que fue medida en las biopelículas obtenidas de la cascara de mango dando valores de 63.46% T1, 63.01% T2 y 56.92% T3 (Ortiz, 2019. p.61) que en relación con los obtenidos se pueden considerar alto ya que para el T1 54.76%, T2 53.97%, T3 54.84% y T4 44.09%, mientras que la tasa de permeabilidad de vapor de agua siendo la antecesora para la obtención de la permeabilidad de vapor de agua valores que se oscilan entre los 0.344 y 8.78 g/m³*h*MPa (Trejo, et al., 2001. p.3) que en relación con los valores obtenidos estos se encuentran entre 0.165 y 0,206 g/m³*h*MPa considerándose valores pequeños los cuales ayudan a mantener el olor, sabor característico del producto que se ha embalado, la preservación del mismo, el paso del oxígeno y la luz sin embargo mientras más bajos sean esto valores se podrá considerar de calidad (Dixon, 2007. p.5).

3.3.3.4. Pruebas mecánicas de las biopelículas

Tabla 32-3: Pruebas mecánicas de las biopelículas

Tratamiento	Módulo elasticidad (Mpa)	Carga máxima (Mpa)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Elongación (%)
T1	13,54±1,64	3,9±0	1,63±0,1	12,14±0,71
T2	14,21±1,21	7,35±0,45	2,51±0,09	17,86±2,14
T3	10,42±1,36	5,9±0	2,55±0,48	24,29±1,43

T4	24,91±2,12	17,15±0,45	6,02±0,16	24,29±1,43
----	------------	------------	-----------	------------

Realizado por: Ávila, L., 2022.

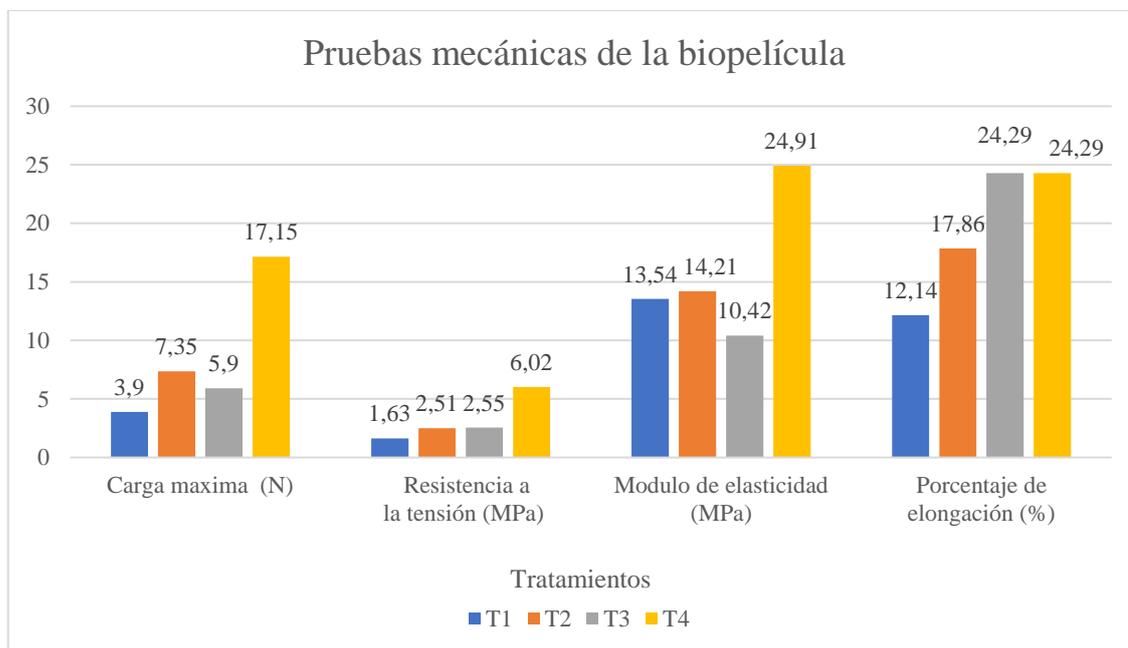


Gráfico 9-3: Pruebas mecánicas del biopolímero

Realizado por: Ávila, L., 2022.

En las pruebas mecánicas se obtuvieron los resultados expuestos en la tabla 45-3 que se relacionaron con las realizadas a la biopelícula de cebada la cual es bastante elevada pues su elasticidad tiene un valor de 1,32, 1,41 y 1,23MPa para cada uno de sus tratamientos de igual manera el esfuerzo máximo fue de 0,23, 0,26 y 0,24MPa para cada tratamiento (Morochó, et al., 2021, p.633), en las biopelícula obtenidas a partir de maíz chulpi se obtuvo una elongación de 28.68, 33.55, 6.04 y 5.3% para cada uno de sus tratamientos, una carga máxima de 2.35, 2.16, 16.91 y 8.52N para cada tratamiento, el módulo de elasticidad tuvo valores de 1.88, 2.39, 2.46 y 2.73Mpa para cada uno de sus tratamientos y la resistencia a la tensión de 1.8, 1.55, 12.9 y 7.96 MPa para cada uno de sus tratamientos (Meza, et al., 2022, p.1285), que como se puede observar en comparación con los datos obtenidos de las biopelículas de mashua la carga máxima, resistencia a la tensión y módulo de elasticidad tienen valores altos, estos se vinculan con el poder de hinchamiento (PH) del almidón el cual reduce las interacciones y la proximidad entre las cadenas de amilosa y amilopectina y favorece a la plastificación del biopolímero sin embargo el PH desfavorece de manera directa a la resistencia de tensión (Navia, et al., 2015. pp.41-42).

3.3.3.5 Biodegradabilidad

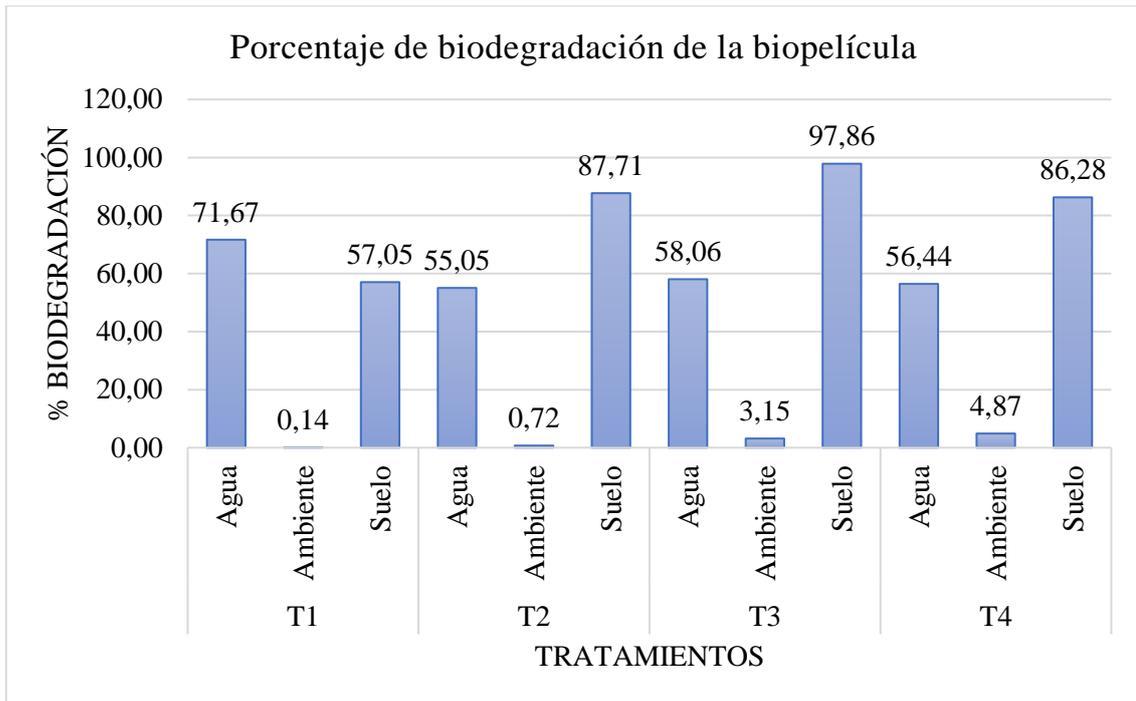
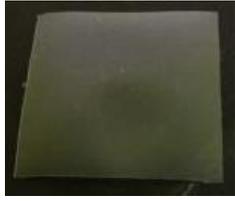
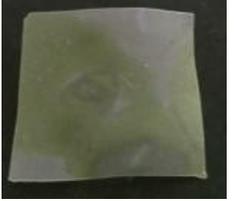
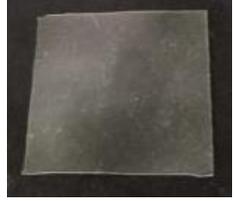
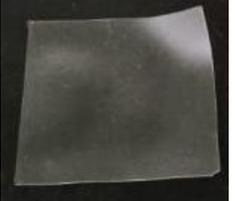
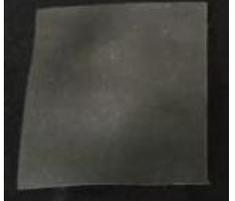
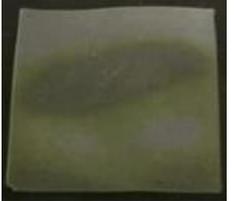
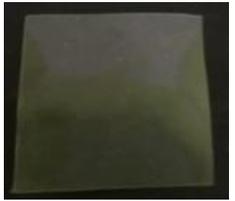
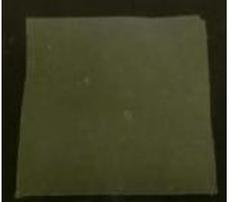


Gráfico 10-3: Resultados de la biodegradación

Realizado por: Ávila, L., 2022.

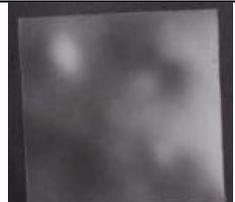
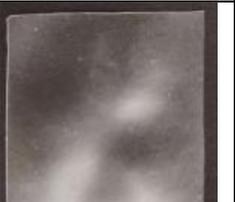
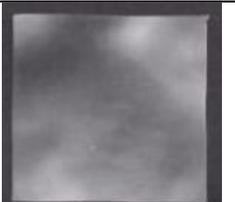
Tabla 33-3: Biodegradación al ambiente

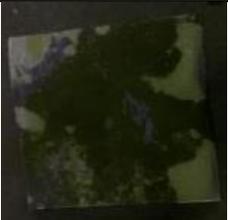
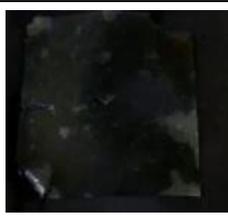
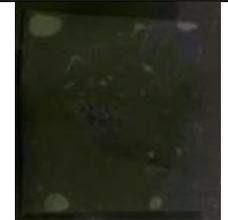
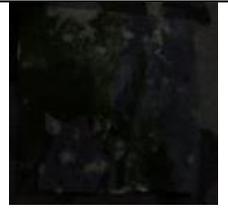
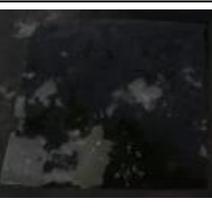
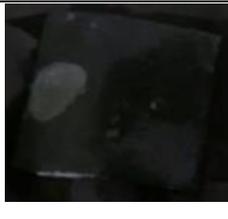
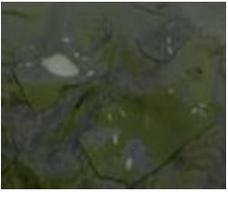
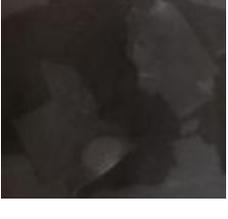
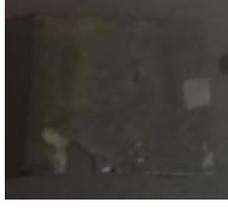
	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
DÍA 0				
DÍA 4				
DÍA 8				

DÍA 12				
DÍA 16				
DÍA 20				
DÍA 24				
DÍA 28				

Realizado por: Ávila, L., 2022.

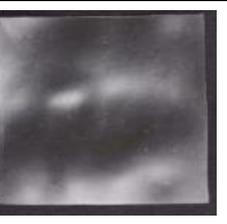
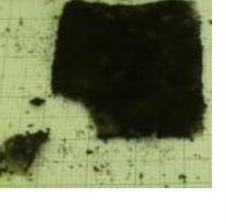
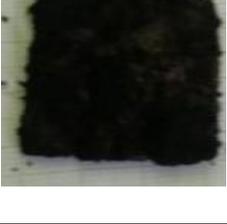
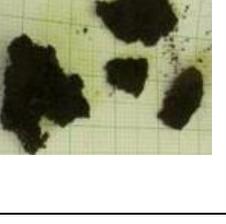
Tabla 34-3: Biodegradación en agua

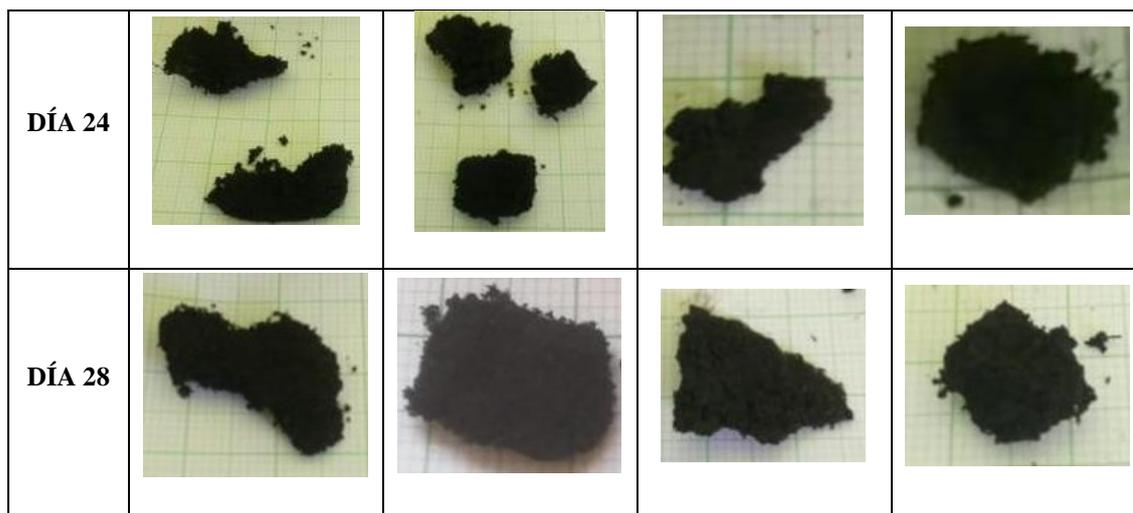
	TRATAMIENTO 1	TRATAMEINTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMEINTO 4
DÍA 0				

DÍA 4				
DÍA 8				
DÍA 12				
DÍA 16				
DÍA 20				
DÍA 24				
DÍA 28				

Realizado por: Ávila, L., 2022.

Tabla 35-3: Biodegradación en tierra

	TRATAMIENTO 1	TRATAMEINTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMEINTO 4
DÍA 0				
DÍA 4				
DÍA 8				
DÍA 12				
DÍA 16				
DÍA 20				



Realizado por: Ávila, L., 2022.

Se puede considerar que una biopelícula es biodegradable cuando alcanza su mineralización completa en un tiempo determinado, los factores que afectan de manera directa son la radiación UV, temperatura, humedad, fricción entre otros con la finalidad de que se realice un proceso de transformación, sea enzimático o por microorganismos (Vázquez, et al., 2000, pp.4-5); hay una relación directa entre la pérdida de peso en la biodegradación y la cantidad de glicerina que tienen las biopelículas (Sernaqué, et al., 2020, p.27); mismas que en el agua tienden a hincharse por la naturaleza hidrofílica del almidón y la glicerina (Ruiz, et al., 2009, pp.71-72).

Los resultados obtenidos en la degradación al ambiente el T1 y T2 tuvieron los resultados más bajos con 0,14 y 0,72% mientras que el T3 y T4 con 3,15 y 4,87%, la biodegradabilidad en el agua más bajas fueron en el T2, T3 y T4 con 55,05, 58,06 y 56,44% y la más alta en el T1 con 71,67% mientras que en el suelo la biodegradabilidad en el T1 fue la más baja con 57,05% y los más altos fueron el T2, T3 y T4 con valores de 87,71, 97,86 y 86,28% que al ser comparadas con las biopelículas obtenidas a partir del almidón de maíz presentaron una degradación total en el medio acuoso y al ambiente su degradación bordeó el 38%, y en el suelo el 40% (Ledesma, et al., 2021, p.50) se puede deducir que los biopolímeros de la mashua tienen una mayor biodegradabilidad en el suelo lo cual difiere de la biodegradación al ambiente y en el agua.

3.3.3.6. Embalaje de frutas

Tabla 36-3: Embalaje de frutas con las biopelículas

TRATAMIENTO 1	TATAMEINTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
---------------	--------------	---------------	---------------

DÍA 0				
DÍA 3				
DÍA 6				
DÍA 9				
BIOPELÍCULA				

Realizado por: Ávila, L., 2021

El embalaje de alimentos con las biopelículas obtenidas tienen como ventaja que forman redes moleculares cohesionadas por la alta interacción de sus moléculas las cuales ayudan a crear barreras de gases mismas que impiden el paso de O_2 y CO_2 evitando de este modo la respiración, el envejecimiento de frutas y hortalizas (Fernández, et al., 2015, p.54), en investigaciones desarrolladas se ha evidenciado que existen cambios en las fresas embaladas especialmente en la pérdida de peso debido a las propiedades hidrofílicas con las que cuentan los biopolímero (Zamudio, 2014. p.29) resultados que van de la mano con los obtenidos en esta investigación que al ser comparadas con las muestras de control presentaron una mayor deshidratación y envejecimiento en función de las que estaban protegidas con biopelículas.

3.4 Prueba de hipótesis

- El biopolímero film obtenido a partir de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un sustituyente idóneo para el embalaje de alimentos reemplazando así al film obtenido a base de petróleo ayudando a la disminución de la contaminación del medio ambiente. Después de la obtención y del desarrollo de las pruebas físicas, químicas, mecánicas y de biodegradabilidad y con los resultados obtenidos en el capítulo 3.3.3 este es un sustituyente idóneo ya que cumple con características y normas de los biopolímeros film y na vez que este sea desechado tardara poco tiempo en su descomposición.
- La posibilidad de obtener almidón a partir de la mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) es bastante amplia mediante una vía húmeda. La obtención del almidón por vía húmeda a partir de mashua fue logrado con éxito, el miso que tuvo un rendimiento del 5% pero considerado almidón de calidad por la cantidad de amilosa que este contiene siendo idóneo para esta investigación.
- Es posible identificar las concentraciones de los reactivos y el almidón de mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) utilizando el método de casting para la obtención de un biopolímero y las condiciones de la elaboración del mismo. El desarrollo del biopolímero se dio de manera exitosa con el uso de 2g de almidón y 1,2 de glicerina y de 2,5g de almidón y 1,5g de glicerina que al ser mezclados juntos con agua y ácido acético formaban una mezcla homogénea misma que al ser calentada en baño María hasta los 61,3°C forma una solución pastosa que al ser vertidas mediante el método casting en cajas Petri y colocadas en la estufa por 30 min a 50°C tomaban ya forma textura para luego ser colocadas al ambiente por 24h para de este modo obtener el biopolímero.
- Mediante las normas INEN 1456, INEN 2635 y ASTM D1653-93 es posible determinar las características físico-químicas y mecánicas del biopolímero obtenido a partir de la mashua (*Tropaeolum Tuberosum*). Tal como lo indica la norma INEN 1456 se realizaron lo análisis respectivos al almidón los mismos que entran dentro de rango y resultados que se ven reflejados en la tabla 34-3, mientras que la INEN 2635 explica el procedimiento que se utilizó para las pruebas mecánicas resultados que se encuentran reflejados en la tabla 38-3 al igual que la norma ASTM D1653-93 del procedimiento para la realización de la permeabilidad de vapor en el biopolímero.

CONCLUSIONES

A partir del almidón de mashua izaño se produjeron cuatro biopelículas las mismas que se utilizaron para el embalaje de porciones de fresas y guineos las cuales tuvieron una duración de 9 días al ambiente hasta la primera aparición de microorganismos.

La obtención de almidón a partir de la mashua se dio con un rendimiento del 4,63% mismo que le corresponde al tratamiento dos con una velocidad baja (333,33 RPM) y un tiempo de 60s.

Las cantidades utilizadas para la obtención de las biopelículas del almidón es de 2g y de 2,5g, el de la glicerina es de 1,2mL y 1,5mL, el agua destilada es de 40mL y la del vinagre (ácido acético) es de 4mL con las cuales se realizaron combinaciones y se obtuvieron 4 biopelículas.

Para las cuatro biopelículas se realizaron las mismas caracterizaciones físico-químicas y mecánicas destacando el valor del mejor tratamiento, el espesor fue de $0,13 \pm 0,02$ mm, la humedad de $15,76 \pm 0,39\%$, la solubilidad de $53,97 \pm 0,35\%$, permeabilidad al vapor de agua $0,165 \pm 0,008$ g/m²*h*Mpa, transmisión de vapor de agua $3,916 \pm 0,19$ g/h*m², la biodegradabilidad en medio acuoso es de 55,050%, suelo 87,710%, ambiente 0,720% y para la caracterización mecánica se realizó el módulo de elasticidad con $14,21 \pm 1,21$ Mpa, la carga máxima de $7,35 \pm 0,45$ Mpa, esfuerzo máximo de $2,51 \pm 0,09$ Mpa y la elongación de $17,86 \pm 2,14\%$.

RECOMENDACIONES

EL almidón se extrajo por vía húmeda, mismo que puede ser extraído por vía seca para que se puedan comparar los rendimientos y de este modo escoger el mejor entre estos.

El almidón para la elaboración del biopolímero requerirá que tenga un tamaño menor o igual a 0,63um.

Para el plaqueado de la biopelícula se utilizó el método casting el mismo que puede ser sustituido por uno nuevo que ayude a que la misma quede uniforme.

Dentro de la elaboración de los biopolímeros se puede colocar carboximetilcelulosa con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-químicas y mecánicas.

GLOSARIO

Agitación: Es considerada una operación unitaria mecánica en la cual se realizan movimientos violentos e irregulares con la finalidad de que la mezcla sea homogénea, es decir que se mantenga la concentración en todas las partes de la masa (Brito, 2017).

Biopolímero: Son considerados plásticos obtenidos de origen renovable las cuales contienen cadenas de monómeros que poseen una estructura y propiedades semejantes a los provenientes del petróleo (Pérez, 2010, p.15).

Gelatinización: Es un proceso irreversible mediante el cual los gránulos de almidón se unen y forman una red polimérica amorfa (Quintero y Ramírez, 2013, p.6).

Poder de hinchamiento: Es la capacidad que tienen los almidones para la absorción de agua (Granados, et al., 2014, p.94)

Tamizado: Tamizado o cribado se lo puede definir como la separación de las diversas fracciones que componen a un sólido o pulverizado en sus diversos tamaños mediante el uso de tamices o cribas (Brito, 2000, p.33).

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA-PÉREZ, V.J.O., VARGAS-TORRES, A., ZAMUDIO-FLORES, P.B., SOTO-SIMENTAL, S. y GONZÁLEZ-TENORIO, R., Efecto de la modificación física y química de los almidones sobre las propiedades funcionales de un producto cárnico a base de pescado. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP* [en línea], 2018. vol. 4, no. 7, pp. 4. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISSN 2448-5357. DOI 10.29057/ICAP.V4I7.2960. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/article/view/2960/2981>.

ALCALDE, Sergi., El film transparente es tan práctico como contaminante. *National Geographic* [en línea]. 2019. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/film-transparente-es-tan-practico-como-contaminante_14549.

ALVIS, Armando, VÉLEZ, Carlos, VILLADA, Héctor y MENDOZA, Maite, Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas Physicochemical and Morphological Analyses of Yam, Cassava and Potato Starches and Determination of their Viscosity. *Información Tecnológica* [en línea], 2008. vol. 19, no. 1, pp. 19-28. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v19n1/art04.pdf>.

AMAYA, Jorge, Estudio de la dosificación del almidón extraído del banano en un polímero de tipo termoplástico. *Rev. Colomb. Quim* [en línea], 2019. vol. 48, no. 1, pp. 43-51. [Consulta: 4 junio 2022]. ISSN 10.15446. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v48n1/0120-2804-rcq-48-01-43.pdf>.

ARISTIZÁBAL, Johanna, SÁNCHEZ, Teresa y MEJÍA LORÍO, Danilo, *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. Roma: FAO. 2007. [Consulta: 13 diciembre 2021]. ISBN 978-92-5-305677-4. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

ASTM D 882-02, Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting, ASTM International. *Www.Astm.Org* [en línea], 2002. pp. 1-12. DOI 10.1520/D0882-18. Disponible en: <http://www.ansi.org>.

ASTM INTERNATIONAL, 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.

Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1653>.

ÁVALOS MORÁN, Claudia Alejandra y VIVERO DELGADO, Maía Fernanda, *Proyecto de factibilidad de un nuevo producto a base de mashau* [en línea]. Guayaquil: 2013. Universidad de Guayaquil. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6011/1/Gs029.pdf>.

BARRERA, Víctor, TAPIA, César y MONTEROS, Alvaro, *Raíces y tubérculos andinos : alternativas para la conservación y uso* [en línea]. Quito; Lima: s.n. 2004. [Consulta: 31 octubre 2021]. ISBN 92-9060-231-7. Disponible en: https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/RTAs_Ecuador_01.pdf.

BRITO, Hannibal, Texto Básico de Operaciones Unitarias I. *ResearchGate* [en línea], 2000. vol. 1, no. June 2000, pp. 66. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>.

BRITO, Hannibal, Hanníbal Brito M . Ingeniero Químico Riobamba *** Ecuador. [en línea], 2017. no. April. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II.

BRITO, Hannibal, FLORES, Linda, LESCANO, Gabriela y ROBALINO, María, Producción de almidón a nivel industrial de mashua. *ResearchGate* [en línea], 2020. pp. 9. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338824584_PRODUCCION_DE_ALMIDON_A_NIVEL_INDUSTRIAL_DE_MASHUA.

CASTILLO, R.O., Andean Crops in Ecuador. *Collecting, Conservation and Characterization FAO/IBPGR Plant Genetic Resources Newsletter* [en línea], 1990. no. 77, pp. 35-36. [Consulta: 28 octubre 2021]. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF9100321>.

CASTILLO, Ruth, ESCOBAR, Eliasury, FERNÁNDEZ, Dianeth, GUTIÉRREZ, Ramón, MORCILLO, Jonathan, NUÑEZ, Neryana y PEÑALOZA, Sandra, Bioplástico a base de la cáscara del plátano bioplastic made from banana peel resumen. *Iniciación Científica* [en línea], 2015. pp. 34-37. [Consulta: 16 abril 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234019621.pdf>.

CHARRO, Mónica, *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata* [en línea]. Quito: 2015. Universidad Central del Ecuador. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

CHUA, Walter, *Evaluación del efecto soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de mashua* [en línea]. Puno: 2015. Universidad Nacional del Puno. [Consulta: 31 octubre 2021]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2415/Pacco_Chua_Walter.pdf?sequence=1.

COELLAR RÍOS, Gabriela Estefania, *PROPUESTA DE DESARROLLO DE UNA GUÍA DE MENÚS DE COCINA DE AUTOR PARA NIÑOS EN EDAD PREESCOLAR CON BASE EN CUATRO PRODUCTOS ANDINOS* [en línea]. Cuenca: 2017. Universidad de Cuenca. [Consulta: 28 mayo 2022]. Disponible en: [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28461/1/Proyecto de intervencion.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28461/1/Proyecto%20de%20intervencion.pdf).

COSTAS G. BILIADERIS, *Structures and phase transitions of starch polymers* [en línea]. New York: Marcel Dekker Inc. 1998. [Consulta: 5 diciembre 2021]. ISBN 0-8247-0 164-X. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288004891_Structures_and_phase_transitions_of_starch_polymers.

CROMTEK,. Picnómetro: Cómo se utiliza para medir densidades - Cromtek. [en línea]. 2020. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://www.cromtek.cl/2020/09/11/como-medir-densidades-con-un-picnometro/>.

DIXON, John, *Packaging Materials 7. Metal Packaging* [en línea]. Yates, Kev. Reino Unido: s.n. 2007. ISBN 9789078637448. Disponible en: <http://europe.ilsa.org/publications>.

EERLINGEN, R.C. y **DELCOUR, J.A.**, Formation, analysis, structure and properties of type III enzyme resistant starch. *Journal of Cereal Science*, 1995. vol. 22, no. 2, pp. 129-138. ISSN 0733-5210. DOI 10.1016/0733-5210(95)90042-X.

ESPÍN, Susana, **VILLACRÉS, Elena** y **BRITO, Beatriz**, *Caracterización Físico - Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos* [en línea]. Quito-Lima: INIAP. 2004. [Consulta: 30 mayo 2022]. ISBN 92-9060-231-7. Disponible en: <https://cipotato.org/wp->

content/uploads/2014/06/RTAs_Ecuador_04.pdf.

FAO y OMS, *Codex Alimentarius* [en línea]. Roma: s.n. 2007. [Consulta: 30 mayo 2022]. ISBN 9789253058426. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1392s/a1392s.pdf>.

FERNANDÉZ, Daybelis, BAUTISTA, Silvia, FERNANDÉZ, Dayvis, OCAMPO, Arturo, GARCÍA, Annia y FALCÓN, Alejandro, Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas . *Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2015. vol. 24, no. 3, pp. 52-57. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n3/rcta08315.pdf>.

FERNÁNDEZ, Sheila, *Diseños de experimentos: diseño experimental* [en línea]. Catalunya: 2020. Universidad Politécnica de Catalunya. [Consulta: 26 enero 2022]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

FONSECA, Dania, MONROY, Lily y RODRÍGUEZ, Carlos, Efecto del método de extracción del almidón de *Canna indica* L. sobre sus propiedades físico-químicas. *Revista la Sallista de investigación* [en línea], 2019. vol. 6, no. 2, pp. 44-52. [Consulta: 2 junio 2022]. ISSN 10.22507/rli.v16n2a4. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v16n2/1794-4449-rlsi-16-02-44.pdf>.

GARCÍA, Alma y HENÁNDEZ, René, Diseño innovador para la obtención y caracterización de un bioplástico utilizando como materia base la fibra de la cáscara de coco y papaya. *ITCA FEPADE*, 2000. vol. 1, pp. 42.

GARCIA, Zoraida, NYBERG, Jennifer y SAADAT, Shayma, *Agricultura, expansión del comercio y equidad de género* [en línea]. Roma: Gender and trade: Challenges and opportunities. 2006. [Consulta: 7 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a0493s/a0493s.pdf>.

GARZÓN, Mária, Almidón retrogradado para uso en compresión directa. *Revista Mexicana de ciencias farmacéuticas* [en línea], 2006. vol. 37, pp. 17-28. [Consulta: 2 junio 2022]. ISSN 1870-0195. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57937104>.

GONTARD, NATHALIE, DUCHEZ, CHRISTOPHE, CUQ, JEAN-LOUIS -L y GUILBERT, STÉPHANE, Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour

permeability and other physical properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 1994. vol. 29, no. 1, pp. 39-50. ISSN 13652621. DOI 10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x.

GRANADOS, Clemente, GUZMAN, Luis, ACEVEDO, Diofanor, DÍAZ, María y HERRERA, Ana, PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDON DE SAGU (Maranta arundinacea) . *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2014. vol. 12, no. 2, pp. 90-96. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>.

GUAMINGA YAUTIBUG, Lilia Erica, *Obtención y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (Zea mays L.)* [en línea]. Riobamba: 2020. Universidad Técnica de Chimborazo. [Consulta: 27 mayo 2022]. Disponible en: [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6552/1/OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE HARINA Y ALMIDÓN DE MAÍZ NEGRO.pdf](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6552/1/OBTENCIÓN_Y_CARACTERIZACIÓN_FUNCIONAL_DE_HARINA_Y_ALMIDÓN_DE_MAJZ_NEGRO.pdf).

GUARANGUAY, Jennifer y RAMÍREZ, Jessica, *Obtención y evaluación de un biopolímero a partir de almidón de papa de rechazo de la variedad «Betina»* [en línea]. Bogotá: 2021. Universidad de la Salle. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1733&context=ing_alimentos.

GUILLÉN, Alfredo, “*Influencia de la humedad en las propiedades físicas del lupino andino (Lupinus mutabilis Sweet) para los procesos de recepción, limpieza y selección* [en línea]. Lima: 2019. Universidad Nacional Mayor de San Marcos . [Consulta: 7 junio 2022]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/15988/Guillen_ba.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

HEREDIA, Gerardo, INIAP realizó estudios sobre chips de oca y mashua como una alternativa de consumo. *Escribe* [en línea], 2012. pp. 1. [Consulta: 5 enero 2022]. Disponible en: <http://agricola.blogspot.com/2012/01/iniap-realizo-estudios-sobre-chips-de.html>.

HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn, TORRUCO UCO, Juan Gabriel, CHEL GUERRERO, Luis y BETANCUR ANCONA, David, Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas* [en línea], 2008. vol. 28, no. 3, pp. 718. [Consulta: 19 diciembre 2021]. ISSN 0101-2061. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNJk9Yf/?format=pdf&lang=es>.

HERNANDO PARDO, Oscar C., CASTAÑEDA, Julio y ORTIZ, César, Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa Thermal and structural characterization of starches from different potato varieties. *Agroindustrias* [en línea], 2013. vol. 62, no. 4, pp. 289-295. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a01.pdf>.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO, DOCUMENTACIÓN TOXICOLÓGICA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL LÍMITE DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL DEL ÁCIDO ACÉTICO. *Documentación límites exposición Profesional* [en línea], 2018. pp. 10. [Consulta: 4 enero 2022]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+119+Ácido+acético++Año+2018.pdf/1d5b5a9a-4438-4105-8b77-3e68196f2701?version=1.0&t=1551310408920>.

LABEAGA, Aitziber, *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones* [en línea]. S.l.: 2018. Universidad Nacional de Educación a Distancia. [Consulta: 16 marzo 2022]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf.

LAFUENTE ARANDA, Gustavo, «GLICEROL: SÍNTESIS Y APLICACIONES» [en línea]. S.l.: 2017. Universidad Nacional de Educación a Distancia. [Consulta: 2 enero 2022]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf.

LEDESMA, Alexandra, FLORES, Linda, DALGO, Violeta y CHANGO, Gabriela, biodegradables Corn and quinoa starch bioplastics for use as biodegradable food wrappings Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradáveis. *Ciencias*, 2021. vol. 7, pp. 39-56.

MANRIQUE, Iván, ARBIZU, Carlos, VIVANCO, Francisco, GONZALES, Roberto, RAMÍREZ, Carlos, CHÁVEZ, Oswaldo, TAY, David y ELLIS, David, *Tropaeolum tuberosum* Ruíz & Pav. . *Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP)* [en línea], 2013. vol. 1, pp. 116. [Consulta: 19 junio 2022]. DOI 10.4160/9789290604310. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/006159.pdf>.

MANZANILLAS, Lisbeth, *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de féculas de tres variedades de camote (Ipomoea batata) para aplicaciones alimentarias*. [en línea]. Ambato: 2018. Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28375/1/AL_680.pdf.

MARTÍNEZ, P., MÁLAGA, A., BETALLELUZ, I., IBARZ, A. y VELEZMORO, C., Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia agropecuaria* [en línea], 2015. vol. 6, no. 4, pp. 291-301. [Consulta: 4 junio 2022]. ISSN 2077-9917. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357643270006.pdf>.

MAZA, Jhomara, SÁNCHEZ, Hugo, FLORES, Linda y BONILLLA, Mariana, Jhomara Elizabeth Maza-Martinez. *Polo del conocimiento*, 2022. vol. 7, no. 2, pp. 1270-1297. DOI 10.23857/pc.v7i2.3646.

MEAÑO, NiNoska, CIARFELLA, Ana y DORTA, Ana, Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera l.*) para predecir sus posibles usos tecnológicos evaluation of chemical and functional properties of native starch of congo yam (*Dioscorea bulbifera l.*) to predict its possible technological uses. *Saber* [en línea], 2014. vol. 26, no. 2, pp. 182-187. [Consulta: 4 junio 2022]. ISSN 1315-0162. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739467011.pdf>.

MEDINA, Elizabeth y USCA, Yennifer, *Elaboración de cupcakes a partir de harina de mashua (tropaolum tuberosum), utilizando como agentes fermentadores leudantes químicos* [en línea]. Arequipa: 2018. Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6346/IAmecoeb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MEZA, Paola, QUIPUZCO, Lawrence y MEZA, Victor, Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad. *Rev. del instituto de investigación* [en línea], 2019. vol. 22, no. 43, pp. 67-79. DOI 1561-0888. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/16691/14254/58242>

MEZA VARGAS, Mauricio Fabián, *Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de*

lombriz, caballo y gallina. [en línea]. Quito: 2013. Escuela Politécnica del Ejército. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6261/1/T-ESPE-038954.pdf>.

MINISTERIO DE CULTURA Y PATRIMONIO, Patrimonio alimentario. *El telégrafo* [en línea], 2013. vol. 2, pp. 16. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: www.culturaypatrimonio.gob.ec.

MOGROVEJO ÁLVAREZ, Angel Gabriel, *Determinación de dos métodos distintos a la obtención a partir de la oca variedad amarilla* [en línea]. Cuenca: 2019. Universidad Politécnica Salesiana. [Consulta: 19 mayo 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17712/1/UPS-CT008394.pdf>.

MOROCHO, María, FLORES, Linda, DALGO, Violeta y CHANGO, Gabriela, Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada. *Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada*. Physical-chemical and mechanical characterization of bioplastic. *Ciencias técnicas y aplicadas* [en línea], 2021. vol. 7, no. 4, pp. 623-637. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2114>. Disponible en: <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexhttps://orcid.org/0000-0003-0228-7095>.

MURILLO, María, ALVIS, Armando y ARRAZOLA, Guillermo, Propiedades físicoquímicas y funcionales del almidón obtenido de dos variedades de batata (*Ipomoea batatas*). *Biotecnología e el sector agropecuario y agroindustrial* [en línea], 2021. vol. 19, pp. 117-127. [Consulta: 3 junio 2022]. ISSN 1692-3561. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v19n1/1692-3561-bsaa-19-01-00117.pdf>.

NAVIA PORRAS, Diana Paola, AYALA APONTE, Alfredo y VILLADA CASTILLO, Hector Samuel, Efecto de la gelatinización de la harina de yuca sobre las propiedades mecánicas de bioplásticos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2015. vol. 13, no. 1, pp. 38. DOI [10.18684/bsaa\(13\)38-44](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)38-44).

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 523, Harinas de origen vegetal determinación de grasa. [en línea]. 27 febrero 1980. Quito:1980 pp. 5. [Consulta: 30 mayo 2022] Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/523.pdf>

NOROÑA, Lauro, *Cinética de secado de cereales provenientes de la Región Centro del Ecuador* [en línea]. Ambato: 2018. Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28372/1/BQ_156.pdf.

NTE INEN-ISO 1666, Instituto Ecuatoriano de Normalización. [en línea], 1996. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1666.pdf.

NTE INEN 2542, Láminas plásticas. Requisitos. [en línea], 2010. pp. 1-7. [Consulta: 9 junio 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>.

NTE INEN 1456:1986, *Norma Técnica Ecuatoriana* [en línea]. 29 octubre 2012. Quito: 2012. s.n. [Consulta: 12 abril 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

NTE INEN 522, HARINAS DE ORIGEN VEGETAL. DETERMINACIÓN DE LA FIBRA CRUDA. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2013. pp. 6. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/522-1R.pdf>.

OCAÑA, Iván, *Caracterización Fisicoquímica, Nutricional y Reológica De Cultivos Andinos Infrutilizados* [en línea]. Ambato: 2019. Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30002/1/AL_707.pdf.

ORTIZ, Alexander, *EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS EN Proyecto de grado para optar al título de ESPECIALISTA EN GERENCIA 2013 2 CONTENIDO* [en línea]. Bogotá: 2013. Universidad Libre. [Consulta: 2 enero 2022]. Disponible en: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10617/PROYECTO_GRADO_GLICERINA_ALEXANDER_ORTIZ_ORTIZ-79531277-ESP_GER_AMBIENTAL_DIC_2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y.

ORTIZ, María, *EVALUACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE SEMILLAS DE MANGO (MANGIFERA INDICA) CON APLICACIÓN POTENCIAL EN ENVASES* [en línea]. Bogotá: 2019. Universidad del Bosque. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2106/Ortiz_Ramirez_Maria_Alejandra_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

OSPINA, Iván. DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A. [en línea]. 2020. Medellín: [Consulta: 4 enero 2022]. Disponible en: <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/METABISULFITO-DE-SODIO-FOOD-GRADE.pdf>.

PACHECO, Delahaye y TECHEIRA, Nora, PROPIEDADES QUÍMICAS Y FUNCIONALES DEL ALMIDÓN NATIVO Y MODIFICADO DE ÑAME. *Interciencia* [en línea], 2009. vol. 34, no. 4, pp. 280-285. [Consulta: 5 junio 2022]. Disponible en: <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/280-c-TECHEIRA-6.pdf>.

PARRA, Manuel, INZUNZA, Fausto, SOLANO, Carlos, GUADARRAMA, Carlos y ZIZUMBO, Daniel, El proceso de producción agrícola. *E.C.A.U.D.Y* [en línea], 1986. vol. 13, no. 77, pp. 14. [Consulta: 9 marzo 2022]. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1659/1/1986_Parra_Proceso.pdf.

PÉREZ, Luis, *Biopolímeros como una alternativa de sustituciones d polímeros sintéticos* [en línea]. México: 2010. Instituto Politécnico Nacional. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24982/Biopolimeros como una alternativa de sustitucion de polimeros sinteticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24982/Biopolimeros%20como%20una%20alternativa%20de%20sustitucion%20de%20polimeros%20sinteticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

PERTUZ, Alex, *Biopolímeros a base de almidón de papa (Solanum tuberosum), para uso de la industria alimentaria en Colombia* [en línea]. Bogotá: 2021. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. [Consulta: 19 junio 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41710/adpertuzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

QUINTERO, Felipe y RAMÍREZ, Jeferson, *ESTUDIO DEL MECANISMO DE GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA Proyecto de Grado elaborado por* [en línea]. Bogotá: 2013. Universidad de los Andes. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: [https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1#:~:text=La gelatinización es un proceso,formar una red polimérica amorfa](https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1#:~:text=La%20gelatinizaci%C3%B3n%20es%20un%20proceso,formar%20una%20red%20polim%C3%A9rica%20amorfa).

RABETAFIKA, Holy Nadia, PAQUOT, Michel y DUBOIS PHILIPPE, Les polymères issus du végétal: matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique. *Biotechnol Agron Soc Environ* [en línea], 2006. pp. 185-196. [Consulta: 29 diciembre 2021]. Disponible en: [https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/22270/1/polymères.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/22270/1/polym%C3%A8res.pdf).

RAE, [sin fecha]. tubérculo | Definición. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en:

<https://dle.rae.es/tubérculo?m=form>.

RAPELO, Alberto Torres, CASTILLO, Piedad Montero y LENGUA, Marlene Duran, Propiedades fisicoquímicas , morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta)*. *Revista lasllista de investigación* [en línea], 2013. vol. 10, no. 2, pp. 52-61. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v10n2/v10n2a07.pdf>.

REYES VELASCO, Leobardo, PACHECO RODRÍGUEZ, Érick, GARNICA SÁNCHEZ, Asela, CUEVA VILLANUEVA, José Ángel y ZAPIÉN MARTÍNEZ, Arturo, Obtención, separación y purificación de almidón a partir de Colocasia esculenta para su uso como excipiente en formas farmacéuticas. *Tequio*, 2021. vol. 2, no. 6, pp. 35-44. DOI 10.53331/teq.v2i6.4727.

RODRIGUEZ, Divanery, LÓPEZ, Varinia, ALPIZAR, Ana y CALIXTO, María, Biopolymers: from beginning to end. [en línea], 2020. pp. 107-129. [Consulta: 11 mayo 2022]. DOI 10.35429/H.2020.9.107.129. Disponible en: https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIX/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIX_9.pdf.

RUIZ, Gladys, MONTOYA, Carolina y PANIAGUA, Marco, DEGRADABILIDAD DE UN POLÍMERO DE ALMIDÓN DE YUCA. *EIA* [en línea], 2009. no. 12, pp. 67-78. [Consulta: 11 mayo 2022]. ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n12/n12a06.pdf>.

SÁENZ, Ángel, *PRODUCCIÓN DE UN BIOMATERIAL A PARTIR DE LA PAPA CHINA (Colocasia esculenta) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS.* [en línea]. S.l.: 2022. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/360462793_PRODUCCION_DE_UN_BIOMATERIAL_A_PARTIR_DE_LA_PAPA_CHINA_Colocasia_esculenta_PARA_EL_EMBALAJE_DE_ALIMENTOS.

SALAZAR CHAFLA, Mauricio Fernando, *Procesameinto de harina de mashua (tropaeolum tuberosum) para la aplicación en productos de panadería* [en línea]. Riobamba: 2014. Escuela Superio Politécnica de Chimborazo. [Consulta: 11 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9914/1/84T00349.pdf>.

SALCEDO, J., RODRIGUEZ, M. y FIGUEROA, J., EFECTO DE LA ACETILACION EN

LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DE ALMIDONES DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) Y NAME (Dioscorea alata cv. Diamante 22). *Revista Mexicana de Ingeniería Química* [en línea], 2016. vol. 15, no. 3, pp. 787-796. [Consulta: 1 junio 2022]. Disponible en: <http://rmiq.org/iqfvp/Pdfs/Vol. 15, No. 3/Alim2/RMIQTemplate.pdf>.

SALCEDO, Jairo Guadalupe, HERNANDEZ, Elvis J., FIGUEROA, Jorge y GARCÍA, Maribel, Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización agroindustrial de productos amiláceos II. *Sincelejo* [en línea], 2017. vol. 1, pp. 102. [Consulta: 7 junio 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/321386088>.

SERNAQUÉ, Fernando, HUAMÁN, Lilian, PECHO, Hugo y CHACÓN, Michiel, Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca. *Centro Agrícola* [en línea], 2020. vol. 47, no. 4, pp. 22-31. ISSN 0253-5785. DOI 2072-2001. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n4/0253-5785-cag-47-04-22.pdf>.

SOLARTE, Juan, DÍAZ, Anderson, OSORIO, Oswaldo y MEJÍA, Diego, Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla. *Información Tecnológica* [en línea], 2018. vol. 30, no. 6, pp. 35-44. [Consulta: 4 junio 2022]. DOI 10.4067/S0718-07642019000600035. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>.

SUQUILANDA, Manuel, 2012. Producción Orgánica de Cultivos Andinos. [en línea]. S.l.: [Consulta: 31 octubre 2021]. Disponible en: https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf.

SURCO LAOS FELIPE ARTEMIO, *Caracterización de almidones aislados de tubérculos Andinos: mashua (Tropaeolum Tuberosum), oca (Oxalis tuberosa), olluco (Ullucu tuerosus) para su aplicación en la tecnología* [en línea]. Lima: 2004. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [Consulta: 5 diciembre 2021]. Disponible en: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/2588/Surco_lf.pdf?sequence=1.

TAPIA, M., *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. 2. ed. Santiago: FAO-Oficina Regional de la FAO para América Latina y Caribe. 1997.

TAPIA, Mario E. y FRIES, Ana María, GUÍA DE CAMPO DE LOS CULTIVOS ANDINOS

Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Cadmo Rosell. , 2007. pp. 51-52.

THIEX, Nancy y NOVOTNY, Lawrence, Determination of ash in animal feed: AOAC Official Method 942.05 revisited. *Journal of AOAC International* [en línea], 2012. vol. 95, no. 5, pp. 1392-1397. ISSN 10603271. DOI 10.5740/jaoacint.12-129. Disponible en: <https://scihub.mksa.top/10.5740/jaoacint.12-129>.

TREJO, Verónica, ARAGÓN, Nidia y MIRANDA, Patricia, Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán. *Revista de la Sociedad Química de México* [en línea], 2001. vol. 45, no. 1, pp. 1-5. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v45n1/v45n1a1.pdf>.

URRESTA, Byron, *Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) en dietas para pollos de engorde* [en línea]. Quito: 2010. Escuela Politécnica Nacional. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2062/1/CD-2866.pdf>.

VALERO VALDIVIESO, Manuel Fernando, ORTEGÓN, Yamileth y USCATEGUI, Yomaira, BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS BIOPOLYMERS: PROGRESS AND PROSPECTS. [en línea], 2013. vol. 80, pp. 171-180. [Consulta: 29 diciembre 2021]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>.

VÁZQUEZ, Alethia, ESPINOZA, Rosa, VILLAVICENCIO, Margarita y VELASCO, Maribel, ANIPAC. *Azcapotzalco* [en línea], 2000. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2021/01/bioplasticos.pdf>.

VEGA CASTRO, Oscar y MONTAÑO, Diego Fernando, (PDF) Biopolímeros, definiciones, caracterización y aplicaciones. *Reserchgate* [en línea], 2020. pp. 213. [Consulta: 28 diciembre 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343268488_Biopolimeros_definiciones_caracterizacion_y_aplicaciones.

VILLACRÉS ELENA y ESPÍN M. SUSANA, *Raíces y tubérculos Andinos Avances de investigación I* [en línea]. I. Lima: Centro Internacional de la papa. 1999. [Consulta: 4 diciembre 2021]. Disponible en: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/10/RTA59120.pdf>.

WILFIDO, Tadeo, PÉREZ, Pascual, MÉNDEZ, Juana, AMÉRICA, Gregorio y GOMÉZ, Alonzo, 2019. Investigación experimental. [en línea]. Guatemala: [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://es.calameo.com/read/0060128179c34a8bc6125>.

YAGOS, Carlos, *SÍNTESIS DE UN POLÍMERO COMPOSTABLE A PARTIR DE ALMIDÓN, COMO UNA ALTERNATIVA PARA PREPARAR PLÁSTICOS DE PRIMER USO*. Ambato: 2022. Universidad Técnica de Ambato.

YUNGÁN, Alvaro, “*EFEECTO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE MASHUA (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pav.) EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS*” [en línea]. Ambato: 2015. Universidad Técnica de Ambato. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: [https://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15884/1/AL_587 .pdf](https://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/15884/1/AL_587.pdf).

ZAMUDIO, Giovanni, *APLICACIONES DE LAS BIOPELÍCULAS COMESTIBLES EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA* [en línea]. Valle del Cauca: 2014. Univesidad del Valle. [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/17676/0519674.pdf?sequence=1>.

ANEXO A: MATERIA PRIMA.

a.



b.



c.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA</p>	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
<p>a. Ancho de la mashua b. Longitud de la mashua. c. Peso de la mashua</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	

ANEXO B: ELABORACIÓN DE ALMIDÓN.

d.



e.



f.



g.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: <i>ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA</i> </p>	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
d. Lavado de mashua. e. Pelado de mashua. f. Licuado de mashua. g. Tamizado de mashua.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	

ANEXO C: ELABORACIÓN DE ALMIDÓN (CONTINUACIÓN).

h.



i.



j.



k.



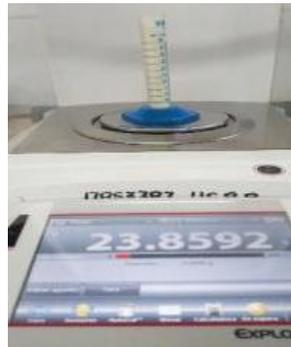
DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
h. Sedimentado del almidón i. Secado del almidón. j. Molienda del almidón. k. Tamizado del almidón	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA	3	1:1	

ANEXO D: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICA DEL ALMIDÓN.

l.



m.



n.



o.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:		LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
l. Cenizas del almidón m. Densidad real del almidón. n. Densidad aparente del almidón. o. Viscosidad de Brookfield	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	

ANEXO E: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICA DEL ALMIDÓN (CONTINUACIÓN)

p.



q.



r.



s.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: <i>ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA</i> </p>	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
p. Prueba de PH, ISA y IAA. q. Prueba de pH. r. Claridad de pasta. s. Humedad	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	

ANEXO F: AMILOSA Y HUMEDAD

MC-LSAIA-2201-06

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-0165

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Ávila Pincay Lady Victoria	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Gabriela Mistral y Susana Donoso	**ATENCIÓN:	Srta. Ávila Pincay Lady Victoria
FECHA DE EMISIÓN:	25 de agosto del 2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	13/08/2021
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 13 al 25 agosto del 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	9h00
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^U	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0922	16,28	47,41	Almidón De Mashua

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

RESPONSABLES DEL INFORME


FORMA AUTENTICADA POR
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA
 Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO


FORMA AUTENTICADA POR
BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS
 Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

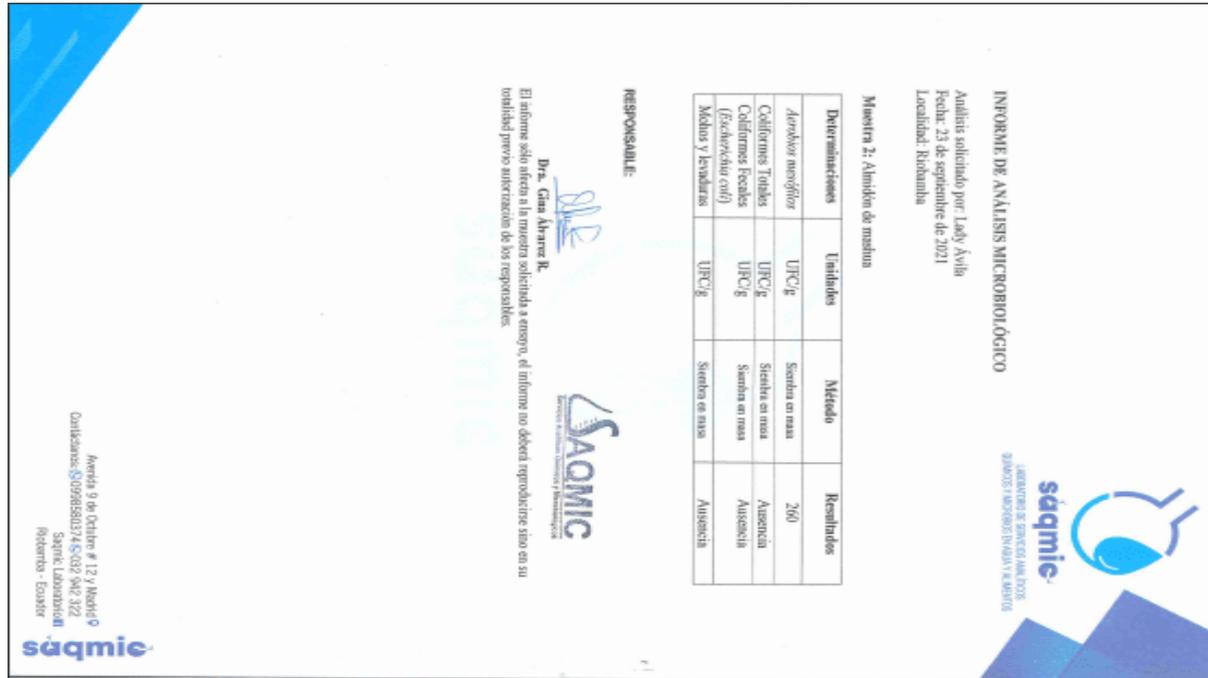
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida 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.


 Ve a Confir...

DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
Amilosa y humedad del almidón.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar 	ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			6	1:1	

ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE MASHUA



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Análisis microbiológico del almidón de mashua.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA	7	1:1	

ANEXO H: ANÁLISIS DE FIBRA, PROTEÍNA Y GRASA DEL ALMIDÓN DE MASHUA Y DE LA MASHUA.

RESULTADOS DE ANÁLISIS BRONMATOLÓGICOS

NOMBRE: Lady Avila
 TIPO DE MUESTRA: Mashua
 Muestra 1: Almidón de mashua
 Muestra 2: Mashua
 FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 03 de septiembre del 2021
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 23 de septiembre de 2021

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

Muestra 1: Mashua
 Muestra 2: Almidón de mashua

Determinaciones	Unidades	Métodos de Análisis	Muestra 1	Muestra 2
Fibra cruda	%	Método gravimétrico Digestión ácida y fibra	4.03	0.20
Proteína	%	Método Kjeldahl	5.59	0.41
Grasa	%		4.4	0.11

RESPONSABLE:
 Dra. Gina Alvarez R.

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

SAGMIC
 LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS QUÍMICAS Y BIOTECNOLOGÍA

Avda. 9 de Octubre # 12 y Mariposa
 Centinamo, S019989301745002 942 322
 Santa Leticia
 Rosendo - Ecuador

DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
Análisis de fibra, proteína y grasa del almidón de mashua y de la mashua.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA	8	1:1	

ANEXO I: ELABORACIÓN DEL BIOPOLÍMERO

a.



b.



c.



d.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
a. Elaboración del biopolímero. b. Vertido casting. c. Secado del biopolímero. d. Medición del espesor del biopolímero.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		ELABORADO POR: <i>ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA</i>	9	1:1	

ANEXO J: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL BIOPOLÍMERO

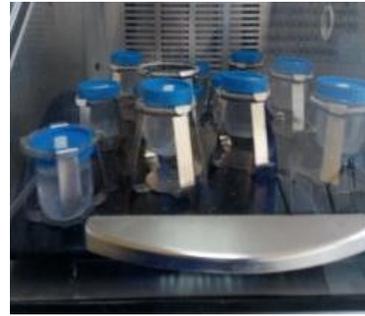
e.



f.



g.



h.

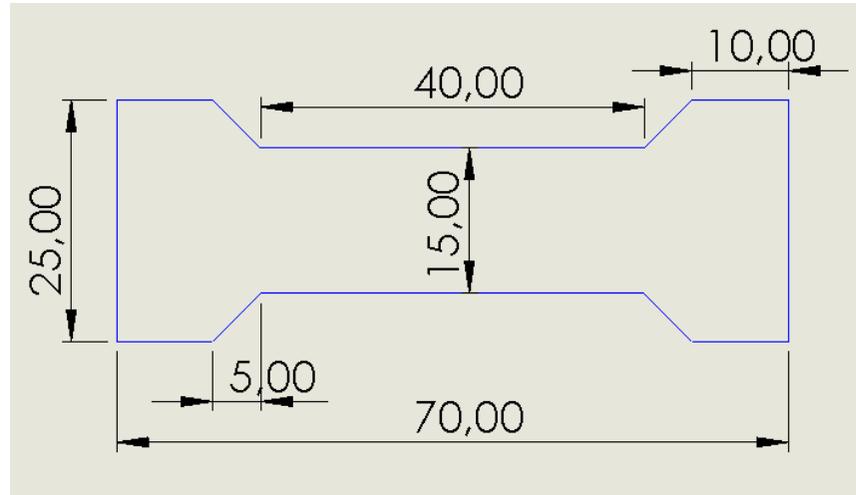


DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:		LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
e. Humedad del biopolímero.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA		
f. Permeabilidad de vapor de agua del biopolímero.					
g. Solubilidad del biopolímero.			LÁMINA	ESCALA	FECHA
h. Pruebas mecánicas del biopolímero.			10	1:1	

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

ELABORADO POR:
 ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA

ANEXO K: PROBETA.



DESCRIPCIÓN:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
i. Probeta para pruebas mecánicas.	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar		ELABORADO POR: ÁVILA PINCAY LADY VICTORIA	LÁMINA	ESCALA
			11	1:1	



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: 02 / 05 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: LADY VICTORIA ÁVILA PINCAY
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS
Carrera: INENIERÍA QUÍMICA
Título a optar: INGENIERÍA QUÍMICA
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2001-DBRA-UTP-2022