



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE MELLOCO  
(*ullucus tuberosus*) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA  
ALIMENTOS”**

**Trabajo de Titulación:**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:**

**RAÚL GERARDO URGILÉS CAUJA**

**Riobamba Ecuador**

**2021**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE MELLOCO  
(*ullucus tuberosus*) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA  
ALIMENTOS”**

**Trabajo de Titulación:**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR:**

**RAÚL GERARDO URGILÉS CAUJA**

**DIRECTOR: ING. SILVANA PAOLA OCAÑA COELLO**

**Riobamba Ecuador**

**2021**

©2021, Raúl Gerardo Urgilés Cauja

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

Yo, Raúl Gerardo Urgilés Cauja, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 17 de diciembre de 2021

Raúl Gerardo Urgilés Cauja 010340680-7

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Investigación, **“OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE MELLOCO (ullucus tuberosus) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA ALIMENTOS”** realizado por el señor: **RAÚL GERARDO URGILÉS CAUJA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**CESAR  
ARTURO  
PUENTE  
GUIJARRO**

Firmado digitalmente por **CESAR  
ARTURO PUENTE GUIJARRO**  
DN: **C=CESAR ARTURO  
PUENTE GUIJARRO, o=SEC  
URITY DATA S.A. S**  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION  
Motivo: Soy el autor de este  
documento  
Fecha: 2022-01-07 18:42:05:00

2021 – 12– 17

Ing. Silvana Paola Ocaña Coello

**DIRECTOR/A DEL TRABAJO  
DE TITULACION**



Firmado electrónicamente por:  
**SILVANA PAOLA  
OCANA COELLO**

2021 – 12 - 17

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína Ph.D.

**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



2021 – 12 - 17

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios por haberme permitido alcanzar esta meta, brindándome la salud, voluntad y sabiduría en mi formación profesional, con amor de Padre protegiéndome de todo lo malo.

A mi querida madre María por el cariño y estar siempre conmigo, apoyándome en todo el tiempo, a todos mis hermanos: Jesús y Miguel por su apoyo moral en todo momento, a mi familia que siempre me apoyó y brindo su cariño dándome confianza durante este camino.

A una persona muy especial, que siempre estaba conmigo en todas las dificultades presentadas en el transcurso de mi vida universitaria, llegando a obtener este logro.

**Raúl U.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS por ser mi Padre y mi soporte en todos mis obstáculos por poner personas amables y buenas que han sido parte de mi entorno, a mi Madre por ser una persona de concejo, a mi familia por su apoyo y motivación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por ser mi segundo hogar durante todos estos años acogiéndome en sus espacios siendo uno más de sus hijos junto a mis compañeros, donde recibí amabilidad y valores morales durante mi formación profesional.

A mis maestros que compartieron sus conocimientos en las aulas y laboratorios formándome como profesional para aportar a la sociedad.

A mi directora de tesis Ing. Paola Ocaña y al Ing. Hannibal Brito Miembro de tesis que me guiaron durante todo el tiempo en la realización de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de estudio que estuvieron conmigo luchando en todos los momentos y pasando los obstáculos hasta el final.

Y a un ser muy especial que me acompañó durante este periodo de mi vida.

Nunca es tarde para cambiar la historia, mientras la historia no te cambie a ti.

**Raúl U.**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Identificación del Problema.....	3
1.2. Justificación de la Investigación.....	4
1.3. Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1. General.....	6
1.3.2. Específicos.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. MARCO METODOLÓGICO.....	7
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	7
2.2. Marco Conceptual o Glosario.....	10
2.3. Planteamiento de las Hipótesis.....	22
2.3.1. Hipótesis General.....	22
2.3.1. Hipótesis Específicas.....	22
2.4. Identificación de variables.....	23
2.5. Ejecución de variables.....	24
2.6. Matriz de consistencia.....	25
2.7. Tipo de Investigación.....	27
2.8. Diseño de investigación.....	27
2.9. Unidad de análisis.....	28
2.10. Población de Estudio.....	28
2.11. Tamaño de la muestra.....	28
2.12. Selección de Muestra.....	29
2.13. Técnicas de recolección de datos.....	29
2.13.1. Extracción del almidón de melloco.....	29
2.13.2. Diagramas de procesos de obtención del almidón de melloco.....	31
2.13.3. Caracterización del almidón de melloco.....	32
2.14. Técnica para la obtención del biopolímero.....	35
2.14.1. Diagramas de procesos para la obtención del biopolímero.....	36
2.14.2. Caracterización del biopolímero.....	37
CAPÍTULO III.....	40
3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	40
3.1. Datos obtenidos de los ensayos realizados.....	40
3.1.1. Análisis sensorial del tubérculo de melloco.....	40



3.1.2.	<b>Ensayos preliminares para la extracción de almidón de melloco</b> .....	41
3.1.2.1.	Datos obtenidos del proceso de extracción del almidón después del secado .....	41
3.1.2.2.	Ensayos fisicoquímicos del almidón obtenido .....	43
3.2.	<b>Ensayos preliminares para la elaboración del biopolímero.</b> .....	45
3.2.1.	<b>Datos para determinar las propiedades físicas, mecánicas de los biopolímeros.</b> .....	47
3.3.	<b>Cálculos</b> .....	52
3.3.1.	<b>Cálculos de los ensayos realizados al almidón de melloco.</b> .....	52
3.3.1.1.	Calculo del porcentaje de rendimiento obtenido a partir del almidón de melloco.....	52
3.3.1.2.	Cálculo del Índice de Absorción de Agua del almidón de melloco. ....	52
3.3.1.3.	Cálculo de los Índice de Solubilidad en Agua del almidón de melloco.....	52
3.3.1.4.	Cálculo de Poder de Hinchamiento del almidón de melloco.....	53
3.3.1.5.	Cálculo de la obtención de ceniza para el almidón de melloco.....	53
3.3.1.6.	Cálculo del porcentaje de humedad para el almidón de melloco.....	53
3.3.2.	<b>Calculo de los ensayos fisicoquímicos realizados a los biopolímeros obtenidos.</b> .....	53
3.3.2.1.	Calculo de permeabilidad al vapor de agua (g/h. mMPa) de las biopelículas .....	53
3.3.2.2.	Calculo porcentaje de humedad de las biopelículas .....	54
3.3.2.3.	Calculo del porcentaje de solubilidad de las biopelículas.....	54
3.3.2.4.	Calculo del porcentaje de biodegradabilidad de los biopelículas.....	54
3.4.	<b>Resultados</b> .....	55
3.4.1.	<b>Resultados de los ensayos del almidón.</b> .....	55
3.4.1.1.	Resultados obtenidos del secado del almidón. ....	55
3.4.1.2.	Resultados de los rendimientos de almidón de melloco.....	56
3.4.1.3.	Resultados de la determinación de los índices .....	57
3.4.2.	<b>Resultados de los ensayos realizados de los biopolímeros.</b> .....	57
3.4.2.1.	Resultados de espesor de los tratamientos. ....	57
3.4.2.2.	Resultados del ensayo de permeabilidad .....	58
3.4.2.3.	Resultados del ensayo de solubilidad el biopolímero. ....	59
3.4.2.4.	Resultados del ensayo de humedad del biopolímero.....	60
3.4.2.5.	Resultados del ensayo de Biodegradabilidad de los polímeros.....	60
3.4.2.6.	Resultados de las pruebas mecánicas de los tratamientos.....	61
3.5.	Prueba de Hipótesis .....	63
3.5.1.	<b>Hipótesis 1</b> .....	63
3.5.2.	Hipótesis 2.....	63
3.5.3.	Hipótesis 3.....	63
3.5.4.	Hipótesis 4.....	63
3.5.5.	Hipótesis 5.....	64
3.6.	Discusión.....	65
	CONCLUSIONES .....	67
	RECOMENDACIONES.....	68
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Antecedentes en la obtención y caracterización de polímeros .....	9
<b>Tabla 2-2:</b> Taxonomía del melloco ( <i>Ullucus tuberosus</i> ) .....	11
<b>Tabla 3-2:</b> Composición química del Melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) .....	12
<b>Tabla 4-2:</b> Clasificación de polímeros a partir de su origen.....	12
<b>Tabla 5-2:</b> Clasificación de los polímeros.....	13
<b>Tabla 6-2:</b> Métodos de obtención de Polímeros Biodegradables .....	13
<b>Tabla 7-2:</b> Temperatura de entalpia y gelatinización de almidones .....	17
<b>Tabla 8-2:</b> Tipos de plastificantes .....	19
<b>Tabla 9-2:</b> Identificación de Variables .....	23
<b>Tabla 10-2:</b> Procesamiento de variables.....	24
<b>Tabla 11-2:</b> Matriz de Consistencia.....	25
<b>Tabla 12-2:</b> Recursos para la recolección de datos.....	29
<b>Tabla 13-2:</b> Extracción del almidón de melloco .....	29
<b>Tabla 14-2:</b> Técnicas de extracción de almidón de melloco ( <i>ULLUCUS Tuberosus</i> ) nivel4.....	30
<b>Tabla 15-2:</b> Ensayos para realizar la caracterización de los almidones .....	32
<b>Tabla 16-2:</b> Proceso para la obtención del biopolímero .....	35
<b>Tabla 17-2:</b> Ensayos para realizar la caracterización de las biopelículas.....	37
<b>Tabla 1-3:</b> Valores de los análisis físicos realizados a la materia prima .....	40
<b>Tabla 2-3:</b> Datos de rendimientos obtenidos en la extracción del melloco .....	41
<b>Tabla 3-3:</b> Datos del secado de almidón .....	41
<b>Tabla 4-3:</b> Datos organolépticos del almidón .....	43
<b>Tabla 5-3:</b> Datos de las caracterizaciones del almidón de melloco.....	43
<b>Tabla 6-3:</b> Datos con tres repeticiones .....	44
<b>Tabla 7-3:</b> Datos para los cálculos de cada índice .....	44
<b>Tabla 8-3:</b> Porcentaje de amilosa y amilopectina presente en el almidón .....	44
<b>Tabla 9-3:</b> Datos de % encontrados de la composición del almidón .....	44
<b>Tabla 10-3:</b> Análisis microbiológico del almidón de melloco. ....	45
<b>Tabla 11-3:</b> Planificación de composiciones.....	45
<b>Tabla 12-3:</b> Selección de las composiciones.....	45
<b>Tabla 13-3:</b> Tratamientos obtenidas para los ensayos .....	46
<b>Tabla 14-3:</b> Nomenclatura de los tratamientos .....	46
<b>Tabla 15-3:</b> Tratamientos de secado a 2 temperaturas.....	46
<b>Tabla 16-3:</b> Datos de espesor de cada tratamiento.....	47
<b>Tabla 17-3:</b> Datos WVAP absorción de vapor de las muestras.....	48
<b>Tabla 18-3:</b> Datos obtenidos de la humedad.....	49
<b>Tabla 19-3:</b> Datos de ensayo para la solubilidad de la biopelícula .....	50
<b>Tabla 20-3:</b> Datos de áreas encontradas de las muestras de cada tratamiento en agua .....	51
<b>Tabla 21-3:</b> Datos de áreas encontradas de las muestras de cada tratamiento en ambiente .....	51
<b>Tabla 22-3:</b> Datos de áreas encontradas en las muestras de cada tratamiento compostable .....	52
<b>Tabla 23-3:</b> Resultados de secado almidón a 40(°C).....	55
<b>Tabla 24-3:</b> Resultados de rendimiento porcentual del almidón obtenido.....	56
<b>Tabla 25-3:</b> Resultados pruebas de índices .....	57
<b>Tabla 26-3:</b> Resultados de espesor de los tratamientos del biopolímero .....	57

<b>Tabla 27-3:</b> Resultados de WVP de los tratamientos de las biopelículas del melloco. ....	58
<b>Tabla 28-3:</b> Resultados % de solubilidad de los tratamientos. ....	59
<b>Tabla 29-3:</b> Resultados % de humedad de los tratamientos. ....	60
<b>Tabla 30-3:</b> Resultados % de degradabilidad de los tratamientos. ....	60
<b>Tabla 31-3:</b> Resultados de las propiedades de tracción de las biopelículas. ....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Planta y Tubérculo de melloco .....	10
<b>Figura 2-2:</b>	Segmento de polisacárido almidón .....	15
<b>Figura 3-2:</b>	Segmento de la molécula lineal de la amilosa.....	16
<b>Figura 4-2:</b>	Cadenas de amilosa formando hélice.....	16
<b>Figura 5-2:</b>	Estructura química de la amilosa y amilopectina en formación .....	16
<b>Figura 6-2:</b>	Estructura molecular de ácido acético .....	18
<b>Figura 7-2:</b>	Molécula de agua.....	19
<b>Figura 8-2:</b>	Estructura química de la glicerina.....	20
<b>Figura 1-2:</b>	Combinación de niveles en los factores.....	27
<b>Figura 1-3:</b>	Muestreo de materia prima.....	40

## INDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Diagrama de diseño factorial 2 <sup>2</sup> seleccionado.....	28
<b>Gráfico 2-2:</b>	Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda.....	31
<b>Gráfico 3-2:</b>	Diagrama de flujo de secado del almidón.....	31
<b>Gráfico 5-2:</b>	Diagrama de flujo obtención de la temperatura de gelatinización.....	36
<b>Gráfico 5-2:</b>	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biopolímero.....	36
<b>Grafico 1-3:</b>	Curva de secado del almidón de melloco.....	42
<b>Grafica 2-3:</b>	Tiempo del secado en función de la temperatura y Concentración.....	47
<b>Gráfico 3-3:</b>	Pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h).....	49
<b>Grafico 4-3:</b>	Representación de la eliminación de humedad en el almidón de melloco.....	56
<b>Grafico 5-3:</b>	Representación de rendimientos obtenidos de almidón.....	57
<b>Grafico 6-3:</b>	Espesores de los tratamientos de los biopolímeros.....	58
<b>Grafico 7-3:</b>	WVP presentación de cada tratamiento ensayado.....	59
<b>Grafico 8-3:</b>	Solubilidad en cada tratamiento.....	59
<b>Grafico 9-3:</b>	Valores de humedad de cada tratamiento.....	60
<b>Grafico 10-3:</b>	Biodegradabilidad de los tratamientos.....	61
<b>Grafico 11-3:</b>	Propiedades de tracción.....	62

## INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2:</b> Índice de solubilidad de agua .....	32
<b>Ecuación 2-2:</b> Índice de absorción de agua.....	32
<b>Ecuación 3-2:</b> Índice poder de hinchamiento de agua.....	32
<b>Ecuación 4-2:</b> Porcentaje de ceniza.....	34
<b>Ecuación 6-2:</b> Porcentaje de solubilidad.....	38
<b>Ecuación 7-2:</b> Permeabilidad al vapor de agua.....	38
<b>Ecuación 8-2:</b> Área degradada por semana.....	39
<b>Ecuación 9-2:</b> Pesos finales semanales .....	39

## INDICE DE ANEXOS

### I

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE MELLOCO. ....	73
ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO M1A.....	74
ANEXO C: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO M1B .....	75
ANEXO D: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO M2A.....	76
ANEXO E: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO M2B .....	77
ANEXO G: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA.....	79
ANEXO H: MOLIDO Y TAMIZADO DEL ALMIDÓN DE MELLOCO .....	80
ANEXO I: ENSAYOS PRELIMINARES EN LA OBTENCIÓN DEL BIOPOLÍMERO .....	81
ANEXO J: CARACTERIZACIONES FÍSICO QUÍMICAS DEL BIOPOLÍMERO.....	82
ANEXO K: ENSAYO DE SECADO A LAS DOS TEMPERATURAS .....	83
ANEXO L: PRUEBAS DE BIODEGRADABILIDAD.....	84
ANEXO M: PRUEBAS MECÁNICAS DE LOS TRATAMIENTOS.....	85

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue obtener un biopolímero a partir del tubérculo de melloco (*Ullucus Tuberosus*) en la utilización de embalaje para alimentos. Se realizó varios ensayos a la fécula bajo la NORMA INEN 1456. Para la obtención de los biopolímeros, se utilizó el almidón extraído con plastificante y aditivos, se aplicó el diseño experimental 2<sup>2</sup> factorial, mediante formulaciones planteadas, se llevó a cabo ensayos preliminares, a través del método de casting, donde se seleccionó cuatro biopolímeros con mejores propiedades físicas, para realizar ensayos de biodegradación; bajo la norma INEN 2643, de permeabilidad; según la norma ASTM D1653-93 y de tracción, conforme a la norma INEN 2635-012. Se generó resultados como: tiempo de secado de 7 horas a 50°C secado al ambiente; de 4 días su espesor promedio fue de: (0,09 mm y 0,13 mm), con una solubilidad de (18,02% y 34,34%), su biodegradación se dio entre (25 y 40 días), debido a la cantidad de plastificante aplicado y a sus condiciones ambientales, se verifica un polímero de tipo compostaje, se realizó pruebas de permeabilidad, que generó: (0,002511 y 0,001013 g/h.m.Mpa) y finalmente, se determinó las propiedades de tracción a los biopolímeros como: módulo de elasticidad de: (8,821 Mpa y 53,79 Mpa), un esfuerzo máximo de: (2,53 Mpa y 4,13 Mpa). Se concluye respectivamente que las composiciones M1A y M1B, con concentraciones de almidón de (2,44% - 3,61%) y de plastificante (1,23% - 1,84%) presentaron mejores resultados, debido al porcentaje de amilosa presente en el almidón de melloco y el carácter hidrofílico del plastificante, Se recomienda realizar pruebas fisicoquímicas y métodos de secado con diferentes variables para el almidón, en la obtención de biopolímero alterar su composición y entorno, que permitan mejorar las propiedades de tracción y físicas del biopolímero,

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA> <BIOPOLÍMERO>  
<MELLOCO (*Ullucus Tuberosus*)> <ALMIDÓN> <BIODEGRADACIÓN> <AMILOSA>



Flora de  
BIOLOGÍA  
HOLGER  
GERMAN  
RAMOS  
UVIDIA

1067-DBRA-UPT-2021

2021-04-26



## ABSTRACT


The objective of this study was to obtain a biopolymer from the melloco tuber (*Ullucus Tuberosus*) in the use of food packaging. Several starch tests were carried out using the INEN 1456 STANDARD. To obtain the biopolymers, the starch extracted with plasticizer and additives was used, the 22 factorial experimental design was applied. Using proposed formulas, preliminary tests were carried out, through the casting method, where four biopolymers with better physical properties were selected, to carry out biodegradation tests; under the INEN 2643 permeability standard; according to the ASTM D1653-93 standard and traction, according to the INEN 2635-012 standard. Results were generated such as drying time of 7 hours at 50 ° C ambient drying; After 4 days, its average thickness was: (0,09mm and 0,13mm), with a solubility of (18, 02% and 34%), its biodegradation occurred between (25 and 40 days), due to the amount of plasticizer already applied environmental conditions, a compostable polymer is verified, permeability tests were carried out, which generated 0,002511 and 0,001013 g / h.m.MPa). Finally, the tensile properties of the biopolymers were determined, such as the modulus of elasticity of: (8,821Mpa and 53,79Mpa), the maximum stress of: (2,53Mpa and 4,13Mpa). It is concluded, respectively, that compositions M1A and M1B, with starch concentrations of (2, 44% - 3, 61%) and plasticizer (1, 23% - 1, 84%) presented better results, due to the percentage of amylose present in melloco starch and the character hydrophilic plasticizer. It is recommended to carry out physicochemical tests and drying methods with different variables for the starch, in obtaining the biopolymer, altering its composition and environment, allowing to improve the tensile and physical properties of the biopolymer.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES> <BIOPOLYMER>

<MELLOCO (*Ullucus Tuberosus*)> <STARCH> <BIODEGRADATION>

<AMYLOSE>

ANGEL  
PAUL  
OBREGON  
MAYORGA  
MAYORGA  
Date: 2022.02.07  
16:00:51 -05'00'



## INTRODUCCIÓN

Durante años, los materiales plásticos sintéticos producidos de petroquímicos son usados por una variedad de aplicaciones, cada día, tales como: accesorios para vehículos, en el área de la salud, en el campo de la comunicación, en la industria electrónica, etc. (Gonçalves de Moura et al., 2017; citado en Ohtake et al., 1998)

El plástico se convirtió en un producto esencial, debido a sus cualidades estéticas por su versatilidad, durabilidad y bajo costo, sin embargo, dado a su excesivo consumo, su resistencia de degradación, la generación de toxicidad después de la incineración y otras causas, ha generado sensibilidad en el medioambiente, induciendo un impacto ecológico por la excesiva acumulación en los vertederos y contaminación en los mares. (Da Luz et al., 2015, p. 1)

El uso diario en la transportación de alimentos, la protección personal, consumo doméstico e industrial aún más debido a la pandemia, ha causado una demanda de producción que al final deteriora la calidad de cultivo en el área terrestre y lugares que alteran el ciclo vital de recuperación del planeta. (GONZÁLES GARCÍA 2018, p. 13)

Países europeos y organizaciones a nivel local e internacional, se han esmerado en investigar la obtención de polímeros bajo recursos renovables, que son de los seres vivos como plantas y animales, debido a que estos en su conformación física molecular contienen polisacáridos, los mismos que son formados de almidón, celulosa, quitosano, y colágeno.

Desde años atrás, los biopolímeros son una fuente para reemplazar los plásticos sintéticos que no se degradan en corto tiempo, por lo tanto, la importancia de su estudio y su obtención ha generado interés desde varios años, no obstante, su elaboración es de poco interés debido al costo de productividad para las industrias.

Se conoce que la formación de polímeros viene de la síntesis de monómeros, los cuales producen Ácido Poli láctico (PLA) y uno de los ciclos de energía son los microorganismos, que en presencia de enzimas producen Polihidroxialcanoatos (PHA). (CHARRO ESPINOZA 2015, p. 20)

El almidón, conocido como fécula, ha sido utilizado con adición de aditivos, agua y plastificante para la formación de un biopolímero, por eso ha presentado una composición macromolecular compleja, con cantidades de amilosa desde 20% a 30% y, de amilopectina en un 70% a 80%, siendo los más importantes, presentado una alternativa para el uso como material natural renovable que forme y reemplace a los plásticos desechados en la actualidad. (Espin et al., 2004, p. 104)

El interés, que genera el estudio de la obtención de biopolímeros, es dar un valor necesario y monetario al uso y demanda como materia prima para el tubérculo, que a más de ser un alimento diario y de gran valor nutricional en la dieta humana, pueda ser una materia prima para la elaboración de biopolímeros para recubrimiento de alimentos.

En el mundo ya se ha hecho un estudio y producción de biopolímeros, los países se benefician mejorando su economía y la calidad ambiental, porque es aprovechado para uso Compostable en las áreas de cultivo se espera lo mismo en Ecuador. Es de gran importancia valorar las condiciones climáticas en las regiones andinas que permiten el cultivo de melloco.

La obtención de biopolímeros del tubérculo de melloco es un reto, que permite determinar resultados favorables como biopelículas en el cubrimiento de alimentos, y para ello, se aplica normas y técnicas revisadas en sus caracterizaciones, que nos permite mejorar y fomentar un aporte en la investigación de biopolímeros, que debe ser respetuoso con el medioambiente.

Durante los ensayos, el comportamiento en su transformación fue observado e indicó ciertos cambios al modificar factores en la composición, ya que en algunos casos es directa o inversamente proporcional, debido al comportamiento hidrofílico e hidrofóbico en sus caracterizaciones, influye la concentración de almidón (CA) y de la concentración de glicerina (CG), como propiedades, que cambian la estructura física, generando cambios en la difusión, tanto en la permeabilidad como solubilidad y humedad.

Se realizaron ensayos de extracción de almidón y sus caracterizaciones, identificamos la cantidad de amilosa presente y amilopectina que son partes importantes del polisacárido almidón. Además, se determinó la cantidad de rendimiento extraído, después se realizó composiciones que fueron ensayadas para verificar la obtención del polímero, que luego fueron igualmente caracterizadas indicando los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Identificación del Problema

En todo el mundo, el problema ambiental es causado por la disposición de plásticos, hechos de recursos de fósiles no renovables, por lo tanto, se sigue generando una excesiva acumulación en los vertederos que asocia el aumento de huella de carbono de los plásticos, la toxicidad al aire después de su incineración y la contaminación a los mares, donde cada año alrededor de 34 millones de toneladas de desperdicios plásticos se generan, mundialmente el 7 % reciben una adecuada disposición. (Cisneros et al., 2019, p. 1)

La demanda y la elaboración de plásticos a gran escala para uso doméstico e industrial, se verifica, por la mayoría debido a que son de uso momentáneo, pasando a ser más un desperdicio visible en todo lugar.

La degradación de estos polímeros, ocurre entre 100 a 1000 años y muchos de estos plásticos, han sido creados desde mediados del siglo XX. Otro aspecto del plástico sintético, es el ser económico y accesible de gran consumo y se puede ver en muchos residuos sólidos desechados, éstos se localizan en todo lugar, creando un mal aspecto que, a la vez, se convierte en vertederos y contaminan al ambiente, dándose en lugares rurales que consecuentemente disminuye el rendimiento de los cultivos. (Brito et al 2020, p. 983).

Según datos de Ministerio del Medio Ambiente en Ecuador, el uso de los plásticos sucede en mayor cantidad, debido al uso de fundas plásticas, sólo en el año 2019, se produjeron 117.000 toneladas de desperdicios hechos de plásticos, lo que significa 7300 camiones llenos de desperdicios, por consiguiente, existe un resultado observado después de su consumo general total de 528.000 toneladas de plásticos que se transforma en residuos totales. (López et al., 2020a, p. 728)

## 1.2. Justificación de la Investigación

En la región Andina de Ecuador, existen lugares donde se desarrolla el cultivo y la producción de melloco con mayor facilidad, permitiendo una opción para generar más oportunidades a los agricultores por las condiciones climáticas y ubicación. (ABRIGO CÓRDOVA 2016, p. 133)

El beneficio y uso de la materia prima como la fécula del melloco, permite que su producción sea posible, sobre todo su cultivo no exige altos costos, siendo apto que permite facilidad a los agricultores de bajos recursos económicos, hay tierras que por lo general no son aprovechadas y son abandonadas, debido a que sus dueños optan por emigrar a otros países.

Luego de la papa, el melloco pertenece a la familia *Basellaceae* del género *Ullucos* y de su subespecie *Tuberosus*, es el segundo tubérculo abundante de mayor producción en ciertas áreas, resulta ser un desperdicio por falta de consumo, existiendo pérdida para sus productores, por lo que no es aprovechado. Otorgándole gran importancia para la elaboración de biopolímeros. (Borja Mancheno, et al., 2009, p. 1)

El biopolímero, se degrada fácilmente por sus componentes naturales, no obstante, la utilización de la materia prima proveniente del tubérculo es desconocida en las industrias y su interés de elaborarlo es bajo o nulo.

El consumo de un producto hecho de polímeros biodegradables, constituye a que su desecho se convierta en residuo Compostable y útil para abono, debido a sus características biodegradables, puesto que, el almidón es un polisacárido que comprende en sus macromoléculas complejas una composición de amilosa y amilopectina que es de 26% y 74 %. Respectivamente. (Espin et al., 2004a, p. 104)

El mundo exige demanda en la producción de biopolímeros y las investigaciones siguen avanzando, las estrategias para obtenerlos son un reto, dado que, al conseguir propiedades aceptables para su uso nos permite conservar nuestro planeta más puro y saludable fomentando un aporte en el área científica y de investigación.

La contaminación ambiental que genera el polímero sintético proveniente de petróleo, está causando un enorme impacto y creciente desequilibrio en el ciclo de recuperación del planeta, en consecuencia, se produce el calentamiento global, la muerte de animales marinos como consecuencia de su ingestión, la toxicidad del aire que se origina después de su incineración y más aún los fenómenos desconocidos e inesperados como desastres que indican el comportamiento de la naturaleza, (López Aguirre et al., 2020, pp. 727–728)

Por consiguiente, se propone elaborar un polímero biodegradable hecho del tubérculo de melloco (*Ullucus Tuberosus*) dado a la problemática que existe y a los beneficios expuestos en los párrafos

anteriores, se pretende junto a ello relacionarnos con el ambiente ofreciéndole menos contaminación.

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### ***1.3.1. General***

- Obtener un biopolímero a partir de melloco (*Ullucus Tuberosus*) para el uso como embalaje para alimentos.

#### ***1.3.2. Específicos***

- Extraer el almidón de melloco (*Ullucus Tuberosus*) por el método de vía húmeda.
- Evaluar el porcentaje de rendimiento del almidón extraído.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas en base a la norma INEN 1456 utilizando reactivos para análisis (almidón soluble).
- Obtener los biopolímeros a escala de laboratorio a partir del almidón del melloco.
- Caracterizar y evaluar las propiedades cualitativas y cuantitativas de los biopolímeros obtenidas en base a métodos de ensayo fisicoquímicos (Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas de las normas INEN 2635, y por las normas ASTM D1653-93).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

Ciertamente los consumos de plásticos sintéticos en su mayoría son de uso momentáneo, por lo tanto, toma siglos en degradarse conllevado como consecuencia la acumulación de sus residuos, por consiguiente, el crear un biopolímero natural que tenga las características similares al sintético ha resultado como interés de muchas investigaciones que ha buscado reducir el consumo de polímeros sintéticos y disminuir la contaminación ambiental.

El melloco, ha sido uno de los tubérculos más abundantes y conocidos a nivel de América latina, tiene un contenido de proteínas con promedio de 96%, que indica una fuente de alimento nutritivo, además su composición de carbohidratos identifica que sea de gran interés de estudio para la transformación a biopolímeros. (Suquilanda, 2009, p. 36)

Solamente, en la región andina su cultivo esta beneficiada por la condición climática, además, su producción es económica, siendo factible para los agricultores. Se conoce en diferentes lugares como: Melloco, olluco, Chugua, Ruba, Lisa o Papa Lisa. (Torres 2006, p. 2)

Los biopolímeros innovadores como el PHB polihidroxibutilato y los PHA (Polihidroxialcanoatos), están impulsando su crecimiento, uno de los objetivos es controlar la degradación de bioplásticos con el fin de utilizarlos a manera de un abono Compostable, es decir implica recuperación de energía.

Las condiciones climáticas hacen que el bioplásticos empiece su degradación, de acuerdo a investigaciones de *Aimplast* (2020,) en su investigación, los microorganismos al crecer emplean el bioplásticos como fuente de carbono generando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, en forma aerobia, de otra manera biogás y H<sub>2</sub>O de forma anaerobia, luego los microorganismos al tener contacto con la superficie de una biopelícula secretan enzimas que son moléculas que rompen las cadenas poliméricas formando monómeros en bajo peso molecular, por ende, estos monómeros pueden ser reutilizados en la síntesis de otros productos, siendo fuente como reciclaje químico. (Martí, Ferrero y Verdejo 2020)

La degradación del biopolímero en realidad depende de las condiciones climáticas en donde se encuentre, tanto la humedad, la temperatura, el oxígeno y su composición estructurada, además, se sabe que los residuos de descomposición de biopolímero no son tóxicos. (Folino et al. 2020, p. 9)



Así mismo, al conocer el comportamiento de la materia orgánica que proviene de los vegetales como su parte tuberosa, han generado buenos resultados en la elaboración de biopolímeros. La Asociación Europea de Plásticos, reportó 2.42 millones de toneladas, aproximadamente el 58% de estos bioplásticos fueron de uso para aplicar en la envoltura de alimentos y para reutilización Compostable. (Bioplastics. 2020, p. 6)

El melloco es uno de los tubérculos más cultivados en América del sur, de acuerdo Yungán (2015, p. 2), es un cultivo originado de los andes centrales altos, especialmente se genera en países de Bolivia, Perú y Ecuador, por tal razón, el interés de investigar metodologías para obtener un biopolímero, a través de ensayos y diseños técnicos. (Yungán 2015, p. 2)

Se ha elaborado la extracción del almidón de melloco, seguido por formulaciones que, al agregar aditivos, plastificante y agua, podemos obtener una composición adecuada que cumpla las características requeridas y finalmente se ha comparado con otras investigaciones resultados de caracterización como: permeabilidad, humedad, solubilidad, mediciones de espesor de los biopolímeros y pruebas mecánicas.

Antecedentes relevantes nos permitió saber resultados obtenidos de melloco, a determinar su calidad y aceptación de uso, durante la elaboración del polímero, su biodegradabilidad y a comprender la importancia de sus propiedades. En este trabajo se presenta una lista relevante de investigaciones bibliográficas y documentación realizada que relaciona a la obtención de bioplásticos.

**Tabla 1-2:** Antecedentes en la obtención y caracterización de polímeros

N°	Año	Lugar	Autor (es)	Nombre de la Investigación	Tipo
1	2019	Bogotá Colombia	Joan Sebastián Holguín Cardona	Obtención de un Bioplástico a partir de almidón de papa	tesis
2	2019	Cotopaxi Ecuador	Teresa Pacheco M., Javier Moreno F., Rodrigo Moreno., Mar Villamiel., Oswaldo Hernandez H.	Propiedades morfológicas, tecnológicas y nutricionales de harinas y almidones de mashua ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> ) y melloco ( <i>Ullucus tuberosus</i> ) cultivados en Ecuador	Artículo Científico
3	2019	Riobamba Ecuador	Joselyne Brigitte Parra Pérez.	Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca ( <i>arracacia xanthorrhiza</i> ) y de camote ( <i>ipomoea batatas</i> ) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo	Tesis
4	2019	Suiza	Cristina Mistic, Harriague Covazzi.	Desarrollo de biopelículas marinas sobre plástico: características ecológicas en diferentes estaciones, temperaturas y regímenes de luz.	Artículo Científico
5	2019	Riobamba Ecuador	Jenny Marcela Guamán Bravo	Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial	Tesis
6	2018	Popayán Colombia	Luis Daniel Daza; Angie Homez Jara; José Fernando Solanilla; Henry Alexander Váquiro.	Efectos de la temperatura, la concentración de almidón y la concentración de plastificante sobre las propiedades físicas de las películas comestibles a base de ulluco ( <i>Ullucus tuberosus</i> Caldas)	Artículo Científica
7	2016	Managua Nicaragua	Abigail de los Ángeles Rosales	Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial	Tesis
8	2015	Quito Ecuador	Mónica Margarita Charro Espinoza	Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata	Tesis
9	2014		Laura Diana Soto Tovar	Preparación de biopolímero a partir de almidón de trigo	Tesis
10	2013		Carlos Vimos N., Carlos Nieto C., Marco Rivera.	El Melloco - Características, técnicas de cultivo y potencial en Ecuador	Libro de investigación

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

Los procesos y métodos de obtención de biopolímeros en estos estudios, han demostrado cada vez mejoramientos en la experimentación, llegando así, a mejorar la obtención con diferentes polímeros naturales sintetizados por los seres vivos.

## 2.2. Marco Conceptual o Glosario



**Figura 1-2:** Planta y Tubérculo de Melloco

**Fuente:** (Suquilanda, 2009)

### 2.2.1. *Morfología de la planta.*

Planta o vegetal que se da la mayor parte del año, su altura externa es de 20 a 30 cm de alto, su sistema radicular es abundante, ocupando espacios de hasta nueve plantas por metro cuadrado, tiene una estructura de tallo, hojas y flores, es abundante y de tipo fibroso, contiene de 3 a 6 tallos aéreos, son carnosos, con 3 a 4 aristas o rebrotes, generalmente retorcidos de coloración verde, rosado o púrpura, son plantas rastreras. (Vimos et al., 1993a, p. 3)

Cada planta produce 3 kilogramos de tubérculo, el mismo que se desarrolla en el subsuelo, su crecimiento ocurre entre 15cm y 25cm de profundidad y constituye la (Raíz). Generalmente un tubérculo está formado de varias formas ya sean cilíndricas, falcados, falcados curvos ya sea largas o cortas y éstas son brillosas con diferentes pigmentaciones, que, pueden ser blancas, amarillas, verdes y rosadas. (Vimos et al., 1993b, p. 5)

Una cualidad del melloco es el mucílago, que constituye un polisacárido que no altera la calidad mineral que son de beneficio para la dieta humana de acuerdo a los análisis proximales que se conforma. (Espin et al., 2004b, p. 109)

- *Hojas*

Parte principal para la fotosíntesis, éstos se presentan desde la unión del tallo, se presentan en diferentes formas alternas de peciolo largo y láminas gruesas de color verde, en el envés su tamaño, varía de 4 a 8 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho. (Paredes, 2016a, p. 16; citado en Mosquera, 2011)

- *Tallo*

Es parte principal de la planta, que, tiene una altura entre 20cm a 30cm, hace la función esquelética, ya que, su función es sostener el cuerpo, su estructura es carnosa y de ésta se une con 3 a 5 aristas que regularmente suelen ser retorcidos de color verde, púrpura y rosado. (Paredes, 2016b, p.16; p.16; citado en Mosquera, 2011)

- *Raíz o parte tuberosa*

Es parte de la planta que almacena energía, se encuentra en el subsuelo a 15cm en adelante y a través de ella se alimenta, es parte de propagación, forma nudos y entrenudos para su reforzamiento hacia el suelo, (It y América 1980, p. 840), en sus células se almacenan el almidón que es parte de su reserva energética.

### 2.2.2. Geografía y condiciones de crecimiento.

- *Altitud*

La planta de Olluco se cultiva entre 2600 y 3800 msnm, lugares que están en la cordillera de los Andes, tolera heladas o climas bajos entre 8 °C y 14°C, por lo general requiere riego abundante y frecuente, además necesita entre 10 a 14 horas de exposición solar diaria. (Suquilanda, 2009b, p. 36)

- *Suelo*

La tierra presenta una coloración negra que se localiza en zonas templadas y altas, es generalmente húmeda, existe una amplia gama de suelos que depende de las áreas donde se cultiva el tubérculo, es mejor en suelos arcillosos fértiles bien drenados, por ende, dependerá del tipo de tierra por lo que al ser más arcilloso generará menos tuberosidad y engrosamiento, el pH del suelo está entre 5,5 y 6,5 (Naranjo et al., 2018a, p. 33; citado en (Quijano et al, 2012)

- *Clima*

El clima es relativamente frío en el Ecuador, por su altura que generalmente está en la región Andina o montañosa, existen variaciones de temperatura desde -0.3 °C a 20.0 °C, por lo que se considera al melloco como un tubérculo muy resistente al frío y a las heladas. (Naranjo et al., 2018b, p. 34; citado en World Climate, 2016)

### 2.2.3. Taxonomía

**Tabla 2-2:** Taxonomía del melloco (*Ullucus tuberosus*)

No.	Reino	<i>Plantae</i>
1	División	<i>Espermatophyta</i>
2	Subdivisión	<i>Magnoliophyta (Angiospermae)</i>
3	Clase	<i>Magnoliopsida (Dicotiledònea).</i>
4	Subclase	<i>Rosidae</i>
5	Orden	<i>Caryophyllales</i>
6	Familia	<i>Basellaceae</i>
7	Género	<i>Ullucus</i>
8	Especie	<i>U.Tuberosas Caldas.1809</i>
9	Subespecie	<i>U. Tuberosas aborigeneus</i>
10	Nombre Científico	<i>Ullucus tuberosus</i>
11	Nombre Común	Melloco

Fuente: (Vimos N, et al., 2003, p.3)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

#### 2.2.4. Características Físico-Química del melloco

**Tabla 3-2:** Composición química del tubérculo de Melloco

N°	CARACTERÍSTICA	MELLOCO
1	Humedad (%)	84.34
2	Ceniza (%)	5,18
3	Proteína (%)	10.1
4	Fibra (%)	2.63
5	Extracto Etéreo	1.24
6	Carbohidrato Total (%)	80.12
7	Ca (%)	0,02
8	P (%)	0,263
9	Mg (%)	0,107
10	Na (%)	0,03
11	K(%)	2.48
12	Cu(ppm)	10.71
13	Fe(ppm)	59.42
14	Mn(ppm)	9.19
15	Zn(ppm)	23.94
16	I(ppm)	-
17	Almidón (%)	70.5
18	Azúcar Total (%)	6,63
19	Azucares Reductores (%)	-
20	Energía (kcal/100g)	412,0
21	Vitamina C(mg/100 g mf)	26.03

Fuente: (Espín et al., 2004, p.93; citado en Espín, 1999)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

#### 2.2.5. Polímeros

Existe muchas definiciones de polímero que puede ser por el tipo y sus características, éstos pueden ser sintéticos que provienen del petróleo y naturales que son de plantas y animales, la palabra polímero proviene del griego Polys y Meros, que significa varios y partes respectivamente, a estos se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas que se repiten a lo largo de toda una cadena. (Rosales, 2016a, p. 8; citado en Fred W. 1975)

Tabla 4-2: Clasificación de polímeros a partir de su origen

Polímero Sintético	Polímero Natural
Termoplásticos	celulosa
Termoestables	almidón

Fuente: (Rosales, 2016b, p.11)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

**Tabla 5-2:** Clasificación de los polímeros.

<b>Termoplásticos</b>	<b>Termoestables</b>
Polietileno, Teflón o politetrafluoroetileno (PTFE), Poliestireno, Polipropileno, Poliéster, Poliuretano, Polimetilmetacrilato, policloruro de vinilo, Nylon, Rayón, Celulosa, Silicona, Fibra de vidrio, etc.	Caucho vulcanizado, Baquelita, Kevlar, Poli epóxido.

Fuente: (Rosales, 2016c, pg.12)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

### 2.2.9. Polímero natural.

Son macromoléculas que se sintetizan en los seres vivos de acuerdo a las funciones biológicas, es una reserva de energía química, por ello genera la formación de ésta sustancias conocidas de reserva, que por representación de un metabolito como la glucosa se polimeriza formando el polisacárido glucógeno en los animales, por otra parte, la polimerización de la glucosa que forma el polisacárido almidón en las plantas que representa la sustancia de reserva que se encuentra en los tuberosas de los vegetales. (Macías Alvia et al. 2018, p. 15)

### 2.2.7. Formación de un Biopolímero

Los homopolímeros son moléculas orgánicas que se componen de monómeros repetidos que son creados por organismos vivos, mientras los heteropolímeros son formados por más de un tipo de monómeros, los mismos que están conformados por una estructura repetida de dos o más monómeros que pueden ser más heterogéneos, con formación compleja y a veces ramificados. (Stal 2014, p. 12)

### 2.2.8. Polímeros de reserva energética

Los polisacáridos, Almidón de plantas, Quitina de cetáceos y Celulosa en las células de animales.

**Tabla 6-2:** Métodos de obtención de Polímeros Biodegradables

<b>Por extracción directa basado en productos naturales</b>	<b>Biocnológica por fermentación láctica</b>	<b>Biocnológica por fermentación bacteriana</b>
Almidón, Celulosa	Poli-ácido láctico (PLA)	Polihidroxicanoatos (PHA)
Almidón 60% - Alcohol polivinílico		Polihidroxibutilato (PHB)

Fuente: (Rosales, 2016c, pg.12)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2020

### **2.2.9. Biopelícula o biopolímero**

Es una película de plástico biodegradable, elaborado de un polisacárido como el almidón que proviene de la (fécula de la parte tuberosa de melloco) y puede ser de otros vegetales, donde por adición de plastificantes como el glicerol, y la adición de aditivos como el ácido acético conocido como vinagre, y agua destilada, de ser necesario formulado con Carboxi-metil-celulosa que es un polímero de condensación que ayuda a emulsionar y a espesar, debido a la propiedad de viscosidad del almidón y de su índice de absorción del agua en sus gránulos, y por su contenido de amilosa presente, también del resultado de los procesos de secado, del cual se obtiene una película que será menor o igual a 1.0 milímetro. Este biopolímero tiene como objetivo la degradación rápida que, por supuesto cumpla en la utilización en el cubrimiento de alimentos y posterior a su uso sea biodegradable, transformándose en un desecho Compost.

### **2.2.10. Polisacáridos**

Es un producto dado por la polimerización de la glucosa en los vegetales como el almidón, es una sustancia de reserva energética, siendo un estabilizante, gelificante y espesante destinadas a la producción en el área industrial y de alimentos, que genera y construye la forma de biopelículas. Es un compuesto fundamental en los tubérculos, por otra parte, se encuentra en las algas dónde se produce los alginatos, las carrageninas y el agar; y dentro del microorganismo el dextrano y la goma. (Parra, 2019a, p. 12)

### **2.2.11. Almidón**

El almidón pertenece al grupo de los polisacáridos, es la segunda biomasa más grande producida en la Tierra, es una fuente de energía de los vegetales y se encuentra en los cereales y tubérculos. El almidón se compone principalmente de Amilosa y Amilopectina. El almidón con alto contenido de amilosa produce biopolímeros fuertes. (Parra, 2019b, p. 13; citado en Jane, 1995)

La característica del almidón es fundamental en la transformación y rendimiento, que son medidos por su tamaño de su partícula y la naturaleza de su origen, estos polisacáridos por experimentaciones metodológicas ayudan a la formación de polímeros naturales. (Pacheco et al. 2019, p. 1)

### **2.2.12. Mucílago.**

Parte abultada del melloco que se desarrolla durante el crecimiento de la parte tuberosa del melloco, cubre una gran parte de proteínas haciéndolo más estructural.

### **2.2.13. Principales fuentes de almidón.**

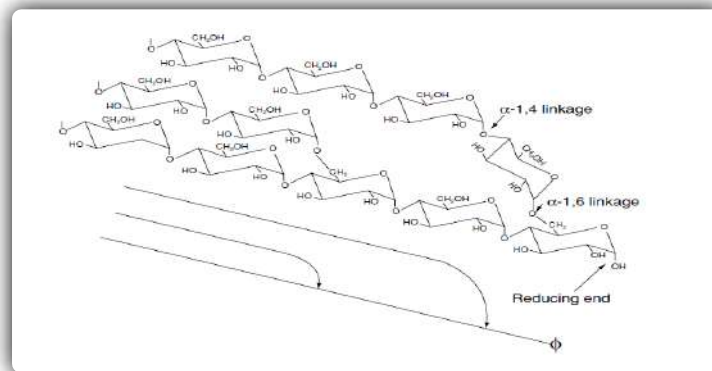
Las principales fuentes de almidón son los cereales (40 a 90%), las raíces (0.8 a 30%), los

tubérculos (65 a 85%), las legumbres (25 a 50%) y algunas frutas inmaduras como los plátanos o los mangos que contienen aproximadamente el 70% de Almidón por peso seco. (Alvarenga et al., 2018, p. 20; citado en Santana y Meireles, 2014)

#### 2.2.14. Formación del almidón

En los vegetales la glucosa se polimeriza para formar el polisacárido almidón, el cual, representa la sustancia de reserva energética principal en las células de raíces, frutos y tubérculos.

Como el almidón es un polisacárido altamente hidrofílico que consiste en anhidroglucosa, está conformado químicamente por enlaces  $\alpha - 1,4$  glucosídicos que forma cadenas lineales (amilosa) y de enlaces  $\alpha - 1,6$  glucosídicos, lo que permite que esta molécula presente ramificaciones en su estructura (amilopectina), formando el polisacárido almidón. (Macías Alvia et al. 2018, p. 15)



**Figura 2-2:** Segmento de polisacárido almidón

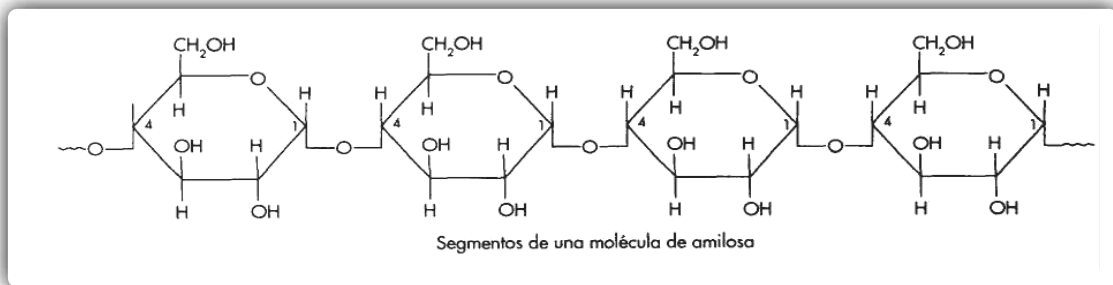
Fuente: (Sun, 2005, p. 370)

#### 2.2.15. Amilosa

Es un producto de la condensación de D-glucopiranosas, unidas por enlaces  $\alpha - 1,4$  glucosídicos, se caracteriza por tener un extremo reductor y otro no reductor, esencialmente, forma una cadena lineal que están desde 200 hasta 2500 unidades con un peso molecular que está entre valores de 150 000 Dalton, adquiere una conformación tridimensional y helicoidal, en donde en el interior de la hélice se dispone átomos de hidrógeno siendo lipofílico; mientras que los grupos hidróxido se encuentran en la parte externa extrema de la hélice, donde, en la mayoría de almidones su contenido es del 20% al 30%, generalmente aunque muchas moléculas muestran unas pocas ramificaciones  $\alpha 1,6$  (0,3 – 0,5 %). Las ramificaciones son o muy cortas o muy largas y están separadas por grandes distancias, permitiendo a la molécula actuar como un polímero lineal. (Wolfe, 1996a, p. 132)

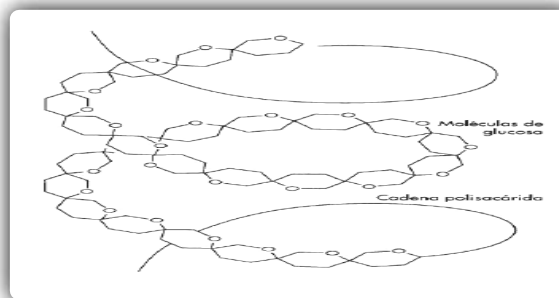


Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldea; se gelifican, mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. La amilosa puede formar una cuarta parte del gránulo de almidón. (Parra, 2019)



**Figura 3-2:** Segmento de la molécula lineal de la amilosa

Fuente: (Wolfe, 1996a, p. 431)

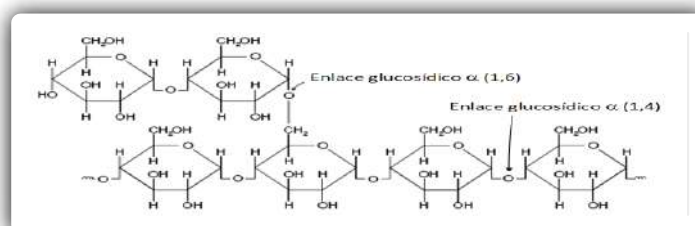


**Figura 4-2:** Cadenas de amilosa formando hélice

Fuente: (Wolfe 1996c, p. 432)

### 2.2.16. Amilopectina

La Amilopectina constituye generalmente entre el 70 % y 80% de los almidones, está generado por uniones glucosídicos  $\alpha$ -D- (1,6), la amilopectina se define de acuerdo a la formación de ramificaciones que forman una apariencia parecida a la de un árbol, Las ramificaciones hacen que la Amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa y que tengan un peso molecular alto de hasta 200 millones de Dalton, en estado amorfo, el almidón permite que los enlaces químicos sean altamente accesibles. (Ennaert et al., 2016a, p.372)



**Figura 5-2:** Estructura química de la amilosa y amilopectina en formación

Fuente: (Wolfe 1996, p. 43)

### 2.2.17. Gelatinización del almidón

Se debe a la pérdida de cristalinidad en una cantidad de agua, ya que, ingresa en las regiones amorfas de los gránulos, llegan a hincharse hasta un 20% a temperatura baja, por lo que se verifica el aumento de la birrefringencia por el incremento de calor, el hinchamiento hace que se realice un reacomodamiento de los gránulos del almidón, (la movilidad térmica y la solvatación producida por la fuerza), causando el desenrollado de las dobles hélices donde se da una fragmentación total en los gránulos, así estos pierden sus propiedades que son conferidas al inicio hasta llegar a una temperatura máxima, (temperatura de gelatinización), dónde se forman un gel, los gránulos del almidón son insolubles en agua a bajas temperaturas y en disolventes orgánicos. (Quiñonez Garcia 2015, p. 14)

**Tabla 7-2:** temperatura de entalpía y gelatinización de almidones

Almidones	Ti (°C)	Tp (°C)	Tf (°C)	$\Delta H$ (J.g <sup>-1</sup> )
Makal	72,5 <sup>a</sup>	78,4 <sup>a</sup>	84,0 <sup>a</sup>	14,9 <sup>a</sup>
Camote	55,2 <sup>b</sup>	61,3 <sup>b</sup>	68,2 <sup>b</sup>	9,2 <sup>b</sup>
Yuca	57,8 <sup>c</sup>	65,2 <sup>c</sup>	75,3 <sup>c</sup>	10,0 <sup>c</sup>
Sagú	62,2 <sup>d</sup>	74,9 <sup>d</sup>	89,2 <sup>d</sup>	12,5 <sup>d</sup>
<i>X. sagittifolium</i> <sup>1</sup>	66-83	69-85	79-90	4-15
Camote <sup>1</sup>	58-75	63-74	78-86	10-18
Yuca <sup>1</sup>	50,68	54-78	60-100	4-22
Maíz <sup>2</sup>	62,3	66,3	72,9	10,3
Papa <sup>3</sup>	60	69	80	4,6

Fuente: (Cardonia, 2019, p.30; citado en Hernández, 2008)

### 2.2.18. Determinación del pH

Esta propiedad nos permite identificar durante la transformación una modificación en el proceso, debido a que permite determinar la cantidad de hidrogeniones de aceptar o recibir, de acuerdo a las normas la cantidad de pH que debe tener un almidón está entre (pH: 5.5 a 7.0), los mismos que permitirán un mejor resultado en la elaboración de polímeros. (INEN 2012, p. 3)

### 2.2.19. Índice de Solubilidad.

El índice de solubilidad del almidón se da al momento de perder su estructura, es decir, cuando se libera la cantidad de amilosa que está dentro del gránulo por efecto de la absorción del agua, lo que indica el grado de asociación existente (enlace intra-granular) entre los polímeros del almidón - amilosa/amilopectina. (Correa et al., 2014a, p. 185)

### 2.2.20. Absorción de agua

Es la capacidad de absorber y retener agua, tiene una relación directamente proporcional con la temperatura de gelatinización, es decir, habrá mayor absorción de agua, cuando se genere en una temperatura más elevada.

### 2.2.21. Poder de hinchamiento

Es la transformación que se genera en una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan de manera progresiva e irreversiblemente, absorbiendo y aumentando la masa del almidón no solubilizado como resultado de la absorción de agua a través de los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina. (Correa et al. 2014b, p.185)

### 2.2.22. Sinéresis

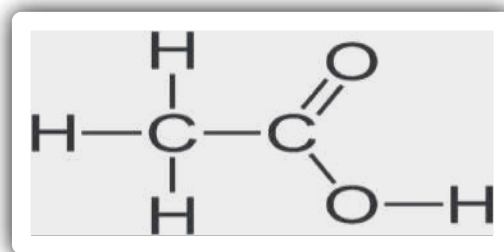
Es una propiedad que indica la liberación de agua que está dentro de los gránulos del almidón, por lo que al momento del comportamiento las moléculas de amilosa y amilopectina se reagrupan internamente generando una retrogradación. (CardonEia Holguin 2019, p. 30)

### Sustancias que forma el Biopolímero

#### 2.2.23. Ácido Acético (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>)

Es un solvente de base biológica incoloro, de sabor agrio, su fórmula química es (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) es compuesto orgánico conocido como ácido metano - carboxílico o ácido etanoico, el ácido acético es un ácido carboxílico, también conocido como vinagre, se da en dos reacciones, la primera en etapa de fermentación alcohólica, aquí el azúcar en las frutas o levaduras se convierten en alcohol y CO<sub>2</sub> ; y la segunda etapa de fermentación acética, causando que el mosto alcohólico se transforme en ácido acético y agua por las bacterias acetobacter presentes. (Morrison y Boyd 1987, p. 808)

Es un rectificador químico, dado a que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, proporcionándole características hidrofóbicas que significan cambios mecánicos, físicos y térmicos. (Rosales 2016)

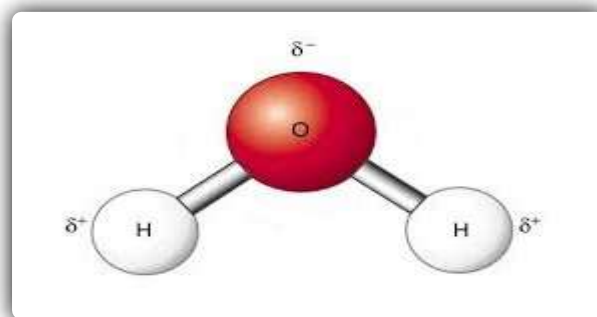


**Figura 6-2:** Estructura molecular de ácido acético

**Fuente:** (Morrison y Boyd 1987)

### 2.2.24. Agua destilada

Es agua que por medio de una destilación se libera iones e impurezas, obteniendo agua desmineralizada sin cloruros, calcio, magnesio y fluoruros; se utiliza en varias industrias como son: alimenticia, cosméticos, de aseo, también en hospitales y en laboratorios.



**Figura 7-2:** Molécula de agua

Fuente: (Morrison y Boyd 1987)

### 2.2.25. Plastificante

Es un modificador incoloro y volátil, se utiliza bajo formulaciones en una matriz de manera técnica para incrementar su flexibilidad, ayuda a la movilización de las cadenas de almidón poliméricas y a la conservación del polímero por su movilidad y almacenamiento, se considera que éste podría afectar la permeabilidad de vapor. (Parra Pérez 2019, p. 15)

**Tabla 8-2:** Tipos de plastificantes

Estructura	Glicerina	Xylol	Sorbitol	Maltiol
Número de carbonos	3	5	6	12
Peso molecular (g/mol)	92	152	182	344
Temperatura de fusión (°C)	20	94	100	157
Estabilidad al calor (°C)	>160	>160	>160	>160
Higroscopicidad	alto	alto	Media	Media
Tg (°C)	-75	-27	0	45

Fuente: (Ruiz Avilés, 2012, p.17)

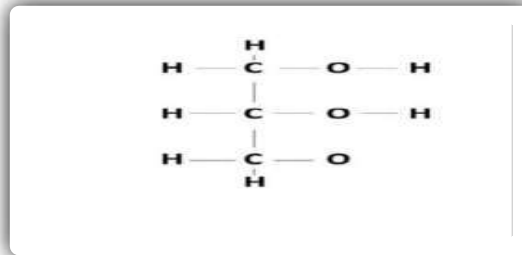
Realizado por: URGILÉS, Raúl.2021

De acuerdo con su compatibilidad con el polímero, reducen sus fuerzas intermoleculares incrementando la movilidad de las cadenas poliméricas.

### 2.2.26. Glicerina

El Glicerol, conocido como glicerina es un trihidroxialcohol higroscópico almibarado que se obtiene a base de la saponificación de grasas y aceites naturales, los tres grupos alcohólicos le permiten ser soluble en agua, (el nombre oficial IUPAC es propan-1, 2,3-triol). La molécula se

muestra a continuación en la figura (8-2), también afecta la degradación del biopolímero, actúa como plastificante y tiene una densidad mayor a la del agua, permitiendo flexibilidad a los bioplásticos. (Parra, 2019, p.15)



**Figura 8-2:** Estructura química de la glicerina

Fuente: (Morrison y Boyd 1987)

### **2.2.27. Degradabilidad de un biopolímero**

Es una propiedad que ayuda a determinar el tiempo que tiene un polímero en descomponerse para formar abonos de tipo Compostable, debido al cambio químico o biológico que sucede en contacto con los microorganismos, se debe a la condición climática dónde se pueda desechar un residuo como tierra, agua y aire.

### **2.2.28. Solubilidad de un biopolímero**

Se debe a la capacidad que tiene un bioplástico o biopolímero de rechazar el agua y que su superficie protege los alimentos, pues se les caracteriza por ser impermeables e insolubles debido a la composición del material y permite determinar la biodegradabilidad. (Daza et al. 2018a, p.15).

### **2.2.30. Permeabilidad**

Es la capacidad de absorber y retener agua, está relacionado a la presencia de grupos hidrofílicos dentro de la red del biopolímero tales como: grupos carboxilo e hidroxilo, que interactúan fácilmente con las moléculas de agua. (Daza et al. 2018b, p.15)

Según Charro, (2015, p.23) la “*Permeabilidad al vapor de agua. Según la norma ASTM E96 (pág. 48). La permeabilidad al vapor de agua se define como la velocidad de transmisión de vapor de agua por unidad de área del material y por unidad de diferencia de presión parcial de vapor de agua, entre dos superficies específicas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad*” lo que implica además que se relaciona con la solubilidad y también la sudoración.

La permeabilidad es la protección que brinda un plástico, para que no penetren sustancias como líquido, vapor o gas, además de cualquier sustancia que lo rodea, desde una superficie en contacto hasta el otro lado del mismo que se pueden originar por procesos de adsorción y desorción (Daza et al., 2018c) por medio de cambios de condiciones climáticas, un efecto que se suscita cuándo

aumenta la permeabilidad es debido al aumento de concentraciones como el glicerol que en efecto, flexibiliza las cadenas del polímero.

### ***2.2.31. Humedad***

Es la cantidad de agua en el material y dependerá de la permeabilidad, su efecto producirá la capacidad de absorber y retener el agua.

### ***2.2.32. Propiedades mecánicas***

Las propiedades mecánicas de un bioplástico son características muy importantes en el nivel industrial, que son utilizadas para determinar su utilidad que son: módulo de elasticidad, carga máxima, porcentaje de elongación, de acuerdo a la norma aplicada.

## **Planteamiento de Hipótesis y especificación de variables.**

### **2.3. Planteamiento de las Hipótesis**

#### **2.3.1. Hipótesis General**

- Los biopolímeros obtenidos a partir del almidón de melloco (*Ullucus Tuberosus*), incentivarán al aumento de producción en su industria, dado al uso de su fécula como materia prima, siendo el biopolímero un reemplazo para el polímero sintético que disminuirá la acumulación de desechos plásticos, protegiendo la contaminación ambiental.

#### **2.3.1. Hipótesis Específicas**

- La obtención de almidón del melloco es posible a través de la vía húmeda.
- Se verifica una cantidad favorable de amilosa y calidad presente en el almidón de melloco, que permite bajo una técnica su extracción y posteriormente la obtención del biopolímero.
- Su degradabilidad es posible en menor tiempo, debido a la activación enzimática temprana que activa los microorganismos en las condiciones ambientales.
- La formación del biopolímero es factible mediante el método de casting, donde por determinadas formulaciones que relacionan concentraciones de almidón y aditivos, permite utilizar métodos de Operatividad para conseguir un biopolímero de buena calidad.
- El biopolímero que se obtiene nos permite propiedades de calidad, tanto cualitativas como cuantitativas que serán verificadas bajo las normas INEN 2635, siguiendo el (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) y ASTM D1653-93 (Método de prueba estándar para la transmisión de vapor).

## 2.4. Especificación de variables

Se presenta una verificación de variables que participarán durante los procesos de extracción del almidón y en la obtención del biopolímero, para ello, se determinó la independencia que relaciona las condiciones y las dependientes que serán reflejadas en sus caracterizaciones.

**Tabla 9-2:** Identificación de Variables

Nº	Proceso	Variable Independiente	Variable Dependiente
1	Extracción del Almidón	Materia prima	Volumen de agua destilada
2	Secado	Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad</li> <li>• Tiempo de Secado</li> <li>• Velocidad de Secado</li> <li>• Rendimiento de Secado</li> </ul>
3	Tamizado	Rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenido de Amilosa,</li> <li>• Rendimiento del secado</li> <li>• pH</li> <li>• Solubilidad</li> <li>• Ceniza</li> <li>• Humedad</li> <li>• Temperatura de Gelatinización,</li> </ul>
4	Obtención de biopolímero	Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración de reactivos</li> <li>• Tiempo de secado</li> <li>• Permeabilidad</li> <li>• Humedad</li> <li>• Solubilidad</li> <li>• Absorción de humedad</li> <li>• Resistencia, Elongación</li> </ul>

Fuente: (Parra 2019, p.17)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2021



## 2.5. Ejecución de variables

**Tabla 10-2:** Procesamiento de variables

Categoría	Concepto	Dimensiones	Variables	Indicadores	Índice
Biopolímero que resulte a partir de formulaciones utilizando la fécula de melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) aditivos y otros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biopelícula delgada que pueda ser predestinado para el cubrimiento de alimentos.</li> <li>• Puede degradarse en poco tiempo debido a la acción de microorganismos biológicos que se presentan por variaciones de las condiciones climáticas.</li> </ul>	Obtener el almidón de melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura</li> <li>• Tiempo de secado</li> <li>• Humedad</li> </ul>	°K s %	Métodos físicos
		Determinar el rendimiento del almidón extraído	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso del almidón obtenido</li> <li>• Rendimiento de Amilosa</li> </ul>	g %	Continua
		Caracterizar físicoquímicamente el almidón del melloco.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Solubilidad</li> <li>• Ceniza</li> <li>• Humedad</li> <li>• Temperatura de Gelatinización</li> <li>• Densidad aparente</li> </ul>	% % % °K Kg/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INEN 1456</li> <li>• Métodos físicos</li> </ul>
		Obtener las biopelículas a partir del almidón de melloco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición de los reactivos</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Tiempo de secado</li> </ul>	Kg °K s	Método factorial 2k
		Validar el biopolímero mediante su caracterización en base a normativa establecida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espesor</li> <li>• Propiedades de tracción</li> <li>• Permeabilidad al vapor</li> <li>• Humedad y</li> <li>• Biodegradabilidad</li> </ul>	mm K/m <sup>2</sup> g/h.m.MPa % %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NTE INEN 2635</li> <li>• ASTM D882</li> <li>• ASTM D1653-93</li> <li>• Métodos físicos</li> </ul>

Fuente: (Parra 2019)

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2021

## 2.6. Matriz de consistencia

**Tabla 11-2:** Matriz de Consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Planteamiento del problema	Objetivos		Hipótesis	
La acumulación a gran escala de plásticos en los vertederos, infiere a que existen comportamientos preocupantes en la naturaleza, por tanto, el crear un biopolímero será una opción llevadera y amigable con el medio ambiente.	Obtener un biopolímero a partir del melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) para el uso como embalaje para alimentos.		Los biopolímeros obtenidos a partir del almidón de melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) incentivarán al aumento de producción en su industria dado al uso de su fécula como materia prima, siendo el biopolímero un reemplazo para el polímero sintético que disminuirá la acumulación de desechos plásticos protegiendo la contaminación ambiental.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
incremento de desechos a diario que afectadariamente al ambiente	Extraer el almidón de melloco ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) por el método de vía húmeda.	La obtención de almidón del melloco es posible a través de la vía húmeda.	Temperatura Tiempo Humedad	Elaboración de curva de secado Medición del tiempo de secado Cálculo del rendimiento del secado
El porcentaje de almidón que se obtiene del melloco es baja con un valor según autores de 3,62% a 6,5%.	Evaluar el rendimiento en porcentaje del almidón extraído.	Se verifica una cantidad favorable de amilosa y calidad presente en el almidón de melloco, que permite bajo una técnica su extracción y posteriormente la obtención del biopolímero.	Cantidad de almidón extraído Contenido de amilosa	Extracción de almidón por vía húmeda. Cálculo del rendimiento del proceso Verificación del secado

Continúa

Continúa

<p>¿El almidón cumple con los parámetros establecidos en la norma?</p>	<p>Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas en base a la norma INEN 1456 utilizando (Reactivos para análisis (almidón soluble).</p>	<p>Su degradabilidad es posible en menor tiempo, debido a la activación enzimática temprana que activa los microorganismos y las condiciones ambientales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Solubilidad</li> <li>• Ceniza</li> <li>• Humedad</li> <li>• Temperatura de Gelatinización</li> <li>• Densidad aparente</li> </ul>	<p>NTE INEN 1456 Métodos físicos</p>
<p>¿Qué condiciones de operación son las adecuadas para la obtención de biopolímero?</p>	<p>Obtener los biopolímeros a escala de laboratorio a partir del almidón del melloco.</p>	<p>La formación del biopolímero es factible mediante el método de casting, dónde por determinadas formulaciones que relacionan concentraciones de almidón y aditivos permite utilizar Métodos de Operatividad para conseguir un biopolímero de buena calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Composición de los reactivos</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Tiempo de secado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura determinada</li> <li>• Variación del tiempo de secado</li> </ul>
<p>No existe interés en la industria para elaboración de biopolímeros</p>	<p>Evaluar los biopolímeros a través de caracterizaciones fisicoquímicas de (Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas en base a la norma INEN 2635, y por las normas ASTM D1653-93.</p>	<p>El biopolímero que se obtiene, nos permite propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas que serán verificadas bajo las normas INEN 2635, siguiendo el (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) y ASTM D1653-93(Método de prueba estándar para la transmisión de vapor).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades de tracción</li> <li>• Permeabilidad al vapor</li> <li>• Humedad</li> <li>• Solubilidad en agua</li> </ul>	<p>ASTM D882 NTE INEN 2635 ASTM D1653- 93 Métodos físicos</p>

Realizado por: URGILÉS, Raúl.2021

## 2.7. Tipo de Investigación

El presente trabajo es de tipo exploratorio, ya que implica la búsqueda de información que se relacione con nuestra investigación, es de tipo cuantitativa, ya que se recolectó datos numéricos en diferentes ensayos, además es cualitativo porque nos permite observar las características del bioplástico y sus cambios durante el estudio.

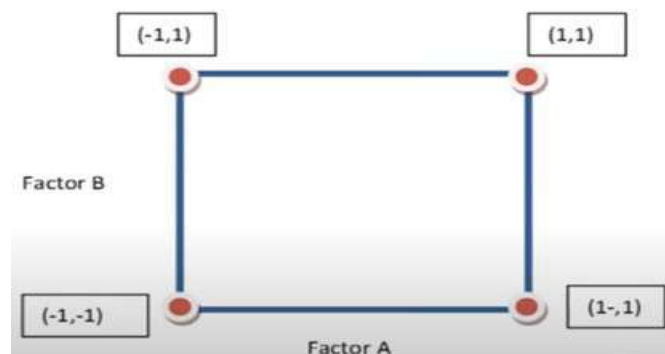
Además, es de tipo retrospectivo, para ello se busca combinar procesos que conlleven a un aprovechamiento y efectividad del uso del almidón como materia prima para la obtención del biopolímero basándose en la hipótesis y en beneficio medioambiental

## 2.8. Diseño de investigación

Éste trabajo es de tipo experimental, dónde relacionamos variables que permitan a través de datos obtenidos un modelo de composición en la obtención de un biopolímero, que cumpla las características adecuadas, para ello conocer el motivo que pueda generarse mediante la manipulación de datos o variables de control, nuestra guía está basada en estudios realizados para verificar el resultado según los componentes controlados que son las concentraciones de almidón y plastificante.

Esta investigación se basó en la obtención de un biopolímero proveniente del almidón de melloco blanco, por consiguiente, su diseño está aplicado en la experimentación técnica factorial  $2^k$  que nos permitió seleccionar composiciones que puedan cumplir con nuestro objetivo.

Se presenta Diagrama de diseño factorial  $2^2$ , diseños de dos factores con dos niveles cada uno.



**Figura 1-2:** Sistema de dos factores con dos niveles.

**Fuente:** (Charro 2015, p.30)

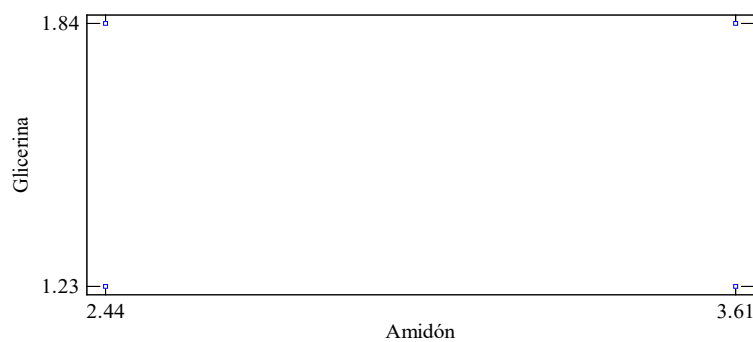
**Realizado Por:** URGILES, Raúl 2021

## 2.9. Unidad de análisis

El objetivo de ésta investigación, es obtener un biopolímero de melloco a través de su almidón, para ello, realizaremos formulaciones preliminares que conduzcan a obtener composiciones estables con las características de un biopolímero, a partir de éstas variaciones como la concentración de almidón y la concentración del plastificante, mantendremos constante los aditivos, identificando las condiciones de temperatura y tiempo de secado, entonces, seleccionaremos cuatro biopolímeros, el cual, por tres repeticiones cada uno nos permitirá hacer ensayos de caracterización que serán: permeabilidad al vapor de agua, solubilidad, humedad, y las pruebas mecánicas, basado en las normas INEN ASTM D882 NTE INEN 2635 ASTM D1653- 93 Métodos físicos.

Se tomó niveles mínimos (-) y máximos (+) en las composiciones, nos enfocamos en seguir este método aplicando dos tratamientos como indica el gráfico 1-2:

Gráfico de Glicerina vs Almidón



**Gráfico 1-2:** Diagrama de diseño factorial  $2^2$  seleccionado

Realizado Por: URGILES, Raúl 202

## 2.10. Población de Estudio

Se considera a la población el tubérculo melloco (*Ullucus Tuberosus*), producto importado de los pueblos comunitarios que están alrededor de la ciudad, actividad que realizan los comerciantes en el mercado mayorista de Riobamba.

## 2.11. Tamaño de la muestra

Se realizó adquisiciones de tubérculo de melloco para trabajar con 4.2 kilogramos en el proceso de extracción del almidón, para determinar por vía húmeda y secado su rendimiento, con el fin de que sea materia prima para la obtención del biopolímero.

## 2.12. Selección de Muestra

La selección de muestra de Melloco (*Ullucus Tuberosus*) se ejecutó considerando su origen o sitios que se cultiva, con la información de los comerciantes que importan el tubérculo.

Las principales características que se considera son:

Impurezas

Tamaño de tubérculo

El color o pigmentación.

## 2.13. Técnicas de recolección de datos

Se describe a través de una tabla los datos e instrumentos que se utilizó durante nuestra investigación.

**Tabla 12-2:** Recursos para la recolección de datos.

Recolección de datos	Instrumentos
Recolección de información	Fuentes bibliográficas: internet, libros electrónicos, boletines, libros digitales, revistas y artículos científicos
Tratamiento de datos y análisis de resultados	Programas: Statgraphics CenturionXVI.I Excel J image editor,

Fuente: (Guamán Bravo 2019,p.28)

Realizado Por: URGILES, Raúl.2020.

### 2.13.1. Extracción del almidón de melloco

Se realizará la extracción del almidón del melloco (*Ullucus Tuberosus*) por medio de la vía húmeda, analizaremos las variables, que nos indicará dos velocidades en el licuado, los mismos que se ejecutarán en tres tiempos, en efecto, cada tratamiento tendrá dos repeticiones para obtener resultados con diferentes valores de rendimiento.

**Tabla 13-2:** Extracción del almidón de melloco

Velocidad (RPM)	RPM 1	RPM2	RESULTADOS			
Tiempo (min)	2	2,5				
No.	Tratamientos	Repeticiones	Agua (mL)	Producto (kg)	Rendimiento almidón (%)	Tiempo secado (h)
1	TA1	3	1000	0,350		
2	TA2	3				
3	TA3	3				
4	TA4	3				

Modificado Por: URGILES, Raul.2021

**Tabla 14-2:** Técnicas de extracción de almidón de melloco (*ULLUCUS Tuberosus*)

Materiales y Equipos	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método
Vía Húmeda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza</li> <li>• Espátula</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Licuadora</li> <li>• Probetas</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Cronómetro</li> <li>• Recipiente de vidrio</li> <li>• Recipientes de plástico</li> <li>• Tela filtrante</li> <li>• Horno secador</li> <li>• Papel aluminio</li> <li>• Aislantes</li> <li>• Fundas zipper</li> <li>• Mortero</li> <li>• Pistilo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua</li> <li>• Tubérculo de Melloco</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recibir, seleccionar, lavar y trocear el tubérculo.</li> <li>• Sumergirlos en agua por aproximadamente 120 min.</li> <li>• Agregamos 0.35 Kg de materia prima en un 1L de agua destilada.</li> <li>• Retirar los trozos de materia prima del agua y licuar a 1.0, 2.0 y 2.5 minutos.</li> <li>• Filtrar para separar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión.</li> <li>• Separar el mucilago del agua y el almidón.</li> <li>• Dejar reposar 6 horas para que se forme un sedimento.</li> <li>• Repetir este proceso 2 veces en agua destilada por 4 horas a 4°C hasta clarificar el nadante para obtener un almidón blanco.</li> <li>• Retirar el exceso de agua.</li> <li>• Pesar el sedimento (almidón húmedo) obtenido.</li> <li>• Dejar el almidón extraído en la bandeja del secador por 24 horas.</li> <li>• Al siguiente día secar a una temperatura de 40°C.</li> <li>• Medir y colectar los pesos cada media hora.</li> </ul>	(Valcárcel-yamani, Rondán-sanabria y Finardi-filho 2013, p. 454-455)

Modificado Por: URGILES, Raul.2021

2.13.2. Diagramas de procesos de obtención del almidón de melloco



Gráfico 2-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda.

Realizado Por: URGILES, Raúl 2021.

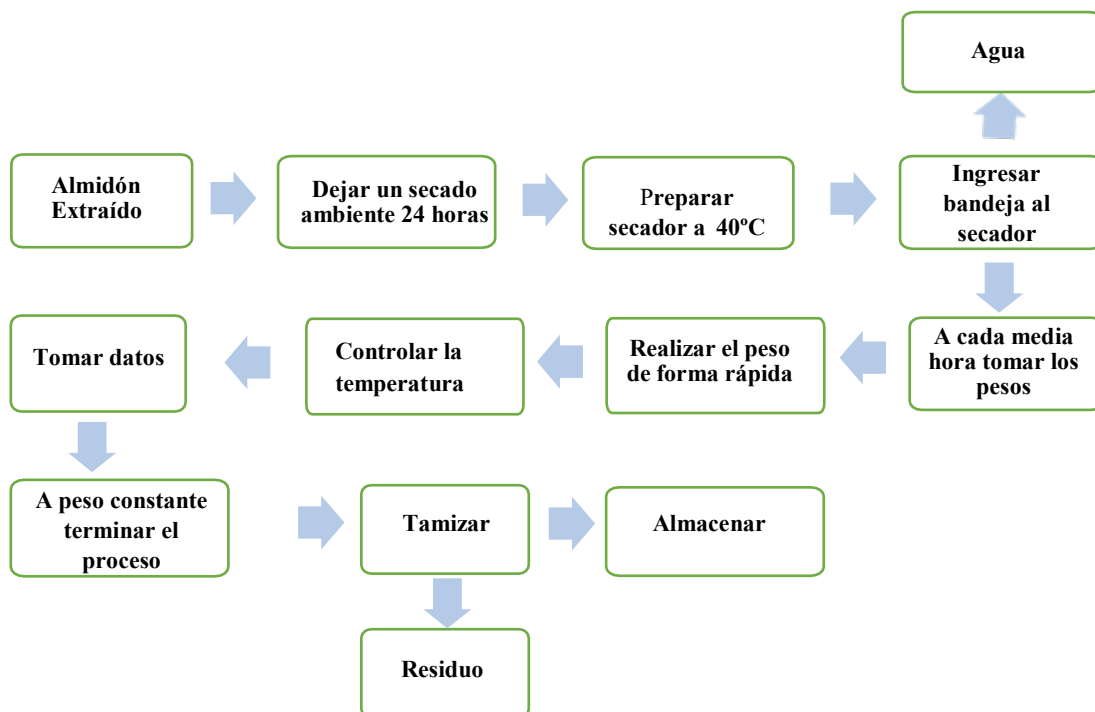


Gráfico 3-2: Diagrama de flujo de secado del almidón

Realizado Por: URGILES, Raúl 2021



### 2.13.3. Caracterización del almidón de melloco

**Tabla 15-2:** Ensayos para realizar la caracterización de los almidones

Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
<p>Índice de Solubilidad en agua (ISA)</p> <p>Absorción de agua (IAA)</p> <p>Poder de Hinchamiento (PH)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balanza analítica</li> <li>Vaso de Precipitación 50 ml</li> <li>Reverbero.</li> <li>Baño calentamiento constante</li> <li>Centrífuga</li> <li>Tubos de centrífuga</li> <li>Horno con temperatura constante</li> <li>Pipeta volumétrica de 10 mL</li> <li>Pipeteado de 30 mL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agua destilada</li> <li>Almidón de Melloco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C.</li> <li>Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar (sin excederse).</li> <li>Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.</li> <li>Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.</li> <li>Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto) y medir el volumen.</li> <li>Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitado de 50 mL (previamente pesado).</li> <li>Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.</li> <li>Pesar el tubo de centrífuga con el gel.</li> <li>Pesar el vaso de precipitado con los insolubles.</li> </ul>	<p>(ISA)</p> $\frac{\text{Peso solubles (g)} * V * 10}{\text{Peso muestra (g) bs}}$ <p><b>Ecuación 1-2:</b> Índice de solubilidad de agua</p> <p>(IAA)</p> $\frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g) bs}}$ <p><b>Ecuación 2-2:</b> Índice de absorción de agua</p> <p>(PH)</p> $\frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)bs} - \text{peso solubles(g)}}$ <p><b>Ecuación 3-2:</b> Índice poder de hinchamiento de agua</p>	<p>(Anderson <i>et al.</i>, 1969)</p>

Continúa

Continúa

<p><i>pH</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH-metro normalizado a 25°C</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Termómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de melloco</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar una disolución de 5 gramos de almidón de melloco en 25 mL de agua destilada en un vaso de precipitación de 250mL</li> <li>• Agitar durante 30 minutos a una velocidad de 100 rpm.</li> <li>• Tarar el pH-metro sumergiendo los electrodos en solución tampón pH7, 0 y ajustar el control a 25°C.</li> <li>• Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente.</li> <li>• Sumergir el electrodo en la solución realizada anteriormente, debe estar a 25°C.</li> </ul>	<p>Medición directa</p>	<p>INEN 1456</p>
<p>Temperatura de Gelatinización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Varilla de agitación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de melloco</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 10 g de almidón.</li> <li>• Colocar agua destilada, disolver y completar hasta 100mL</li> <li>• Tomar 50mL de la suspensión y colocarlo a baño maría con una temperatura de 85°C.</li> <li>• Agitar constantemente hasta que se forme una pasta.</li> <li>• Leer directamente la temperatura de gelatinización del termómetro.</li> </ul>	<p>Medición directa</p>	<p>Grace ( 2007)</p>

Continúa

Continúa

<p>Viscosidad de Brookfield.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Viscosímetro de Brookfield.</li> </ul>	<p>Almidón de melloco</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 25g de almidón y disolver en agua destilada hasta completar 500mL</li> <li>• Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000mL en ebullición por aproximadamente 15 minutos.</li> <li>• Enfriar el gel hasta los 25°C.</li> <li>• Leer directamente la viscosidad usando el viscosímetro de Brookfield.</li> <li>• Proporcionar todos los datos de la lectura con sus propiedades y la aguja utilizada.</li> </ul>	<p>Medición directa</p>	<p>ISI 17-1 del International Starch Institute (2002)</p>
<p>Contenido de Ceniza</p>	<p>Crisoles Balanza analítica Mufla Desecador</p>	<p>Almidón de melloco</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 1g de almidón en un crisol de porcelana previamente tarado.</li> <li>• Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C durante tres horas y media.</li> <li>• Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador, pesar el crisol que contiene la ceniza.</li> <li>• Calcular la cantidad de ceniza obtenida y expresar el resultado en porcentaje de cenizas totales.</li> </ul>	<p><math>\% \text{ Cenizas} = \frac{P_c}{P_i} * 100</math></p> <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de ceniza. Dónde: Pc = Peso de las cenizas (g) Pi = Peso de la muestra inicial (g)</p>	<p>AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05 (2000)</p>

Realizado Por: URGILES, Raúl 2021

## 2.14. Técnica para la obtención del biopolímero

Tabla 16-2: Proceso para la obtención del biopolímero

Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método de Ensayo
<i>Obtención del polímero</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverbero</li> <li>• Vasos de precipitación de 250 ml</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Probetas de 250mL y 50mL</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Papel</li> <li>• Espátula</li> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Moldes o bases de vidrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada (H<sub>2</sub>O)</li> <li>• Glicerol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>)</li> <li>• Ácido Acético (CH<sub>3</sub>COOH)</li> <li>• Almidón de melloco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En un vaso de precipitación agregar de agua destilada, pesar almidón y mesclar.</li> <li>• Colocar sobre un reverbero encendido y protegido con una malla metálica.</li> <li>• Remover la solución de forma constante y moderada hasta su temperatura de gelatinización.</li> <li>• Agregar el plastificante (glicerol) y el conservante (Ácido acético) y remover hasta homogenizar la mezcla y dejar enfriar.</li> <li>• Verter esta mezcla sobre un molde de vidrio, colocar la muestra en la estufa a 40°C por un tiempo de 6 horas hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas, o dejar al ambiente</li> </ul>	(Charro, 2015)

Realizado Por: URGILES, Raúl.2021.

2.14.1. Diagramas de procesos para la obtención del biopolímero.

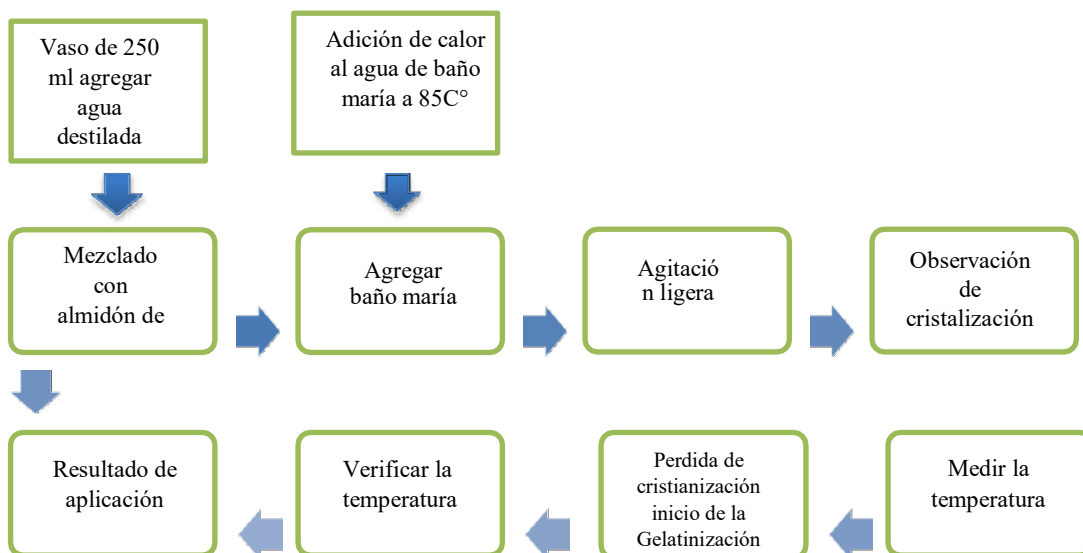


Gráfico 5-2: Diagrama de flujo obtención de la temperatura de gelatinización.

Realizado Por: URGILES, Raúl.2021

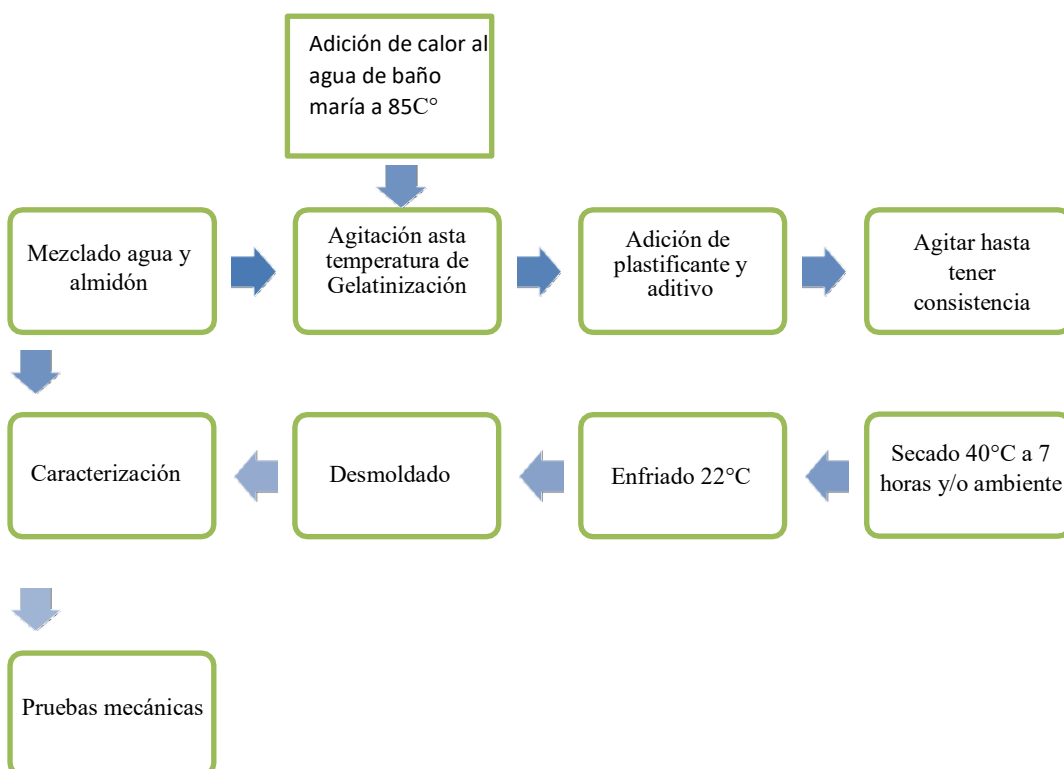


Gráfico 5-2: Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biopolímero

Realizado Por: URGILES, Raúl.2021

### 2.14.2. Caracterización del biopolímero.

**Tabla 17-2:** Ensayos para realizar la caracterización de las biopelículas.

Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Ecuación de Cálculo	Método de Ensayo
<i>Espesor</i>	Pie de rey	Biopelículas a ensayar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar 3 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada tratamiento, total 12 muestras.</li> <li>• Medir con un pie de rey, en cual debe tener una resolución de 0,002 cm.</li> <li>• Adjuntar datos del espesor de cada tratamiento.</li> <li>• Determinar el promedio de las mediciones.</li> </ul>	Medición directa	(INNOTEC - Gestión 2014)
<i>Humedad</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estilete y tijera</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Biopelículas de melloco</li> </ul>	Biopelículas a ensayar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarar 12 crisoles a 105°C por dos horas.</li> <li>• Cortar 3 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de los tratamientos.</li> <li>• Pesar y anotar los pesos iniciales de las muestras.</li> <li>• Colocar en la estufa a 105°C durante 24 horas, se toman los pesos finales (reservar estas muestras).</li> </ul>	$\% \text{ humedad} = \frac{P_i - P_s}{P_i}$ <p><b>Ecuación 5-2:</b> Porcentaje de Humedad. Dónde: Pi = Peso inicial (g) Ps = Peso final seco (g)</p>	Método gravimétrico

Continúa

Continúa

<p>Solubilidad en agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Probetas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Biopelículas de melloco a ensayar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar las muestras secas utilizadas del ensayo de humedad en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada.</li> <li>• Agitar de 100 rpm durante 1 hora.</li> <li>• Filtrar y colocar la muestra etiquetada en una bandeja de aluminio.</li> <li>• Colocar en una estufa a 40°C hasta que no quede residuos de agua.</li> </ul>	$\frac{P_i - P_s}{P_i}$ <p><b>Ecuación 6-2:</b> Porcentaje de solubilidad</p> <p>Dónde:</p> <p>P<sub>i</sub> = Peso inicial seco de la película (g)</p> <p>P<sub>s</sub> = Peso final seco de la película (g) Δ<i>m</i></p>	<p>(INNOTEC - Gestión 2014)</p>
<p>Permeabilidad al vapor de agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de ensayo</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Desecador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biopelículas de melloco a ensayar.</li> <li>• Gel de sílice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortar 3 muestras de cada tratamiento de 4 cm x 4 cm.</li> <li>• Llenar el tubo de ensayo con gel de sílice hasta 4 cm del borde.</li> <li>• Sellar el borde del tubo de ensayo con la muestra.</li> <li>• Colocar los tubos en el desecador.</li> <li>• Pesar y recopilar datos del peso del tubo preparado cada hora, durante seis horas a temperatura ambiente 25°C hasta obtener pesos constantes.</li> </ul>	$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * \varepsilon}{t * s(HR_2 - HR_1)}$ <p><b>Ecuación 7-2:</b> Permeabilidad al vapor de agua</p> <p>Dónde:</p> <p>(p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>) = absorción de vapor en función del tiempo. Incremento de peso</p> <p>ε = Espesor promedio de las muestras de cada tratamiento.</p> <p>t = tiempo total del ensayo.</p> <p>S = presión de vapor del agua a la temperatura del ensayo Mpa T = 25 °C</p> <p>HR<sub>2</sub> = humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada = 75%</p> <p>HR<sub>1</sub> = humedad relativa en el interior de la celda = 0%</p>	<p>ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p>

Continúa

Continúa

<p>Propiedades mecánicas de las biopelículas</p>	<p>Máquina universal de pruebas de tracción</p>	<p>Biopelículas de melloco a ensayar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la muestra probeta en los sujetadores fijo y móvil de la máquina.</li> <li>• Cuidadosamente manipular el control de medición y observar resultados.</li> </ul>	<p>Prueba realizada en el laboratorio LENMAV ubicado en las calles Roma N° 7 y Padua, Cdla. Politécnica.</p>	<p>INEN 2635: Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas</p>
<p>Biodegradabilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Biopelículas a ensayar</li> <li>• Desecador</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tierra orgánica</li> <li>• Agua</li> <li>• Biopelículas a ensayar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar en láminas de 2.5cm x 2.5cm.</li> <li>• Pesar las muestras y acumular los datos.</li> <li>• Colocarlas en tierra orgánica a unos 5 cm de la superficie del recipiente o suelo.</li> <li>• Mantener en las condiciones climáticas dadas externamente.</li> <li>• Colocar igualmente tratamientos para el agua y el aire.</li> <li>• Revisar cada 7 días las muestras para verificar la degradación tomando fotos.</li> <li>• Analizar las áreas de fotografía y calcular sus pesos finales.</li> <li>• Determinar la degradación en porcentaje.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">% degradabilidad</p> <p><b>Ecuación 8-2:</b> Área degradada por semana</p> <p>Dónde:</p> <p>% = porcentaje existente inicial</p> <p>Ai = Área inicial (cm<sup>2</sup>)</p> <p>Af = Área Final (cm<sup>2</sup>)</p> <p style="text-align: center;">% degradabilidad =</p> $\frac{Af \text{ del día } cm^2 * \text{ inicial existente } \%}{Ai \text{ } cm^2}$ <p><b>Ecuación 9-2:</b> porcentaje degradado</p> <p>Dónde:</p> <p>% degradado = 100 - % degradabilidad</p>	<p>INEN2643: Especificaciones para Plásticos Compostable (Chuiza y Brito 2020)</p>

Realizado Por: URGILES, Raúl.2021



## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Datos obtenidos de los ensayos realizados

##### 3.1.1. Análisis sensorial del tubérculo de melloco



**Figura 1-3: Muestreo de materia prima**

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

A continuación, se presenta en la tabla 1-3. Los resultados de los análisis físicos de las muestras del tubérculo de melloco que se utilizó como materia prima en nuestra investigación, se tomó una población de 5 unidades para obtener información requerida a cada uno y con estos valores obtener una media de sus mediciones.

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

No,	Melloco		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	13,200	8,70	3,10
2	9,619	6,90	3,00
3	8,545	6,40	2,80
4	6,429	4,70	2,60
5	4,700	3,20	2,00
<b>PROMEDIO</b>	8,499	5,980	2,700

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,202

### 3,1,2, Ensayos preliminares para la extracción de almidón de melloco

La extracción de almidón de melloco, se realizó bajo el método de vía húmeda, los cuáles se ensayó dos velocidades; con dos repeticiones en tres tiempos, debido a que los valores de rendimiento reportados en otras investigaciones son bajos y para verificar si la variación aplicada en estas variables afecta su rendimiento,

**Tabla 2-3:** Datos de rendimientos obtenidos en la extracción del melloco

No,	Tratamiento	Variables	Repeticiones	Volumende Agua (mL)	Peso (g)			
					Producto		Almidón	
					Melloco	R	Promedio	R Total
1	TA1	RPM 1 : 2,0	R1	1000	350	27,3	25,3	75,9
2			R2			21,5		
3			R3			27,1		
4	TA2	RPM 1 : 2,5	R1			27,3	26,03	78,1
5			R2			26,1		
6			R3			24,7		
7	TA3	RPM 2 : 2,0	R1			24,9	25,93	77,8
8			R2			25,4		
9			R3			27,5		
10	TA4	RPM 2 : 2,5	R1			29,8	29,77	89,3
11			R2			31,1		
12			R3			28,4		

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

### 3,1,2,1, Datos obtenidos del proceso de extracción del almidón después del secado

El secado del almidón se aplicó después el proceso de separación con el agua, empezando a tomar el tiempo cada 30 minutos, en esta tabla se indica los tiempos controlados de los tratamientos,

**Tabla 3-3:** Datos del secado de almidón

Tiempo triturado (s)		60		150	
Velocidad triturado (rpm)		rpm 1		rpm 2	
N°	Tratamientos	TA 1	TA 2	TA 3	TA 4
N°	Tiempo secado (h)	1050	1050	1050	1050
1	0	87,6	89,8	88,6	99,9
2	0,5	87,2	88,0	87,9	98,9
3	1	86,8	87,0	85,4	97,1
4	1,5	86,1	85,0	85,0	96,7
5	2	85,8	80,1	84,2	95,8

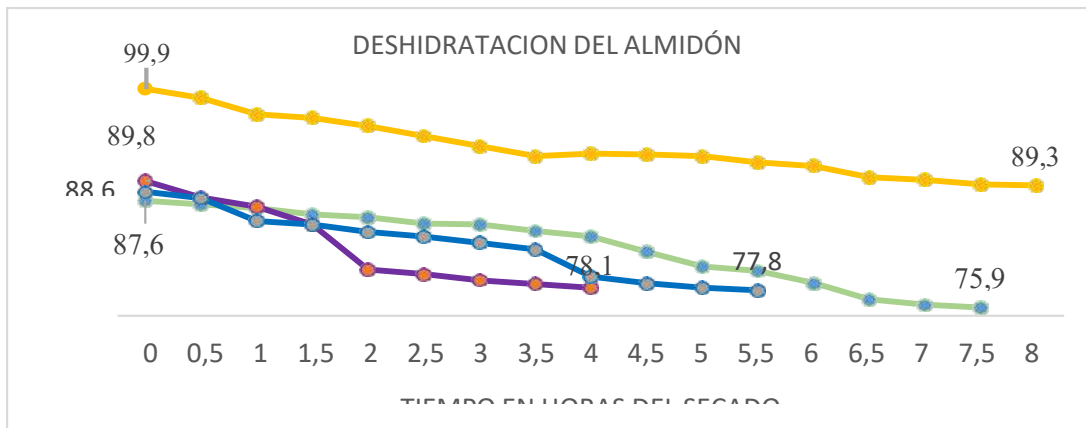
Continúa

Continúa

6	2,5	85,1	79,6	83,7	94,7
7	3	<b>85,0</b>	<b>78,9</b>	<b>83,0</b>	<b>93,6</b>
8	3,5	84,3	78,5	82,3	92,5
9	4	<b>83,7</b>	<b>78,1</b>	<b>79,3</b>	<b>92,8</b>
10	4,5	82,0	-	78,6	92,7
11	5	<b>80,4</b>	-	<b>78,1</b>	<b>92,5</b>
12	5,5	79,9	-	<b>77,8</b>	91,8
13	6	<b>78,6</b>	-	-	<b>91,4</b>
14	6,5	76,8	-	-	90,2
15	7	<b>76,2</b>	-	-	<b>89,9</b>
16	7,5	75,9	-	-	89,4
18	8	-	-	-	<b>89,3</b>
	9	-	-	-	-
	<b>Almidón después de secado (g)</b>	<b>75,9</b>	<b>78,1</b>	<b>77,8</b>	<b>89,3</b>

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Tiempo de secado de los tratamientos presentado en gramos,



**Gráfico 1-3:** Curva de secado del almidón de melloco,

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Los resultados generan una curva en la gráfica que indica que en el tratamiento TA4 perdió humedad de 10,60 g obteniendo 89,3 g de almidón, mientras que la reducción de humedad en el tratamiento TA1 fue de 11,70 lo que rindió 75,9 g, lo que indica que la fuerza de velocidad influye en el momento produciendo partículas de diámetro menores que son aprovechadas al momento de la separación del decantado a bajas temperaturas, lo que genera mayor concentración en su espacio líquido produciendo más cantidad al momento del decantado, sin embargo se considera que la variable de tiempo en la trituración afecte los resultados, lo que mejora el rendimiento de acuerdo a los resultados obtenidos,

3.1,2,2, Ensayos fisicoquímicos del almidón obtenido.

**Tabla 4-3:** Datos organolépticos del almidón

No,	Almidón	
	Característica	
1	Olor	Poco dulce, casi sin olor
2	Sabor	Poco dulce, harina
3		
4	Color	Blanco
5	Textura	Sedosa, muy fina

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Tabla 5-3:** Datos de las caracterizaciones del almidón de melloco,

Nº	ENSAYOS	Almidón de melloco	Estándar	Norma/ Institución
1	Ceniza	0,29%	≤ 0,12%	AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942,05
2	Solubilidad	6,76%	Ligera opulencia	INEN 1456
3	pH	5,594	6,00 – 7,00	INEN 1456
4	Viscosidad	39249 SP L4 Mpa.s 100 rpm 65,4% 25°C	840-1500 SP	ISI 17-1 del International Starch Institute
5	Temperatura gelatinización	67°C	-	INEN 1456

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Se realizaron tres ensayos, para determinar la calidad y el rendimiento que tiene el almidón de melloco,

Se pesaron 3 tubos de centrifuga secos con una muestra de 25 g de almidón con 30 mL de agua cada uno, se ingresó a baño maría a 60 °C dejando por 30 minutos, en los primeros 10 minutos retiramos del baño maría lo agitamos ligeramente y devolvimos los tubos al baño maría, después centrifugamos los tubos por 30 minutos, posteriormente se permitió el decante del sobrenadante para separar y medir su volumen de 10 mL en un vaso de precipitado previamente tarado y pesado para ingresarlo a la estufa durante toda la noche a 70 °C, y finalmente se tomó datos de los pesos

**Tabla 6-3:** Datos con tres repeticiones

Peso tubo tarado sin tapa (g)	Peso tubo con almidón después de centrifugado gel (g)	Peso almidón (g) (bs)	Peso vaso Tarado y desecado (g)	Peso vaso con líquido centrifugado (g)	Peso vaso después de estufa solubles (g)	Volumen decantado sobrenadante (ml)
9,623	19,944	1,255	48,358	57,390	48,400	24,000
9,612	21,771	1,251	48,843	58,066	48,880	20,000
9,582	19,240	1,251	47,073	55,914	47,109	22,000

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Se determina los pesos respectivos de las muestras

**Tabla 7-3:** Datos para los cálculos de cada índice

No,	Peso Gel muestra	Peso muestra (bs)	Peso Solubles
1	10,321	1,255	0,042
2	12,159	1,251	0,037
3	9,658	1,251	0,036
Promedio	10,713	1,252	0,038

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Tabla 8-3:** Porcentaje de amilosa y amilopectina presente en el almidón

Nº	Ensayo	Almidón de Melloco	Institución
1	Amilosa	21,74	CINIAP
2	Amilopectina	78,26	CINIAP

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Los resultados indican un valor de 21,74% de amilosa presente en el almidón de melloco, según, (Espín et al., 2004) obtuvo el 26,0%, se considera que nuestro almidón posee una constitución de polisacáridos diferente por existencia de diversos tipos de tubérculos de melloco,

### Análisis proximal del almidón

Formación en la composición biológica del tubérculo,

**Tabla 9-3:** Datos porcentaje en la composición del almidón

Determinaciones	Unidades	*Métodos de análisis	Resultados
Proteína	%	Micro-Kejldahl	0,517
Fibra	%	Gravimétrico	0,069
Grasa	%	Gravimétrico	0,649
Ceniza	%	Gravimétrico	0,293

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Tabla 10-3:** Análisis microbiológico del almidón de melloco,

Almidón de Melloco			
Determinaciones	Unidades	Estándar	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales ( <i>Escherichia coli</i> )	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	4000

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

### 3,2, Ensayos preliminares para la elaboración del biopolímero,

Ensayos realizados para determinar las concentraciones en cada prueba,

Se realizó cinco composiciones, variando la concentración de almidón y la concentración del plastificante según el diseño experimental,

**Tabla 11-3:** Planificación de composiciones

Formulaciones propuestas					
Nº	Nomenclatura	Agua (mL)	CH <sub>3</sub> COOH (mL)	CA (g)	CG (mL)
1	x	80	6	2	1
2	x	80	6	3	1,5
3	x	80	5	4	1
4	x	80	6	5	1,5
5	x	80	5	6	1

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Se selecciona dos composiciones por su aspecto y estructura, determinando la concentración del almidón, de esta forma se evalúa microscópicamente su textura para seleccionar formulaciones adecuadas que nos permitan utilizar el método 2k factorial,

**Tabla 12-3:** Selección de las composiciones

Nº	% Almidón	% Glicerina	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	2,44	1,23	si	si	si	si
2	3,61	1,84	si	si	si	si
3	4,76	1,23	si	si	no	si
4	5,88	1,84	si	no	no	no
5	6,98	1,23	no	no	no	no

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Ensayos para la determinación del plastificante en la obtención de los biopolímeros,

Obtenidos las formulaciones en la concentración del almidón, ahora seleccionamos las concentraciones del plastificante observando mejores propiedades físicas, valores que en factor/ variable, nos permitió obtener cuatro composiciones para el estudio de las caracterizaciones,

Aplicando el método  $2^k$  factorial

**Tabla 13-3:** Tratamientos obtenidos para las caracterizaciones en gramos

Tratamientos método 2 k factorial					
Nº	Nomenclatura	Agua (mL)	CH <sub>3</sub> COOH (mL)	CA (g)	CG (mL)
1	M1A	80	6	2	1
2	M2A	80	6	2	1,5
3	M1B	80	6	3	1
4	M2B	80	6	3	1,5

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Definimos la nomenclatura de los tratamientos de la siguiente manera: M letra inicial de melloco; los números indican el porcentaje de plastificante; las letras A-B el porcentaje de almidón, por último, dejamos constantes el agua y el aditivo,

**Tabla 14-3:** Nomenclatura de los tratamientos

Nº	Nomenclatura	% Almidón	% Glicerina
1	M1A	2,44	1,23
2	M2A	2,44	1,84
3	M1B	3,61	1,23
4	M2B	3,61	1,84

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

De acuerdo a los ensayos en la variación de composiciones, también se recopiló datos de los tiempos de secado, según la temperatura, obteniendo datos donde, las biopelículas se deshidratan generando las transformaciones deseadas,

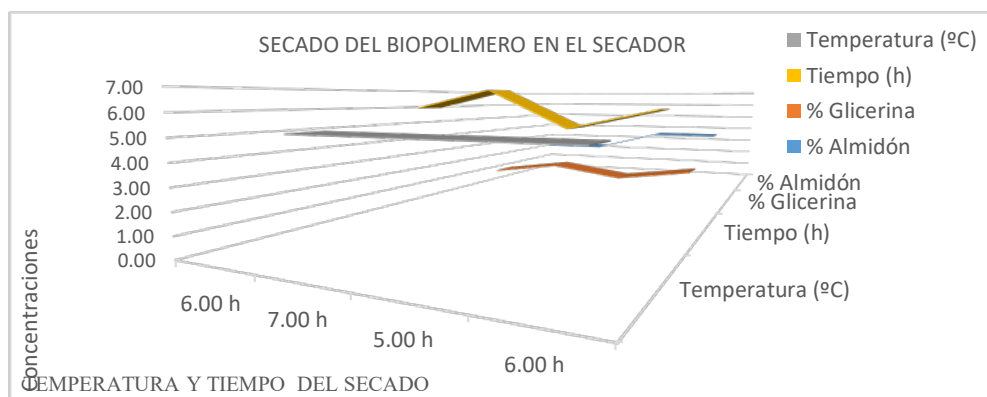
**Tabla 15-3:** Tratamientos de secado a 2 temperaturas

Nº	Nomenclatura	Almidón	Glicerina	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Moldeo	Forma	Transparencia	Estabilidad
1	M1A	2,4 %	1,2 %	50,0	6,00 h	si	si	si	Si
2	M2A	2,4 %	1,8 %	50,0	7,00 h	si	si	si	Si
3	M1B	3,6 %	1,2 %	50,0	5,00 h	si	si	si	Si
4	M2B	3,6 %	1,8 %	50,0	6,00 h	si	si	si	Si
7	M1A	2,4 %	1,2 %	25,00	96	si	si	si	Si
8	M2A	2,4 %	1,8 %		96	si	si	si	Si
9	M1B	3,6 %	1,2 %		72	si	si	si	Si
10	M2B	3,6 %	1,8 %		72	si	si	si	Si

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

En el secado a 50 °C tabla 15-3 podemos observar el tiempo entre 5 a 7 horas, sin embargo, se observó que al incrementar la temperatura se inicia una ruptura de las uniones poliméricas, generando quebramiento en la lámina debido a movimientos en las moléculas que ocasionan cambios en la

estructura cristalina y propiedades del material, por lo que genera un fenómeno, sinéresis, donde el plastificante va a la superficie, esto depende de la cantidad de concentraciones de almidón constituida en la muestra, lo que indica una reacomodación inicial forzosa de las cadenas que constituye el polisacárido, mientras que hay una diferencia del secado al ambiente a 25 °C que toma más tiempo con una duración de cuatro días para su formación y que generó mejores propiedades físicas y visuales del biopolímero,



**Gráfico 2-3: Tiempo del secado en función de la temperatura y Concentración,**

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

### 3,2,1, Datos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los biopolímeros,

Se procedió a realizar mediciones de espesor a los tratamientos con tres repeticiones, cortando muestras de 2,5cm x 2,5cm con un calibrador digital, de esta manera procedimos a calcular el promedio,

**Tabla 16-3: Datos de espesor de cada tratamiento,**

Nº	Tratamientos	ESPESOR (mm)			Promedios (mm)
		R1	R2	R3	
1	M1A	0,090	0,090	0,080	\$0,087
2	M2A	0,150	0,140	0,150	\$0,147
3	M1B	0,090	0,080	0,080	\$0,083
4	M2B	0,130	0,140	0,130	\$0,133

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

En el ensayo de permeabilidad al vapor de agua, preparamos 12 tubos de ensayo, los cuales, estaban tarados y desecados, después, llenamos con gel de sílice (silicagel) a 4,0 cm de su borde sellándolo con las muestras recortadas de 2,5cm x 2,5cm por lo que se utilizó hilo de silicón,

seguido estos tubos fueron colocados en un desecador, y por cada hora durante seis horas se tomaron los pesos que a continuación se presenta



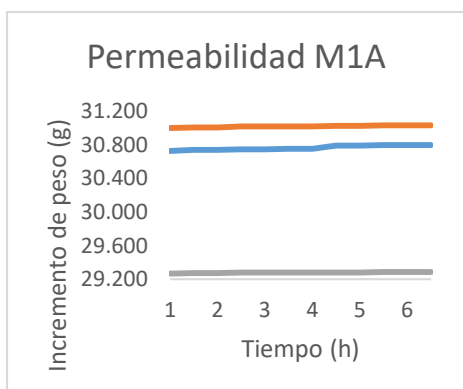
**Tabla 17-3:** Datos WVAP absorción de vapor de las muestras,

TP		M1A				M2A			
Tiempo en (Hora)	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	
1	30,728	30,997	29,265	30,330	30,596	30,084	31,068	30,583	
	30,738	31,008	29,276	30,341	30,608	30,106	31,078	30,597	
2	30,738	31,008	29,276	30,341	30,608	30,160	31,078	30,615	
	30,744	31,016	29,278	30,346	30,614	30,112	31,084	30,603	
3	30,744	31,016	29,278	30,346	30,614	30,112	31,084	30,603	
	30,750	31,018	29,281	30,350	30,614	30,120	31,085	30,606	
4	30,750	31,018	29,281	30,350	30,614	30,120	31,085	30,606	
	30,792	31,026	29,283	30,367	30,626	30,132	31,087	30,615	
5	30,792	31,026	29,283	30,367	30,626	30,132	31,087	30,615	
	30,794	31,028	29,286	30,369	30,627	30,133	31,088	30,616	
6	30,795	31,028	29,286	30,370	30,627	30,133	31,088	30,616	
	30,796	31,029	29,289	30,371	30,629	30,134	31,090	30,618	
TP		M1B				M2B			
Tiempo en (Hora)	R1	R2	R3	P	R1	R2	R3	P	
1	30,742	30,008	31,496	30,749	30,630	31,076	30,094	30,600	
	30,748	30,012	31,498	30,753	30,638	31,078	30,098	30,605	
2	30,748	30,012	31,498	30,753	30,638	31,078	30,098	30,605	
	30,750	30,020	31,502	30,757	30,646	31,082	30,104	30,611	
3	30,750	30,020	31,502	30,757	30,646	31,082	30,104	30,611	
	30,752	30,024	31,506	30,761	30,652	31,085	30,108	30,615	
4	30,752	30,024	31,506	30,761	30,652	31,085	30,108	30,615	
	30,756	30,026	31,508	30,763	30,651	31,087	30,115	30,618	
5	30,756	30,026	31,508	30,763	30,654	31,087	30,115	30,619	
	30,757	30,028	31,510	30,765	30,655	31,089	30,117	30,620	
6	30,757	30,028	31,510	30,765	30,668	31,089	30,117	30,625	
	30,758	30,030	31,510	30,766	30,668	31,090	30,118	30,625	

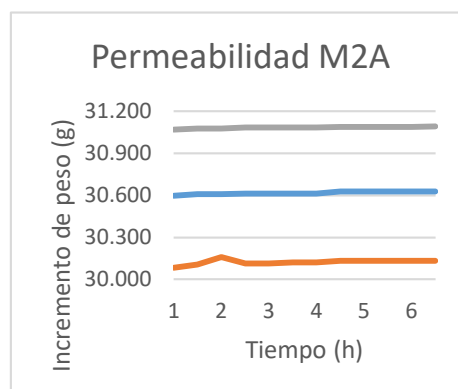
Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Curvas de cada tratamiento con tres repeticiones que nos indican cómo las biopelículas a cada hora aumentan su masa conforme absorben la humedad de vapor,

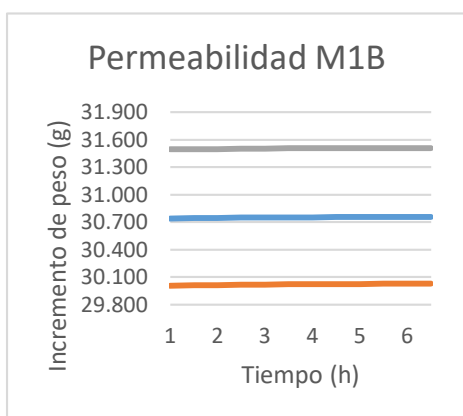
**Gráfico 3-3: Pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h)**



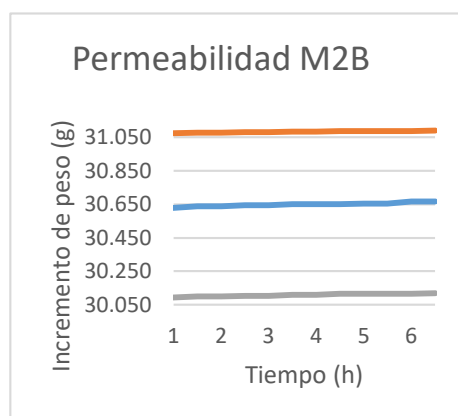
**Gráfico 3-3-1: Variación de masa TM1A**  
Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021



**Gráfico 3-3-2: Variación de masa TM1B**  
Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021



**3-3-3: Variación de masa TM2A**  
Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021



**Gráfico 3-3-4: Variación de masa TM2B**  
Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Gráfico**

Datos tomados del ensayo de humedad de las biopolículas,

Para obtener la humedad de los biopolímeros, primero se taró doce crisoles por dos horas a 200 °C, después cortamos muestras con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm, enseguida, con la balanza analítica se obtuvo los pesos iniciales, después colocamos las muestras en los crisoles para introducirlos a la estufa a 105 °C durante 24 horas y finalmente obtener nuestros datos de los pesos de cada muestra seca final,

Los datos de las muestras fueron promediados para calcular las humedades de cada tratamiento,

**Tabla 18-3: Datos humedad de los biopolímeros,**

Nº	R	Peso húmedo	Peso seco	Contenido de agua
1	M1A	0,300	0,253	0,047
2	M1A	0,300	0,252	0,048
3	M1A	0,304	0,239	0,065
4	M2A	0,302	0,238	0,064

Continúa

Continúa

5	M2A	0,301	0,262	0,039
6	M2A	0,304	0,234	0,07
7	M1B	0,303	0,232	0,071
8	M1B	0,304	0,294	0,01
9	M1B	0,304	0,228	0,076
10	M2B	0,302	0,244	0,058
11	M2B	0,302	0,261	0,041
12	M2B	0,304	0,218	0,086

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Datos tomados durante el ensayo de solubilidad de los biopolímeros,

Se tomaron las muestras del ensayo de la humedad y procedimos a colocarlas en vasos de precipitación que son etiquetados de 100 ml, dónde se agregó 80 ml de agua destilada, para posterior llevarlo al agitador a 100 rpm durante una hora, terminado el proceso filtramos las muestras y finalmente introducimos éstas a la estufa a 40 °C, hasta que no presenten residuos de agua,

**Tabla 19-3:** Datos de ensayo para la solubilidad de los biopolímeros,

Nº	Nomenclatura Muestra	Peso Muestra Inicial seco (g)
1	M1A	0,253
2	M1A	0,252
3	M1A	0,239
4	M2A	0,238
5	M2A	0,262
6	M2A	0,234
7	M1B	0,232
8	M1B	0,294
9	M1B	0,228
10	M2B	0,244
11	M2B	0,261
12	M2B	0,218

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Para la obtención de los datos de biodegradabilidad, se procedió a tomar fotografías cada siete días y bajo una aplicación de estudio de imágenes, determinamos las áreas, que sirvió como referencia para obtener los pesos degradados en cada semana,

**Tabla 20-3:** Datos de áreas encontradas de las muestras de cada tratamiento en agua,

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DIAS							
			0	7	14	21	28	35	42	49
Tubérculo de melloco	M1A	cm2	6,182	3,603	2,786	2,189	1,359	1,479	1,065	0,896
		%	100,00	41,72	54,93	64,59	78,02	76,08	82,78	85,51
	M2A	cm2	6,126	3,740	2,874	2,568	2,025	1,558	1,152	0,956
		%	100,00	39,50	53,52	58,46	67,25	74,80	81,36	84,54
	M1B	cm2	6,003	3,631	2,424	2,159	1,985	1,438	1,053	0,462
		%	100,00	41,27	60,80	65,08	67,89	76,73	82,97	92,53
	M2B	cm2	6,155	3,313	2,456	1,958	1,235	1,287	0,853	0,458
		%	100,00	46,42	60,27	68,33	80,02	79,19	86,21	92,59

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Tabla 21-3:** Datos de áreas encontradas de las muestras de cada tratamiento en ambiente,

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DIAS									
			0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
Tubérculo de melloco	M1A	cm2	6,09	5,91	5,79	5,74	5,67	4,95	4,78	4,32	4,27	4,01
		%	100,00	3,07	4,90	5,80	6,88	18,70	21,49	29,08	29,99	34,20
	M2A	cm2	6,03	5,95	5,91	5,30	5,13	4,66	4,57	4,33	4,30	4,02
		%	100,00	2,40	2,94	13,06	15,87	23,54	25,02	29,01	29,49	33,97
	M1B	cm2	6,20	5,85	5,79	5,34	4,20	4,02	4,00	3,87	3,26	2,99
		%	100,00	3,94	4,96	12,30	31,14	34,00	34,33	36,56	46,51	51,00
	M2B	cm2	6,01	5,80	5,60	5,51	5,42	4,99	4,75	4,61	4,27	3,87
		%	100,00	4,72	8,03	9,58	10,98	18,16	22,00	24,35	29,95	36,56

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

**Tabla 22-3:** Datos de áreas encontradas en las muestras de cada tratamiento Compostable,

PRODUCTO	TRATAMIENTO	UNIDAD	DIAS						
			0	7	14	21	28	35	42
Tubérculo de melloco	M1A	cm2	5,905	4,081	3,903	2,982	1,786	0,133	0,102
		%	100,00	30,88	33,91	49,50	69,75	97,74	98,27
	M2A	cm2	5,877	3,593	3,521	2,76	0,763	0,347	0,122
		%	100,00	38,87	40,36	53,26	87,08	94,12	97,94
	M1B	cm2	6,144	3,720	3,264	2,156	1,354	0,531	0,268
		%	100,00	39,46	44,73	63,49	77,07	91,00	95,47
	M2B	cm2	5,914	2,805	2,544	1,953	0,94	0,471	0,110
		%	100,00	52,58	56,92	66,93	84,08	92,03	98,14

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

### 3,3, Cálculos

#### 3,3,1, Cálculos de los ensayos realizados al almidón de melloco,

##### 3,3,1,1, Cálculo del porcentaje de rendimiento de almidón obtenido del tubérculo de melloco,

Se realizaron los cálculos con los datos obtenidos en la tabla 2-3 al que calculamos la media a cada tratamiento,

#### *Melloco (Ullucus Tuberosus)*

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidon obtenido}}{\text{Peso del tuberculo de melloco}} \times 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{89,3,5 \text{ g}}{1050 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 8,50 \%$$

$$\text{Rendimiento mayor} = 8,50\%$$

##### 3,3,1,2, Cálculo del Índice de Absorción de Agua del almidón de melloco,

De los datos obtenidos del ensayo que están en la tabla 7-3, se determinó la media para el siguiente cálculo,

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

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{10,321 \text{ g gel}}{1,255 \text{ g}}$$

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = 8,224$$

$$\text{Índice (IAA) promedio} = 8,555$$

##### 3,3,1,3, Cálculo del Índice de Solubilidad en Agua del almidón de melloco,

Se aplicó los datos obtenidos en la tabla 7-3 para el siguiente cálculo,

$$\text{Índice de solubilidad de agua (ISA)} = \frac{\text{Peso soluble} \cdot v \cdot 10}{\text{Peso muestra (g)} \cdot bs}$$

$$\text{Índice de solubilidad de agua (ISA)} = \frac{0,042\text{g} \cdot 24,0\text{ml} \cdot 10}{1,255 \text{ g}}$$

$$\text{Índice de absorción de agua (ISA)} = 8,032,$$

$$\text{Índice (ISA) promedio} = 6,75$$

### 3,3,1,4, Cálculo del Poder de Hinchamiento del almidón de melloco,

De la misma manera se aplicó los datos obtenidos en la tabla 7-3, y se determina lo siguiente:

$$\text{Índice poder de hinchamiento de los gránulos (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{peso solubles(g)}}$$

$$\text{Índice poder de hinchamiento de los gránulos (PH)} = \frac{10,321 \text{ g}}{1,255 \text{ g} - 0,042 \text{ g}}$$

$$\text{Índice poder de hinchamiento de los gránulos (PH)} = 8,509$$

$$\text{Índice (PH) Promedio} = 8,82$$

### 3,3,1,5, Cálculo de la obtención de ceniza para el almidón de melloco,

De los datos obtenidos en el ensayo de ceniza se procedió a calcular lo siguiente:

$$\% \text{ de Ceniza del almidón del melloco} = \frac{\text{Peso de la cenizas (g)}}{\text{Peso muestra inicial (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ de Ceniza del almidón del melloco} = \frac{0,0125 \text{ g}}{4,2622\text{g}} \times 100$$

$$\% \text{ de Ceniza del almidón del melloco} = 0,293 \%$$

### 3,3,1,6, Cálculo del porcentaje de humedad para el almidón de melloco,

De los datos obtenidos en el ensayo de humedad se procedió a determinar lo siguiente:

$$\% \text{ de humedad del almidón del melloco} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{peso seco (g)}}{\text{Peso húmedo (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad del almidón del melloco} = \frac{7,787 - 6,075 \text{ g}}{7,787\text{g}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad del almidón del melloco} = 21,9 \%$$

## 3,3,2, Cálculos de los ensayos fisicoquímicos realizados a los biopolímeros obtenidos,

### 3,3,2,1, Cálculo de permeabilidad al vapor de agua (g/h,m,MPa) de los biopolímeros,

Según los datos obtenidos en el ensayo de permeabilidad tabla 17-3 WVTR pendiente de la curva (g/h) expuesta de los biopolímeros de melloco; se procedió a calcular la media de los datos obtenidos por

cada hora, lo cual se utiliza los valores iniciales y finales de la transmisión de vapor de agua en cada muestra durante el tiempo de ensayo, para el cálculo general se aplica los datos de: espesor, tiempo, presión de vapor de la cámara interna con cloruro de sodio y presión externa a la temperatura ambiente ensayada,

Meloco (*Ullucus Tuberosus*)

$$WVTR = (P2 - P1)$$

$$WVP = \frac{(P2 - P1) * \varepsilon}{t * s(HR2 - HR1)}$$

$$WVP = \frac{(30,766 - 30,749)g * 0,133m}{(6 - 0)h * 0,00317MPa(75 - 0)}$$

$$WVP = 0,02 * 10^{-3} \text{ g/h, mMPa}$$

3,3,2,2, *Cálculo porcentaje de humedad de los biopolímeros,*

De los datos de masa húmeda inicial y datos de masa seca final, se realizó la media de los valores acumulados en el ensayo tabla 18-3; se procedió a calcular el porcentaje de humedad,

Meloco (*Ullucus Tuberosus*)

$$\% \text{ humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial}}$$

$$\% \text{ humedad} = \frac{0,301 - 0,248}{0,301} * 100$$

$$\% \text{ humedad} = 17,61,$$

3,3,2,3, *Cálculo del porcentaje de solubilidad de los biopolímeros,*

Con los datos promedio recolectados tabla 19-3 del ensayo de solubilidad, se calculó la media a cada tratamiento con el fin de obtener la solubilidad,

Meloco (*Ullucus Tuberosus*)

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$$

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{0,216 - 0,142}{0,216} * 100$$

$$\% \text{ solubilidad} = 34,25 \%$$

3,3,2,4, *Cálculo del porcentaje de Biodegradabilidad de los biopolímeros,*

A partir de los datos iniciales obtenidos en el programa J Image, empezamos a relacionar los porcentajes, y cada día realizamos fotografías de las muestras para obtenerlos datos de una nueva área el cual relacionamos obteniendo la degradabilidad de las muestras,

Mellico (*Ullucus Tuberosus*) biodegradabilidad del suelo tratamiento M1A

$$\text{Cálculo \% diario} = 100 - \frac{\text{Area final del día cm2} * 100 \text{ relacion area inicial \%}}{\text{Area inicial primer día cm2}}$$

$$\text{Cálculo \% primer día} = 100 - \frac{4,081 \text{ cm2} * 100 \text{ relacion inicial \%}}{5,905 \text{ cm2}}$$

$$\text{Cálculo \% primer día} = 69,11 \%$$

$$\% \text{ degradado} = (100 - 69,11) \%$$

$$\% \text{ degradado} = 30,88 \%$$

Se realiza el mismo cálculo para las demás semanas,

La biodegradabilidad generada en esta muestra ultimo día

$$\% \text{ degradado} = (100 - 1,73) \%$$

$$\% \text{ degradado} = 98,27 \text{ cm2} \%$$

El mismo proceso de cálculo, se aplica para los otros tratamientos en el agua, compost y ambiente

### 3,4, Resultados

#### 3,4,1, Resultados de los ensayos del almidón,

##### 3,4,1,1, Resultados obtenidos del secado del almidón,

**Tabla 23-3:** Resultados de secado almidón a 40(°C)

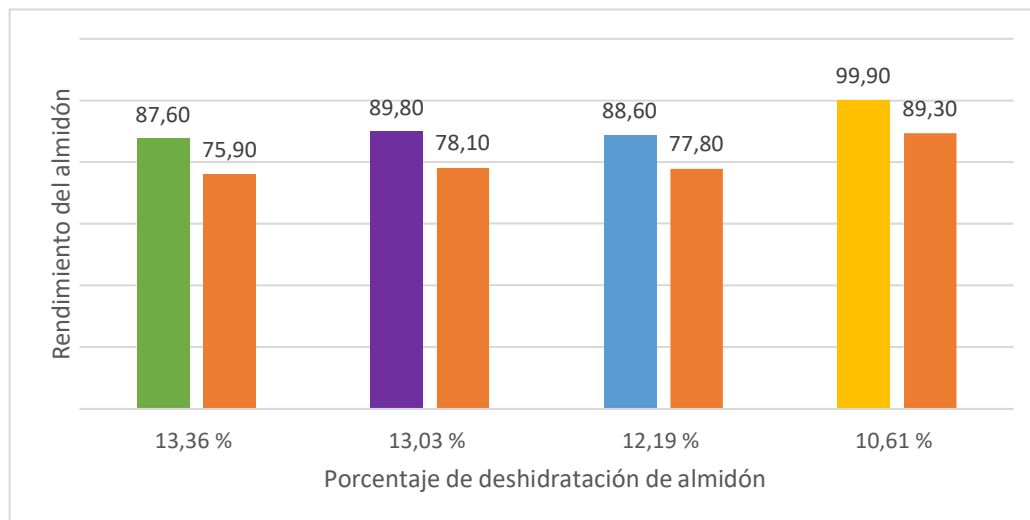
Resultados secado almidón a 40 (°C)			
Tratamientos	Peso inicial	Peso final	% Humedad
TA1	87,60	75,90	13,36 %
TA2	89,80	78,10	13,03 %
TA3	88,60	77,80	12,19 %
TA4	99,90	89,30	10,61 %

Realizado Por: URGILES, Raúl,2021

Los resultados obtenidos en cada tratamiento tabla 23-3, indica una humedad mayor de 13,36%, y un menor rendimiento de almidón en el TA1 debido a que el almidón queda atrapado en la fibra perdiéndose en el proceso de filtración dado al tamaño de las partículas generadas, por efecto de menor fuerza en la velocidad de trituración y tiempo, De otra manera existe un buen rendimiento



de almidón en el cuarto tratamiento con una humedad menor de 10,61%, debido a la mayor fuerza y tiempo en el triturado, lo que ha producido partículas más pequeñas acumuladas en el proceso de filtrado con gran concentración en el sobrenadante, las cuales son aprovechadas al momento de separación del decantado a bajas temperaturas



**Gráfico 4-3: Representación de la eliminación de humedad en el almidón de melloco,**

**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

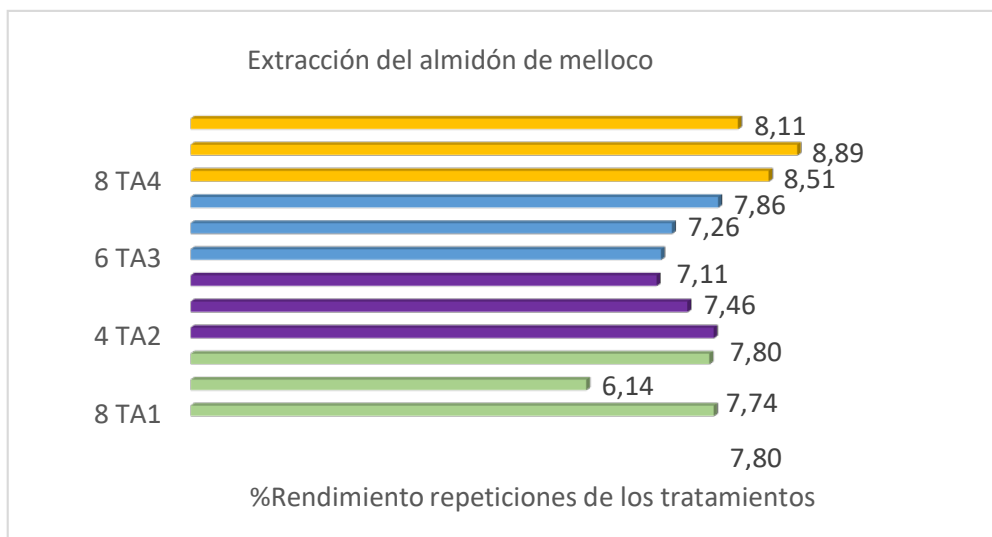
*3,4,1,2, Resultados de los rendimientos de almidón de melloco,*

**Tabla 24-3: Resultados de rendimiento porcentual del almidón obtenido,**

Rendimiento %												
R	7,80	6,14	7,74	7,80	7,46	7,06	7,11	7,26	7,86	8,51	8,89	8,11
PROMEDIO	7,23			7,44			7,41			8,50		

**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

Se ha obtenido un mejor rendimiento de 8,5% de almidón en comparación con las obtenciones de (Espin, Villacres y Brito 2004) donde indican en su investigación un rendimiento de 7,17% presentando mejores resultados,



**Gráfico 5-3: Rendimientos obtenidos de almidón**

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

### 3,4,1,3, Resultados de la determinación de los índices,

**Tabla 25-3:** Resultados pruebas de índices,

Repeticiones	(IAA)	(ISA)	(PH)
1	8,22	8,03	8,50
2	9,71	5,91	10,01
3	7,72	6,33	7,94
Promedio total	8,55	6,75	8,82

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

En referencia a los índices del almidón de yuca según la técnica usada por Anderson et al, (1969), nos indica que los almidones de buena calidad poseen alta viscosidad, absorción de agua y baja solubilidad, comparando los índices obtenidos, estos fueron de 8,55 en la absorción de agua, así mismo el índice de solubilidad es baja con un valor de 6,75 y alto poder de hinchamiento de los gránulos de 8,82 alta, lo que indica que nuestro almidón es apto para la utilización como materia para la obtención de bioplásticos,

### 3,4,2, Resultados de los ensayos realizados de los biopolímeros,

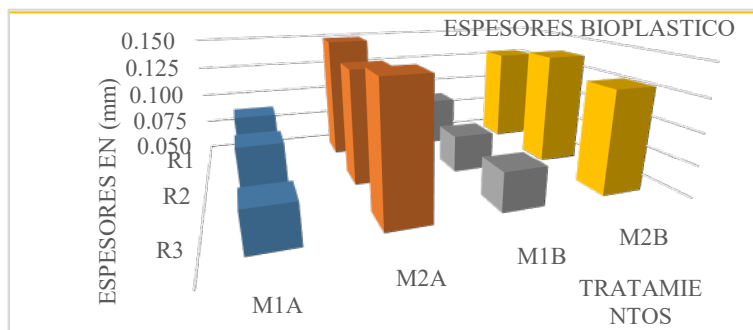
#### 3,4,2,1, Resultados de espesor de los tratamientos,

**Tabla 26-3:** Resultados de espesor de los tratamientos del biopolímero,

Nº	1	2	3	4
Tratamientos	M1A	M2A	M1B	M2B
Promedio (mm)	0,09	0,15	0,08	0,13

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

De las muestras de ensayo realizadas en los espesores de cada tratamiento se obtuvo datos promedio que se presenta en la **tabla 15-3**, con valores menores de (0,08 y 0,09) mm de espesor, por lo que cumple bajo la norma INEN 2635, que establece un valor de 0,1mm,, en la gráfica 6-3 se muestra los espesores de cada ensayo, donde los tratamientos M2A Y M2B presentan espesores mayores a causa de la cantidad de plastificante que se acumula en superficie del biopolímero y a la mayor concentración de almidón utilizado



**Gráfico 6-3:** Espesores de los tratamientos de los biopolímeros,

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

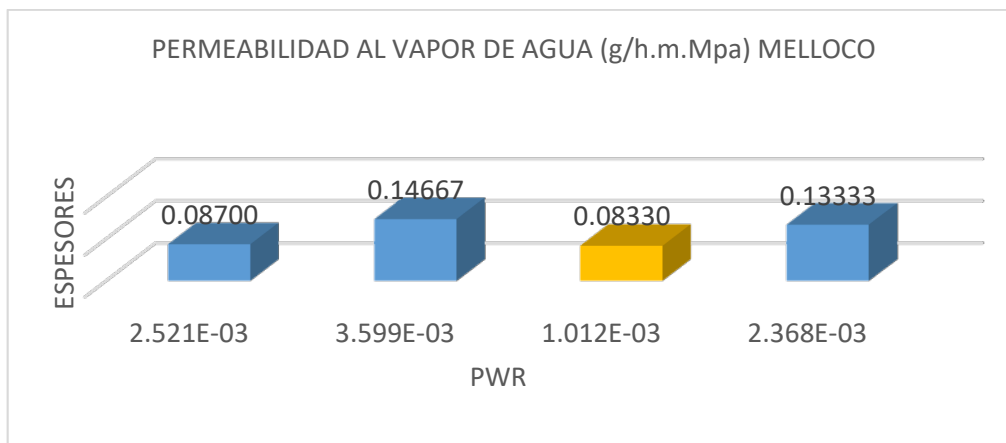
### 3,4,2,2, Resultados del ensayo de permeabilidad,

**Tabla 27-3:** Resultados de WVP de los tratamientos de las biopelículas del melloco,

Tiempo (Hora)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h,m,MPa) MELLOCO			
	M1A	M2A	M1B	M2B
6	$2,52 \cdot 10^{-3}$	$3,59 \cdot 10^{-3}$	$1,01 \cdot 10^{-3}$	$2,36 \cdot 10^{-3}$

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

Durante la prueba de la permeabilidad al vapor de agua se presentaron valores aceptables, de acuerdo a la norma STM D1653-93 que indica intervalos de  $7,18 \cdot 10^{-5}$  hasta  $1,07 \cdot 10^{-3}$  siendo el tratamiento M1B de  $1,01 \cdot 10^{-3}$  el aceptado para uso de embalaje para alimentos, según estudios realizados por Daza et al, (2018, p,16), define que, para controlar la permeabilidad hay que manipular la concentración de almidón dado a que sus cadenas poliméricas están formados en ciclos y su estructura en grupos OH, estos al contacto con el agua produce una interacción molecular con los hidrógenos confiriéndose cambios físicos con el aumento de la temperatura, hasta formar una estructura que defina la capacidad de ser permeable, sin olvidar la cantidad o tipo de plastificante que se use ya que este puede generar el comportamiento de la amilosa que constituye el almidón que forma los complejos como la formación de los puentes de hidrogeno, en su poder hidrófilo



**Gráfico 7-3:** WVP presentación de cada tratamiento ensayado  
**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

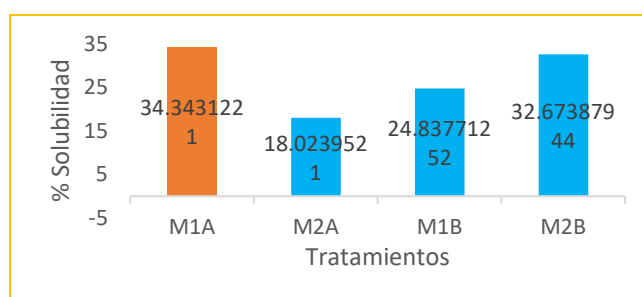
3,4,2,3, *Resultados del ensayo de solubilidad del biopolímero,*

**Tabla 28-3:** Resultados % de solubilidad de los tratamientos,

Nº	Tratamientos	% solubilidad
1	M1A	34,34
2	M2A	18,02
3	M1B	24,83
4	M2B	32,67

**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

Se presentan resultados de solubilidad de 34,34% con mayor cantidad de almidón y de 18,02%, de menor cantidad, De hecho se observa que la cantidad de aditivo plastificante en las dos formulaciones son menores dentro de nuestros tratamientos, se confiere a que la composición que contiene menor cantidad de almidón es propio de menor solubilidad, Daza et al, (2018) obtuvo valores de solubilidad de 17,3%, dado a su composición de 2,2 % de almidón y 1,4% de glicerina por ende, se puede aceptar que nuestras láminas pueden ser aceptadas para cubrimiento de alimentos por estar dentro de las propiedades de barrera según la norma (INNOTEC - Gestión 2014), valores admitidos entre 30,18 -57,78 % ,



**Gráfico 8-3:** Solubilidad en cada tratamiento,  
**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

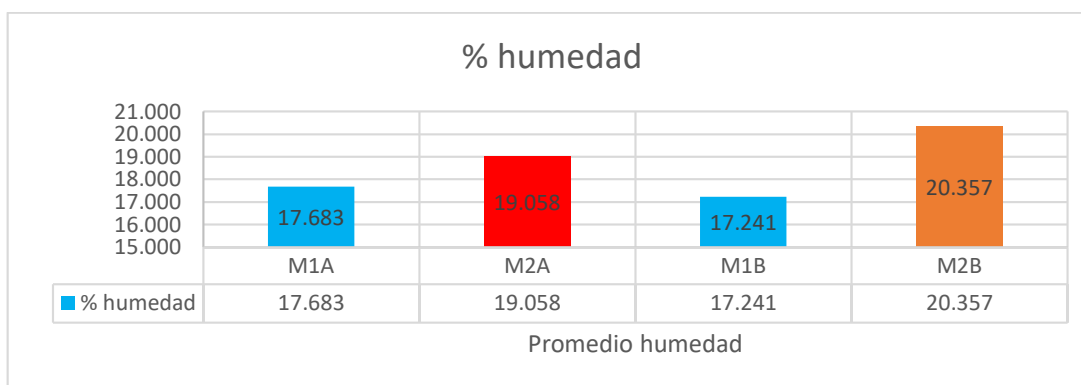
3,4,2,4, Resultados del ensayo de humedad del biopolímero,

**Tabla 29-3:** Resultados % de humedad de los tratamientos,

Nº	TP	% humedad	INNOTEC 19,03 ± 22,1%,
1	M1A	17,683	18,61 ± 2,01%,
4	M2A	19,058	
7	M1B	17,241	
10	M2B	20,357	

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

La humedad es una propiedad que se genera por el medioambiente y por las concentraciones de aditivos presentes, en nuestro tratamiento M1B el presentó menor humedad debido a la mayor cantidad de almidón y al menor cantidad de plastificante lo que permitió un control convirtiéndose en una superficie molecular insoluble, según Daza et al, (2018), sus resultados indicaron humedades entre 28,7% y 35,11% en sus composiciones por el aumento de almidón, por lo tanto, nuestros resultados indican menor humedad que permitiría una buena conservación de los alimentos



**Gráfico 9-3:** Valores de humedad de cada tratamiento,

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

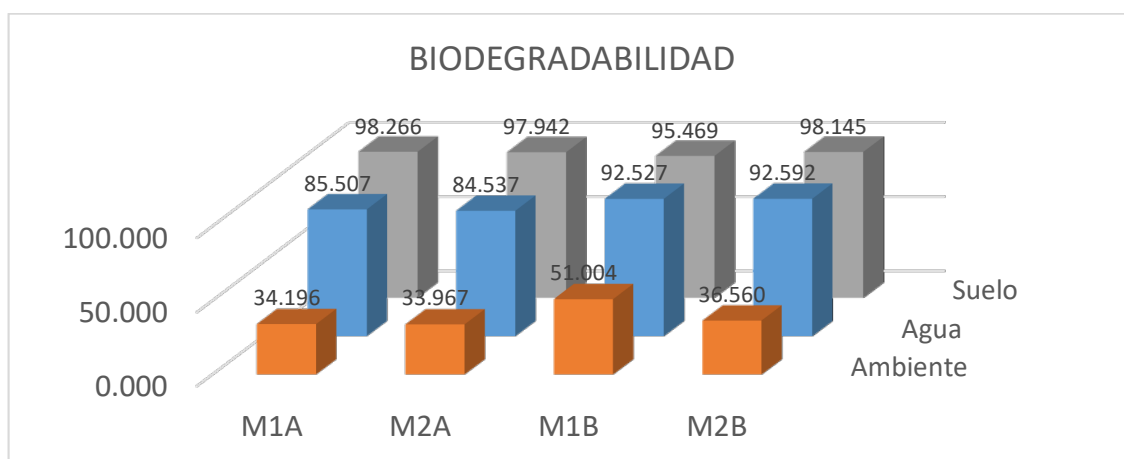
3,4,2,5, Resultados del ensayo de Biodegradabilidad de los polímeros,

**Tabla 30-3:** Resultados % de degradabilidad de los tratamientos

TP	Degradabilidad agua	Degradabilidad aire	Degradabilidad Tierra
M1A	85,51	34,20	98,27
M2A	84,54	33,97	97,94
M1B	92,53	51,00	95,47
M2B	92,59	36,56	98,14

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

En los tratamientos de biodegradabilidad se observa una menor área de descomposición del biopolímero en el aire debido a la exposición de su superficie al medio ambiente obteniendo un 34,196%, puesto que al ambiente la activación de enzimas es muy lenta por las condiciones climáticas, a diferencia de la degradación en el suelo de 98,145% que presentó una mayor velocidad de degradación, debido a que los microorganismos utilizan el polímero como fuente de alimento que provocó una activación enzimática anaeróbica rápida que en efecto ocasiona un rompiendo en las cadenas poliméricas transformándolas a monoméricas, Así mismo se produce también una alta degradabilidad en el agua, esto también puede ser debido al aditivo plastificante por su propiedad hidrofílico que retarda la velocidad de descomposición de los biopolímeros



**Gráfico 10-3:** Biodegradabilidad de los tratamientos,

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

3,4,2,6, Resultados de las pruebas mecánicas de los tratamientos,

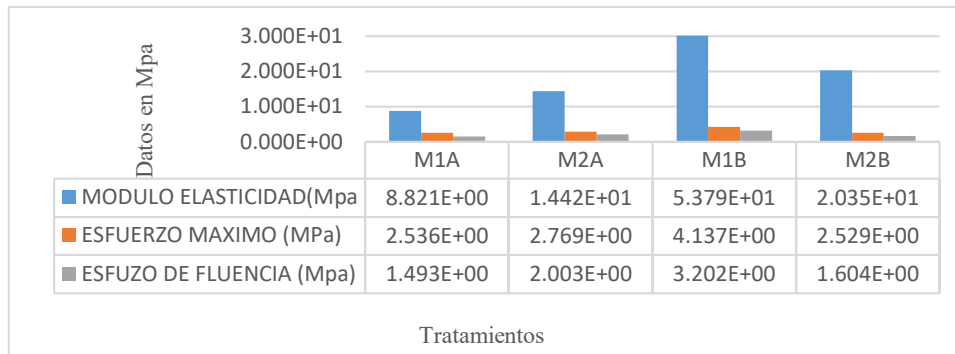
**Tabla 31-3:** Resultados de las propiedades de tracción de las biopelículas,

No,	TRATAMIENTO	ESFUERZO MAXIMO (MPa)	MODULO ELASTICIDAD (Mpa)	ESFUZO DE FLUENCIA (Mpa)	CARGA MAXIMA	ELONGACIÓN
1	M1A	2,533E+00	8,821E+00	1,492E+00	1,970	39,62
2	M2A	2,769E+00	1,442E+01	2,003E+00	3,830	25,750
3	M1B	4,137E+00	5,379E+01	3,202E+00	2,830	17,500
4	M2B	2,529E+00	2,035E+01	1,604E+00	3,090	17,500

Realizado Por: URGILÉS, Raúl,2021

En los resultados podemos identificar los biopolímeros que presentaron valores en el módulo de elasticidad como son M1A con un valor de 8,821E+0 Mpa con un esfuerzo máximo o resistencia de tensión de 2,53 Mpa, y una elongación de 39,62 de tal forma que las otras muestras formaron mayores resultados en el módulo de elasticidad que implica mayores resistencias a la tensión de la superficie por sus cargas máximas que son de 3,83 N, consecuentemente, analizando los resultados con Charro,2015 en su estudio “Obtención de biopelículas a partir de almidón de papa

“recopilo los siguientes resultados para el módulo de elasticidad 7,6 Mpa y de resistencia de 3,09 Mpa , mientras mayor sea la elongación menor será su resistencia lo que se verificó en nuestros resultados,



**Gráfico 11-3:** Propiedades de tracción

**Realizado Por:** URGILÉS, Raúl,2021

### **3,5, Prueba de Hipótesis**

#### **3,5,1, Hipótesis 1**

Se verifica una cantidad favorable de amilosa y calidad presente en el almidón de melloco, que permite bajo una técnica su extracción húmeda y posteriormente la obtención del biopolímero,

El valor de contenido de amilosa es de 21,76% que cumple con los almidones apropiados y afinidad como formador de biopolímeros, por ende, su contenido mejora la calidad del almidón, ya que se necesita menores concentraciones al momento de realizar una composición favoreciendo a obtener láminas biodegradables, El almidón en los ensayos realizados en el Laboratorio de Investigación de Ciencias presentó resultados aceptables como: temperatura de gelatinización, viscosidad y ceniza,

#### **3,5,2, Hipótesis 2**

La obtención de almidón del melloco es posible a través de la vía húmeda,

Se demuestra que la extracción de almidón de melloco por vía húmeda es significativa, debido a los tratamientos ensayados y al manejo de variables como la velocidad y tiempo de molido con valor mayor de 8,5% como indica la Tabla 23-3 de mejor rendimiento,

#### **3,5,3, Hipótesis 3**

Su degradabilidad es posible en menor tiempo, debido a la activación enzimática temprana que activa los microorganismos y las condiciones ambientales,

Las condiciones ambientales generaron un grado de degradabilidad entendiendo que las enzimas se activan, debido a que los microorganismos tienen contacto con la superficie, donde estos utilizan la superficie como fuente de carbono, generando CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, de manera aerobia y además H<sub>2</sub>O de manera anaerobia, los microorganismos al tener contacto con la superficie del biopolímero secretan enzimas que son moléculas que rompen las cadenas poliméricas, formando monómeros en bajo peso molecular, por ende, su activación reduce el tiempo de biodegradación por la descomposición, por otro es determinante la concentración de plastificante y almidón, También al determinar la humedad vemos que tiene influencia con la solubilidad ya que, si al bajar las concentraciones de plastificante y polímero baja la solubilidad de acuerdo a nuestras experimentaciones, Las propiedades de estructura con alta solubilidad pueden acelerar la degradabilidad por la disolución de sus componentes en el agua, de esa manera la solubilidad se relaciona con la biodegradabilidad,



### **3,5,4, Hipótesis 4**

Es posible la formación del biopolímero mediante el método de casting, dónde por determinadas formulaciones que relacionan concentraciones de almidón, plastificante, glicerina y aditivos permite obtener tratamientos con buenas propiedades físicas y de uso para envoltura de alimentos,

La formación del biopolímero tras varios ensayos aplicando el diseño factorial 22 con 4 puntos extremos, permite que el almidón y glicerina, tenga la facilidad de: moldeo, formación, transparencia y estabilidad, Para eso, los niveles bajos y altos en las concentraciones definidas de 2,44% y 3,66% en almidón y 1,23% -1,84% de glicerina y manteniendo constante el agua y el ácido acético por lo que permite un secado con temperaturas al ambiente 22 °C a 25 °C, y ahorro de tiempo en un secador a 50 °C, durante la obtención del biopolímero, Este tratamiento puede ser utilizados para realizar pruebas de caracterización como: humedad, solubilidad y permeabilidad en base a las normas establecidas,

### **3,5,5, Hipótesis 5**

El biopolímero que se obtiene nos permite propiedades de calidad tanto cualitativas como cuantitativas que serán verificadas bajo las normas INEN 2635, siguiendo el (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) y ASTM D1653-93(Método de prueba estándar para la transmisión de vapor,

Las propiedades cualitativas se cumplieron siguiendo las normas establecidas que nos permitieron tener un moldeo, una formación y una transparencia en los biopolímeros, en efecto, la estabilidad que se necesita para realizar sus caracterizaciones, por consiguiente los datos obtenidos mediante ensayo de tracción descrito en la norma INEN 2635-012 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas), presenta esfuerzos de tensión aceptables, al igual que el módulo de elasticidad, también el esfuerzo máximo y esfuerzo de fluencia que cumplieron lo esperado conforme a lo investigado, Se observó que los tratamientos M2A y M1B mostraron valores de esfuerzo máximo de 2,77 Mpa y 4,13 Mpa, respectivamente, Su módulo de elasticidad generó 14,42 Mpa y 53,79 y además un esfuerzo de fluencia de 2,00Mpa y 3,20 Mpa junto con otros datos en las pruebas mecánicas, que permite tener un biopolímero que puede ser aplicado al recubrimiento de alimentos,

### 3,6, Discusión

Para la elaboración del biopolímero se seleccionó el tubérculo de melloco con buenas propiedades de calidad, por lo que se procedió a realizar la extracción del almidón por el método de vía húmeda se obtuvo un rendimiento de 8,5%, en comparación según Espin, et al (2004, p, 101) donde consiguió un rendimiento de 7,17%, así mismo la cantidad de amilosa analizada en el laboratorio INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS), fue de 21,76% menor que el resultado de análisis por bibliografía que presento el mismo laboratorio de 26 % de confirmando los diversos tipos de tubérculo de melloco, Las caracterizaciones para el almidón de Melloco están dentro de los intervalos aceptados en base a la norma INEN 1456 (Reactivos para análisis, Almidón soluble, Métodos de ensayo) que presentó; un pH de 5,594 y una solubilidad de 6,75; así mismo se produjo una acumulación de ceniza de 0,29% que excede el porcentaje aceptado de 0,12% según la AOAC (Asociación de Official Analytical Chemists), se identificó una humedad de 0,22% que se produjo dado a las condiciones de humedad en el ambiente, también se realizó la viscosidad en base a ISI 17-1 del Internacional Starch Institute obtenida por el método de Brookfield y presentó 39249 SP L4 Mpa s 100 rpm 65,4% a 25°C, considerando que fue alta dado a la cantidad de amilosa presente en el almidón, En referencia a los índices del almidón de yuca según la técnica usada por Anderson et al, (1969), nos indica que los almidones de buena calidad poseen alta viscosidad, absorción de agua y baja solubilidad, por lo que analizando los índices obtenidos se obtuvo valores de 8,55 en la absorción de agua, índice de solubilidad de 6,75 y alto poder de hinchamiento de los gránulos de 8,82 alta que nos indica que nuestro almidón es apto para la utilización como materia prima con buena constitución en polisacáridos como la amilosa y amilopectina, para la elaboración del biopolímero, También se realizaron pre ensayos propuestos para determinar una composición adecuada que forme el biopolímero aplicando varias concentraciones de almidón y plastificante hasta obtener los tratamientos adecuados, se utilizó el método de casting que es el vaciado y formado por placas, donde se aplicaron dos tipos de secado uno a 40 grados hasta 7 horas y otro al ambiente durante 3 a 4 días con el fin de determinar las propiedades y aspectos adecuadas y se obtuvieron buenos resultados de secado al ambiente, de las mejores composiciones de concentración de almidón que encontramos 2,44% y 3,61 % y con concentraciones de plastificante a 1,23% y 1,84% Se realizaron pruebas de permeabilidad en base a la norma ASTM D1653-93: (Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico), que presentaron las muestras M1A y M2A resultados mayores de  $2,52 \cdot 10^{-3}$  (g/(hmMpa)),  $3,59 \cdot 10^{-3}$  (g/(hmMpa)), confirmando a la baja concentración de almidón

en sus composiciones, lo que indica que la prueba M1B con  $1,01 \cdot 10^{-3}$  (g/(hmMpa), obtuvo menor permeabilidad y otros resultados aceptables,

Según los estudios realizados por Daza et al, (2018, p,16), la permeabilidad al vapor de agua depende de la concentración y la constitución polimérica del almidón sea de la amilosa o de la amilopectina presente y del plastificante por su poder hidrofílico, el ultimo que permite espacios los cuales son ocupados por las moléculas de agua, De igual manera se ensayaron pruebas de solubilidad, siguiendo la norma (INNOTEC - Gestión 2014), en cada tratamiento de los biopolimeros que presentó una formación para M1A de 34,343 %, M2A de 18,024 %, MIB de 24,838 % M2B de 32,674 %; respectivamente, por consiguiente, las composiciones con mayor concentración de almidón presentan menos solubilidad que depende de la porosidad formada y del espesor de su superficie de 0,146 mm, que se formó en esta muestra, Además, se presentaron resultados menores de humedad en los tratamientos M1A de 17,68 %, MIB de 17,24 % que manifiesta el comportamiento del aditivo plastificante en menor cantidad, También se generó la degradabilidad de las muestras de cada tratamiento en el suelo a las seis semanas en menor tiempo que las muestras expuestas en otros entornos ya que produjo una velocidad de degradación por la activación enzimática anaeróbica de los microorganismos, en síntesis toman la superficie del biopolímero como alimento por el contacto con el suelo convirtiéndose en residuo compostaje como se ve en la muestra M1A con un 98,27% , no obstante la composición que presentó menor cantidad de degradación en su área de superficie en nueve semanas fue, M2B al ambiente con 36,56 % como consecuencia del entorno climático, y finalmente se generó una degradabilidad de siete semanas, como resultados de M2B con un 92,59 %, lo que indica que el ensayo realizado a las biopolimeros según la norma INEN 2643(Especificaciones para Plásticos Compost) son aceptables produciéndose compost, Y finalmente se analizaron pruebas mecánicas y de tracción, la composición M1B, presentó una resistencia de tensión mayor o esfuerzo máximo de 4,13 Mpa dado a la carga máxima de 2,83 N por su sección transversal de 0,684 mm<sup>2</sup>, también se presentó resultados un módulo de elasticidad con 53,79 Mpa dada a su buena resistencia por una deformación de 0,08 mm, además se identifica en otras pruebas como: el esfuerzo de fluencia que generó valores de 3,00; y por último la elongación con una cantidad menor 17,5 %, y en efecto la muestra M1A genero una elongación mayor de 39,62% teniendo menor resistencia a la tensión y menor elasticidad, por lo tanto se verifica que las propiedades determinadas cumplen con lo descrito en la norma INEN 2635-012 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) que son aptas para el cubrimiento de alimentos, Tabla 31-3,

## CONCLUSIONES

- Se logró extraer un biopolímero a partir de almidón de melloco por vía húmeda con propiedades cualitativas y cuantitativas aceptables para el embalaje de alimentos,
- El rendimiento del almidón extraído de tubérculo de melloco fue de 8,5 %,
- Se realizó las caracterizaciones mediante ensayos fisicoquímicas del almidón de melloco en base a la norma INEN 1456 con los siguientes resultados: un pH de 5,594; ceniza de 0,293 % y la humedad de 0,22 %, la viscosidad del almidón dada es 39249 SP L4 Mpa s 100 rpm 65,4% a 25°C, además se utilizó la técnica usada por Anderson et al, (1969), con valores de: índices de absorción de agua de 8,555; índice de solubilidad en agua de 6,75; y un poder de hinchamiento que generó las partículas del almidón de 8,82; y también una temperatura de gelatinización a 67 °C , así mismo los resultados obtenidos en INIAP, indicó un contenido de amilosa de 21,74% favoreciendo la elaboración del biopolímero,
- Se obtuvo los biopolímeros a partir de almidón de melloco a escala de laboratorio con buenos resultados en las pruebas de tracción y de biodegradabilidad, espesor, solubilidad y biodegradabilidad y propiedades cualitativas que son la transparencia y estabilidad,
- Se evaluaron las propiedades de los biopolímeros a través de ensayos fisicoquímicas en base a la norma INEN 2635 (Especificaciones para Plásticos Compostable) donde el tratamiento M1B generó buenos resultados con una menor permeabilidad de  $1,01 \cdot 10^{-3}$  g/h,m,Mpa y un espesor generado de 0,08 mm que indicó ser menor a 2,00 mm en base a la norma indicada, presento una solubilidad de 24,84 %, así mismo, en la prueba de humedad generó 17,34 %, en la Biodegradabilidad de su material se transformó en compost durante seis semanas dando 95,46 %, durante 7 semanas en el agua 92,52 % y durante nueve semanas en el ambiente 51,00%, que en base a la norma son aceptables produciéndose un material útil para cultivos, posteriormente en las pruebas de tracción en base a la norma INEN 2635-012 dió una carga máxima de 2,83 N sobre su sección transversal de 0,684mm<sup>2</sup> donde produjo una resistencia de tensión o esfuerzo máximo de 4,13 Mpa, Este esfuerzo máximo sobre la deformación en la muestra de 0,08 mm produjo un módulo de elasticidad de 53,79 Mpa con una elongación de 17,5 % lo que indicó buenas propiedades de tracción, ver tabla 31-3, y finalmente evaluado el resultado de la muestra M1A formó una mayor elongación de 39,62% teniendo menor resistencia a la tensión y menor elasticidad,

## RECOMENDACIONES

- Mejorar la extracción de almidón con otras metodologías utilizando otros equipos eficientes en el triturado para obtener mejores rendimientos,
- Modificar la constitución del polisacárido con otros compuestos que mejore su calidad para la obtención del biopolímero,
- Utilizar el almidón aplicando modificaciones con otros aditivos y plastificantes, por su función, ya que mejoraría las propiedades físicas de humedad, solubilidad y permeabilidad del biopolímero,
- Realizar el secado con otras temperaturas que permita ahorrar el tiempo en la formación del biopolímero,
- Realizar el secado con otras temperaturas sin exceder más de 50 grados debido a que el biopolímero es susceptible a la degradación térmica agrediendo sus propiedades físicas, ya que genera una alineación polimérica acelerada causando una breve sinéresis sin que se produzca una superficie deseada en el biopolímero,

## BIBLIOGRAFIA

**ABRIGO CORDOVA, Pablo Antonio**, The organic fertilization of melloco (*Ullucus Tuberosus* L.) and its profitability in the community of Tuncarta, *INNOVA Research Journal* [en línea], 2016 , Ecuador 1(12), pp, 132-149, [Consulta: 11 febrero 2021], DOI 1,12,2016,82, Disponible en: <https://revistas,uide,ehttps://repositorio,uide,edu,ec/bitstream/37000/3734/3/document%2812%29,pdf>,

**ARÉVALO ALVARENGA, Verónica Lisettee** “et al,” “Formulación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y yuca (*Manihot esculenta*)” [en línea] [Trabajo de titulación para optar al TÍTULO DE: INGENIERO DE ALIMENTOS], (Tesis) Universidad de el Salvador, Facultad de Ciencias, El Salvador, Salvador, 2018 p, 20 [Consulta: 25 Marzo 2021] Disponible en: <http://ri,ues,edu,sv/id/eprint/15440/>,

**BORJA MANCHENO, Hugo Josué** “et al,” Utilización de harina de *Ullucus tuberosus* en la elaboración de pan, *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)* [en línea], 2009, Ecuador pp, 5, Disponible en: [http://www,dspace,espol,edu,ec/bitstream/123456789/16093/1/Utilización de harina de Ullucus tuberosus en la elaboración de pan,pdf](http://www,dspace,espol,edu,ec/bitstream/123456789/16093/1/Utilización%20de%20harina%20de%20Ullucus%20tuberosus%20en%20la%20elaboración%20de%20pan,pdf),

**CARDONIA, Juan Sebastian**, Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa [en línea] [Trabajo de titulación para optar al título de: INGENIERO QUÍMICO], (Tesis) Fundación Universidad De América, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Química, Bogotá, Colombia, 2019, p, 30 [Consulta: 17 febrero 2021] <https://repository,uamerica,edu,co/bitstream/20,500,11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ,pdf>,

**CHARRO ESPINOZA, Mónica Margarita**, Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea] [Trabajo de titulación para optar al título de: INGENIERA QUÍMICA], (Tesis), Universidad Central de Quito, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Química, Quito, Ecuador, 2015, pp, 20-30 [Consulta: 06 Diciembre 2020] Disponible en: <http://www,dspace,uce,edu,ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97,pdf>,

**CHUIZA, Marco &, BRITO, Hannibal**, Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza, *ResearchGate* [en línea], 2020, Ecuador, 6 (2), pp, 981-984, [Consulta: 13 Diciembre 2020] DOI 10,23857/dc,v6i3,1261, Disponible en: <https://www,researchgate,net/publication/343005745%0AProducción>,

**CISNEROS-LÓPEZ, Erick Omar**, “et al,” Aerobic biodegradation of bioplastics under different environmental conditions, Annual Technical Conference, *ANTEC, Conference Proceedings, Society of Plastics Engineers*, [en línea], marzo 2019, Canadá, 1 (1) , pp 2-5 [Consulta: 09 febrero 2021] Disponible en: <https://www,mendeley,com/reference-manager/reader/8d96b012-de31-3bfc-87da-00e9c9f49e82/061da679-e29f-f963-0947-175a55f7ef4a>,

**MEAÑO C Ninoska**, “et al,” Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos, *Saber: Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente* [en línea], 2014, Venezuela 26 (2) pp, 182-188, [Consulta: 06 mazo 2021] ISSN 2343-6468, Disponible en: <http://www,scielo,org,ve/pdf/saber/v26n2/art11,pdf>,

**DA LUZ RODRIGUES, José Maria**, “et al,” Degradación del polietileno verde por *Pleurotus ostreatus*, *PLoS ONE* [en línea], , 2015, Singapur 10 (6) pp, 1-12 [Consulta: 09 febrero 2021] ISSN 19326203, DOI 10,1371/journal,pone,0126047, ISSN 19326203 Disponible en: [https://www,mendeley,com/catalogue/0e09f5f5-bd16-3890-a4436c13ca598ce4/?utm\\_source=desktop&utm\\_medium=1,19,8&utm\\_campaign=open\\_catalog&userDocumentId=%7Bdf3e8821-cb83-4e5e-b4f3-cf62c3aa62c3%7D](https://www,mendeley,com/catalogue/0e09f5f5-bd16-3890-a4436c13ca598ce4/?utm_source=desktop&utm_medium=1,19,8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Bdf3e8821-cb83-4e5e-b4f3-cf62c3aa62c3%7D)

**DAZA, Luis Daniel**, “et al,” Effects of temperature, starch concentration, and plasticizer

concentration on the physical properties of ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas)-based edible films, *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2018, Popayán, Colombia, 120 (1) pp, 1834-1845, [Consulta: 13 enero 2021] ISSN 18790003, DOI 10.1016/j.ijbiomac,2018,09,211, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac,2018,09,211>,

**ESPIN, Susana**, “et al.”, Caracterización Físico -Química, Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos, *Raíces y Tubérculos Andinos* [en línea], 2004, Ecuador 4(2) pp, 92-116, [Consulta: 06 diciembre 2020] Disponible en: [http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/RTAs\\_Ecuador\\_04.pdf](http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/RTAs_Ecuador_04.pdf),

**FOLINO, Adele**, “et al.”, Biodegradation of wasted bioplastics in natural and industrial environments: A review, *Sustainability* [en línea], 2020, Suiza 12 (15.) pp, 1-37, [Consulta: 10 febrero 2021] ISSN 20711050, DOI 10.3390/su12156030, Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343275108\\_Biodegradation\\_of\\_Wasted\\_Bioplastics\\_in\\_Natural\\_and\\_Industrial\\_Environments\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/343275108_Biodegradation_of_Wasted_Bioplastics_in_Natural_and_Industrial_Environments_A_Review),

**GONZÁLES GARCÍA, Juan Carlos**, “ Desarrollo de un polímero biodegradable a partir de almidón de semilla de ataco , *Amaranthus quitensis* L , ” [en línea] [Trabajo de titulación para optar el GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES ], (Tesis), S.I.: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Metalúrgica y Geológica, Unidad e Postgrado, Lima, Perú 2018 p, 13 [Consulta: 07 Diciembre 2020] Disponible en: [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12672/9535/Gonzales\\_gj.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12672/9535/Gonzales_gj.pdf?sequence=3&isAllowed=y),

**GUAMÁN BRAVO, Jenny Marcela**, Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial, [en línea] [Trabajo de titulación para optar al grado académico de: INGENIERA QUÍMICA], (Tesis), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador, 2019 p, 28 [Consulta: 08 Diciembre 2020] Disponible en: <http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

**HOPPER, D**, Bioplastics Facts and Figures, *The Lancet* [en línea], 2020, Vienna, Austria, 377 (10272), pp, 15-32, [Consulta: 10 diciembre 2020] ISSN 01406736, DOI 10.1016/S0140-6736(20)32365-0, Disponible en: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP\\_Facts\\_and\\_figures.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf),

NORMA INEN 1456, *Norma Técnica Ecuatoriana Reactivos Para Análisis , Almidón Soluble (PARA IODOMETRÍA), METODOS DE ENSAYO*,

**INNOTECH LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY**, *Revista anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, [en línea], 2014, Uruguay 1(4), pp, 112 [Consulta: 29 noviembre 2021], ISSN 1098-6596 Disponible en: <https://www.bing.com/search?q=%28Innotec+Laboratorio+Tecnológico+del+Uruguay+2009%29&form=ANNTH1&refid=b8f21aef2b40443d8407a64aeee6140c>

**IT, C, y AMERICA, N, 1980**, DICCIONARIO • Del Diccionario de Ciencias (6th Edition) [en línea], (2010) Inglaterra, pp, 805-843, [Consulta: 11 noviembre 2020] Disponible en: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show,v/rcid:kpDSE00001/cid:kt007XAQ42/viewerType:khtml/root\\_slug:dictionary-science-6th/url\\_slug:tuber?b-q=tuber&sort\\_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=last&b-sort-on=default&b-content-type=all\\_refe](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show,v/rcid:kpDSE00001/cid:kt007XAQ42/viewerType:khtml/root_slug:dictionary-science-6th/url_slug:tuber?b-q=tuber&sort_on=default&b-subscription=true&b-group-by=true&page=last&b-sort-on=default&b-content-type=all_refe),

**LÓPEZ-AGUIRRE, José Fernando**, “et al.”, Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba, *Revista, Polo del Conocimiento* [en línea], 2020, Ecuador 5 (12), pp, 725-742,[ Consulta: 31 enero 2021] ISSN ISSN: 2550, DOI 10.23857/pc.v5i12.2139, Disponible en: <https://www.google.com/search?q=Análisis+de+la+contaminación+ambiental+por+plásticos+en+la+ciudad+de+Riobamba+Analysis+of+environmental+pollution+by+plastics+in+the+city+>

of+Riobamba+Análise+da+poluição+ambiental+por+plásticos+na+cidade+de+Riobamba&rlz=1C1,

**MACÍAS ALVIA, Aida**, “et al.”, *Introducción Al Estudio De La Bioquímica*, [en línea] Alicante, España, Editioal Área de Innovación y Desarrollo,S,L, [ Consulta: 6 diciembre 2020] DOI: <http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI,2018,28>, ISBN 9788494930607, Disponible en: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/10/LIBRO-BIOQUIMICA.pdf>

**MARTÍ, Laura**, “et al.”, 2020, *Biodegradación y síntesis de plásticos mediante el uso de enzimas y microorganismos seleccionados*, [Blog], Valencia, España Aimplast, 27 abril 2020, [ Consulta: 15 marzo 2021], Disponible en: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/302273-Biodegradacion-sintesis-plasticos-mediante-uso-enzimas-microorganismos-seleccionados.html>,

**MORRISON, Robert Thornton & BOYD, Robert Neilson**, *Química orgánica* [en línea] Quinta Edición en español, México: Mcgraw-Hill/Interamericana De México, S, A, De C, V, 1996, New York: Allyn and Bacon, E,U,A, Copyright: © 987, 1983, 1973, 1966, 1959, [ Consulta: 17 de febrero 2021] ISBN 968 444 340 4, Disponible en: <https://mega.nz/file/YewBxITY#dXefklcv8n6C1nBx6XoFVMEcL71FrYgcx-3PyQXkWs>

**NARANJO, Edwin**, “et al.”, Caracterización eco-geográfica de Melloco ( *Ullucus tuberosus*,) en la región alto Andina del Ecuador, *Agrociencia* [en línea], 2018, Ecuador, 1(19) pp, 31-46, [Consulta: 06 noviembre 2020] ISSN 2477-8982 Disponible en: <https://186,46,160,238/index.php/latecnica/article/view/953>,

**PACHECO, M, Teresa**, “et al.”, Determinación por HPLC-DAD-ESI/MSn de compuestos fenólicos en tubérculos andinos cultivados en Ecuador, *Journal of Food Composition and Analysis* [en línea], Abril 2019, Madrid, España 84(1), pp, 1-4, ISSN 08891575, DOI 10.1016/j.jfca,2019,103258, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfca,2019,103258>,

**PAREDES AGUALSACA, Brayan Javier**, *Utilización del melloco (ullucus tuberosus) como ingrediente principal en la elaboración de postres* [en línea],[ Trabajo de Titulación para la obtención del Título de: LICENCIADO EN GESTIÓN GASTRONÓMICA) ( Tesis) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salu Pública, Escuela de Gastronomía, Riobamba Ecuador, 2015, p, 16, [ Consulta: 07 diciembre 2020] Disponible en: <http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/11350/1/84T00506.pdf>,

**PARRA PÉREZ, Joselyne Brigitte**, “Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo”, [en línea],[ Trabajo de Titulación para optar el Título de: INGENIERA QUÍMICA) (Tesis) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería Química, Riobamba Ecuador, 2019, pp, 12-26 [ Consulta: 07 diciembre 2020], Disponible en: <http://dspace.espoche.edu.ec/handle/123456789/13808>

**QUIÑONEZ GARCIA, Alma Verónica**, “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz”, *International Journal of Modern Physics*, [en línea],2015, El Salvador, 25 (26), pp, 13-16, [ Consulta: 05 diciembre 2020], ISSN 02179792, DOI 10.1142/S0217979211101259, Disponible en: <http://www.redicces.org/sv/jspui/handle/10972/2436>

**ROSALES, Abigail de los Angeles**, Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga ( *Colocasia esculenta* ), por el método de polimerización por condensación, [en línea] [Monografía para Optar al Título de LICENCIADA EN QUÍMICA INDUSTRIAL] (Monografía) Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Departamento de Química, Managua, Nicaragua, 2016, pp, 8-12 [Consulta: 09 diciembre 2020] Disponible en: <https://repositorio,unan.edu,ni/2687/>

**STA, Lucas J**, Biopolymer, *Encyclopedia of Astrobiology* [en línea], 2014, Springer Berlin



Heidelberg, Alemania 188 (4) p, 12, [Consulta: 14 febrero 2021] ISBN 978-3-642-27833-4, DOI 10,1007/978-3-642-27833-4 Disponible en: [https://link.springer.com/referenceworkentry/10,1007/978-3-642-27833-4\\_188-4](https://link.springer.com/referenceworkentry/10,1007/978-3-642-27833-4_188-4)

**SUQUILANDA VALDIVIEZO, Manuel B**, Producción orgánica de cultivos andinos, *Ministerio de Agricultura, Ganadería; Acuicultura y Pesca UNOCANC* [en línea], 2009, Ecuador 126(1), p 36 [Consulta: 07 diciembre 2020], Disponible en: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf)  
[http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user\\_upload/mountain\\_partnership/docs/1\\_produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf),

**TORRES PÉREZ, Ana Valeria**, El estudio de métodos de extracción de almidón de melloco (*Ullucus tuberosus*), [en línea], [Proyecto Final para Optar al Título de INGENIERA EN ALIMENTOS] (Proyecto), Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería de alimentos, Ambato, Ecuador, 2006 p 2, [Consulta: 07 noviembre 2020] Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3356/1/P91\\_Ref,2980.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3356/1/P91_Ref,2980.pdf),

**VALCÁRCEL-YAMANI, Beatriz**, “et al,”, Caracterización física, química y funcional de almidones de tubérculos andinos: Oca (*Oxalis tuberosa molina*), olluco (*Ullucus tuberosus caldas*) y mashua (*Tropaeolum tuberosum ruiz & pavón*), *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* vol [en línea], julio, 2013, Brazil, 49(3) pp, 453-464 [Consulta: 13 noviembre 2020] ISSN 19848250, DOI: 10,1590/S1984-82502013000300007 Disponible en: [https://www.mendeley.com/catalogue/4f6efa15-0369-32c5-aa49-e765c911f115/?utm\\_source=desktop&utm\\_medium=1,19,8&utm\\_campaign=open\\_catalog&userDocumentId=%7Be97381e1-1bd0-4c6e-b637-52b7fa5c33b2%7D](https://www.mendeley.com/catalogue/4f6efa15-0369-32c5-aa49-e765c911f115/?utm_source=desktop&utm_medium=1,19,8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7Be97381e1-1bd0-4c6e-b637-52b7fa5c33b2%7D)


**VIMOS, Carlos N**, “et al,”, El Melloco - Características , técnicas de cultivo y potencial en Ecuador, *Intituto Nacional Autonomo de Investigacion Agropecuarias – INIAP*, [en línea], 1993, Ecuador, 60(29) pp, 3-8, S,N [Consulta: 07 noviembre 2020] Name:96951.pdf Disponible en: <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/10481>

**WOLFE, Drew H**, *Química General Organica* [en línea], Segunda Edición, México: Mcgraw-Hill/Interamericana De México, S, A, De C, V, 1996, ISBN ISBN 0-07-071415-0 1234567890, [Consulta: 17 enero 2020] Disponible en: [https://kupdf.net/queue/quimica-general-organica-y-biologica-2a-wolfe-\\_5a98759de2b6f5976ffe556a\\_pdf?queue\\_id=-1&x=1613493236&z=MjgwMDozNzA6MTM](https://kupdf.net/queue/quimica-general-organica-y-biologica-2a-wolfe-_5a98759de2b6f5976ffe556a_pdf?queue_id=-1&x=1613493236&z=MjgwMDozNzA6MTM)

**YUNGÁN PINDA, Álvaro I**, Efecto del metodo de extraccion del almidon de mashua (*Tropaeolum tuberosum Ruiz& Pav.*) en las características fisicoquímicas y reológicas, [en línea] [Trabajo de titulación para optar al grado académico de: INGENIERO EN ALIMENTOS] (Tesis), Universidad Técnica De Ambato, Facultad De Ciencia E Ingeniería En Alimentos, Carrera De Ingeniería En Alimentos, Ambato, Ecuador, 2015 pp, 2-15 [Consulta: 13 Diciembre 2020] Disponible en: <http://dspace.espoche.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>


ANEXOS

ANEXO A: Porcentaje de amilosa del almidón de melloco,



**INiAP**

**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
 Paramericana Sur Km. 1, Cutigüera T16, 2590691-3007134. Fax 3007134.  
 Casilla postal 17-01-340



**SAIA/INICIESC**

**INFORME DE ENSAYO No: 21-018**


**NOMBRE PETICIONARIO:** Sr. Raul Urgilés  
 Riobamba  
**FECHA DE EMISION:** 1 de febrero de 2021  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 14 al 29 de enero de 2021



**INSTITUCION:** Particular  
**ATENCION:** Sr. Raul Urgilés  
**FECHA DE RECEPCION:** 14/01/2021  
**HORA DE RECEPCION:** 15H55  
**ANALISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANALISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>1</sup>	IDENTIFICACION
METODO MO-LSAIA-01.01		MO-LSAIA-04	
METODO REF. U. FLORIDA 1970			
UNIDAD %			
21-0026	8.72	21.74	Almidón de melloco laminado

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

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Ivan Samaniego**  
**RESPONSABLE TECNICO**

  
  
**Ing. Bradmit-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 muestra y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este informe electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le solicita que cualquier copia o distribución de este sin el consentimiento totalmente preterrito. Si usted ha recibido esta información por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Publicado el 14/01/2021

**ANEXO B: Propiedades de tracción del tratamiento M1A**

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Raúl Gerardo Urgilés Cauja
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MELLOCO (Ullucus Tuberosus) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPOLÍMERO - ALMIDÓN DE MELLOCO
MATERIAL:	LÁMINA DE BIOPOLÍMERO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	12-mar-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-I-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M1A
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.09
ANCHURA [mm]	8.63
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.78
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	8.821.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.16
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.49
CARGA MAXIMA [N]	1.97
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.54
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	39.62
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



**LenMaV**  
LABORATORIO  
ENSAYO DE MATERIALES  
Riobamba - Ecuador

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

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

1/1

**ANEXO C: Propiedades de tracción del tratamiento MIB**

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Raúl Gerardo Urgilés Cauja
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MELLOCO (Ullucus Tuberosus) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPOLÍMERO - ALMIDÓN DE MELLOCO
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPOLÍMERO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	12-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-E-201630006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	MIB
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.08
ANCHURA [mm]	8.55
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.68
MÓDULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.379.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.19
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.20
CARGA MÁXIMA [N]	2.83
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	4.13
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	17.50
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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


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

1/1

ANEXO D: Propiedades de tracción del tratamiento M2A

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Raúl Gerardo Urgilés Cauja
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MELLOCO ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPOLÍMERO - ALMIDÓN DE MELLOCO
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPOLÍMERO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	12-mar-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201630006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M2A
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.15
ANCHURA [mm]	9.22
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	1.38
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.442.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.77
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.00
CARGA MAXIMA [N]	3.83
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.77
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	25.75
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1


**ANEXO E: Propiedades de tracción del tratamiento M2B**



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Raúl Gerardo Urgilés Cauja
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE UN BIOPOLIMERO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE MELLOCO ( <i>Ullucus Tuberosus</i> ) PARA EL USO COMO EMBALAJE PARA ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPOLIMERO - ALMIDÓN DE MELLOCO
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPOLIMERO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	12-mar-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M2B
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	9.40
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	1.22
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.035.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.96
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.60
CARGA MAXIMA [N]	3.09
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.53
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	17.50
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

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

1/1

ANEXO F:



a)



b)



c)



d)



e)

<b>NOTAS:</b> a) Lavado y selección de la materia prima b) Pesaje de la materia prima c) Decantación d) Separación e) Secado	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	<b>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA                  HÚMEDA</b>		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/10/16

**ANEXO G:**



a)



b)



c)



d)

NOTAS:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	MOLIDO Y TAMIZADO DEL ALMIDÓN DE MELLOCO		
				LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Almidón Seco		<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	2	1:1	2021/10/16
b) Molido		<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar				
c) Tamizado		<input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar				
d) Producto almidón tamizado						



## ANEXO H



a)



b)



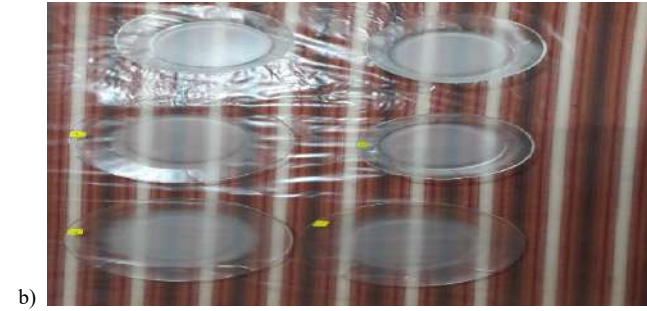
c)



d)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS DEL ALMIDÓN DE MELLOCO,		
e) Prueba de pH del almidón f) Gelatinización del almidón g) Pruebas de solubilidad del almidón h) Prueba de viscosidad del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
					2

## ANEXO I

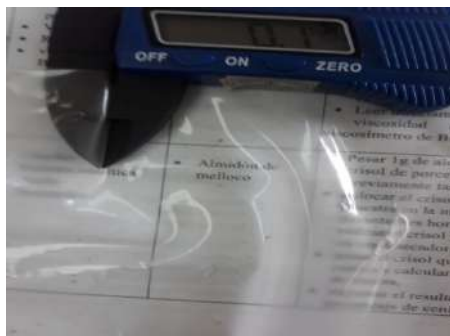


<b>NOTAS:</b> a) Obtención del polímero líquido b) Moldeo del biopolímero c) Secado d) Desmolde 4 muestras a ensayar	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	<b>ENSAYOS PRELIMINARES EN LA                  OBTENCIÓN DEL BIOPOLÍMERO</b>				
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">2021/10/16</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	2
LÁMINA	ESCALA	FECHA					
2	1:1	2021/10/16					

## ANEXO J



a)



b)



c)



d)



e)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIONES FÍSICO QUÍMICAS DEL BIOPOLÍMERO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Pruebas de Humedad b) Mediciones de espesor c) Permeabilidad d) Toma de pesos humedad recibida cada hora e) Solubilidad	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	1	1:1	2021/10/16

### ANEXO K



a)



b)



c)



d)



e)



f)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>  ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	<b>ENSAYO DE SECADO A LAS DOS TEMPERATURAS</b>		
a) Resultado físico secado a alta temperatura b) Resultado tratamientos T1B secado a 50C c) Moldeado de los tratamientos d) Secado a temperatura ambiente e) Desmoldado de los biopolímeros T1A f) Desmoldado de los biopolímeros T1B	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			1	1:1	2021/10/16

**ANEXO L**



a) 1



b) 1



c) 1



a) 2



b) 2



c) 2



a) 3



b) 3



c) 3



a) 4



b) 4



c) 4

**NOTAS:**

- a) Biodegradabilidad en agua
  - b) Biodegradabilidad en el suelo
  - c) Biodegradabilidad en el ambiente
- Se Indica el número de semanas en curso

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
QUÍMICA**

ELABORADO POR:  
Raúl Gerardo Urgilés Cauja

**PRUEBAS DE BIODEGRADABILIDAD DE  
LAS BIOPOLIMEROS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2021/10/16

## ANEXO M



a)



b)



c)



d)



e)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</b>	<b>Pruebas mecánicas de los tratamientos</b>		
a) Probetas tratamientos obtenidos	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	ELABORADO POR: Raúl Gerardo Urgilés Cauja	<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
b) Tratamiento M2A	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		1	1:1	2021/10/16
c) Maquina universal para pruebas de tracción	<input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar				
d) Medición de tracción del tratamiento M1B					
e) Medición de tracción del tratamiento M2A					



**RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE  
ALMIDÓN**

<b>NOMBRE:</b> Urgilés Cauja Raúl Gerardo
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de Melloco
<b>FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA:</b> 2021-04-01
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b> 2021-25-02

**Examen Físico**

<b>COLOR:</b> Blanco,
<b>OLOR:</b> Inoloro,
<b>ASPECTO:</b> Polvo,

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO**

<b>Almidón de Melloco</b>			
<b>Determinaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>*Valores de referencia</b>	<b>Resultados</b>
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales ( <i>Escherichia coli</i> )	UFC/g	-	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	4000

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO),

Atentamente



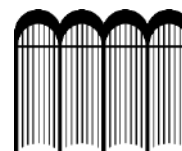
Dra. Gina Alvarez R.,

RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO,

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



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE

**DBRA**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

**Fecha de entrega:** 25 / 05 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> RAÚL GERARDO URGILÉS CAUJA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> CIENCIAS
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA QUÍMICA
<b>Título a optar:</b> INGENIERO QUÍMICO
<b>f, Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo, Holger Ramos, MSc,



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1067-DBRA-UPT-2021