



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA
AMARILLA (*Manihot esculenta*) Y ACEITE ESENCIAL DE
HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*) PARA EMBALAJE DE
ALIMENTOS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: DANIELA MERCEDES QUINTANA REMACHE

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Daniela Mercedes Quintana Remache

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

Yo, Daniela Mercedes Quintana Remache, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 08 de septiembre de 2021



Daniela Mercedes Quintana Remache

060476429-0

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación Tipo: Proyecto de Investigación, “**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS**”, realizado por la señorita **DANIELA MERCEDES QUINTANA REMACHE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 -----	2021-09-08
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 -----	2021-09-08
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 -----	2021-09-08

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mis padres Jorge Quintana y Yolanda Remache, porque han estado siempre a mi lado con cada paso que he dado, por su amor infinito, sus consejos, por inculcarme los buenos valores morales y espirituales.

A mis abuelitos María Vallejo, Manuela Remache, Etelvina Echeverria y Ángel Quintana que siempre me han dado su bendición para seguir adelante. A mis hermanos Jorge y Santiago quienes a pesar de nuestras diferencias he tratado de ser un ejemplo para ellos. A Jessica mi amiga, mi hermana que ha estado conmigo desde muy corta edad. A Stalin que ha estado más cerca de mí en los últimos semestres de estudio apoyándome y viviendo momentos que se quedaran grabados para toda la vida.

Daniela

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios que con su amor me permite tener una familia espectacular, que me ha dado grandes amigos que de una u otra manera me han ayudado y por brindarme la salud que he salido adelante a pesar de las adversidades.

A mis docentes que me han impartido los conocimientos y ante todo la ética profesional a lo largo de mis estudios. A la Ing. Linda Flores, Ing. Darío Guamán; que han sido parte fundamental para este proyecto.

Gracias a mis compañeros quienes me han acompañado durante mi carrera universitaria.

Daniela

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1. Identificación del Problema	3
1.2. Justificación del Problema	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Antecedentes de la Investigación	5
1.4.1. Tubérculos	6
1.4.1.1. Yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>).....	6
1.4.1.2. Características de la yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>)	7
1.4.1.3. Taxonomía y morfología.....	7
1.4.1.4. Requerimientos Edafoclimático.....	9
1.4.2. Plantas Aromáticas	10
1.4.2.1. Hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	10
1.4.2.3. Características Botánicas	10
1.4.2.4. Taxonomía	11
1.4.2.5. Condiciones de Crecimiento y cultivo.....	11
1.4.2.6. Propiedades y aplicación	11
1.4.2.7. Principios Activos	11
1.4.3. Aceites esenciales	11
1.4.3.1. Aceite esencial de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	12
1.4.3.2. Extracción por arrastre de vapor	12
1.4.3.3. Actividad antibacteriana	13
1.4.4. Almidón	14

1.4.4.1.	<i>Almidón de yuca amarilla</i>	14
1.4.4.2.	<i>Amilosa</i>	14
1.4.4.3.	<i>Amilopectina</i>	14
1.4.5.	Plástico	15
1.4.6.	Biopolímero	15
1.4.7.	Bioplástico	16
1.4.7.1.	<i>Características</i>	16
1.4.7.2.	<i>Usos</i>	17
1.4.8.	Películas biodegradables	17
1.4.8.1.	<i>Biodegradabilidad</i>	17
1.4.9.	Biopelículas de almidón	18
1.4.10.	Plastificante	18
1.4.11.	<i>Agua destilada</i>	19
1.4.12.	<i>Ácido acético</i>	19

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	20
2.1.	Planteamiento de las Hipótesis	20
2.1.1.	<i>Hipótesis General</i>	20
2.1.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	20
2.2.	Identificación de Variables	20
2.2.1.	<i>Variable Dependiente</i>	20
2.2.2.	<i>Variable Independiente</i>	20
2.3.	Operacionalización de Variables	21
2.4.	Matriz de Consistencia	23
2.5.	Tipo y Diseño de la Investigación	25
2.5.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	25
2.5.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	26
2.6.	Unidad de Análisis	26
2.7.	Población de Estudio	26
2.8.	Tamaño de Muestra	26
2.9.	Selección de muestra	26
2.10.	Técnicas de Recolección de Datos	27
2.10.1.	<i>Técnica de extracción del almidón de yuca amarilla</i>	27
2.10.1.1.	<i>Técnica para la caracterización del almidón de la yuca amarilla</i>	29

2.10.2.	<i>Técnica de extracción del aceite esencial de la hierba luisa</i>	34
2.10.2.1.	<i>Técnica para la caracterización del aceite esencial de la hierba luisa</i>	36
2.10.3.	<i>Obtención del Bioplástico</i>	39

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	45
3.1.	Datos de los análisis físicos a la materia prima	45
3.1.1.	<i>Rendimientos obtenidos del almidón de la yuca amarilla</i>	45
3.1.2.	<i>Análisis de varianza del almidón obtenido de yuca amarilla</i>	48
3.1.2.1.	<i>Prueba de Tukey para los tratamientos de extracción de almidón</i>	49
3.1.3.	<i>Ensayos Fisicoquímicos para el almidón de yuca amarilla</i>	51
3.1.3.1.	<i>Contenido de amilosa y amilopectina del almidón de yuca amarilla</i>	51
3.1.3.2.	<i>Distribución del tamaño de gránulo</i>	52
3.1.3.3.	<i>Determinación de pH</i>	52
3.1.3.4.	<i>Contenido de humedad</i>	53
3.1.3.5.	<i>Contenido de Cenizas</i>	54
3.1.3.6.	<i>Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y P. Hinchamiento</i>	55
3.1.3.7.	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	56
3.1.3.8.	<i>Viscosidad Brookfield</i>	57
3.1.3.9.	<i>Análisis Microbiológicos</i>	58
3.2.	Análisis físico del aceite esencial de hierba luisa como aditivo	58
3.2.1.	<i>Rendimiento del aceite esencial de la hierba luisa</i>	59
3.2.2.	<i>Análisis de IR, del aceite esencial de hierba luisa</i>	59
3.2.3.	<i>Índice de Refracción del aceite de hierba luisa</i>	60
3.2.4.	<i>pH del aceite de hierba luisa</i>	60
3.2.5.	<i>Densidad del aceite de hierba luisa</i>	60
3.3.	Elaboración de las bioplelículas a partir de almidón de yuca amarilla	61
3.4.	Métodos de ensayo para validación de las biopelículas a partir de almidón de yuca amarilla	63
3.4.1.	<i>Humedad</i>	63
3.4.2.	<i>Solubilidad</i>	64
3.4.2.1.	<i>Cálculos para la solubilidad</i>	64
3.4.3.	<i>Espesor</i>	65
3.4.4.	<i>Permeabilidad</i>	66

3.4.4.1.	Cálculos para la tasa de transmisión de vapor (WVTR)	66
3.4.4.2.	<i>Cálculos para la transmisión de vapor de agua (WVP)</i>	67
3.4.5.	Ensayo de tracción	69
3.4.6.	Biodegradabilidad	70
3.4.6.1.	<i>Biodegradabilidad en el agua</i>	70
3.4.6.2.	<i>Biodegradabilidad anaerobia</i>	71
3.4.6.3.	<i>Biodegradabilidad en el aire</i>	73
3.4.7.	Análisis Microbiológicos del Bioplástico	74
3.5.	Discusión de Hipótesis	75
3.5.1.	<i>Hipótesis 1</i>	75
3.5.2.	<i>Hipótesis 2</i>	75
3.5.3.	<i>Hipótesis 3</i>	75
3.5.4.	<i>Hipótesis 4</i>	76
3.5.5.	<i>Hipótesis 5</i>	76
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía de la Yuca Amarilla.....	7
Tabla 2-1:	Valor Nutricional de la Yuca Amarilla.....	8
Tabla 3-1:	Requerimientos Edafoclimáticos de la Yuca Amarilla.....	9
Tabla 4-1:	Taxonomía de la Hierba Luisa	11
Tabla 5-1:	Descripción de los elementos del equipo de extracción de aceites esenciales	13
Tabla 1-2:	Operacionalización de Variables	21
Tabla 2-2:	Matriz de Consistencia	23
Tabla 3-2:	Técnica de extracción de almidón de yuca amarilla.....	28
Tabla 4-2:	Métodos de ensayos fisicoquímicos para el almidón de yuca amarilla	29
Tabla 5-2:	Técnica del aceite esencial de hierba luisa	35
Tabla 6-2:	Métodos de ensayos fisicoquímicos para el aceite esencial de hierba luisa.....	36
Tabla 7-2:	Diseño factorial 2^k , para la obtención de bioplástico a partir de almidón de yuca amarilla con aceite esencial de hierba luisa como aditivo.	39
Tabla 8-2:	Técnicas para la obtención de bioplástico	40
Tabla 9-2:	Técnicas para la caracterización del bioplástico.....	41
Tabla 1-3:	Datos de los análisis físicos de la yuca amarilla.....	45
Tabla 2-3:	Resultados del rendimiento de almidón de la yuca amarilla	47
Tabla 3-3:	Análisis de Varianza del rendimiento del almidón de yuca amarilla	48
Tabla 4-3:	HSD para el almidón de yuca amarilla.....	50
Tabla 5-3:	Prueba de tukey para los rendimientos de almidón de yuca amarilla.....	50
Tabla 6-3:	Comparaciones en parejas de Tukey	50
Tabla 7-3:	Resultados de análisis de amilosa y amilopectina de la yuca amarilla.....	51
Tabla 8-3:	Resultados de distribución del tamaño de gránulo	52
Tabla 9-3:	Resultados de pH.....	53
Tabla 10-3:	Datos para los cálculos de Humedad.....	53
Tabla 11-3:	Resultados para Humedad	54
Tabla 12-3:	Resultados de los residuos por calcinación	54
Tabla 13-3:	Datos para los cálculos de ISA, IAA y Poder de Hinchamiento	55
Tabla 14-3:	Resultados para el índice de absorción de agua	55
Tabla 15-3:	Resultados para el índice de solubilidad en agua	56
Tabla 16-3:	Resultados del Poder de Hinchamiento.....	56
Tabla 17-3:	Resultados de la temperatura de gelatinización.....	57
Tabla 18-3:	Resultados de Viscosidad Brookfield.....	57
Tabla 19-3:	Resultados de los análisis Microbiológicos.....	58
Tabla 20-3:	Resultados del análisis sensorial del aceite esencial.....	58

Tabla 21-3:	Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de yuca amarilla.....	61
Tabla 22-3:	Análisis sensorial de las biopelículas obtenidas a partir del almidón de yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa	62
Tabla 23-3:	Resultados de la humedad	63
Tabla 24-3:	Resultados para Solubilidad	64
Tabla 25-3:	Resultados del espesor de las biopelículas	65
Tabla 26-3:	Datos para calcular la permeabilidad de las biopelículas	66
Tabla 27-3:	Resultados de la tasa de transmisión de vapor	67
Tabla 28-3:	Resultados de la transmisión de vapor de agua	68
Tabla 29-3:	Resultados de los ensayos de tracción.....	69
Tabla 30-3:	Resultados de biodegradabilidad en el agua.....	70
Tabla 31-3:	Resultados biodegradabilidad en agua por pérdida de área.....	70
Tabla 32-3:	Resultados de biodegradabilidad en tierra.....	71
Tabla 33-3:	Resultados biodegradabilidad anaerobia por pérdida de área.....	72
Tabla 34-3:	Resultados de biodegradabilidad en el aire perdida de área	73
Tabla 35-3:	Resultados biodegradabilidad en el aire por pérdida de área	73
Tabla 36-3:	Resultados de los análisis microbiológicos del Bioplástico	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>)	7
Figura 2-1.	Hierba Luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>)	10
Figura 3-1.	Esquema del equipo de extracción por arrastre de vapor	13
Figura 4-1.	Plásticos tradicionales vs. Bioplásticos	16
Figura 5-1.	Ciclo de vida de un bioplástico	17
Figura 1-2.	Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda	29
Figura 2-2.	Diagrama de flujo de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor	36
Figura 3-2.	Diagrama de flujo de extracción de la obtención de bioplástico	41
Figura 1-3.	Análisis de varianza rendimiento del almidón vs. velocidad	49
Figura 2-3.	Análisis de varianza rendimiento del almidón vs. tiempo	49
Figura 3-3.	Diferencias de las medidas de la variable respuesta	51
Figura 4-3.	IR de Aceite de hierba Luisa	60

ÍNDICE DE ECUADIONES

Ecuación 1-2:	Distribución según el tamaño del granulo del almidón	29
Ecuación 2-2:	Gran total de la distribución del granulo de almidón.....	30
Ecuación 3-2:	Calculo para la humedad	31
Ecuación 4-2:	Porcentaje de materia seca.....	31
Ecuación 5-2:	Porcentaje de cenizas	32
Ecuación 6-2:	Índice de absorción de agua (IAA)	33
Ecuación 7-2:	Índice de solubilidad en agua (ISA)	33
Ecuación 8-2:	Índice de hinchamiento (PH)	33
Ecuación 9-2:	Cálculo de la densidad	37
Ecuación 10-2:	Calculo de la humedad para las biopelículas	41
Ecuación 11-2:	Calculo del porcentaje de solubilidad en agua de las biopelículas	42
Ecuación 12-2:	Tasa de transmisión de vapor.....	43
Ecuación 13-2:	Transmisión de vapor de agua	43
Ecuación 1-3:	Porcentaje de Rendimiento para almidón de Yuca Amarilla.....	45
Ecuación 2-3:	Diferencia Honesta significativa.....	50
Ecuación 3-3:	Calculo del rendimiento del aceite esencial.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA
- ANEXO C:** OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA
- ANEXO E:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO
- ANEXO G:** APLICACIÓN DEL BIOPLÁSTICO OBTENIDO
- ANEXO H:** RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN
- ANEXO I:** RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN
- ANEXO J:** PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN DE BIOPLÁSTICO
- ANEXO K:** RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL BIOPLÁSTICO

RESUMEN

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo elaborar un bioplástico a partir de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para embalaje de alimentos. Se realizó la extracción del almidón por el método de vía húmeda, aplicando el método estadístico 2k, utilizando dos variables: velocidad (baja y alta) y tiempo (30 y 60 segundos) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones de cada uno; obteniendo un rendimiento de 22,09% como mejor promedio -este fue bajo por la metodología tomada-. Se extrajo el aceite esencial de hierba luisa obteniendo un rendimiento del 0,4%, que actúa como agente antimicrobiano. Posteriormente se ejecutó la caracterización fisicoquímica y microbiológica para el almidón y el aceite esencial. Se ensayaron cuatro formulaciones P1, P2, P3 y P4 variando las cantidades de almidón y glicerina como plastificante y manteniendo constante el agua destilada, el ácido acético (CH₃COOH) y el aditivo. Para la formulación de la biopelícula fue: el tratamiento P3 que consta de 3,3gr de almidón, 0,9ml de glicerina, 40ml de agua destilada, 3ml de CH₃COOH y 1 gota de aceite esencial, dejándolo reposar en un molde a temperatura ambiente alrededor de 48 horas. la caracterización del bioplástico tuvo como resultados: humedad 0,97%, solubilidad 1,04%, ensayos de tracción con 29,68% de elongación, biodegradabilidad en agua con un 36,88% de degradación en los 28 días, biodegradabilidad en tierra un 48,25% en 28 días, biodegradabilidad en aire un 17,63% en 28 días y análisis microbiológicos dando como resultados un 0%, estos resultados indican que si cumple con los requisitos para envolturas alimenticias biodegradables. Según la FAO es necesario obtener todo el almidón de la pulpa para tener un mayor rendimiento.

Palabras clave: <YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*)>; <HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*)>; <PLASTIFICANTE>; <ALMIDÓN>; <BIOPLÁSTICO>; <ACEITE ESENCIAL>; <ENVOLTURA BIODEGRADABLE>; <BIODEGRADABILIDAD>.



1602-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

This investigation work had the objective of elaborating a bioplastic from the yellow cassava (*Manihot esculenta*) and lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil for food packaging. The starch extraction was carried out by the wet method, applying the 2k statistical method, using two variables: speed (low and high) and time (30 and 60 seconds) with four treatments and four replications of each one; obtaining a yield of 22.09% as the best average -this was low due to the methodology used. The essential oil of lemongrass was extracted obtaining a yield of 0.4%, which acts as an antimicrobial agent. Subsequently, the physicochemical and microbiological characterization was carried out for the starch and essential oil. Four formulations P1, P2, P3 and P4 were tested varying the amounts of starch and glycerin as plasticizer and maintaining constant distilled water, acetic acid (CH₃COOH) and additive. The formulation of the biofilm was made up of: P3 treatment consisting of 3.3gr. starch, 0.9ml glycerin, 40ml distilled water, 3ml CH₃COOH and 1 drop of essential oil, letting it rest in a mold at room temperature for about 48 hours. The bioplastic characterization results were moisture 0.97%, solubility 1.04%, tensile tests with 29.68% elongation, biodegradability in water with 36.88% degradation in 28 days, biodegradability in soil 48.25% in 28 days, biodegradability in air 17.63% in 28 days and microbiological analyses resulting in 0%; these results indicate that it meets the requirements for biodegradable food wrappers. According to the FAO, it is necessary to obtain all the starch from the pulp to have a higher yield.

Key words: <YELLOW CASSAVA (*Manihot esculenta*)>; <LEMONGRASS (*Cymbopogon citratus*)>; < PLASTIFIER>; <STARCH>; <BIOPLASTIC>; <ESSENTIAL OIL>; <BIODEGRADABLE WRAP>; <BIODEGRADABILITY>

INTRODUCCIÓN

Los plásticos que comúnmente usados son sintetizados por la humanidad y muchos de ellos proceden directamente del petróleo, se emplean en todo tipo de industrias lo cual hace que sean un material indispensable para la producción, además son utilizados en la conservación de productos que en su mayoría son alimentos y bebidas. Cabe recalcar que estos plásticos no son biodegradables afectando así al medio ambiente y produciendo daños en la salud de los seres vivos; como es en el caso de los animales que pueden llegar a la muerte debido a que al ser ingeridos los micro plásticos causan efectos dañinos en su interior. En los humanos la acumulación de grandes cantidades de basura conlleva a la aparición de enfermedades provocadas por virus y bacterias. Estos problemas podrían ser contrarrestados si estos plásticos son elaborados de materiales orgánicos para disminuir la contaminación ambiental.

En la actualidad existe una gran variedad de estudios sobre los plásticos biodegradables elaborados a base de un alto porcentaje de almidón en ciertos alimentos obteniendo así una reducción de costos en la producción. Con los avances tecnológicos se ha logrado investigaciones acerca de los materiales biodegradables, destacando principalmente entre sus beneficios el tiempo corto de desintegración siendo amigable para el medio ambiente. Los alimentos más usados para la extracción de almidón son los cereales como el maíz, trigo, tipos de arroz; tubérculos como patatas y yuca; con los cuales existen biopelículas ya aplicadas en el mercado.

En esta investigación se emplea como materia prima a un tipo de yuca poco común que es la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y un aditivo antimicrobiano que es el aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), esta mezcla tiene el propósito de comprobar la efectividad del almidón y del aceite esencial en la elaboración de una biopelícula para embalaje de alimentos teniendo un porcentaje mínimo de contaminación por las propiedades que poseen. El rendimiento del almidón de la yuca fue de 22,08%, para ello se utilizó el método por vía húmeda donde se licua con 2 diferentes tiempos (bajo y alto) para liberar los gránulos de almidón, después se realiza el proceso de filtrado, sedimentado por 12 horas, decantado y secado al ambiente por ± 45 horas aproximadamente removiéndolo constantemente, se finaliza con el triturado y tamizado. Para la extracción del aceite esencial se aplicó el método por arrastre de vapor en un equipo semiindustrial, utilizando la hierba luisa madura. Obteniendo ya el almidón y aceite necesario se procede a la caracterización físico-químico de los mismos.

Para la elaboración del bioplástico se utilizó como ingredientes el almidón, glicerina, aceite esencial, agua destilada y ácido acético; en el transcurso de este proceso se tuvo diferentes temperaturas para su homogenización hasta que esta mezcla llegue a la temperatura de gelatinización e inmediatamente se lleva al proceso de moldeo utilizando recipientes de vidrio y dejándolo secar a temperatura ambiente por ± 48 horas aproximadamente. Además, se validó el

proceso mediante métodos de ensayo: humedad, espesor, solubilidad en agua, permeabilidad, al vapor de agua, ensayos de tracción y biodegradabilidad (agua, tierra y aire).

Tanto para la obtención del almidón como para los ensayos experimentales de la elaboración del bioplástico se aplicó el diseño experimental 2k por lo que fue de gran ayuda en el cálculo del rendimiento de la extracción del almidón y también para la validación de la mejor biopelícula mediante las propiedades presentadas. De los resultados obtenidos en cuanto a la biodegradabilidad se tuvo bioplásticos degradables en agua y tierra en un tiempo mínimo y en aire tardándose un poco más, pero sin afectar al medio ambiente cumpliendo el objetivo de esta investigación.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del Problema

El aumento generalizado en el consumo desmedido de los plásticos de origen petroquímico acompañado de problemas agravantes con el medio ambiente. La gran mayoría de los residuos plásticos no son biodegradables permaneciendo así en la naturaleza durante periodos muy prolongados de 100 a 1000 años. Agregado a esta serie de problemas la incineración de los desechos plásticos son muy contaminantes puesto que libera importantes cantidades de dióxido de carbono y otros gases tóxicos nocivos para el medio ambiente y los seres humanos.

En este contexto la utilización de productos biodegradables es un tema que ha ido tomando fuerza en las últimas décadas. Ya que, si comparamos el tiempo de degradación que tiene el plástico, con el del bioplástico, podemos deducir fácilmente como disminuiría el nivel de contaminación en el medio ambiente gran porcentaje causado por el uso desmedido de plásticos convencionales de origen petroquímico. Por tal motivo se ha tenido la necesidad de buscar materias primas que tengan propiedades y características similares a los plásticos tradicionales, pero a su vez que sean biodegradables, es así que dentro de este contexto los biopolímeros son una de las alternativas más viables en lo que respecta a funcionalidad y propiedades semejantes a los plásticos derivados del petróleo. Sin embargo, hasta ahora no se han realizado muchos estudios sobre la fabricación de bioplásticos a partir de macromoléculas de origen natural, debido a la existencia de muchos obstáculos por superar.

Los bioplásticos son compuestos que tienen un alto peso molecular ya que son elaborados a partir de fuentes naturales como son a partir de cultivos de poliésteres microbianos, de almidón, celulosa, entre otros. El almidón de muchos productos naturales ha sido una de las principales materias primas consideradas para tal fin, debido a su biodegradabilidad.

Los efectos que tiene los aceites esenciales en los bioplásticos es que se usan como conservantes naturales y también actúa como antibacterial.

1.2. Justificación del Problema

El proceso de descomposición de cualquier producto biodegradable es fundamental para el ecosistema. La sustitución de los plásticos sintéticos por plásticos biodegradables es una vía por la cual el efecto contaminante de aquellos, se verá disminuido en el medio ambiente. Los desechos de plásticos biodegradables pueden ser tratados como desechos orgánicos y luego eliminados en los depósitos sanitarios, donde su degradación se realice en cortos periodos de

tiempo. En busca de una solución a estos problemas de contaminación por plásticos se plantea desarrollar un estudio de obtención de bioplásticos a partir del almidón de la yuca amarilla y con un extra que en este caso es el aceite esencial de hierba luisa el cual actuara como antibacterial. La elaboración de bioplásticos sería una alternativa para reducir la contaminación por residuos no biodegradable.

A nivel industrial el empaque plástico biodegradable se vería beneficiado al ingresar al mercado como plásticos de embalaje de productos orgánicos ya que reduciría el índice de contaminación por la alta demanda de los plásticos sintéticos. sustituir productos altamente contaminantes, como por ejemplo el poliestireno expandido (durapax) y la ya tradicional bolsa de plástico.

Generalmente para obtener bioplásticos con buena termoplasticidad a partir de un polímero natural, se debe lograr un alto grado de sustitución mediante modificaciones químicas. Además, dado que muchos materiales de desecho son mezclas de proteínas, celulosa y hemicelulosa, las condiciones de reacción convencionales para modificaciones de tipo individual de sustrato no son adecuadas. Es por ello que para llevar a cabo con la obtención del bioplástico se realizará mediante el método húmedo para conseguir la mayor cantidad de almidón cuyo proceso se divide en varias etapas como son la molienda, decantado, secado y tamizado, cabe recalcar que también se realizara la extracción del aceite esencial de la hierba luisa la cual mediante una destilación por arrastre de vapor.

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Obtener bioplástico a partir de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para embalaje de alimentos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Obtener el almidón de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) mediante el método húmedo, molienda, decantado, secado, tamizado.
- Extraer el aceite esencial de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) mediante una destilación por arrastre de vapor.
- Caracterizar el almidón obtenido de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y del aceite esencial de la hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) mediante métodos físicos, químicos, mecánicos.
- Formular el bioplástico a partir de almidón, aceite esencial y plastificante validando su funcionalidad en el recubriendo alimentos.

1.4. Antecedentes de la Investigación

Actualmente, los materiales plásticos biopoliméricos continúan en crecimiento, datos recientes muestran que la demanda mundial por este tipo de materiales superara los 300 millones de toneladas en el año 2015, creciendo más rápido que los plásticos sintéticos a base de petróleo. Esto está relacionado, con factores como el interés mundial en el uso de los recursos renovables, el constante aumento del precio del petróleo, y la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, los cuales aumentan la relevancia del uso de dichos biopolímeros en diversas aplicaciones (Navia & Villada, 2013, pp.172-175).

Varias investigaciones se enfocan en el desarrollo de bioplásticos de diferentes fuentes potenciales de almidón y de mayor producción dentro del sector o lugar donde se desarrolla la misma, es así que adaptar metodologías y proponerlas como temas de investigación de relevancia, en Ecuador ha ido tomando lugar es por ello que se considera necesario la búsqueda de antecedentes investigativos relacionados al tema en desarrollo teniendo los siguientes.

“Propiedades hídricas y biodegradables de los bioplásticos a base de almidón de yuca reforzados con caolín modificado térmicamente”. En este estudio, las propiedades hídricas y de biodegradabilidad de los bioplásticos a base de almidón de yuca reforzados con caolín crudo o arcilla caolinítica tratada a 700° C denominada metacaolín se investigaron utilizando agua pruebas de adsorción y microbiológicas. Bioplásticos no reforzados (BP) y aquellos que contengan 5% en peso caolín crudo (BPKB) o metacaolín (BPMKB) se fabricaron utilizando el método de fundición evaporación. Los resultados obtenidos mostraron una disminución en la solubilidad y en la difusión del agua y permeabilidad de los bioplásticos reforzados con arcilla con respecto a los que no tienen refuerzo (Zheng et al., 2019, p.586).

“Característica de los bioplásticos compuestos de almidón de tapioca y fibra de bagazo de caña de azúcar: Efecto del tiempo de duración de la ultrasonicación (tipo baño)”. Este estudio tiene como objetivo fabricar bioplásticos compuestos a partir de materiales ecológicos, a saber, almidón de tapioca y fibra de bagazo de caña de azúcar (SBF). La adición de SBF en la matriz de tapioca sirve como refuerzo estructural de bioplásticos compuestos. Se añadió SBF en un 1% en peso (a partir del peso seco de la base de almidón) y se mantuvo constante para cada variación de la muestra. La fabricación de bioplásticos compuestos utilizando el método de fundición en solución. La duración del tiempo de variación de la ultrasonicación en bioplástico compuesto (almidón de tapioca y 1% en peso de fibra de bagazo) incluye 0, 5, 10 y 15 min (Asrofi et al., 2020, p.87).

“Uso de tratamiento térmico para el desarrollo de bioplásticos a base de proteínas”. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la incorporación de un tratamiento térmico a 50 ° C en el proceso de bioplástico a base de proteínas. Para ello, se seleccionaron dos proteínas con diferentes aplicaciones, absorción en higiene (aislado de proteína de soja) y envasado de alimentos (aislado

de proteína de guisante), para evaluar la versatilidad de este post-tratamiento tentativo. Adicionalmente, Se estudiaron dos temperaturas de molde diferentes (70 y 130 ° C) y diferentes tiempos de exposición del tratamiento térmico (0, 4 y 24 h) para evaluar el efecto de los mismos en las propiedades de los bioplásticos y seleccionar el método de procesamiento más óptimo para cada proteína. En este contexto, se evaluaron las propiedades mecánicas y la capacidad de absorción de agua para estudiar la influencia de este postratamiento sobre las mismas. Los resultados mostraron que las condiciones de procesamiento y el postratamiento térmico podrían modular las propiedades finales de los bioplásticos a base de proteínas, siendo materiales potenciales para reemplazar los plásticos convencionales (Jiménez et al., 2020, p.24).

“Utilización de harina de plátano (*Musa balbisiana*), en el desarrollo de películas biodegradables activas”. Este proyecto tuvo como base fundamental la elaboración de una película biodegradable utilizando como fuente principal la harina de plátano en el cual se utilizó aceites esenciales de geranio y eucalipto siendo estos el reemplazo de la glicerina para la formulación de la biopelícula (Moreno, 2015, pp.33-34).

Analizados cada uno de los casos de investigación cuyo fundamento radica en la elaboración de un bioplástico es evidente que el estudio con la yuca amarilla con aceites esenciales es nulo dentro de estudios de alto impacto, es por ello la factibilidad de llevar a cabo la investigación propuesta “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”.

1.4.1. Tubérculos

Se define como tubérculos a los tallos engrosados que se originan por la necesidad que tienen ciertas plantas para almacenar sustancias de reserva las cuales son formadas por almidón. En Ecuador existen muchas variedades de tubérculos como son las papas, melloco, zanahoria, oca, yuca, jícama, entre otros (Bonete et al., 2016, p.35).

1.4.1.1. Yuca amarilla (*Manihot esculenta*)

La yuca amarilla presentada en la Figura 1-1 es un tubérculo el cual se produce en diferentes ecosistemas como en bajas condiciones adversas y climas marginales. La producción de este tubérculo está destinada para uso animal, humano e industrial. El mejor escenario para la producción de yuca amarilla es el oriente ecuatoriano por su clima caliente, ubicando así a las provincias con mayor producción entre estas tenemos en orden de mayor producción: Pastaza, Orellana. El fruto es una capsula de forma ovoide o globular, de 1 a 1,5 cm de diámetro con 6

aristas, se compone de una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpio, mesocarpio y endocarpio (Lituma, 2011, p.36).

1.4.1.2. Características de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*)

La característica principal de este cultivo es que permite su total utilización, el tallo para su propagación vegetativa; sus hojas son medicinales, y las raíces para el consumo en fresco, la agroindustria, o la exportación. La yuca es un cultivo cuya producción de raíces es alta y actúa como fuente de carbohidratos y follajes que sirven para la fabricación de harinas, misma que contiene un porcentaje alto de proteínas. Su carácter es de planta rustica, las condiciones favorables de nuestro país hacen que esta se produzca en todo el año y sus cultivares son de muy buena calidad, por lo tanto, estas son algunas bondades que deben ser tomadas en cuenta. Como cultivo, la producción de yuca tiene ventajas, como su gran rendimiento por hectárea, tolerancia a la sequía y suelos desgradados y una gran flexibilidad para la siembra y la cosecha. Su taxonomía y morfología se presenta en la Tabla 1-1 y Tabla 2-1 (Lituma, 2011, p.16).



Figura 1-1. Yuca amarilla (*Manihot esculenta*)

Realizado por: Quintana Remache, Daniela, 2020.

1.4.1.3. Taxonomía y morfología

Tabla 1-1: Taxonomía de la Yuca Amarilla

No.	CARACTERÍSTICAS	
1	REINO	Plantae
2	DIVISIÓN	Magnoliophyta
3	CLASE	Magnoliopsida
4	ORDEN	Malpighiales
5	FAMILIA	Euphorbiaceae

6	SUBFAMILIA	Crotonoidea
7	TRIBU	Manihoteae
8	GÉNERO	Mnihot
9	ESPECIE	<i>Manihot esculenta</i>

Fuente: (Ospina & Ceballos, 2002, p.26).

Tabla 2-1: Valor Nutricional de la Yuca Amarilla

Composición por cada 100 g de parte comestible			
No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
1	Energía	kcal	161,00
2	Proteínas	g	0,60
3	Carbohidrato	g	39,10
4	Fibra	g	0,90
5	Hidratos de Carbono	mg	26,90
6	Vitamina B6	mcg	0,30
7	Vitamina E	mg	0,19
9	Vitamina A	UI	25,00
11	Niacina	mg EN	0,854
12	Vitamina B2	mg	0,0048
13	Folatos	mcg	27,00
14	Vitamina B1	µg	0,81
15	Vitamina C	mg	20,60
16	Vitamina E	mg	0,19
17	Calcio	mg	35,00
18	Fósforo	mg	62,00
19	Magnesio	mg	66,00
20	Hierro	mg	0,40
21	Potasio	mg	764,00
23	Grasa	g	0,20
25	Sodio	mg	14

Fuente: (Ospina & Ceballos, 2002, p.20).

1.4.1.4. Requerimientos Edafoclimático

- Temperatura

Para el cultivo de las diferentes variedades de yuca que existen se da en un rango de temperaturas que comprenden entre 25°C a 29°C, debe existir la humedad suficiente para la contribución del crecimiento; en algunas ocasiones dependiendo la especie pueden tolerar temperaturas entre 16 °C a 38°C, pero su crecimiento se paraliza cuanto esta se encuentra en temperaturas bajo 16°C, es por tal motivo que este tipo de tubérculos se dan en las regiones subtropicales; estos datos se presentan también en la Tabla 3-1 (Agri Nova Ciencia, 2019, p.2).

- Luminosidad y fotoperiodo

Para que a yuca crezca y de flores debe está en buenas condiciones de luz ya que este es un factor de suma importancia para el rendimiento de la misma; la longitud del día es un factor que interviene en los procesos fisiológicos de la planta (Agri Nova Ciencia, 2019, p.2).

- Suelo

Todos los cultivos requieren de una excelente preparación del suelo, para ello varía de acuerdo a la zona, al clima y según sus características biológicas, físicas y de más fases agronómicas (FAO, et al, 2007, p.3).

Es preferible que este tipo de tubérculos se de en suelos que tengan un pH ligeramente ácido y que comprendan entre 6 a 7; obteniendo una cierta cantidad de materia orgánica, que sean porosos y friables (Agri Nova Ciencia, 2019, p.2).

Tabla 3-1: Requerimientos Edafoclimáticos de la Yuca Amarilla

Temperatura (°C)	25-29
Precipitaciones (mm)	1000-2500
Humedad relativa (%)	60-80
Suelo	Francos
pH	6-7
Altitud (msnm)	0-1000
Pendiente	<5%

Fuente: (Ospina & Ceballos, 2002, p.21).

1.4.2. Plantas Aromáticas

Se denomina plantas aromáticas a las plantas que a su vez son medicinales, las cuales tienen principios constituidos en su totalidad o parcialmente por esencias; estas simbolizan un 0,7% del 100% de plantas medicinales (Fretes & Mendoza, 2010, p.7).

1.4.2.1. Hierba luisa (Cymbopogon citratus)

Esta hierba terrestre (Figura 2-1) mide de 0,5 a 2 metros de altura, es una planta aromática con un ligero olor a limón; sus hojas son arrosetadas en su base, son estrechas y se tornan a un color rojizo con un ligero tono café al secarse (Paredes, 2013, p.7).



Figura 2-1. Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*)

Fuente: (Cardenas, 2014, p.8).

1.4.2.3. Características Botánicas

Sus hojas son alargadas y se encuentran agrupadas a una base, sus bordes son filosos y cortantes, con un aroma cítrico a limón; sus tallos son ramificados a los nudos ceríferos y sus raíces tienen un eje central de donde salen varios rizomas, otras características se presentan en la Tabla 4-1 (Cardenas, 2014, pp.8-9).

1.4.2.4. Taxonomía

Tabla 4-1: Taxonomía de la Hierba Luisa

No.	CARACTERÍSTICAS	
1	REINO	Plantae
2	DIVISIÓN	Magnoliophyta
3	CLASE	Liliopsida
4	ORDEN	Poales
5	FAMILIA	Poaceae
6	SUBFAMILIA	Panicoideae
7	TRIBU	Andropogoneae
8	GÉNERO	Cymbopogon
9	ESPECIE	<i>Cymbopogon citratus</i>

Fuente: (Cardenas, 2014, p.8).

1.4.2.5. Condiciones de Crecimiento y cultivo

La hierba luisa se adapta en el suelo arenoso-arcilloso, para su crecimiento es necesario abundantes lluvias y un clima ya sea tropical o subtropical donde tenga temperaturas alrededor de 26°C (Cardenas, 2014, p.9).

1.4.2.6. Propiedades y aplicación

Tiene muchos beneficios medicinales que actúa como expectorante, anticitarral, estomáquico, ansiolítico, ayuda aliviar las náuseas, el espasmo, es analgésico, es un depresor para el sistema nervioso central, disminuye el colesterol, es diurético, etc.; otro de sus más efectivos beneficios es que es un antimicrobiano muy efectivo (Valverde, 2015, p.5).

1.4.2.7. Principios Activos

Las hojas de la hierba luisa proporcionan aceite esencial con porcentajes de 0.5% a 0.7% citral, geranial y neral. Los componentes del aceite esencial son de: 65% a 72% de citral, 12,7% de mireno, 2,6% de metil heptenosa, 1,2% elemol, 3,0% de acetato de geranillo (Cardenas, 2014, p.10).

1.4.3. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son una mezcla volátil que tiene compuestos orgánicos donde generalmente son líquidos, con olor característico de cada especie. se pueden concentrar en semillas, flores, hojas o frutos. Algunos aceites esenciales tienen una característica peculiar como es la actividad

antimicrobiana, antifúngica y letal que permiten ser utilizados para diferentes aplicaciones (Valverde, 2015, p.7).

- Extracción

Para la extracción de los aceites esenciales se realiza un proceso de separación de aceite esencial de la materia prima, esto se puede realizar por diferentes procesos como pueden ser por hidrodestilación, por arrastre de vapor, entre otros; generalmente en una especie vegetal que ha cumplido el proceso de extracción del aceite esencial se lo toma de nombre como material agotado (Valverde, 2015, p.8).

1.4.3.1. Aceite esencial de hierba luisa (Cymbopogon citratus)

La hierba luisa es una planta con una fragancia cítrica muy parecida al limón, mediante diferentes procesos se puede obtener el aceite esencial con una concentración en proporción de 0.25 a 0.35%. Este aceite esencial actúa como agente antimicrobiano al presentarse en una biopelícula, mismo que reducirá el porcentaje de contaminación considerablemente (Paredes, 2013, p.10).

1.4.3.2. Extracción por arrastre de vapor

Este método de destilación (Figura 3-1 y Tabla 5-1) es el más práctico para la extracción de los aceites esenciales ya que es un proceso de separación donde se evaporan los compuestos volátiles mediante el uso de vapor de agua. En este proceso se coloca la materia prima previamente limpia, es vital importancia que conozca el tipo de planta que se va a usar ya que en algunos es mejor que esta planta sea seca, pero en otros casos como es en la hierba luisa es recomendado usarla fresca porque su estructura es intacta para mayor extracción del aceite esencial. Cuando la caldera se calienta el agua se evapora junto con la parte volátil del aceite esencial para condensarse en el refrigerante, esta mezcla se retiene en el colector donde después pasa al embudo de separación y luego de un corto tiempo se separan por diferencia de densidades (Paredes & Quinatoa, 2010, pp.59-60).

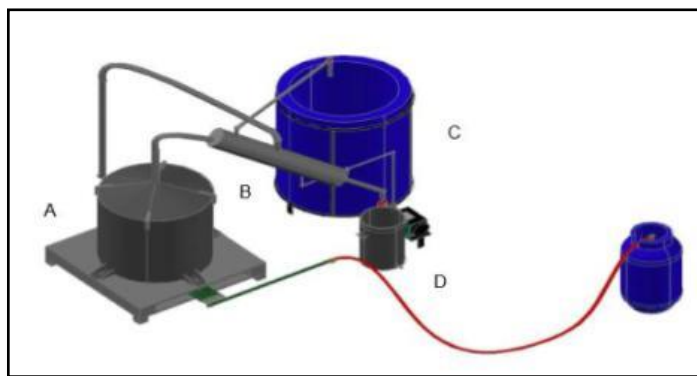


Figura 3-1. Esquema del equipo de extracción por arrastre de vapor

Fuente: (Paucar & Orta, 2018, p.5).

Tabla 5-1: Descripción de los elementos del equipo de extracción de aceites esenciales

IDENTIFICACIÓN	ELEMENTO
A	Extractor
B	Condensador
C	Sistema de recirculación de refrigeración para el condensador
D	Embudo de separación

Fuente: (Paucar & Orta, 2018, p.5).

- Ventajas de la extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor

Este proceso es muy limpio asegurando un producto de calidad, se usa equipos a nivel de laboratorio y a nivel industrial ya que se requiere de instalaciones básicas y equipos fáciles de encontrar, se obtiene buenos rendimientos de aceite esencial, con este método se extrae el aceite en su forma pura y libre de solventes, se aplica principios mecánicos y químicos (Paredes & Quinatoa, 2010, p.62).

1.4.3.3. Actividad antibacteriana

En general los aceites esenciales tienen componentes antimicrobianos ya que poseen compuestos fenólicos como el carvacrol, timol y eugenol. El aceite esencial de hierba luisa contiene componentes propios de la planta mencionados anteriormente; el citral es el encargado de dar su olor característico conjuntamente con el poder antimicrobiano (Paredes, 2013, p.68).

1.4.4. Almidón

Es un polisacárido proveniente de la glucosa cuya característica principal es que presenta insolubilidad en agua fría, pero si se le añade calor o se lo suministra experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. Es importante mencionar que el almidón está constituido por dos tipos de cadena: Amilosa polímero de cadena lineal y Amilopectina polímero de cadena ramificada (Chiran, 2015, p.46).

Cuando se propone a obtener productos comercialmente aceptables en el mercado, el almidón tiene que ser modificado y obtener un almidón termoplástico mezclado con otros componentes con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y minimizar su sensibilidad al agua, además de ser evaluadas con respecto a su resistencia y biodegradabilidad en diferentes condiciones ambientales. Mientras el almidón termoplástico no modificado es principalmente usado en espumas solubles compostables, en desarrollo de bandejas e incluso como principal remplazo de poliestireno (Hernández, 2013, p.21).

1.4.4.1. Almidón de yuca amarilla

El almidón es un polisacárido de origen natural que se obtiene del tubérculo llamado también la raíz, es versátil consiguiendo un porcentaje de eficiencia en todas sus aplicaciones y una de ellas es la aplicación en películas biodegradables. Su sabor característico es un agrio negativo (dulce). El tamaño del granulo del almidón de las variedades de yuca es de 5 μm a 35 μm , con forma redonda achatada teniendo un porcentaje de amilosa alrededor del 17% (Trujillo, 2014, p.8).

1.4.4.2. Amilosa

Denominado como polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces alfa-1,4 glucósidos de tipo lineal, aunque muchas moléculas muestran unas pocas ramificaciones alfa-1,6 (0,3-0,5%). Las ramificaciones son muy cortas o demasiado largas separadas por grandes distancias, permitiendo a la molécula actuar como polímero lineal (Charro, 2015, p.76).

La amilosa es considerada uno de los principales componentes responsables de la retrogradación a corto plazo del almidón, así como de la viscosidad que generalmente es observada en el analizador rápido de viscosidad (RVA) (Li et al., 2020, p.32).

1.4.4.3. Amilopectina

Está constituida por cadenas de glucosa unidas por enlaces α (1,4) glucosídicos. A diferencia de la amilosa, en la amilopectina a cada 15 a 30 unidades hay una ramificación α (1,6). Las

ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa. Los enlaces son entre el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 de la ramificación. Las cadenas son muy ramificadas, pero menos ramificadas que la forma de carbohidrato de reserva animal, el glucógeno (Carball, et al, 2019, p.26).

Se dice que la amilopectina esta principalmente involucrada en la retrogradación del almidón a largo plazo y generalmente se asocia con la sinéresis del agua, así como al envejecimiento del pan es así que las moléculas de amilopectina suelen estar más implicadas en la temperatura de fusión del almidón, así como en la entalpía. (Li et al., 2020, pp.171-172).

1.4.5. Plástico

El plástico es el primer elemento sintético que ha sido creado por la humanidad, después de este descubrimiento el hombre empezó a utilizar diferentes tipos de resinas; estos plásticos son compuestos orgánicos que contienen carbono, mismos que constituyen macromoléculas que se forman al realizar el proceso de transformación naturales o las que son extraídos del petróleo (Garavito, 2007, p.8).

1.4.6. Biopolímero

Son polímeros producidos por organismos vivos o derivados de biomasa en su estructura contienen monómeros que se unen covalentemente para formar macromoléculas como celulosa, almidón, proteína y ácido poliláctico son todos ejemplos de biopolímeros en los que las unidades de monómero son azúcares aminoácidos y ácido láctico, respectivamente. Los biopolímeros derivados de recursos renovables se clasifican: Biopolímero extraído de materiales naturales. Ejemplos son: polisacáridos como almidón, celulosa y proteínas, etc (Hu, 2014, p.32).

Biopolímero producido mediante el método clásico de síntesis química a partir de energías renovables. A partir de, estos biopolímeros desarrollados recientemente también se pueden clasificar como polímeros de almidón (por ejemplo, Mater-Bi), celulósicos (por ejemplo, celofán), poliésteres alifáticos (por ejemplo, PLA), polietileno de base biológica (Bio-PE) y polihidroxialcanoatos sintetizados microbianos. (por ejemplo, poli-3-hidroxitirato (PHB)). Los ejemplos dados están diseñados para aplicaciones de envasado, o con el potencial de ser utilizados en aplicaciones de envasado en un futuro próximo. También existen desafíos al utilizar biopolímeros en aplicaciones de envasado. Estos desafíos están relacionados con la procesabilidad o las propiedades finales de los materiales de empaque. Los biopolímeros tienen desventajas de fragilidad y escasa estabilidad térmica (Hu, 2014, p.35).

Uno de los inconvenientes de procesar PLA en estado fundido es que tiende a sufrir degradación térmica. Otro desafío importante es que es difícil lograr propiedades mecánicas y de barrera tan

duraderas como los polímeros sintéticos tradicionales para igualar la vida útil de los productos mientras se mantiene la biodegradabilidad. Se espera que estos desafíos se superen mezclando biopolímeros con otros polímeros, haciendo nano compuesto, recubriendo con materiales de alta barrera y / o modificaciones de polímeros. Aparte de las consideraciones técnicas como la procesabilidad y las propiedades físicas, los biopolímeros también tienen un costo relativamente alto y su reciclaje también presenta algunos desafíos debido a los requisitos de clasificación y limpieza. Hasta ahora, el costo aún limitaba la amplia adopción de materiales de empaque basados en biopolímeros como PHA y acetato de celulosa, etc. Sin embargo, esta limitación disminuirá a medida que aumente la capacidad de producción (Hu, 2014, p.42).

1.4.7. Bioplástico

Los bioplásticos o plásticos de base biológica se definen como macromoléculas orgánicas artificiales o procesadas por el hombre derivadas de recursos biológicos renovables, como celulosa, almidón proteínas aceite vegetal y microbios con utilización para aplicaciones plásticas convencionales. Los bioplásticos podrían ser biodegradables o no biodegradables dependiendo de los diferentes métodos de fabricación y propósitos de aplicación. Para obtener bioplásticos de excelente calidad con buena termoplaticidad a partir de polímeros naturales, se debe lograr un alto grado de sustitución mediante modificaciones químicas (Figura 4-1) (Xu & Yang, 2012, p.59).

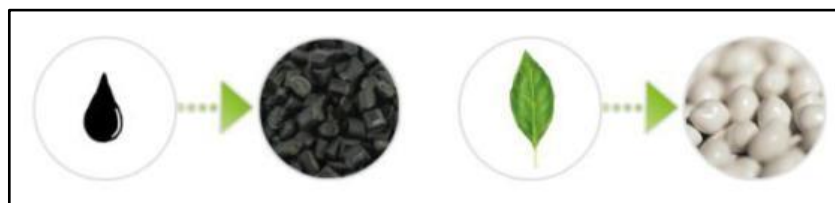


Figura 4-1. Plásticos tradicionales vs. Bioplásticos

Fuente: (Ballesteros, 2010, p.3).

1.4.7.1. Características

- No son perjudiciales para la salud porque tienen aditivos orgánicos.
- No contienen materia no renovable.
- Ayudan a reducir los restos no biodegradables, ya que estos no contaminan el medio ambiente.
- Es una alternativa favorable para un ahorro energético en la producción.
- Mantiene el olor, sabor y textura de los alimentos que serán sellados con los bioplásticos (Pizá et al., 2017, p. 31).

1.4.7.2. Usos

En la actualidad el almidón de diferentes materias primas ha sido tomadas como el mejor biopolímero para la elaboración de envases, utensilios o embalajes para alimentos dentro de la industria, entre ellos podemos encontrar:

- Fundas plásticas o bolsas de mercado.
- Bolsas de basura.
- Plásticos para embalaje de alimentos.
- Platos, cucharas y vasos.
- Productos de higiene personal.
- Decoraciones (Pizá et al., 2017, p.31).

1.4.8. Películas biodegradables

Son películas flexibles que se puede preparar con macromoléculas biológicas de forma continua. Se puede descomponer en bióxido de carbono, compuestos inorgánicos, metano, agua donde su mecanismo de descomposición se basa en la acción enzimática de los microorganismos en un tiempo mínimo (Puello & Zavaleta, 2014, pp.10-20). Dentro de los materiales biodegradables están los que se dan por efecto de enzimas provenientes de organismos vivos como pueden ser las bacterias, levaduras y hongos (Buensuceso, 2010, p.12). Según varios colaboradores existen ventajas del uso de las biopelículas una de ellas es que aumenta la vida útil del producto porque detiene el traslado de gases permitiendo la conservación de los rasgos organolépticos, mecánicos, estructurales y nutricionales del producto (Buensuceso, 2010, p.12).

1.4.8.1. Biodegradabilidad



Figura 5-1. Ciclo de vida de un bioplástico

Fuente: (Ballesteros, 2010, p.5).

Este es un proceso de se da por descomposición de las estructuras orgánicas por medio de los microorganismos que se encuentre alrededor de la biopelícula (Figura 5-1), los cuales permiten que se realicen alteraciones en la estructura de la molécula original para así tener una pérdida de propiedades físicas y químicas. Estos organismos transforman las biopelículas en dióxido de carbono, metano, agua y biomasa los cuales comprenden dentro de procesos de biodegradación primaria y secundaria. Cabe recalcar que todos los plásticos tienen la característica de ser biodegradables pero cada uno depende de ciertas condiciones de superficie lo que hace que tome tiempos largos para que se descompongan (Ballesteros, 2010, pp.5-6).

1.4.9. Biopelículas de almidón

El almidón produce biopelículas con buenas propiedades mecánicas y los recubrimientos a base de almidón son eficientes barreras contra compuestos de baja polaridad (Jamróz et al., 2020, p.45). La aplicación de almidón en la confección de biopelículas se basa en las propiedades químicas, físicas y funcionales de la amilosa para formar geles y en su capacidad para formar biopelículas (Luo et al., 2015, p.25). Las biopelículas basadas en almidón reducen el uso de recursos no renovables y el impacto ambiental asociado con el incremento de emisiones de CO₂ y de otros productos. Estas mismas han sido desarrolladas y estudiadas, debido a las amplias ventajas de costo y disponibilidad de la materia prima (Bioplásticos, 2012, p.35).

En la actualidad los almidones han sido aplicados solos o como parte de un compuesto para la elaboración de biopelículas, con la intención de usar estas como una vía de mejora (Luchese & Frick, 2015, p. 30). El uso de almidón es viable porque es comestible y tiene amplias facilidades de modificación química, física o genética (Chariguamán & Agr, 2015, p.23). El almidón es un material apropiado para la formación de biopelículas y proporciona una buena barrera a la permeación de oxígeno y dióxido de carbono, pero no para el vapor de agua. El empaque protege el contenido y facilita la manipulación del producto (Navia & Villada, 2013, p.32).

1.4.10. Plastificante

Es una sustancia que generalmente es líquida y contiene una viscosidad mayor a la viscosidad del agua que es utilizada con el objetivo de optimizar la del material de acuerdo a la reducción de esfuerzos intermoleculares en la biopelícula (Marinero et al. 2020, p.1366).

- Glicerol

El glicerol o glicerina (C₃H₈O₃) es un componente en estado líquido viscoso con características incoloras, inodoras, dulce e higroscópico (absorbe el agua del aire), se pueden encontrar en los

aceites, en grasas animales y vegetales mismos que deben estar combinados a otros tipos de ácidos grasos ya sean oleicos o esteárico. La glicerina en los bioplásticos actúa en la unión de las moléculas y ofrece las propiedades de dureza y flexibilidad (Ortiz, 2013, p.25).

1.4.11. Agua destilada

Al agua (H_2O) que es sometida a un proceso de desmineralización o destilación para llegar al punto de pureza se le denomina agua destilada y consiste en la vaporización y condensación según el punto de ebullición de los compuestos que intervienen para así ser separados la fase sólida o líquida. Es utilizada a nivel de laboratorio para la preparación de mezclas que exigen un porcentaje alto de pureza (Raffino, 2021, p.24).

1.4.12. Ácido acético

El ácido acético (CH_3COOH) llamado también ácido metilcarboxílico o ácido etanoico siendo una composición orgánica que se encuentra presente en el vinagre con olor y sabor agrio. En porciones puras pueden ser dañinos para la salud ya que son inflamables y corrosivos. A nivel industrial se usa para la fabricación de fármacos, plásticos, insecticidas, tintes, entre otros (NJHealth, 2016, p.1).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Planteamiento de las Hipótesis

2.1.1. *Hipótesis General*

¿Será posible obtener una biopelícula biodegradable a base de almidón a partir de yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa para conservar los alimentos?

2.1.2. *Hipótesis Específicas*

- ¿El método húmedo para la extracción de almidón será el indicado?
- ¿Será eficaz extraer el aceite esencial de hierba luisa por arrastre de vapor?
- ¿El porcentaje de amilopectina será la necesaria para formular la biopelícula?
- ¿La formulación de la biopelícula necesitara de aditivos?
- ¿La biopelícula obtenida conservara el alimento?

2.2. Identificación de Variables

2.2.1. *Variable Dependiente*

- Biopelícula a partir de almidón (yuca amarilla) y aceite esencial (hierba luisa)

2.2.2. *Variable Independiente*

- Revoluciones por minuto de triturado
- Tiempo
- Porcentaje de almidón
- Porcentaje de aceite esencial
- Porcentaje de plastificante

2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1-2: Operacionalización de Variables

PROCESO	TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	CONCEPTO	INSTRUMENTOS / MÉTODOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Obtener bioplástico a partir de la yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) y aceite esencial de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) para embalaje de alimentos.	VARIABLES DENPENDIENTES	Biopelícula a partir de almidón (yuca amarilla) y aceite esencial (hierba luisa)	Desarrollo de un producto por mezcla de algunas materias primas de origen natural	Molde	Cm
	VARIABLES INDEPENDIENTES	Revoluciones por minuto de triturado	Se refiere a la magnitud física la cual mide el número de giros por unidad de tiempo en el triturado	Licuadaora	Alta / Baja

		Tiempo	Magnitud física, que determina el tiempo necesario de un proceso.	Cronómetro	Hora
		Porcentaje de almidón	Porcentaje de materia prima a usar	Análisis proximal	%
		Porcentaje del aceite esencial	Porcentaje total de aceite esencial a usar como antibacteriano para la biopelícula	Análisis proximal	%
		Porcentaje de plastificante	Porcentaje total de glicerina que se usará para moldear la mezcla	Análisis proximal	%

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.4. Matriz de Consistencia

Tabla 2-2: Matriz de Consistencia

TEMA: “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (<i>Cymbopogon citratus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Se obtendrá un bioplástico con características similares a uno convencional en miras a la suplantación de este a partir de yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) y aceite esencial (<i>Cymbopogon citratus</i>)?		Obtener bioplástico a partir de la yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) y aceite esencial de hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) para embalaje de alimentos.	¿Será posible obtener una biopelícula biodegradable a base de almidón a partir de yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa para conservar los alimentos?	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
¿Cómo se procedería con la metodología de trabajo para la elaboración del	Obtener el almidón de la yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) mediante el	¿El método húmedo para la extracción de	Biopelícula a partir de almidón (yuca amarilla) y aceite esencial (hierba luisa)	Cálculo del rendimiento del secado Extracción de almidón por

<p>bioplástico?</p> <p>¿Cómo se determinará la calidad del bioplástico obtenido?</p> <p>¿Cómo se determinará la biodegradabilidad del bioplástico obtenido?</p>	<p>método húmedo, molienda, decantado, secado, tamizado.</p> <p>Extraer el aceite esencial de la hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) mediante una destilación por arrastre de vapor.</p> <p>Caracterizar el almidón obtenido de la yuca amarilla (<i>Manihot esculenta</i>) y del aceite esencial de la hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>) mediante métodos físicos, químicos, mecánicos.</p> <p>Formular el bioplástico a partir de almidón, aceite esencial y plastificante validando su funcionalidad en el recubriendo alimentos.</p>	<p>almidón será el indicado?</p> <p>¿Sera eficaz extraer el aceite esencial de hierba luisa por arrastre de vapor?</p> <p>¿El porcentaje de amilosa será la necesaria para formular la biopelícula?</p> <p>¿La formulación de la biopelícula necesitara de aditivos?</p> <p>¿La biopelícula obtenida conservara el alimento?</p>	<p>Revoluciones por minuto de triturado</p> <p>Tiempo</p> <p>Porcentaje de almidón</p> <p>Porcentaje del aceite esencial</p> <p>Porcentaje de plastificante</p>	<p>vía húmeda y seca</p> <p>Medición de tiempos</p> <p>Cálculo del rendimiento del proceso</p> <p>Extracción de aceite esencial por arrastre de vapor</p>
---	--	--	---	---

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.5. Tipo y Diseño de la Investigación

2.5.1. Tipo de Investigación

- **Método deductivo:** A partir de este método se puede ejecutar estudios desde varios puntos de vista, es decir, se los podrá realizar desde lo general hacia lo particular, debido a esta característica se calculará el rendimiento que se generará en cuanto a producción del bioplástico, dato que resulta importante para el desarrollo de esta investigación. Para este tipo de producto los valores se comparan con alguna norma existente tanto en el ámbito nacional y en su defecto por falta de una con normativa extranjera para el fortalecimiento investigativo del caso de estudio.
- **Método descriptivo:** A través de este tipo de investigación se podrá examinar las características más importantes que debe tener el bioplástico, como biodegradabilidad, espesor, flexibilidad, elongación y otros, además de formular las hipótesis y seleccionar las técnicas para recolectar datos y las fuentes a investigar.
- **Método experimental:** Este método requiere la intervención de elementos tecnológicos e instrumentos específicos que faciliten la obtención de valores empíricos al momento de realizar los ensayos de caracterización del producto o la materia prima, con el objetivo de corroborar que dichos elementos se encuentren dentro de la norma correspondiente. Con este método se facilita el diseño del procedimiento que se va a seguir para obtener el producto final con los parámetros preestablecidos deseados.
- **Según el método de investigación:** Es una investigación bibliográfica documental, porque tienen el propósito de ampliar y profundizar diferentes teorías y criterios de diversos autores.
- **Según el objeto de investigación:** La investigación es teórica porque recopila datos teóricos para generar nuevos conceptos generales relacionados con el almidón de yuca amarilla y su uso en la formulación de bioplástico.
- **Según el nivel de profundización en el objeto de estudio:** Es una investigación descriptiva porque describe las características físico químicas, organolépticas.
- **Según la manipulación de variables:** Es una investigación no experimental porque el estudio de las variables no es controlado y el análisis del fenómeno se basa en la observación dentro de su contexto natural.
- **Según el período temporal:** Es una investigación transversal porque el estudio se realizará en un tiempo determinado donde se dará solución al problema planteado.
- **Según la condición de estudio:** La investigación es documental ya que se lo realizará utilizando diversos medios de consulta como revistas, libros, artículos, tesis que permiten una adecuada selección de la bibliografía.

2.5.2. Diseño de la investigación

Para la extracción del almidón se trabajará con un diseño experimental 2k en donde 2 es el número de variables (revoluciones por minuto y tiempo) y k es el número de tratamientos (16 en total), para obtener esos datos se realizó 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno en 2 velocidades (baja - alta) y tiempo (30 – 60 segundos). Mientras que para la formulación de la biopelícula también se utilizará el diseño experimental 2k con 4 tratamientos y 4 repeticiones cada uno, variando las cantidades de almidón, glicerina y como variables constantes la cantidad de agua destilada, aceite esencial, ácido acético.

2.6. Unidad de Análisis

En la investigación se analizarán con la yuca amarilla y el aceite esencial de hierba luisa como fuentes principales, mismos que serán tratados para cada uno de los ensayos correspondientes con el propósito de conocer la mejor formulación para la obtención de bioplástico.

2.7. Población de Estudio

La población de estudio para esta investigación corresponde a lugares al azar. Otro de los sectores favorecidos con este trabajo es el GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO de la ESPOCH (GIAD) ya que se encuentra dentro de la línea de investigación de “Obtención de bioplástico a partir de la yuca amarilla (*Manihot esculenta*) y aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) para embalaje de alimentos”, de esta manera contribuye a una forma distinta y tecnificada de obtención de distintas materias primas.

2.8. Tamaño de Muestra

Se va a adquirir un total de 6 a 8 Kg de yuca amarilla con el propósito de alcanzar mayor cantidad de almidón con el fin de realizar distintas experimentaciones se recogerá por muestreo aleatorio simple para tener una muestra diversa y representativa en los ensayos experimentales y 5 kg de hierba luisa para obtener su aceite esencial por el método de arrastre de vapor para su respectivo análisis.

2.9. Selección de muestra

Las muestras seleccionadas al azar serán analizadas minuciosamente para que las mismas no presenten contaminantes o interferentes que afecten en la elaboración del bioplástico para pasar

los diferentes procesos de obtención de almidón y aceite esencial. Las principales características que se tomarán en cuenta para la selección de la materia prima serán las siguientes:

- Para el almidón
 - Uniformidad del color
 - No contenga humedad
 - No presente características de putrefacción

- Para el aceite
 - Uniformidad de color
 - No contenga agua

2.10. Técnicas de Recolección de Datos

La investigación se fundamentará en la revisión de artículos de alto impacto a nivel investigativo para el fortalecimiento de la metodología a utilizar para la elaboración de bioplástico.

2.10.1. Técnica de extracción del almidón de yuca amarilla

El proceso de extracción por vía húmeda consiste principalmente en extraer el almidón por el método factorial 2^k con un tiempo bajo y un tiempo alto (30 y 60 segundos) en 2 revoluciones cada uno (alta y baja).

Tabla 3-2: Técnica de extracción de almidón de yuca amarilla

Materiales y Equipos	Sustancias y Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Cuchillo • Balanza analítica • Balanza digital • Cronometro • Cernidor (colador) • Malla nylon • Recipientes de plástico • Bandejas de aluminio • Espátula • Molino manual • Guantes de nitrilo • Torres de tamices • Fundas ziploc 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Yuca amarilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtener la materia prima fresca, lavarla y desinfectarla. • Realizar los análisis físicos de la materia prima (peso, longitud y espesor) de la yuca amarilla. • Cortar la materia prima en trozos pequeños. • Pesar 200gr de yuca amarilla. • Licuar la materia prima (200 gr) con agua purificada (500 ml) en 2 tiempos (30 s y 60 s) en 2 diferentes velocidades (alta y baja) proporcionalmente. El mismo proceso se realiza con 4 repeticiones. • Cernir la mezcla en la mezcla en el colador con la malla de nylon y enjuagar con más agua para que expulse todo el almidón posible. • Dejar reposar por 12 horas para que el almidón se separe del agua mediante el efecto de gravedad. • Eliminar el sobrenadante con la ayuda de un catéter o una manguera. • Secar el almidón en bandejas de aluminio para un secado al ambiente por ± 45 horas removiéndolo periódicamente. • Triturar con un molino de laboratorio previamente desinfectado. • Pesar el almidón para ver su rendimiento. • Tamizar en la torre de tamices. • Almacenar en las fundas ziploc a temperatura ambiente. 	<p>(Brito, et al, 2019, pp.203-204).</p> <p>(Correa, Castaño & Montoya, 2017, p.89).</p>

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

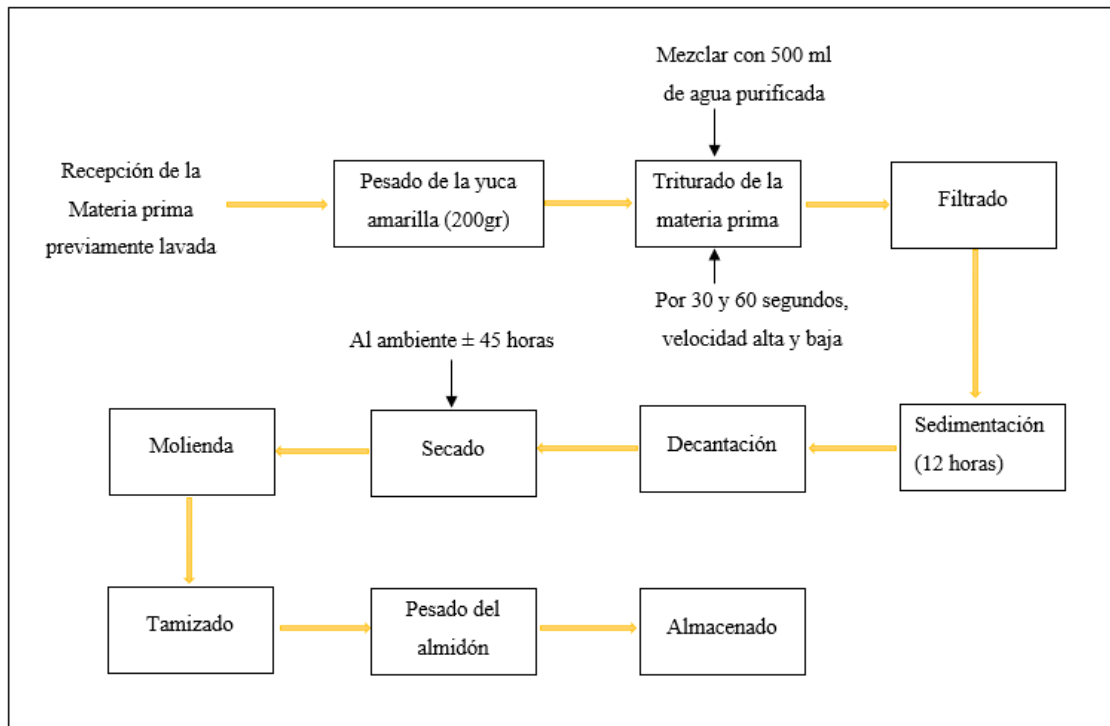


Figura 1-2. Diagrama de flujo de extracción de almidón por vía húmeda

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.10.1.1. Técnica para la caracterización del almidón de la yuca amarilla

Tabla 4-2: Métodos de ensayos fisicoquímicos para el almidón de yuca amarilla

Nº	ENSAYOS
1	Distribución del tamaño del granulo de almidón
	Materiales y Equipos
	<ul style="list-style-type: none"> • Torre de tamices completa • Balanza analítica
	Procedimiento
	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar y desinfectar los tamices. • Pesar todos los tamices vacíos por separado. • Pesar 100 gr de almidón y colocarlo en el tamiz de mayor granulometría. • Agitar de manera constante hasta que el almidón pase al siguiente tamiz y esta cantidad sea significativa. • Repetir el mismo procedimiento para cada uno de los tamices de la torre. • Pesar cada uno de los tamices y el fondo con las respectivas cantidades de almidón.
	Fórmula de calculo
	Ecuación 1-2: Distribución según el tamaño del granulo del almidón
	$PNI = (PT + PFA) - PTV$

	<p>Donde:</p> <p>PNI: Peso neto individual</p> <p>PT: Peso del tamiz</p> <p>PFA: Peso de la fracción de almidón</p> <p>PTV: Peso del tamiz vacío</p> <p>Ecuación 2-2: Gran total de la distribución del granulo de almidón</p> $GT = \sum PNI$ <p>Donde:</p> <p>GT: Gran total</p> <p>PNI: Peso neto individual</p> <p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> El 95% del granulo debe pasar a través del tamiz de malla 140 (106 µm) <p>Método de ensayo (FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, p.61).</p>
2	<p>Determinación de pH</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> Agitador del laboratorio - Shaker Medidor de pH Tubos centrifuga <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> Soluciones de calibración de pH estándar <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> Almidón de yuca amarilla <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar la solución con 5 g de almidón en 25 ml de agua destilada. Agitar por 30 minutos a 100 RPM en el equipo de Shaker. Regular el medidor de pH a 25°C, esto se realizará sumergiendo los electrodos en solución tapón de pH 7,0 y pactar el control a esta temperatura. Ajustar el instrumento a un valor de pH correcto de la solución tapón. Controlar el equipo a su posición reposo. Lavar los electrodos en agua destilada y secarlos ligeramente. Sumergir los electrodos en la solución a 25°C. Activar el control de lectura para finalmente leer el pH. Este ensayo se lo hará por triplicado. <p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> Tomar en cuenta que las muestras cumplan con un pH entre 5,0 -7,0 <p>Método de ensayo (NTE INEN 1456, 2012, pp.1-2).</p>
3	<p>Contenido de Humedad y Materia seca</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> Crisoles de porcelana Balanza analítica

	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa con temperatura consta a 80°C con ventilación forzada • Decantador con agente de secado • Pinzas para crisol <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Taras los crisoles y pesar. • Pesar 5 g de almidón de yuca amarilla en cada uno de los crisoles. • Colocar los crisoles con las muestras en la estufa que estará a 80°C durante 24 horas. • Sacar los crisoles de la estufa, colocarlos en el desecador par que se enfríe en un tiempo de 30 a 40 minutos. • Pesar los crisoles con las muestras de almidón seco. • Este ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Formula de calculo</p> <p>Ecuación 3-2: Calculo para la humedad</p> $\% W = \frac{(Mh-Ms)}{(Ms-Mr)} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>W: humedad</p> <p>Mh: peso del crisol más la muestra húmeda (g)</p> <p>Ms: peso del recipiente más la muestra seca (g)</p> <p>Mr: peso del recipiente (g)</p> <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de materia seca</p> $\% Msc = 100 - \% W$ <p>Donde:</p> <p>Msc: materia seca</p> <p>W: humedad</p>
	<p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • El contenido de materia seca en el almidón debe estar entre el 87% - 90%
	<p>Método de ensayo</p> <p>(FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, p.62).</p>
4	<p>Contenido de cenizas</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Mufla • Balanza analítica • Crisoles de porcelana • Decantador • Pinzas de crisol <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla <p>Procedimiento</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • De debe tarar los crisoles que se utilizara. • Pesar 1 g de almidón en base seca aproximadamente en el crisol de porcelana. • Calentar el crisol con la muestra en la mufla para incinerar a 550°C durante 3 horas y media. • Sacar los crisoles y enfriar en el decantador hasta que su peso sea constante. • Pesar el crisol con las cenizas. • Calcular la cantidad de cenizas que se obtiene. • Expresar las cantidades en porcentajes de cenizas. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>Formula de calculo</p> <p>Ecuación 5-2: Porcentaje de cenizas</p> $R = \frac{m_1}{m} * 100$ <p>Donde: m1: masa del residuo (g) m: masa de la muestra (g) R: porcentaje de cenizas</p> <p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generalmente el porcentaje de cenizas obtenidas no debe ser mayor al 0,12% <p>Método de ensayo (FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, p.91).</p>
5	<p>Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Termómetro • Tubos de centrifuga de plástico de 50 ml • Vasos de precipitación de 50 ml • Centrifuga • Estufa • Baño maría <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secar los tubos de centrifuga a 60 °C y pesar. • Pesar en los tubos de ensayo 1,25g de almidón en base seca y colocar 30 ml de agua destilada, agitar. • Llevar a baño a maría a 60°C, durante 30 minutos, agitar a los 10 minutos después de haber iniciado. • Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM por 30 minutos. • Decantar el sobrenadante después de la centrifuga y medir el volumen. • Recoger 10 ml del sobrenadante y colocarlo en un vaso de precipitación de 50 ml previamente tarado y pesado. • Llevar el sobrenadante a la estufa para secar durante toda la noche a 70°C. • Pesar el gel contenido en el tubo de centrifuga. • Sacar el vaso de precipitación con los insolubles a enfriar y posteriormente pesarlo. • El ensayo se lo hará por triplicado.

	<p>Fórmulas de calculo</p> <p>Ecuación 6-2: Índice de absorción de agua (IAA)</p> $IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)bs}}$ <p>Ecuación 7-2: Índice de solubilidad en agua (ISA)</p> $ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \cdot V \cdot 10}{\text{Peso muestra (g)bs}}$ <p>Ecuación 8-2: Índice de hinchamiento (PH)</p> $PH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso soluble (g)}}$ <p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • IAA entre 0,82 – 15,52 g gel/g muestra • ISA entre 0,27 – 12,32% • PH entre 0,79 y 15,45 <p>Método de ensayo (FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, pp.73-74).</p>
6	<p>Temperatura de Gelatinización</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Malla para reverbero • Termómetro • Varilla de agitación • Vasos de precipitación de 100 ml y 500 ml • Pinzas para vaso de precipitación • Probeta <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 5g de almidón en base seca y mezclar con agua destilada hasta una ligera homogenización. • Completar con agua destilada hasta alcanzar los 50 ml. • Calentar a baño a maría. • Agitar de manera constante hasta que se forme una pasta. • Tomar la temperatura exacta. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • La temperatura de gelatinización en almidones de yuca esta entre 57,5 – 70 °C <p>Método de ensayo (FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, p.72).</p>
7	<p>Viscosidad Brookfield</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Termómetro

<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de agitación • Reverbero • Vaso de precipitación de 500 • Vaso de precipitación de 1000 ml • Balanza analítica • Viscosímetro Brookfield DV -1 • Caja de agujas para el viscosímetro Brookfield DV -1 <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de yuca amarilla
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón en base seca. • Disolver en agua destilada hasta que este ligeramente homogénea. • Completar con agua destilada hasta llegar a 500 ml. • Colocar el vaso con la mezcla y ponerlo en suspensión en el vaso de precipitación de 1000 ml. • Agitar de manera constante hasta llegar al primer punto de ebullición. • Enfriar el gel sin agitación hasta los 25 °C. • Medir la viscosidad en el Viscosímetro Brookfield DV -1 con una velocidad de 10 RPM. • El ensayo se lo hará por triplicado.
<p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • El valor de la viscosidad en el gel de yuca con una concentración del 5% a 25°C con velocidad de 10 RMP se encuentran entre 840 – 1500 Cp.
<p>Método de ensayo (FAO, Aristizábal & Sánchez, 2007, p.66).</p>

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.10.2. Técnica de extracción del aceite esencial de la hierba luisa

La técnica utilizada para la extracción del aceite esencial de hierba luisa es por arrastre de vapor ya que se trata de un proceso de separación mediante el vapor de agua se evaporizan los componentes volátiles del material vegetal. Este proceso se llevó a cabo con el equipo del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

Tabla 5-2: Técnica del aceite esencial de hierba luisa

Materiales y equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillo • Guantes • Balanza • Equipo de destilación por arrastre de vapor semiindustrial • Embudo de separación • Soporte universal • Tanque de almacenamiento • Recipiente ámbar para aceites esenciales 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua embotellada • Hierba luisa 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar previamente el equipo a utilizar. • Llenar de agua las $\frac{3}{4}$ partes el tanque que contiene el extractor. • Lavar minuciosamente la materia prima. • Pesar 5 kg de hierba luisa y colocar de manera distribuida en las bandejas del extractor. • Sellar completamente con la tapa del extractor. • Colocar agua en el sistema de refrigeración con una corriente de agua continua. • Colocar el quemador industrial y encenderlo. • Mantener la temperatura entre 95 y 100 °C. • Colocar el embudo de separación en el soporte universal a la salida del condensador. • Recolectar el fluido que expulsa y esperar unos minutos hasta que el aceite extraído se separe del agua. • Recolectar el aceite esencial en el recipiente ámbar. • Expulsar el agua restante en el tanque de almacenamiento • Repetir el proceso durante 3 horas aproximadamente. 	<p>(Brito, 2017, p.3).</p> <p>(Acán & Pilataxi, 2014, pp.24-28).g</p>

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

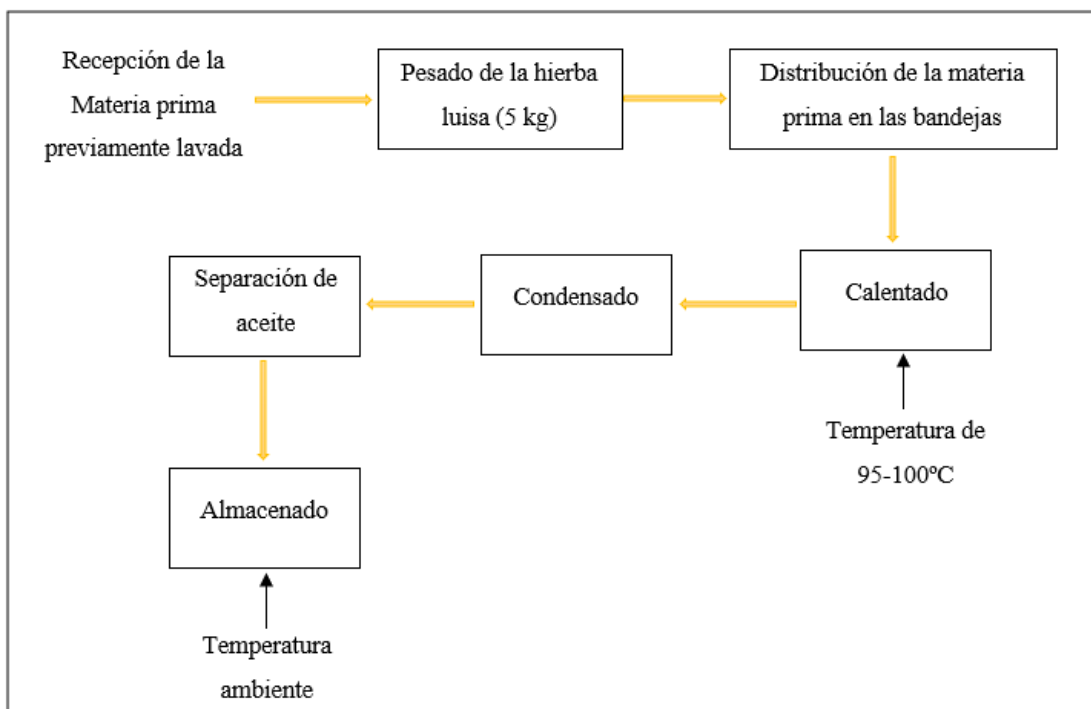


Figura 2-2. Diagrama de flujo de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor






Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.10.2.1. Técnica para la caracterización del aceite esencial de la hierba luisa

Tabla 6-2: Métodos de ensayos fisicoquímicos para el aceite esencial de hierba luisa

Nº	ENSAYOS
1	Determinación de pH
	Materiales
	<ul style="list-style-type: none"> Test rápido de macherey-nagel ph-fix 0-14 pt
	Sustancias
	<ul style="list-style-type: none"> Aceite esencial de hierba luisa
1	Procedimiento
	<ul style="list-style-type: none"> Colar unas gotas de muestras en base líquida en un recipiente pequeño. Sacar una tira del indicador de pH del empaque. Colocar el papel indicador en la muestra hasta que cubra las escalas de colores y esperar unos segundos. Comparar los colores obtenidos con la tabla del indicador de pH y obtener el resultado. El ensayo se lo hará por triplicado.
	Valores de referencia
	<ul style="list-style-type: none"> El rango del pH para el aceite esencial de la hierba luisa es de 5 - 6
2	Referencia de ensayo
	(Meza & Vargas, 2013, p.77).
2	Densidad
	Materiales y Equipos

	<ul style="list-style-type: none"> • Micropipeta • Balanza analítica <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aceite esencial de hierba luisa
	<p>Procedimiento</p> <p>Por la cantidad mínima obtenida, este proceso se realizará mediante una ecuación básica que consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir 0,25 ml de aceite esencial con la ayuda de una micropipeta. • Encerar un recipiente pequeño donde se colocará la cantidad de aceite esencial. • Colocar los 0, 25 ml en el recipiente y pesar en la balanza analítica. • El ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Formula de calculo</p> <p>Ecuación 9-2: Cálculo de la densidad</p> $\rho = \frac{m}{v}$ <p>Donde:</p> <p>ρ: es la densidad</p> <p>m: masa (g)</p> <p>v: volumen (ml)</p>
	<p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • La densidad relativa está en ± 1 g/ml
	<p>Referencia de ensayo</p> <p>(Meza & Vargas, 2013, p.76).</p>
3	<p>Índice de refracción</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gotero • Algodón • Refractómetro RA 620 de Kem <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Aceite esencial de hierba luisa
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encender el equipo. • Limpiar con algodón y alcohol el lente donde se colocará la muestra. • Extraer unas gotas de materia prima con la ayuda de un gotero. • Colocar una gota en el lente del refractómetro. • Cerrar la tapa del equipo. • Medir de manera sencilla ya que la pantalla es táctil. • Esperar unos segundos y leer el resultado. • El ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Valores de referencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • El valor promedio para aceites esenciales es de 1,5
	<p>Referencia de ensayo</p> <p>(Meza & Vargas, 2013, p.66).</p>

4	<p>Análisis Infrarrojo IR</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gotero • Espectrofotómetro Infrarrojo FT-IR • Algodón <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcohol • Aceite esencial de hierba luisa <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conectar el equipo y el ordenador a un tomacorriente de 110 V. • Proporcionar energía al equipo presionando el switch POWER ubicado en la parte posterior derecha. • Encender el equipo presionando el switch POWER ubicado en la parte posterior derecha del equipo y esperar 5 minutos hasta que los parámetros de análisis estén listos. • Para iniciar el barrido encender el ordenador e ir a: Inicio / todos los programas / JASCO / SpectraMager. • Iniciar el programa SpectraManger y seleccionar Quick – Start. • Limpiar con algodón y alcohol el área de muestra (cristal de seleniuro de zinc, soporte y capuchón de tornillo) ubicada en la parte inferior central del equipo. • Realizar el Background al verificar la ausencia de sustancia en el área de muestra, cerrar la tapa del equipo y presionar el botón START ubicado en la parte frontal. • Realizar el barrido espectral colocando la muestra líquida (2 gotas) sobre el cristal del área de muestra, quitar el seguro ubicado en la parte posterior, jalar hacia adelante el tornillo de ajuste, ajustarlo hasta que muestre fricción, cerrar la tapa y pulsar START. • Procesar el espectro utilizando el programa Spectra Analysis, corregir las escalas seleccionando el icono , corregir la línea base seleccionando  (ubicar la línea azul cercana a los puntos altos de los picos y seleccionar OK) y eliminar el CO₂ seleccionando el icono  (intervalos automáticos, presionar OK). • Identificar los picos más relevantes seleccionando el icono . Etiquetar los picos automáticamente asignando límites de lectura y de presionar Apply o manualmente moviendo la línea vertical azul y dar click en Add. Eliminar los picos menos relevantes, seleccionando el número de onda de la parte izquierda y la opción Delete y seleccionar OK. • Generar las líneas auxiliares seleccionando , habilitar todas y pulsar OK. • Guardar el archivo seleccionando: File / Save As. Y guardar el espectro como una imagen, seleccionando Edit / Copy as / Bitmap y pegar en un procesador de texto. • Desajustar el tornillo de ajuste y limpiar el lente. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>Referencia de ensayo</p> <p>(JASCO, 2014, pp.5-7).</p>
----------	---

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

2.10.3. Obtención del Bioplástico

Re realizo el diseño estadístico 2^k , siendo el 2 la variación de la cantidad de almidón de yuca amarilla y el plastificante que es la glicerina, K corresponde al número de repeticiones mismo que para este diseño son 4; entonces el diseño factorial será un total de 16 pruebas con 4 tratamientos.

Tabla 7-2: Diseño factorial 2^k , para la obtención de bioplástico a partir de almidón de yuca amarilla con aceite esencial de hierba luisa como aditivo.

CA (g)	3,3	DE = 2^k		Limite alto
	2,8			Limite bajo
		0,9	1	CP (ml)
		Limite bajo	Limite alto	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Tabla 8-2: Técnicas para la obtención de bioplástico

Materiales y equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Papel aluminio • Reverbero • Malla para reverbero • Espátula • Termómetro • Pinzas para vaso de precipitación • Varillas de agitación • Cronometro • Vaso de precipitación de 250 ml • Vaso de precipitación de 500 ml • Toallas absorbentes • Cajas Petri de vidrio • Moldes de vidrio • Probeta de 10 ml • Probeta de 50 ml • Gotero 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Ácido acético • Glicerina • Aceite esencial de hierba luisa • Almidón de yuca amarilla con un tamaño de granulo de 63µm 	<p>Procedimiento específico para el tratamiento P1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesar 2,8 g de almidón y colocarlo en el vaso de precipitación de 250 ml. • Medir 40 ml de agua destilada y mezclarlo en el vaso de precipitación que contiene el almidón. • Colocar agua en el vaso de precipitación de 500 ml para calentar con la ayuda del reverbero y poner en suspensión el vaso de 250 ml que contiene la mezcla. • Agitar de manera constante desde el inicio del proceso hasta que la mezcla llegue a 50 °C y adicionar 1 gota de aceite esencial de hierba luisa. • Continuar con la agitación hasta los 60 °C, colocar 0,9 ml de glicerina para que se homogenice por 1 minuto, luego adicionar 3 ml de ácido acético y agitar hasta que la mezcla llegue a la temperatura de gelatinización del almidón. • Una vez que llegue a la temperatura de gelatinización se coloca la mezcla en las cajas Petri o si se realizar a mayor escala se debe colocar en moldes más grandes. • Dejar secar por 48 horas a temperatura ambiente. • Retirar los bioplásticos de los moldes con mucho cuidado y etiquetarlo. 	<p>(Marichelvam, Jawaid & Asim, 2019, pp.4-5).</p>

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

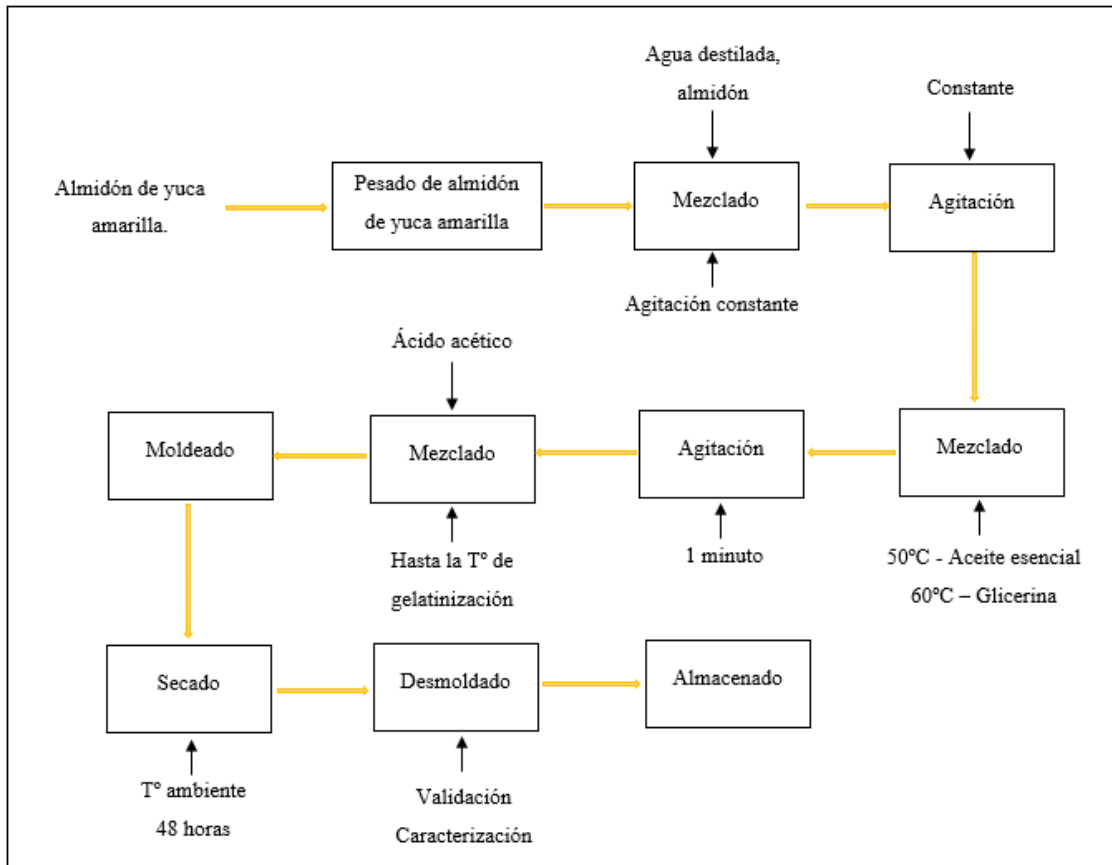


Figura 3-2. Diagrama de flujo de extracción de la obtención de bioplástico

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Tabla 9-2: Técnicas para la caracterización del bioplástico

Nº	ENSAYOS
1	Humedad
	Materiales y Equipos <ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Pinza para crisol • Balanza analítica • Estufa a 105°C • Desecador
	Procedimiento <ul style="list-style-type: none"> • Tarar los crisoles y pesar. • Cortar las biopelículas de los 4 tratamientos en dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm y pesar. • Colar las biopelículas en los crisoles y dejarlos en la estufa a 105°C por 24 horas. • Sacar los crisoles de la estufa • Colocarlos en el desecador hasta que se enfríen y pesar. • El ensayo se lo hará por triplicado.
	Fórmula de calculo
	Ecuación 10-2: Calculo de la humedad para las biopelículas

	$\% \text{ Humedad} = \left(\frac{\text{peso inicial de la biopelícula} - \text{peso final de la biopelícula}}{\text{peso inicial de la biopelícula}} \right) * 100$
	<p>Método de ensayo</p> <p>Ensayo basado en la investigación “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador” (Escobar, 2011. p.34).</p>
2	<p>Solubilidad en Agua</p>
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Frascos pequeños con tapa • Agitador Shaker orbital • Estufa <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortar las biopelículas en dimensiones de 2,5 x 2,5 de los 4 tratamientos. • Colocar 80 ml de agua destilada en los frascos junto con la biopelícula. • Agitar en el equipo de Shaker a 100 RPM durante 1 hora. • Filtrar las biopelículas y colocarla en la estufa a 40°C hasta que estén secas. • Posteriormente llevarlo a la biopelícula a 105°C hasta obtener un peso constante. • El ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Formula de calculo</p> <p>Ecuación 11-2: Calculo del porcentaje de solubilidad en agua de las biopelículas</p> $\% \text{ Solubilidad} = \left(\frac{\text{peso inicial de la biopelícula} - \text{peso final de la biopelícula}}{\text{peso inicial de la biopelícula}} \right) * 100$
	<p>Método de ensayo</p> <p>Ensayo basado en la investigación “Obtención de Plástico Biodegradable a Partir de Almidón de Patata” (Charro, 2015, p.32).</p>
3	<p>Espesor</p>
	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calibrador pie de rey
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el espesor con un calibrador pie de rey en diferentes puntos a lo ancho de la lámina y en ángulo recto. • Se recomienda acondicionar la lamida durante 18 horas a 20 ± 2 °C. • Este ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Método de ensayo</p> <p>Ensayo basado en la investigación “Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation” (González et al., 2011, p.332).</p>

4	<p>Permeabilidad de Vapor de Agua</p> <p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Tupos de ensayos • Desecador <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gel de sílice • Cloruro de sodio saturada <p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realizo el método desecante, para esto se debe activar una cantidad considerable de gel de sílice a 105°C por 24 horas. • Cortar las biopelículas en dimensiones de 2,5 x 2,5 de los 4 tratamientos. • Una vez activado el gel de sílice se coloca en los tubos de ensayos llenando las ¾ partes. • Pesar la altura y el diámetro de los tubos de ensayo que se va a utilizar. • Colocar las biopelículas en la boca de cada tubo de ensayo y sellar herméticamente. • Colocar los tubos de ensayo en el desecador con un ambiente de humedad relativa del 48% - 52% y al fondo del desecador una solución saturada de cloruro de sodio con una temperatura de 20°C – 27°C. • Pesar los tubos con la muestra cada hora por 6 horas. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>Formula de calculo</p> <p>Ecuación 12-2: Tasa de transmisión de vapor</p> $WVTR = \frac{(Q/t)}{A} \text{ expresado en } \left(\frac{g}{h \cdot m^2}\right)$ <p>Donde:</p> <p>WVTR= tasa de transmisión de vapor de agua</p> <p>Q= peso ganado del desecante (g)</p> <p>t= tiempo de la prueba (h)</p> <p>A= área total de la biopelícula</p> <p>Ecuación 13-2: Transmisión de vapor de agua</p> $WVP = \frac{WVTR \cdot Z}{S \cdot (HR_2 - HR_1)}$ <p>Donde:</p> <p>WVP= permeabilidad de vapor de agua en (g * h⁻¹ * m⁻¹ * MPa⁻¹)</p> <p>WVTR= pendiente de la curva (g/h) en el área expuesta de la lámina (g/h*m)</p> <p>S`= presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (MPa) (20°C)</p> <p>HR₂= humedad relativa de la cámara con la solución de cloruro de sodio saturada (HR₂=75%)</p> <p>HR₁= humedad relativa en el interior de la celda (HR₁=0%)</p> <p>z= espesor (m)</p> <p>Método de ensayo</p> <p>Ensayo basado en la investigación “Obtención de una Película de Bioplástico a Partir del Colágeno de las Patas de Pollo” basada en la norma ASTM-E96 /96-M05 (Nuñez, 2014, pp.37-38).</p>
5	<p>Ensayos de Tracción</p>

	<p>Materiales y Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maquina Universal de Ensayos – WAW600B • Probeta tipo A especificada en la NTE INEN 2043:2013 <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de bioplástico a partir de almidón de yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa
	<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ese ensayo se realizará en el laboratorio LenMav con las probetas extraídas de cada tratamiento.
	<p>Método de ensayo</p> <p>Basado en el “Método de Ensayo para las Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas” (INEN NTE 2635:2012, 2012, pp.4-5).</p>
6	<p>Biodegradabilidad</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarrinas <p>Sustancias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua, Tierra y Aire • Biopelículas <p>Procedimiento</p> <p>A) Biodegradabilidad en Aire (aerobia)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortar el bioplástico en dimensiones de 4cm x 4cm de cada tratamiento. • Colocar la biopelícula en una superficie lisa a la intemperie. • Fotografiar las biopelículas cada 7 días durante un mes (1, 7, 14, 21 y 28 días). • La prueba de biodegradabilidad se determinará por diferencia de áreas con el software Image J. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>B) Biodegradabilidad en Tierra (anaerobia)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medir el pH de la tierra donde se va a colocar las biopelículas. • Cortar el bioplástico en dimensiones de 4cm x 4cm de cada tratamiento. • Enterrar las biopelículas 12 cm bajo tierra. • Fotografiar las biopelículas al sacar de la tierra y limpiarla lo que más se pueda cada 7 días durante un mes (1, 7, 14, 21 y 28 días). • La prueba de biodegradabilidad se determinará por diferencia de áreas con el software Image J. • El ensayo se lo hará por triplicado. <p>C) Biodegradabilidad en Agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cortar el bioplástico en dimensiones de 4cm x 4cm de cada tratamiento. • Llevar una tarrina de ½ litro con agua potable y colocar la biopelícula. • Fotografiar las biopelículas al sacar de la tierra y limpiarla lo que más se pueda cada 7 días durante un mes (1, 7, 14, 21 y 28 días). • Por la dificultad para medir por áreas porque se desintegra rápidamente, los resultados se observarán cualitativamente. • El ensayo se lo hará por triplicado.
	<p>Método de ensayo</p> <p>Ensayo basado en la “Estandarización de un método para medir la variación del área de la lámina de bioplástico durante el proceso de biodegradabilidad” (Alvarez, 2021, pp.1-6).</p>

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos de los análisis físicos a la materia prima

En la Tabla 1-3 se da a conocer los datos de peso, longitud y espesor de la yuca amarilla utilizada como materia prima para la extracción de almidón.

Tabla 1-3: Datos de los análisis físicos de la yuca amarilla

N°	Peso (g)	Longitud (cm)	Espesor (cm)		
			Base (cm)	Centro (cm)	Punta(cm)
1	974,80	33,50	64,00	52,40	41,20
2	1086,40	35,10	61,20	64,40	45,60
3	998,20	30,90	64,00	63,20	40,10
4	578,90	28,60	59,30	54,60	31,40
5	551,30	27,40	60,40	60,10	28,20
Promedio	837,92	31,10	61,78	58,94	37,30

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.1. Rendimientos obtenidos del almidón de la yuca amarilla

Las variables utilizadas para la extracción del almidón de la yuca amarilla son: RPM (revoluciones por minuto) alta y baja de la licuadora marca Oster, en intervalos de tiempos de: 30 y 60 segundos.

Ecuación 1-3: Porcentaje de Rendimiento para almidón de yuca amarilla

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de Yuca Amarilla sin cáscara}} \times 100$$

Se realizó un muestreo para la selección de la materia prima, que fue adquirida en el mercado San Alfonso de la ciudad de Riobamba, tratando que la yuca no sea madura, esta deberá ser fresca, ya que tiende a madurarse de manera acelerada. Para la presente investigación se utilizó el método estadístico 2^k, donde se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, como se

presenta en las siguientes tablas, siendo el tratamiento 4 que presenta mayor rendimiento de almidón de yuca amarilla con 22,09% rendimiento es bajo para la presente investigación debido a que los tiempos de trituración son bajos y gran parte del almidón ha sido desechado en el afrecho. Según (FAO et al., 2007, pp.49-50), el rendimiento medio de almidón yuca común es 56,84%., considerando que la yuca amarilla es solo una variedad de esta. Sin embargo, si se aumenta demasiado los tiempos de molienda, los gránulos de almidón serán finos y pequeños mismos que podrían sufrir daños físicos y deterioros enzimáticos.

En la Tabla 2-3, se indican los rendimientos de la yuca amarilla.

Tabla 2-3: Resultados del rendimiento de almidón de la yuca amarilla

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen de agua (ml)	Peso			Rendimiento		Tiempo de Reposo	Temperatura de secado	Tiempo de Secado (h)
		RPM: Tiempo			Producto	Almidón		Rendimiento (%)	Promedio (%)			
					Yuca Amarilla	Peso (g)	Total (g)					
1	T1	RPM B: 30s	1	500	200	30,68	138,74	15,34	17,34	12	22	36
2			2			32,08		16,04				
3			3			36,30		18,15				
4			4			39,68		19,84				
5	T2	RPM B: 60s	1			38,03	167,43	19,02	20,93			
6			2			41,28		20,64				
7			3			44,42		22,21				
8			4			43,70		21,85				
9	T3	RPM A: 30s	1			38,55	155,79	19,27	19,47			
10			2			39,27		19,63				
11			3			40,61		20,31				
12			4			37,36		18,68				
13	T4	RPM A: 60S	1			44,03	176,71	22,02	22,09			
14			2			45,46		22,73				
15			3			44,01		22,01				
16			4			43,20		21,60				

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.2. Análisis de varianza del almidón obtenido de yuca amarilla

Estos análisis son necesarios para el proceso sigan un protocolo experimental, de lo contrario será considerado un proceso empírico.

Tabla 3-3: Análisis de Varianza del rendimiento del almidón de yuca amarilla

Fuente	Suma de cuadrados	GI	Cuadrado medio	Razon-F	Valor-p
Efectos Principales					
A: Velocidad	10,8241	1	10,8241	6,22	0,0282
B: Tiempo	38,502	1	38,502	22,14	0,0005
Interacciones					
AB	0,9409	1	0,9409	0,54	0,4761
Residuos	20,8694	12	20,8694		
Total (corregido)	71,1364	15			

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Cuando el valor de probabilidad, es menor a $\alpha = 0,05$ que es el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula (Todas las medias son iguales), y se acepta la hipótesis alterna (No todas las medias son iguales) en la Tabla 3-3 se observa el valor de probabilidad de 0,0282 que es menor a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna donde el factor A conocido como velocidad posee un valor-p de 0,0282 mismo que es menor al nivel de significancia por tanto tiene efecto sobre la variable respuesta (porcentaje de rendimiento), mientras que el factor B conocido como tiempo de licuado tiene 1 valor-p, de 0,0005 mismo que es mucho menor al nivel de significancia (0,05), por lo tanto es el factor que mayoritariamente influirá en el porcentaje de rendimiento. La relación AB posee un valor-p de 0,4761 que es mayor al nivel de significancia sabiendo que solo el tiempo de licuado es el que influirá mayoritariamente para la obtención del porcentaje de rendimiento de almidón como se observa en la Figura 1-3 y Figura 2-3, siendo necesario realizar la prueba de Tukey que se presenta a continuación para saber cuánta diferencia significativa hay entre cada una de las medias de los tratamientos.

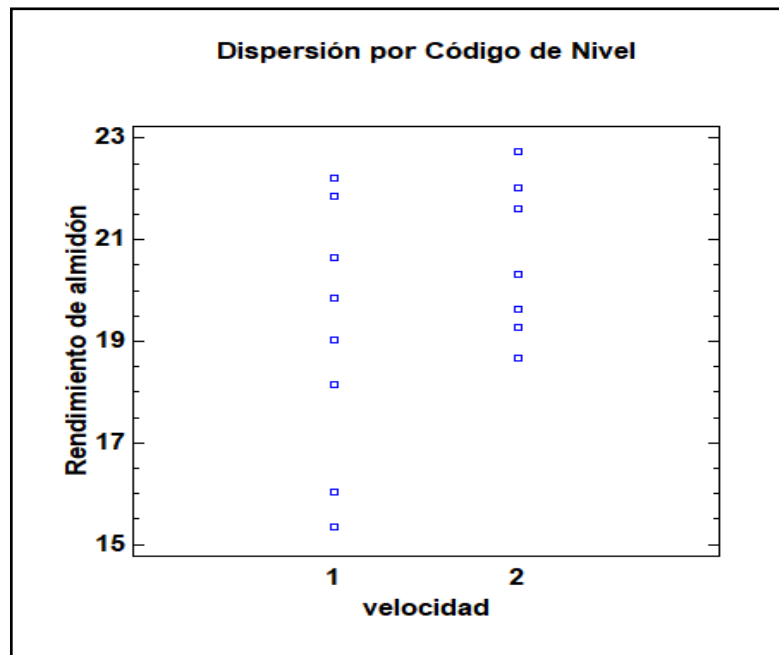


Figura 1-3. Análisis de varianza rendimiento del almidón vs. velocidad
 Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

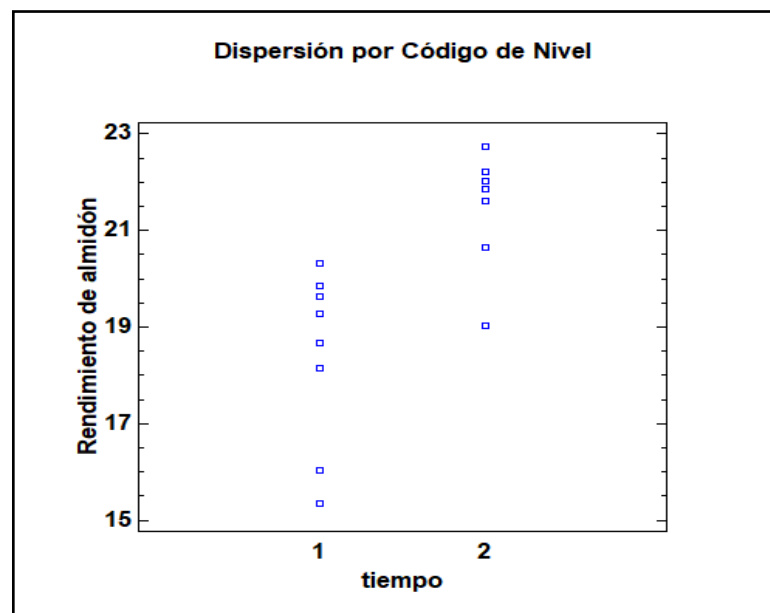


Figura 2-3. Análisis de varianza rendimiento del almidón vs. tiempo
 Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.2.1. Prueba de Tukey para los tratamientos de extracción de almidón

La prueba de Tukey (HSD) indica que grupo o que grupos son los que están haciendo significativa.

Tabla 4-3: HSD para el almidón de yuca amarilla

HSD=	5,41
Multiplicador=	8,21
Mse =	1,74
n=	4

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. .2021.

Ecuación 2-3: Diferencia Honesta significativa

$$\text{HSD} = (\text{Multiplicador} \times \sqrt{\text{Mse}/n})$$

Dónde:

Multiplicador = q alfa, valor que se encuentra en tabla VI, para valores críticos de tukey a 0,05

Mse = cuadrado del error medio, (Suma de cuadrados dentro de los grupos/ Grados de Libertad dentro de los grupos)

n = tamaño de los grupos

Tabla 5-3: Prueba de tukey para los rendimientos de almidón de yuca amarilla

	T1	T2	T3	T4
T1		3,59	2,13	4,75
T2			-1,46	1,16
T3				2,62
T4				

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. .2021.

Tabla 6-3: Comparaciones en parejas de Tukey

Tratamiento	N	Media	Agrupación	
T4	4	22,090	A	
T2	4	20,930	A	
T3	4	19,472	A	B
T1	4	17,34		B

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. .2021.

Todos los tratamientos, presentan un valor menor a la HSD, existiendo una pequeña diferencia significativa entre ellos, además se compara con el análisis de Tukey obtenido en minitab donde todos los tratamientos comparten una agrupación, es decir comparten una letra como se expresa en la Tabla 6-3, obteniendo el T4 como el tratamiento que mayor rendimiento de almidón se obtuvo, aunque se podría utilizar el tratamiento T2 y T3 para obtener cercanos resultados.

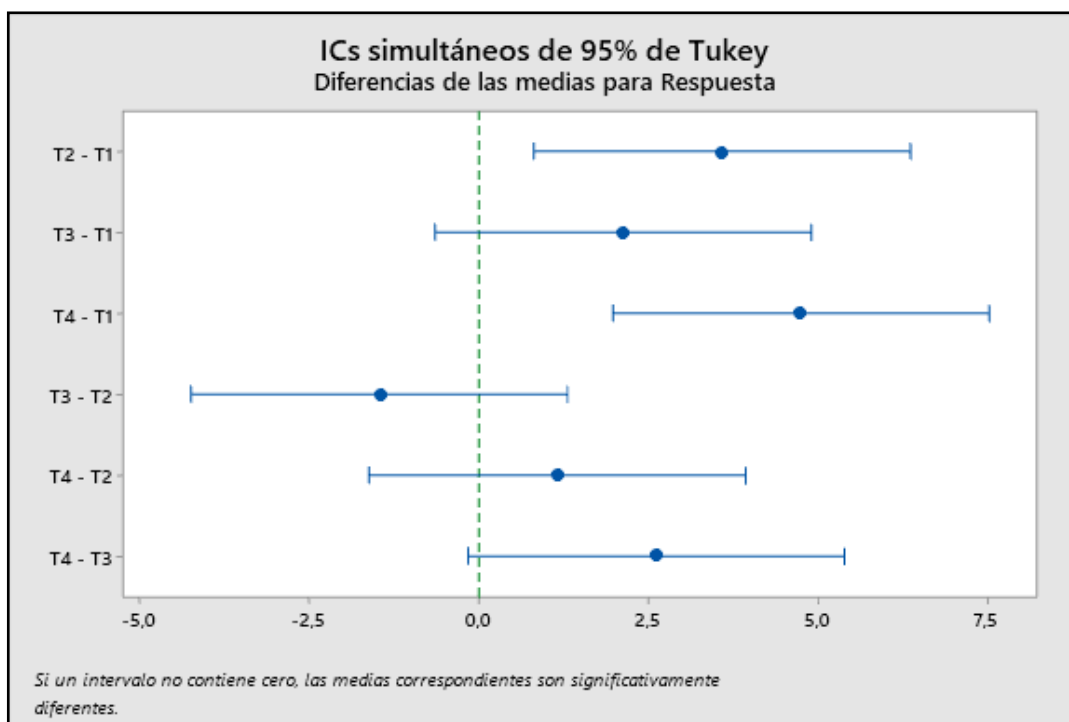


Figura 3-3. Diferencias de las medidas de la variable respuesta

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

En la Figura 3-3 los tratamientos T2-T1 y T4-T1, son significativamente diferentes entre sí, siendo el tratamiento 4 donde se obtiene un mayor rendimiento de almidón de yuca amarilla ya que es a velocidad alta y a mayor tiempo de licuado, variables que influyen mucho en la obtención del almidón.

3.1.3. Ensayos Físicoquímicos para el almidón de yuca amarilla

3.1.3.1. Contenido de amilosa y amilopectina del almidón de yuca amarilla

Tabla 7-3: Resultados de análisis de amilosa y amilopectina de la yuca amarilla

N°	Prueba	Almidón de Yuca Amarilla	Institución
1	Amilosa	18,71	INIAP
2	Amilopectina	81,29	INIAP

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

El contenido de amilosa y amilopectina para el almidón de yuca amarilla es de (18,71% y 8,29%) respectivamente. (FAO et al., 2007, pp.80-81), indica que los valores referenciales para la amilosa de yuca y sus variedades en general varían desde 17-24%, valores que al comparar con el valor de

amilosa presente en esta investigación se encuentra dentro de los valores establecidos, tomando en cuenta que el valor de amilopectina se obtiene restando el contenido de amilosa.

3.1.3.2. Distribución del tamaño de gránulo

El almidón de yuca amarilla debe ser acondicionado comprendiendo las etapas de triturado del almidón, tamizado y empacado.

Tabla 8-3: Resultados de distribución del tamaño de gránulo

Apertura μm	% Retenido de almidón de Yuca Amarilla
300	8,02
150	11,14
106	29,12
63	36,12
38	12,15
Base	3,45
Total	100

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

(FAO et al., 2007, p.67), indica que el 95% los gránulos de almidón deben atravesar la malla 140 (106 μm), pero la mayoría de gránulos se encuentra retenidos en el tamiz 63 μm , sin embargo, se si desea que todos los gránulos de almidón cumplan con esta granulometría puede solucionarse moliendo nuevamente el almidón seco, cumpliendo de esta manera con el tamaño de gránulo de almidón deseado.

3.1.3.3. Determinación de pH

La (NTE INEN 1456, 2013, pp.2-3), señala que la muestra satisface con el requerimiento, cuando el pH alcanzado se encuentre desde 5,0-7,0, Mientras que (FAO et al. 2007, p.89) indica que el pH de un almidón de yuca y sus variedades oscilan desde 6,0-6,5. En el presente ensayo al realizar una comparación con las 2 normas, el almidón nativo de yuca amarilla cumple con el requisito de pH, los datos de las réplicas del ensayo y el promedio de las mismas se presentan en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Resultados de pH

N°	Almidón de Yuca amarilla	Promedio
1	6,28	6,29±0,012
2	6,30	
3	6,28	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.3.4. Contenido de humedad

Tabla 10-3: Datos para los cálculos de Humedad

N°	Peso del Crisol vacío (g)	Peso de la muestra (g)	Peso de Crisol + Peso de la muestra inicial (g)	Peso después de 24h a 105°C
1	33,29	3,00	36,29	35,97
2	38,93	3,00	41,93	41,62
3	34,67	3,00	37,67	37,35

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

A partir de la ecuación 3-2

$$W = \frac{(Mh - Ms)}{(Ms - Mr)} \times 100$$

Dónde:

Mh= peso del recipiente más la muestra húmeda (gramos)

Ms= peso del recipiente más la muestra seca (gramos)

Mr= peso del recipiente (gramos)

$$W_1 = \left(\frac{36,29 - 35,97}{35,97 - 33,29} \right) \times 100$$

$$W_{A1} = 11,76\%$$

Según (FAO et al., 2007, p.62), los almidones con contenidos de humedad superiores al 13% indican mayor probabilidad de contaminación por hongos, mientras que los almidones con contenidos de humedad menores al 10% indican severas condiciones de secado, de acuerdo a los análisis obtenido el contenido de humedad para el almidón de yuca amarilla se encuentra dentro de los parámetros indicados, como se presentan en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3: Resultados para Humedad

N°	Humedad para el almidón de Yuca Amarilla (%)
1	11,76
2	11,52
3	11,94
Promedio	11,74±0,21

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.3.5. Contenido de Cenizas

A partir de la ecuación 5-2

$$R = \frac{m1}{m} \times 100$$

Siendo:

R= residuo por calcinación

m1= masa del residuo en gramos

m= masa de la muestra en gramos

$$R_{A_1} = \frac{0,03}{2,59} \times 100$$

$$R_{A_1} = 0,12\%$$

El contenido de cenizas según (FAO et al., 2007, p.91), en los almidones no debe exceder el 0,12%, los resultados cumplen con los parámetros establecidos por la norma y cuyo valor promedio y las réplicas realizadas se encuentran en la Tabla 12-3.

Tabla 12-3: Resultados de los residuos por calcinación

N°	Almidón de Yuca Amarilla (%)	Promedio
1	0,12	0,11±0,006
2	0,11	
3	0,11	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.3.6. Índice de absorción de agua, Índice de Solubilidad en agua y Poder de Hinchamiento

Tabla 13-3: Datos para los cálculos de ISA, IAA y Poder de Hinchamiento

Almidón Yuca amarilla	Peso gel (g)	Volumen descartado de sobrenadante (ml)	Sobrenadante Secado (g)
1	4,60	26,5	0,01
2	4,41	26	0,01
3	4,43	26,5	0,01

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

A partir de la ecuación 6-2

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

$$\text{Índice de absorción de agua (IAA)}_{A1} = \frac{4,60 \text{ g}}{1,25 \text{ g}} = 3,68 \text{ g gel/g muestra}$$

A partir de la ecuación 7-2

$$\text{Índice de Solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}}$$

$$\text{Índice de Solubilidad en agua (ISA)}_{A1} = \frac{0,01 \text{ g} \times 26,5 \text{ ml} \times 10}{1,25 \text{ g}} = 2,12\%$$

A partir de la ecuación 8-2

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

$$\text{Poder de Hinchamiento (PH)}_{A1} = \frac{4,60 \text{ g}}{1,25 \text{ g} - 0,01 \text{ g}} = 3,71$$

Tabla 14-3: Resultados para el índice de absorción de agua

N°	IAA para almidón de Yuca amarilla (g gel/ g muestra)	Promedio
1	3,68	3,58±0,08
2	3,53	
3	3,54	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Según (FAO et al., 2007, pp.73-74), los valores de referencia para el índice de absorción de agua (IAA) están en un rango de 0,82-15,52g gel/ g muestra, tomando como referencia estos estudios, se encuentran dentro de los valores permisibles establecidos por esta norma, indicados en la Tabla 14-3.

Tabla 15-3: Resultados para el índice de solubilidad en agua

N°	ISA para el almidón de Yuca Amarilla (%)	Promedio
1	2,12	2,11±0,02
2	2,08	
3	2,12	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Para el índice de solubilidad de agua (ISA), la (FAO et al., 2007, pp.73-74), indica que los valores de referencia están entre 0,27-12,32%, el almidón de yuca amarilla se encuentra dentro de estos parámetros, dichos datos se encuentran en la tabla 15-3.

Tabla 16-3: Resultados del Poder de Hinchamiento

N°	Poder de Hinchamiento para el almidón de arroz blanco	Promedio
1	3,71	3,61±0,08
2	3,56	
3	3,57	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

El poder de Hinchamiento (PH), según (FAO et al., 2007, pp.73-74), está dentro de un rango 0,79-15,45, cumpliendo con los valores establecidos.

3.1.3.7. Temperatura de Gelatinización

Según (FAO et al., 2007, p.72), señala que los valores referenciales de la temperatura de gelatinización para la yuca y sus variedades oscila entre 57,5- 70°C. Para el caso de la yuca amarilla la temperatura de gelatinización es 64,33±0,58, dato que se encuentra en la siguiente tabla, así como los datos de las réplicas realizadas.

La temperatura de gelatinización es una variable primordial en la elaboración de las biopelículas.

Tabla 17-3: Resultados de la temperatura de gelatinización

N°	Temperatura de gelatinización del almidón de Yuca Amarilla (°C)	Promedio
1	65	64,33±0,58
2	64	
3	64	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.1.3.8. Viscosidad Brookfield

En la Tabla 18-3 se presentan los resultados de Viscosidad Brookfield, que se llevó a cabo a 100 RPM, y para determinar la viscosidad de almidón de yuca amarilla, se utilizó el número de aguja SPL 4.

Tabla 18-3: Resultados de Viscosidad Brookfield

Tipo de almidón	N°	Viscosidad Brookfield (cP)	Promedio
Almidón de Yuca Amarilla	1	2829,40	2858±24,96
	2	2869,20	
	3	2875,40	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Según (FAO et al., 2007, p.66), el valor de referencia de viscosidad varía entre 840-1500cP. Los valores obtenidos para la viscosidad del almidón de Yuca amarilla superan estos valores. Según (Pizarro et al., 2016, p.5), en su estudio Diversificación de los almidones de Yuca y sus posibles usos en la industria alimentaria, en la figura 5 del apéndice A indica que el cruce de yucas provenientes de 138 familias que es AM su viscosidad en cP se encuentra desde 1294,9 hasta 1306,8 mientras que el cruce de yuca GM su viscosidad se encuentra desde 4694,16 hasta 4694, 33 lo cual indica que los valores de viscosidad del almidón de yuca amarilla se encuentran dentro de los rangos permisibles de la investigación de Pizarro, ya que según los análisis de viscoamilograma siempre existirán diferencias notorias entre las variedades de Yuca y se debe a la diferencia fisicoquímica, morfológica y funcionales de los almidones. El gel formado de la yuca amarilla en la presente investigación es de color blanco, no transparente pero tampoco opaco y según (Pizarro et al., 2016, p.5), señala que se trata de un almidón normal.

3.1.3.9. Análisis Microbiológicos

Para los análisis microbiológicos la (FAO et al., 2007, pp.95-98), señala que el valor referencial para los Coliformes fecales es < 10 UFC/g, para mohos y levaduras los valores no deben superar de 1000 a 5000 UFC/g, como se presenta en la Tabla 19-3.

Tabla 19-3: Resultados de los análisis Microbiológicos

Almidón de Yuca Amarilla				
Determinaciones	Unidades	Método de análisis	Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	1 000- 5 000	Ausencia

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.2. Análisis físico del aceite esencial de hierba luisa como aditivo

El aceite de Hierba Luisa fue obtenido por el método de arrastre de vapor, debido a que según (Meza & Vargas, 2013, p.11), se obtiene un alto rendimiento, pureza, y no es necesario utilizar tecnología de punta.

Tabla 20-3: Resultados del análisis sensorial del aceite esencial

Análisis	Resultados
Color	Amarillo pálido
Olor	Olor a limón (cítrico)
Apariencia	Translucido

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Los resultados característicos del aceite esencial de hierba luisa obtenidos según (Meza & Vargas, 2013, p.66), indica que su color, olor y apariencia son iguales a los encontrados en la materia prima ya mencionada, esto se da sin importar el tipo de hierba luisa utilizada.

3.2.1. Rendimiento del aceite esencial de la hierba luisa

Ecuación 3-3: Calculo del rendimiento del aceite esencial

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{Ca}{Mp} \times 100$$

Dónde:

%Re= Porcentaje de rendimiento del aceite esencial

Ca= cantidad del aceite esencial extraído

Mp= cantidad de la planta destilada

$$\%Re = \frac{20 \text{ ml}}{5000 \text{ g}} \times 100 = 0,40$$

Se obtuvo un rendimiento bajo debido a que el equipo extractor por el método de arrastre de vapor no se encontraba en óptimas condiciones, sin embargo, el aceite extraído cumple con los parámetros organolépticos adecuados.

3.2.2. Análisis de IR, del aceite esencial de hierba luisa

En la Figura 4-3 se muestra el espectro IR del aceite esencial obtenido experimentalmente a partir de hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*), por el método de arrastre de vapor. Se muestra muy similar al espectro IR de aceite esencial comercial presentado por (Restrepo et al., 2009, pp.9-14), ya que las bandas características alrededor de los 3000 cm⁻¹ y 1675 cm⁻¹ son idénticas, por otro lado, las que continúan hasta los 600 cm⁻¹ presentan pequeñas atenuaciones que tienen que ver con la forma en la que se extrae el aceite en comparación a (Restrepo et al., 2009, pp.9-14) “que se extrae por otro método diferente (CO₂ supercrítico), además existe la banda alrededor de los 3500 cm⁻¹ que se debe al agua que se encuentra en mezcla con el aceite esencial por la extracción por arrastre de vapor” (Restrepo et al., 2009, pp.9-14).

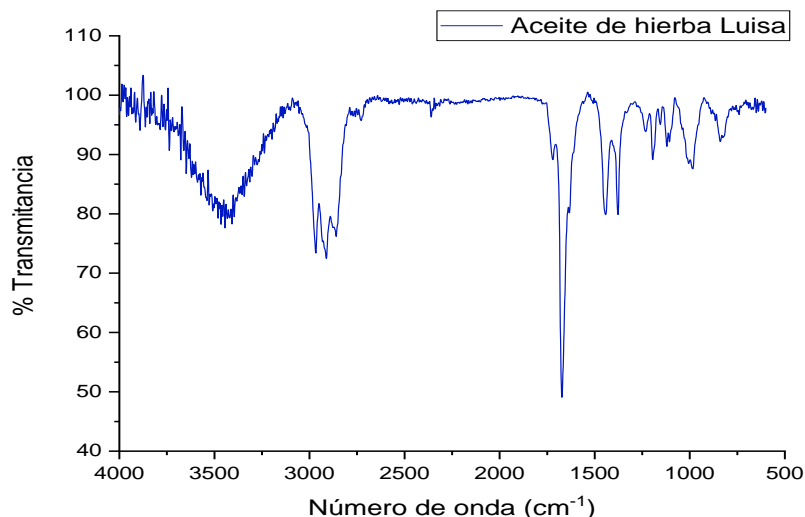


Figura 4-3. IR de Aceite de hierba luisa
Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.2.3. Índice de Refracción del aceite de hierba luisa

El aceite de Hierba Luisa posee un índice de refracción igual a 1,48 Según (Meza & Vargas, 2013, p.12), señala que es la relación entre el seno del ángulo de incidencia de la luz y el seno del ángulo de refracción cuando la luz pasa oblicuamente a través del medio.

3.2.4. pH del aceite de hierba luisa

El pH es igual a 5, Según (Meza & Vargas 2013, pp.7-10), el aceite esencial de hierba Luisa posee propiedades bactericidas, y en su investigación acerca del aceite esencial de la hierba luisa posee un pH de 5,6 lo cual indica que el valor arrojado se encuentra dentro de rango.

3.2.5. Densidad del aceite de hierba luisa

La densidad es igual a 0,98 g/ml, Según (Meza & Vargas, 2013, p.12), señala que es la relación entre la masa de un volumen de una sustancia a ensayar a 25°C, y en su investigación la hierba luisa posee una densidad de 1,02 g/ml lo cual indica que el valor calculado en la presente investigación se encuentra dentro de los valores estándar.

3.3. Elaboración de las biopelículas a partir de almidón de yuca amarilla

En la Tabla 21-3 se presenta las composiciones para la elaboración de las películas bioplásticas de acuerdo al método factorial 2K manteniendo constante el agua destilada (40ml) y el ácido acético (3 ml) y variando las composiciones de almidón (2,8 y 3,3) gramos y glicerina como plastificante (0,9 y 1) ml.

Tabla 21-3: Ensayos de las biopelículas a partir de almidón de yuca amarilla

N°	Tratamiento	Variable	Repetición	COMPOSICIONES		Observación
				Almidón	Glicerina	
1	TP1	CA1: CP1	1	2,8	0,9	Forma la película
2			2			
3			3			
4			4			
5	TP2	CA1: CP2	1	2,8	1	Forma la película
6			2			
7			3			
8			4			
9	TP3	CA2: CP1	1	3,3	0,9	Forma la película
10			2			
11			3			
12			4			
13	TP4	CA2: CP2	1	3,3	1	Forma la película
14			2			
15			3			
16			4			

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

El cálculo de la relación almidón-plastificante, así como la cantidad de agua destilada para las formulaciones se realizaron tomando como guía los artículos científicos de (Marichelvam et al., 2019, pp.4-5).

Tabla 22-3: Análisis sensorial de las biopelículas obtenidas a partir del almidón de yuca amarilla y aceite esencial de hierba luisa

Muestra	Biopelícula	Transparencia	Factibilidad de moldeo	Forma película	Estabilidad
T1		Blanco transparente	SI	SI	SI
T2		Blanco transparente	SI	SI	SI
T3		Blanco transparente	SI	SI	SI
T4		Blanco transparente	SI	SI	SI

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.4. Métodos de ensayo para validación de las biopelículas a partir de almidón de yuca amarilla

3.4.1. Humedad

A partir de la ecuación 10-2

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la película} - \text{peso final de la película}}{\text{peso inicial de la película}} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad P1}_A = \frac{0,097 - 0,075}{0,097} \times 100$$

$$\% \text{ de humedad P1}_A = 22,68\%$$

Tabla 23-3: Resultados de la humedad

N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% de humedad	Promedio (%)
P1 _A	0,097	0,075	22,68	23,12±1,19
P1 _B	0,094	0,071	24,47	
P1 _C	0,099	0,077	22,22	
P2 _A	0,102	0,074	27,45	25,10±2,04
P2 _B	0,105	0,080	23,81	
P2 _C	0,104	0,079	24,04	
P3 _A	0,089	0,072	19,10	20,21±0,97
P3 _B	0,091	0,072	20,88	
P3 _C	0,092	0,073	20,65	
P4 _A	0,081	0,062	23,46	23,80±1,07
P4 _B	0,084	0,063	25,00	
P4 _C	0,109	0,084	22,94	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

El porcentaje de humedad tiende a aumentar la vida útil del plástico, (Muscat et al., 2012, pp.190-193), señala que la glicerina es muy higroscópica es decir que posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, y a la vez le brinda flexibilidad a las biopelículas debido a la presencia de grupos hidroxilo en su composición.

3.4.2. Solubilidad

3.4.2.1. Cálculos para la solubilidad

A partir de la ecuación 11-2

$$\% \text{ Solubilidad} = \left(\frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} \right) \times 100$$

$$P1_A = \left(\frac{0,147 - 0,130}{0,417} \right) \times 100$$

$$P1_A = 11,56\%$$

Tabla 24-3: Resultados para Solubilidad

N°	Pi	P1	P2	P3	P4	Pf	% de Solubilidad	Promedio
P1 _A	0,108	0,068	0,068	0,067	0,067	0,067	37,96	38,93±1,02
P1 _B	0,103	0,068	0,065	0,065	0,063	0,063	38,83	
P1 _C	0,100	0,062	0,062	0,061	0,060	0,060	40,00	
P2 _A	0,144	0,092	0,092	0,092	0,092	0,092	36,11	36,14±0,45
P2 _B	0,153	0,099	0,098	0,098	0,097	0,097	36,60	
P2 _C	0,154	0,101	0,100	0,099	0,099	0,099	35,71	
P3 _A	0,163	0,112	0,109	0,107	0,107	0,107	34,36	33,16±1,04
P3 _B	0,154	0,106	0,104	0,104	0,104	0,104	32,47	
P3 _C	0,147	0,101	0,099	0,099	0,099	0,099	32,65	
P4 _A	0,117	0,078	0,077	0,076	0,075	0,075	35,90	36,12±0,41
P4 _B	0,123	0,080	0,079	0,079	0,079	0,078	36,59	
P4 _C	0,145	0,096	0,094	0,094	0,094	0,093	35,86	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Los resultados de solubilidad de los tratamientos de bioplásticos son: 38,93±1,02, 36,14±0,45, 33,16±1,04, 36,12±0,41, como se puede apreciar en la Tabla 24-3, y se puede apreciar que no varían en gran medida unos de otros según (Marichelvam et al., 2019, p.9), esto se debe a que los bioplásticos fueron elaborados con un solo tipo de almidón como es el almidón de yuca amarilla.

3.4.3. Espesor

El espesor de los bioplásticos a partir de yuca amarilla, se midió con un calibrador pie de rey y se calcula la media de las 4 réplicas. Teniendo en cuenta que el espesor de las biopelículas también va a depender de la cantidad de mezcla que se coloque en los moldes. El espesor promedio de los bioplástico se presenta en la Tabla 25-3.

Tabla 25-3: Resultados del espesor de las biopelículas

Tratamiento	Nº	Peso (g)	Espesor (mm)	Promedio
TP1	1	1,81	0,1	0,15±0,058
	2	1,84	0,1	
	3	1,74	0,2	
	4	1,68	0,2	
TP2	1	1,51	0,2	0,2
	2	1,87	0,2	
	3	1,75	0,2	
	4	1,80	0,2	
TP3	1	1,91	0,2	0,2
	2	1,89	0,2	
	3	1,88	0,2	
	4	1,88	0,2	
TP4	1	1,21	0,1	0,1
	2	2,31	0,1	
	3	1,52	0,1	
	4	1,21	0,1	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

(Marichelvam et al., 2019, pp.6-7), en su investigación Bioplásticos a partir de almidón de maíz y arroz como embalaje alternativo, indica que el espesor de los bioplásticos no debe ser inferior a 0,05mm. Los resultados muestran que los bioplásticos obtenidos a partir de yuca amarilla tienen un grosor de 0,1-0,2 mm, por tanto, pueden ser considerados como una buena opción preparar envolturas.

3.4.4. Permeabilidad

Tabla 26-3: Datos para calcular la permeabilidad de las biopelículas

Nº	R Mm	Área πr^2 (m ²)	Pi	P1	P2	P3	P4	P5	P6
P1 _A	10	0,00031	31,909	31,912	31,912	31,914	31,917	31,919	31,921
P1 _B	10	0,00031	31,487	31,490	31,493	31,493	31,496	31,497	31,499
P1 _C	10	0,00031	31,587	31,589	31,592	31,593	31,596	31,597	31,599
P2 _A	10,5	0,00035	31,235	31,237	31,239	31,241	31,243	31,245	31,247
P2 _B	10,5	0,00035	31,972	31,973	31,974	31,977	31,978	31,979	31,981
P2 _C	10,5	0,00035	32,141	32,142	32,142	32,146	31,149	32,152	32,155
P3 _A	10,5	0,00035	31,643	31,644	31,647	31,649	31,650	31,652	31,655
P3 _B	10,5	0,00035	31,439	31,440	31,441	31,442	31,445	31,446	31,448
P3 _C	10	0,00031	31,650	31,651	31,653	31,654	31,656	31,657	31,659
P4 _A	10,5	0,00035	31,949	31,952	31,955	31,957	31,957	31,958	31,960
P4 _B	10,5	0,00035	31,643	31,645	31,646	31,648	31,649	31,651	31,653
P4 _C	10,5	0,00035	32,445	32,449	31,449	32,452	32,454	32,456	32,459

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.4.4.1. Cálculos para la tasa de transmisión de vapor (WVTR)

A partir de la ecuación 13-2

$$WVTR = \frac{Q}{A} \text{ Expresado en } \left(\frac{g}{h \times m^2}\right)$$

$$WVTR_{A2_1} = \frac{(31,921 - 31,909)g / 7h}{0,00031 m^2}$$

$$WVTR_{A2_1} = 5,530 \frac{g}{h \cdot m^2}$$

Tabla 27-3: Resultados de la tasa de transmisión de vapor

Tratamientos	Repeticiones	Tasa de transmisión de vapor $\frac{\text{g}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$	Promedio $\frac{\text{g}}{\text{h} \cdot \text{m}^2}$
P1	1	5,53	5,53±0,00
	2	5,53	
	3	5,53	
P2	1	4,90	4,76±1,03
	2	3,67	
	3	5,71	
P3	1	4,90	4,24±0,62
	2	3,67	
	3	4,15	
P4	1	4,49	4,76±0,85
	2	4,08	
	3	5,71	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.4.4.2. Cálculos para la transmisión de vapor de agua (WVP)

A partir de la ecuación 14-2

$$WVP = \frac{WVTR \times z}{S'(HR_2 - HR_1)}$$

$S' = 0,002392\text{MPa} \rightarrow$ a 20°C Tabla A-4 del Apéndice 1 (Cengel & Boles, 2012)

$$WVP_{1A} = \frac{5,53 \frac{\text{g}}{\text{h} \cdot \text{m}^2} \times (0,00015 \text{ m})}{0,002392\text{MPa} (75 - 0)}$$

$$WVP_{1A} = 0,0046 \frac{\text{g}}{\text{h} \cdot \text{MPa} \cdot \text{m}}$$

Tabla 28-3: Resultados de la transmisión de vapor de agua

Tratamientos	Repeticiones	Transmisión de vapor	Promedio $\frac{\text{g}}{\text{h.MPa.m}}$
		$\frac{\text{g}}{\text{h.MPa.m}}$	
P1	1	0,0046	0,0046±0,00
	2	0,0046	
	3	0,0046	
P2	1	0,0055	0,0053±0,001
	2	0,0041	
	3	0,0064	
P3	1	0,0055	0,0047±0,001
	2	0,0041	
	3	0,0046	
P4	1	0,0050	0,0053±0,001
	2	0,0046	
	3	0,0064	

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

La permeabilidad al vapor de agua (WVP) se realizó por medio de 3 réplicas, según el método de la ASTM D1653-93, las biopelículas para este ensayo son de 2,5cm × 2,5 cm, libres de grietas, burbujas y agujeros. Los valores de WVP de las biopelículas, de los respectivos tratamientos son: 0,0046 ±0,00; 0,0053±0,001; 0,0047 ±0,001; 0,0053±0,004 g/h.MPa.m respectivamente, siendo tratamiento 1, el que menor permeabilidad al vapor de agua presenta. Según (Muscat et al., 2012, pp.191-194), la permeabilidad de las películas es una característica fundamental para los materiales destinados al sector de envolturas, ya que está ligada con la vida útil y estabilidad del producto envasado. Como se puede observar en la Tabla 28-3, no existe mucha diferencia unas de otras debido a que todas las biopelículas son elaboradas a partir de almidón de yuca amarilla, teniendo bajos valores de permeabilidad al vapor de agua y pudiendo ser consideradas como una buena opción en comparación con la investigación de (Charro, 2015, p.58), donde el valor de permeabilidad para la biopelícula de patata GMC es 0,1766 g/h.MPa.m.

3.4.5. Ensayo de tracción

Tabla 29-3: Resultados de los ensayos de tracción

Muestra	Probeta	Módulo de Elasticidad (MPa)	Carga de Fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	% de elongación
P ₁	1	0,585	1,93	1,78	2,23	2,05	11,44
P ₂	1	0,223	3,18	2,90	3,50	3,19	10,52
P ₃	1	0,150	4,11	4,20	4,50	4,60	29,68
P ₄	1	0,278	2,82	3,15	3,22	3,59	7,04

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.





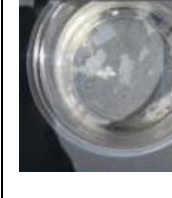


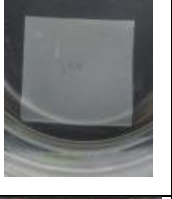





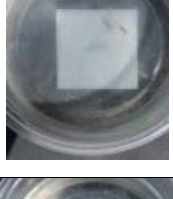
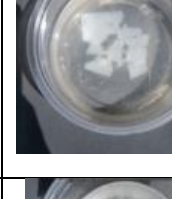





Como se puede observar en la Tabla 29-3 el módulo de Young para las biopelículas son muy bajos. Según la investigación de (Muscat et al., 2012, pp.192-194), El módulo de elasticidad disminuye cuando el porcentaje de elongación aumenta, esto se puede verificar ya que el tratamiento 3 es el que mayor porcentaje de elongación presenta y menor módulo de elasticidad posee.

El porcentaje de elongación para los tratamientos 1, 2, 3, 4 presenta los siguientes valores: 11,44, 10,52, 29,68, 7,04. Según (Muscat et al., 2012, pp.192-194), la resistencia a la tracción, el módulo de elasticidad disminuyen y el alargamiento aumenta ya que concentraciones de plastificante se encuentran por encima del 15% en base sólida seca, y esta regla se puede aplicar a cualquier tipo de almidón. En la presente investigación se puede confirmar ya que las biopelículas obtenidas poseen una combinación ideal de almidón-plastificante por encima del 15%, y no mayor al 30% en base sólida seca. (Marichelvam et al., 2019, pp.6-8), en su investigación de los bioplásticos alternativos para envases a partir de almidón de maíz y arroz afirma que el glicerol brinda a las películas flexibilidad, ya que se reducen los enlaces intermoleculares al tener grupos hidroxilos mismas que tienden a modificar las propiedades mecánicas.

3.4.6. Biodegradabilidad

3.4.6.1. Biodegradabilidad en el agua

Tabla 30-3: Resultados de biodegradabilidad en el agua

D T	0	7	14	21	28
P1					
P2					
P3					
P4					

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Tabla 31-3: Resultados biodegradabilidad en agua por pérdida de área





















Formulación	Área inicial (cm²)	Días	Área final (cm²)	% de pérdida por área
P1	16	7	12,35	22,81
	16	14	6,71	58,06
	16	21	4,87	69,56
	16	28	4,37	72,69
P2	16	7	14,86	7,13
	16	14	13,39	16,31
	16	21	13,14	17,88

	16	28	13,02	18,63
P3	16	7	15,10	5,63
	16	14	14,05	12,19
	16	21	13,41	16,19
	16	28	10,10	36,88
P4	16	7	15,13	5,44
	16	14	12,69	20,69
	16	21	11,98	25,13
	16	28	2,85	82,19

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.4.6.2. Biodegradabilidad anaerobia

Tabla 32-3: Resultados de biodegradabilidad en tierra

D T	0	7	14	21	28
P1					
P2					
P3					
P4					

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.














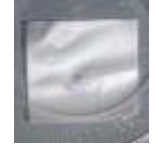






Tabla 33-3: Resultados biodegradabilidad anaerobia por pérdida de área

Formulación	Área inicial (cm²)	Días	Área final (cm²)	% de pérdida por área
P1	16	7	11,98	25,12
	16	14	11,54	27,88
	16	21	10,34	35,38
	16	28	5,67	64,56
P2	16	7	11,84	26,03
	16	14	10,08	37,00
	16	21	5,54	65,38
	16	28	3,23	79,81
P3	16	7	11,24	29,75
	16	14	10,21	36,19
	16	21	9,23	42,31
	16	28	8,28	48,25
P4	16	7	11,50	28,15
	16	14	11,34	29,13
	16	21	9,93	37,94
	16	28	1,88	88,25

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

3.4.6.3. Biodegradabilidad en el aire

Tabla 34-3: Resultados de biodegradabilidad en el aire por pérdida de área

D T	0	7	14	21	28
P1					
P2					
P3					
P4					

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

Tabla 35-3: Resultados biodegradabilidad en el aire por pérdida de área

Formulación	Área inicial (cm ²)	Días	Área final (cm ²)	% de pérdida por área
P1	16	7	15,90	0,63
	16	14	15,30	4,38
	16	21	14,68	8,25
	16	28	13,28	17,00
P2	16	7	15,28	4,50
	16	14	14,98	6,38
	16	21	14,50	9,38
	16	28	13,95	12,81
P3	16	7	15,35	4,06
	16	14	14,98	6,38
	16	21	14,22	11,13
	16	28	13,18	17,63

P4	16	7	15,10	5,63
	16	14	14,87	7,06
	16	21	13,67	14,56
	16	28	10,96	31,50

Realizado por: Quintana Remache, Daniela. 2021.

La biodegradabilidad anaerobia tuvo lugar enterrando las películas en el suelo bajo 12 cm, Biodegradabilidad en el agua y Biodegradabilidad en el aire se llevaron a cabo en condiciones de interior durante 28 días. Para realizar los cálculos por pérdida de área fue necesario utilizar el software Image J, donde las mediciones del área se realizarán por triplicado, y utilizado solo el promedio para los respectivos cálculos. Para la biodegradabilidad en el agua a los 28 días el tratamiento 4 se ha degradado mayoritariamente con respecto a los demás tratamientos en un 82,19%, mientras que para la Biodegradabilidad en el aire el tratamiento 4 se degradó en un 31,50% y finalmente para la biodegradabilidad anaerobia a los 28 días el tratamiento 4 se ha degradado en un 88,25%. Siendo la biodegradabilidad Anaerobia y en el agua consideradas como los procesos óptimos de biodegradación para los biofilms a partir de almidón de yuca amarilla. Según (González et al., 2011, pp.335-337), indica que la biodegradabilidad de las biopelículas en el suelo depende en gran medida del grado de la unión entre moléculas, haciendo que cualquier variación genere una biodegradación violenta. El tratamiento 4 tiende a degradarse mayoritariamente y según (González et al., 2011, pp.335-337), se debe a que forma enlaces con el agua por tanto tiende a degradarse más pronto a diferencia de las demás películas, y al grado de unión de sus moléculas.

3.4.7. Análisis Microbiológicos del Bioplástico

Tabla 36-3: Resultados de los análisis microbiológicos del Bioplástico

Tratamiento	Parámetros	Método	Resultado
P1	Coliformes Totales UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/g		Ausencia
P2	Coliformes Totales UFC/g		Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/g		Ausencia
P3	Coliformes Totales UFC/g		Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/g		Ausencia
P4	Coliformes Totales UFC/g		Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/g		Ausencia

Realizado por: Quintana Remache, Daniela.2021.

En la Tabla 36-3 se aprecia los resultados de los bioplásticos, mismos que se encuentran en ausencia de mohos, levaduras y Coliformes totales, Según (Meza & Vargas, 2013, p.22), indica que el aceite de hierba luisa tiene el CMI que se define también como la concentración mínima de una gama de disoluciones de antibióticos que desencadena una inhibición de cualquier crecimiento bacteriano visible, además de poseer la capacidad de eliminar cepas bacterianas, es decir produce la muerte celular, de acuerdo a estos estudios se puede confirmar que el aceite esencial de hierba Luisa es un buen agente inhibidor de microorganismos en la formación del bioplástico.

3.5. Discusión de Hipótesis

3.5.1. Hipótesis 1

El método de extracción de almidón de yuca amarilla por vía húmeda, se observa que el de mayor rendimiento es el tratamiento 4 con 22,09% y mediante el análisis ANOVA, el valor de probabilidad es menor al nivel de tolerancia por tanto se acepta la hipótesis alterna, siendo necesario realizar la prueba de Tukey, para conocer la diferencia significativa entre los rendimientos del almidón de yuca amarilla, donde existe una pequeña diferencia significativa entre las medias de los rendimientos de almidón de los respectivos tratamientos.

3.5.2. Hipótesis 2

Según (Meza & Vargas, 2013, pp.7-10), con el método de arrastre de vapor, se obtiene un alto rendimiento, pureza, y no es necesario utilizar tecnología de punta, es muy importante contar con un equipo en perfectas condiciones ya que en la presente investigación se obtiene un rendimiento muy bajo y cercano al 1%.

3.5.3. Hipótesis 3

El porcentaje de amilosa es muy importante para formular la biopelícula debido a que para la elaboración de las mismas en la presente investigación se realizó con el método estadístico factorial 2K, tomando como guía el artículo científico de (Muscat et al., 2012, p.189), donde si el almidón posee baja amilosa como es el caso de la yuca amarilla que posee 18,71%, las relaciones almidón-plastificante serán de 70:30, 80:20, 85:15, 70:21, para las formulaciones de los biofilms de la presente investigación se ha cumplido con la relación de plastificante mayor al 15% en peso, para evitar el agrietamiento de los biofilms por el fenómeno de antiplasticidad.

3.5.4. Hipótesis 4

Los tratamientos para la obtención de biopelículas a partir de almidón de yuca, se varían las cantidades de glicerina (0,9 y 1) gramos y se mantiene constante almidón de yuca amarilla (2,8 y 3,3) gramos, 1 ml de aceite de hierba Luisa, ácido acético 3 ml, 40 ml de agua destilada y agitación constante, los aditivos son fundamentales en la formación de la biopelícula ya que luego de la mezcla de agua-almidón se produce un arreglo cristalino que al calentarse se convierte en una pasta que adquiere una viscosidad que va a necesitar de plastificantes como la glicerina para aumentar la flexibilidad y otras características que se requieran de las biopelículas que se lograrán ajustando las cantidades de los aditivos, como el aceite de hierba Luisa que un inhibidor de microorganismos, el ácido acético como acelerante y conservante.

3.5.5. Hipótesis 5

Las biopelículas a partir de yuca amarilla, mediante los métodos de validación: los valores de humedad para los respectivos tratamientos son: $23,12 \pm 1,19$; $25,10 \pm 2,04$; $20,21 \pm 0,97$ y $23,80 \pm 1,07$, siendo valores bajos con respecto a otras biopelículas provenientes de fuentes vegetales, siendo una buena opción como envolturas, ya que no permitirá la proliferación de bacterias, cumplen con el espesor requerido, baja permeabilidad al vapor de agua, son flexibles, resistentes y son biocompatibles con el medio ambiente ya que a los 28 días el tratamiento 4 en medio anaerobio se ha degradado en un 88,25%, convirtiéndose en una biopelícula ideal para el recubrimiento de frutas, verduras y hortalizas, ya que se realizó una prueba piloto recubriendo granos de choclo y frutales de cereza agria, misma que fue validada ya que gracias a las características de las biopelículas obtenidas se logró una estabilidad con el producto embalado.

CONCLUSIONES

La extracción de almidón de yuca amarilla por el método de vía húmeda, variando la velocidad RPM (alta y baja) y tiempo de trituración de (30 y 60 segundos) con rendimiento promedio de 22,09%.

Mediante la caracterización del almidón de yuca amarilla se obtuvieron valores de: pH de $6,29 \pm 0,012$, Humedad $11,74 \pm 0,21$, Cenizas $0,11 \pm 0,006\%$, índice de solubilidad en agua $2,11 \pm 0,02\%$, Temperatura de gelatinización $64,33 \pm 0,58$, Viscosidad Brookfield $2858 \pm 25,96$. Para los análisis microbiológicos del almidón se encuentran en ausencia de Coliformes totales, fecales, mohos y levaduras. Mientras que para el aceite esencial por medio de los ensayos de caracterización se obtienen los siguientes resultados: índice de refracción 1,48; pH 5; y densidad de 0,98g/ml.

Se obtuvo bioplásticos a nivel de laboratorio, a partir de almidón de yuca amarilla con el método factorial 2^k de 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, donde se varía la cantidad de almidón de yuca amarilla (2,8 y 3,3) gramos y glicerina como plastificante (0,9 y 2,1) ml, y manteniendo constante el agua destilada (40 ml), ácido acético (3 ml), aceite esencial de hierba luisa (1 ml) como inhibidor de microorganismos.

Mediante la validación de las biopelículas provenientes de los respectivos tratamientos que son 4 y obtenidas a partir de almidón de yuca amarilla, donde la biopelícula del tratamiento 3, es la ideal para el sector de envolturas, por medio de los siguientes métodos de ensayo se obtuvo los siguientes resultados: Humedad $20,21 \pm 0,97\%$, Solubilidad de $33,16 \pm 1,04\%$, Espesor de 0,2 mm, Permeabilidad al vapor de agua $0,0047 \pm 0,001$ g/h.Mpa.m, posee un porcentaje de elongación 29,68%, en cuanto a la Biodegradabilidad en el aire se ha degradado en un 17,83%, Biodegradabilidad Anaerobia se ha degradado en 48,25 % , la Biodegradabilidad en el agua la biopelícula que se ha degradado en un 36,88% , a los 28 días. Finalmente cumple con los requisitos para envolturas biodegradables para alimentos, especialmente de verduras y hortalizas.

RECOMENDACIONES

Para la extracción de almidón, utilizar yuca amarilla fresca, ya que tiende a madurar de manera acelerada o a su vez a dañarse por su nivel elevado de humedad.

Utilizar hierba luisa fresca y tierna para la extracción de aceite esencial.

Para la extracción de aceite esencial es necesario contar con un equipo en buenas condiciones.

Es importante que la mezcla llegue al punto exacto de gelatinización para obtener una buena estabilidad.

Controlar las técnicas de secado de las biopelículas, para bajar los módulos de Young y elevar los porcentajes de elongación de los mismos.

La tierra debe poseer un buen porcentaje de humedad para lograr que una biodegradabilidad acelerada.

El agua no debe ser muy clorada para tener un resultado más preciso.

BIBLIOGRAFÍA

ACÁN, F & PILATAXI, J. Diseño y Construcción de un equipo extractor de Aceites Esenciales por arrastre de vapor para Berro, Espinaca, Zanahoria [en línea] (Trabajo de Titulación). [Pregrado] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ecuador. 2014. pp. 55-57. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: [http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3874/1/96T00279 UDCTFC.pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3874/1/96T00279%20UDCTFC.pdf).

AGRI NOVA CIENCE. *El Cultivo de la Yuca* [blog]. 2019 [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.

ALVAREZ, M. *Estandarización de un método para medir la variación del área de la lámina de bioplástico durante el proceso de biodegradabilidad* [blog]. 2021 [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>.

ASROFI, Mochamad et al. “Characteristic of composite bioplastics from tapioca starch and sugarcane bagasse fiber: Effect of time duration of ultrasonication (Bath-Type)”. *Materials Today: Proceedings*. [en línea], 2020, vol. 46(4), pp. 1626-1630. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN 22147853. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320353475#kg005>.

BALLESTEROS, Laura. *Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo* [blog]. 2010 [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: [http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/2247/1/Los Bioplásticos_Laura Ballestero_USBCTG_2014.pdf](http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/2247/1/Los%20Bioplásticos_Laura%20Ballestero_USBCTG_2014.pdf).

BONETE, María, et al. “Estudio de cuatro tubérculos y raíces tuberosas no tradicionales de la sierra centro de Ecuador y su potencial de uso en platos de autor” *Qualitas* [en línea], 2016, (Ecuador) vol. 12, p. 39. [Consulta: 11 junio 2021]. Disponible en: https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/08/03_12_BONETEetal_RTAs-1.pdf.

BRITO, Hannibal. Extracción de Aceites Esenciales. [en línea], 2017, Ecuador. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/461737674/EXTRACCION-DE-ACEITES-ESENCIALES-FINAL-2>. 2017.

BRITO, Hannibal et al. “Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)”. *Revistas ESPOCH* [en línea], 2019, (Ecuador) vol. 10, pp.

203-204. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: <http://revistas.esepoch.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

BUENSUCESO, Virginia. Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca (*manihot esculenta crantz*) [en línea], (Trabajo de Titulación). [Pregrado] Instituto Politécnico Nacional, México. 2010. p. 12. [Consulta: 8 junio 2021]. Disponible en: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25079/Elaboración_y_caracterización_de_biopelículas_a_partir_de_almidón_de_yuca_%28Manihot_esculenta_crantz%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CARDENAS, Jorge. Control biológico de fusarium en hortalizas de la parroquia de San Joaquín [en línea] (Trabajo de Titulación). [Pregrado] Universidad del Azuay, Facultad de Ciencias y Tecnologías, Ecuador. 2014. pp. 8-10. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4274/1/10832.pdf>.

CENGEL, Yunes & BOLES, Michael. *Termodinámica*. [en línea]. Séptima Edición. Carolina del Norte-Estados Unidos: Mc Graw Hill, 1012 [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material_Didático/Livro_Cengel/Termodinamica - Cengel 7th - espanhol.pdf.

CHARRO, Mónica. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea] (Trabajo de Titulación). [Pregrado] Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 2015, pp.17-59. [Consulta: 20 junio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

CORREA, Daniela, et al. “Influencia del método de extracción en las propiedades funcionales de almidón de plátano dominico hartón (*musa paradisiaca* l.)”. *Revista UG Ciencia* [en línea], 2017, (Colombia) vol. 23, p. 89. [Consulta: 20 junio 2021]. ISSN 2346-0814. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/792>.

ESCOBAR, Daniela, et al. “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador” *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay* [en línea], vol. 1, p. 34. [Consulta: 27 junio 2021]. ISSN 1688-3691. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277739102_Peliculas_biodegradables_y_comestibles_desarrolladas_en_base_a_aislado_de_proteinas_de_suero_lacteo_estudio_de_dos_metodos_de_elaboracion_y_del_uso_de_sorbato_de_potasio_como_conservador.

FAO, ARISTIZÁBAL, Johanna, et al. “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO* [en línea], 2007, (Roma) pp. 61-91. [Consulta: 27 junio 2021]. ISSN 1020 4234. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

FRETES, Francisco, & MENDOZA, Cynthia. “Plantas medicinales y aromáticas”. *Revista Cuba*. [en línea], 2010, (Paraguay) pp. 7. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/plantas_medicinales.pdf.

GARAVITO, Julio. Plásticos protocolo curso de procesos de manufactura [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia. 2007. pp. 8. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/2734_plimeros.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=lOg0O3XBfE9s1mnztEaq5P6%2FbYg%3D&Expires=1626106717.

GONZÁLEZ, Agustín, et al. “Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. Journal of Food Engineering” *Journal of Food Engineering* [en línea], 2011, Universidad de Cordova (Argentina), vol 106, p. 332. [Consulta: 15 junio 2021]. ISSN 02608774. Disponible en: <https://scihub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026087741100286X>.

HERNÁNDEZ, Karina. Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2013. pp. 21. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_hernandez_tomas.pdf.

HU, Bin. “Biopolymer-based lightweight materials for packaging applications” *ACS Symposium Series* [en línea], 2014 vol. 1, pp. 32-42. [Consulta: 18 junio 2021]. ISSN 9780841229907. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286238124_Biopolymer-Based_Lightweight_Materials_for_Packaging_Applications.

INEN NTE 2635:2012. *Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas* [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

JIMÉNEZ, M., et al. “Use of heat treatment for the development of protein-based bioplastics” *Sustainable Chemistry and Pharmacy* [en línea], 2020, (Mexico) vol. 18, p. 24. [Consulta: 9 junio 2021]. ISSN 23525541. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352554120305805>.

LI, Cheng, et al. “A combined action of amylose and amylopectin fine molecular structures in determining the starch pasting and retrogradation property” *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2020, (China) vol.164, p. 2719. [Consulta: 22 junio 2021]. ISSN 18790003. Disponible en: https://www.mendeley.com/catalogue/ccb1717d-3ace-3b93-b912-61615d10c963/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B9b00723b-257b-40d9-9754-5ce922ac12f4%7D.

LITUMA, Katherin. Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de la yuca del Centro Sera del cantón Sucúa hacia el mercado de la ciudad de Cuenca [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador. 2011. pp. 16-36. [Consulta: 21 junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/2069/43833_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MARICHELVAM, M., et al. “Corn and rice starch-based bio-plastics as alternative packaging materials” *Fibers* [en línea], 2019, (Malaysia) vol.7, pp. 4-5. [Consulta: 30 junio 2021]. ISSN 20796439. Disponible en: <file:///C:/Users/Impoeksa/AppData/Local/Temp/fibers-07-00032.pdf>.

CORNEJO, Gerson, et al. “Biopolímeros para uso agroindustrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termoplástico biodegradable” *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* [en línea], 2020, (El Salvador) vol. 6, p. 1366. [Consulta: 30 junio 2021]. ISSN 2410-7980. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941758005/3941758005.pdf>.

MEZA, Katherine, & VARGAS, Gabriela. Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de hierba luisa (*Cymbopogon (dc) atapf*), poaceae en una formulación cosmética con finalidad antiacnéica [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Ecuador. 2013. pp. 16-36. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6005/1/UPS-QT03735.pdf>.

MORENO, Gabriel. Utilización de harina de plátano (*Musa balbisiana*), en el desarrollo de películas biodegradables activas [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad

Técnica de Ambato, Ecuador. 2015. pp. 33-34. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL%20572.pdf>.

MUSCAT, D., et al. “Comparative study of film forming behaviour of low and high amylose starches using glycerol and xylitol as plasticizers” *Journal of Food Engineering Climático* [en línea], 2012, (México) vol. 109, pp. 189-201. [Consulta: 25 junio 2021]. ISSN 02608774. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877411005589>.

NAVIA, D. & VILLADA, H. “Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación” *La Revista* [en línea], 2013, (Colombia) vol. 11, pp. 32-175. [Consulta: 01 julio 2021]. ISSN 1692-3561. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S169235612013000200020&script=sci_abstract&tlng=es.

NJHEALTH. *Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas* [blog]. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0004sp.pdf>.

NTE INEN 1456, (2012). *Norma técnica ecuatoriana reactivos para análisis. almidón soluble* Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

NTE INEN 1456, (2013). *Reactivo para analisis almidón soluble (para Iodometría). Métodos de ensayos* Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.1456.1986/page/n7/mode/2up>.

NUÑEZ, Andrea. Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Central del Ecuador, Ecuador. 2014. pp. 37-38. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2879/1/T-UCE-0017-90.pdf>.

ORTIZ, Alexander. Evaluación ambiental de las diferentes alternativas en la utilización de la glicerina como subproducto de la producción de la planta de biodiesel bio d s.a. del municipio de Facatativá [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Libre, Colombia. 2013. p. 25. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10617/PROYECTO GRADO - GLICERINA - ALEXANDER ORTIZ ORTIZ- 79531277- ESP GER AMBIENTAL DIC 2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10617/PROYECTO_GRADO_GLICERINA_ALEXANDER_ORTIZ_ORTIZ-79531277-ESP GER AMBIENTAL DIC 2013.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

OSPINA, Bernardo. & CEBALLOS, Hernán. *La yuca en la industria* [en línea]. Primera Edición. Cali-Colombia, 2002 [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: http://www.clayuca.org/sitio/images/publicaciones/yuca_tercer_milenio.pdf.

PAREDES, Diego. & QUINATO, Fabian. Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2010. p. 16. [Consulta: 16 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1710/1/15T00453.pdf>.

PAUCAR, Martha, & ORTA, Fernando. Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para el equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2018. p. 5. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/8655>.

PIZÁ, H., et al. Análisis experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la Cascara de Plátano vapor [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad de Piura, Perú. 2017. pp. 5-31. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: https://pirhua.udpe.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf.

PIZARRO, Mónica, et al. “Diversificación de los almidones de yuca y sus posibles usos en la industria alimentaria” *CIAT* [en línea], 2016, (Colombia) vol. 37, p. 5. [Consulta: 10 junio 2021]. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen37/tomo2/Diversificacion_de_los_Amidones_de_Yuca_y_sus_Posibles_Usos_en_la_Industria_Alimentaria.pdf.

PUELLO, Brenda, & ZAVALA, Lisbeth. Obtención de una película biodegradable a partir del lote de maíz para ser utilizado como empaque de alimento, a escala laboratorio, en la Universidad de San Buenaventura Cartagena [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad de San Buenaventura Seccional Cartagena, Colombia. 2014. pp. 10-20. [Consulta: 7 julio 2021]. Disponible en: http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/2620/1/Obtención_de_una_película_biodegradable_Brenda_Puello_USBCTG_2014.pdf.

RAFFINO, María. *Agua Destilada*. [blog]. [Consulta: 9 junio 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/agua-destilada/>.

RESTREPO, Jaime, et al. “Encapsulamiento de los aceites esenciales de citral (*cymbopogon citratus*) en β -ciclodextrinas usando CO₂ supercrítico” *Ingeniería y Competitividad* [en línea], 2009, (Colombia) vol. 11, p. 9-14. [Consulta: 10 junio 2021]. ISSN. 0123-3033. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323541001.pdf>.

TRUJILLO, Cinthya. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*manihot esculente crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú. 2014. pp. 8. [Consulta: 30 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VALVERDE, Priscilla. Composición química, potencial antimicrobiano y letal de los aceites esenciales de las hojas de hierba luisa (*cymbopogon citratus*), mastrante (*ageratum conyzoides*), guabiduca (*piper carpunya*), ajeno (*artemisia absinthium*) y cedrón (*lippia citriodora*), cultivados en la república del ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). (Posgrado) Universidad Técnica de Machala, Ecuador. 2015. pp. 5-8. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2799/6/CD000013-TRABAJO COMPLETO-pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2799/6/CD000013-TRABAJO%20COMPLETO-pdf).

XU, Helan. & YANG, Yiqi. “Bioplastics from waste materials and low-value byproducts” *ACS Symposium Series* [en línea], 2012, (Japón) vol. 1114, p. 59. [Consulta: 5 julio 2021]. ISSN 19475918. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286910256_Bioplastics_from_Waste_Materials_and_Low-Value_Byproducts.

ZHENG, Z., et al. “Properties of hydric and biodegradability of cassava starch-based bioplastics reinforced thermally modified kaolin” *Sensors & Actuators* [en línea], 2019, (México) vol. 1, p. 586. [Consulta: 27 junio 2021]. ISSN 0925-4005. Disponible en: <https://www.scinapse.io/papers/3097179451>.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA

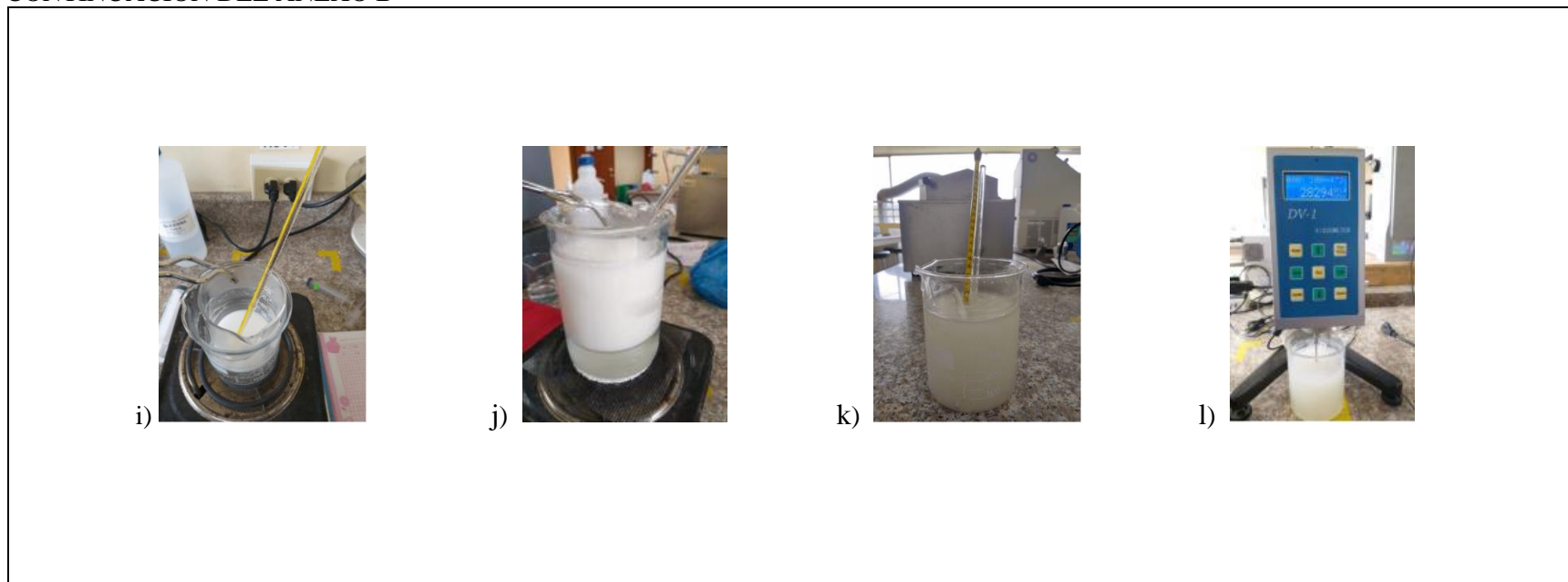
					
					
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache</p>	<p>OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA</p>		
<p>a. Recepción de materia prima. b. Pesado de la yuca amarilla. c. Cortado y pesado. d. Licuado de la pulpa de yuca amarilla. e. Filtrado de la pulpa de yuca amarilla. f. Sedimentado del almidón. g. Secado del almidón. h. Almacenamiento del almidón en fundas ziploc.</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar</p>		<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>16/07/2021</p>

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA



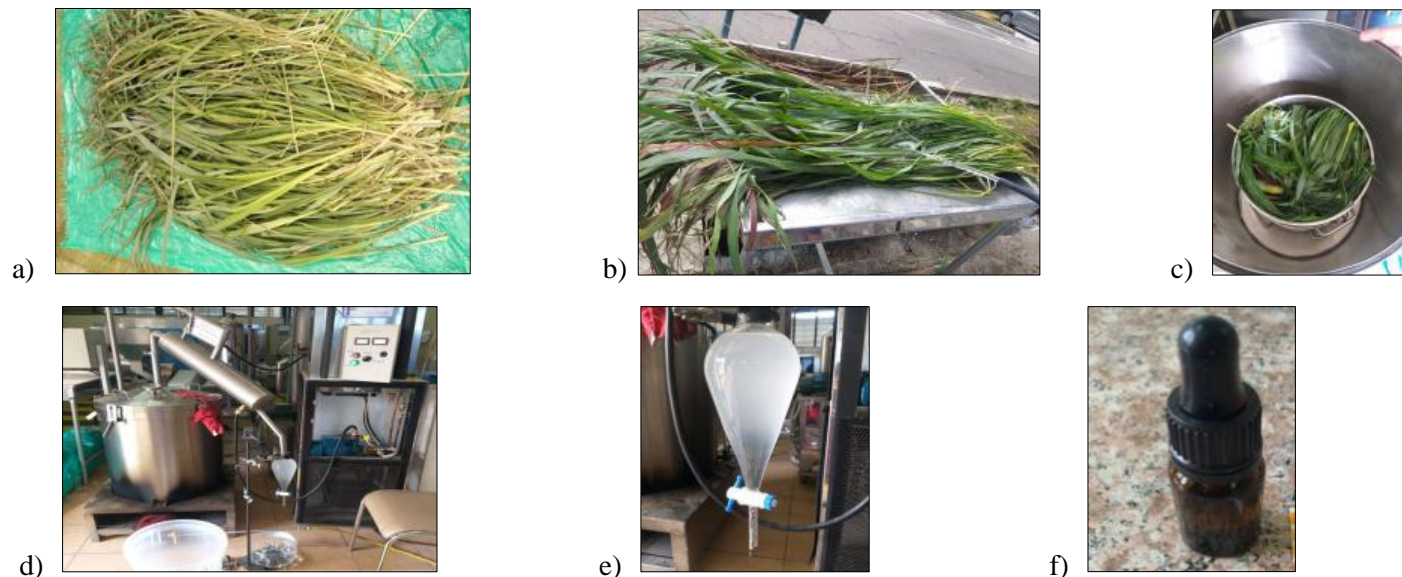
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA		
a. Distribución del granulo del almidón. b. Determinación de pH. c. Prueba de humedad. d. Prueba de ceniza. Solubilidad en agua e. Baño a maría a 60°C. f. Centrifugación. g. Almidón precipitado h. Vaso de precipitación con insolubles.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	16/07/2021

CONTINUACIÓN DEL ANEXO B



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA		
i. Temperatura de gelatinización Viscosidad j. Homogenización. k. Enfriamiento a 25°C. l. Medición de Viscosidad.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	1:1	16/07/2021

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA		
a. Recepción de la hierba luisa b. Lavado y selección de la hierba luisa c. Carga del extractor d. Proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor e. Separación del aceite esencial f. Almacenamiento de la muestra	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	16/07/2021

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA



a)



b)











c)



d)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESCENCIAL DE HIERBA LUISA		
a. Determinación de pH b. Densidad c. Índice de refracción del aceite d. Análisis infrarrojo IR	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	16/07/2021

ANEXO E: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO

<p>a) </p> <p>e) </p>	<p>b) </p> <p>f) </p>	<p>c) </p> <p>g) </p>	<p>d) </p> <p>h) </p>						
<p>NOTAS:</p> <p>a. Materiales para la elaboración del bioplástico</p> <p>b. Pesado del almidón</p> <p>c. Agitado de la muestra</p> <p>d. Adición de aditivos a la muestra</p> <p>e. Vertido de la muestra en las cajas Petri</p> <p>f. Secado de los bioplásticos</p> <p>g. Retirado de los bioplásticos de las cajas petri</p> <p>h. Pesado del bioplástico</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por verificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Daniela Mercedes Quintana Remache</p>	<p>ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6</td> <td>1:1</td> <td>16/07/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	6	1:1	16/07/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
6	1:1	16/07/2021							

CONTINUACIÓN DEL ANEXO E



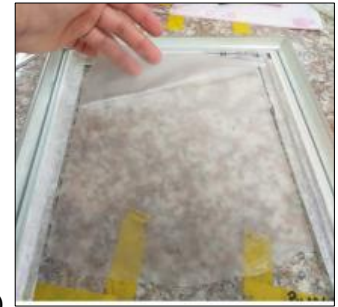
i)



j)



k)



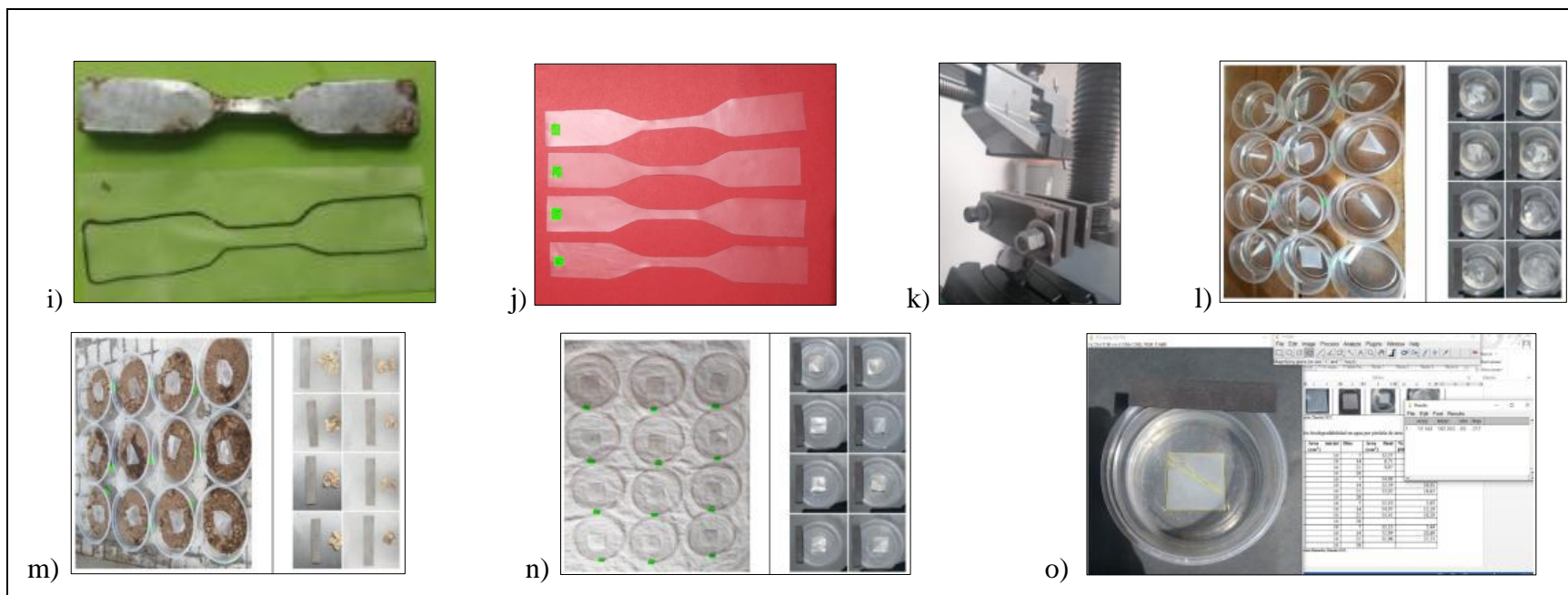
l)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO A MAYOR ESCALA		
i. Secado de los bioplásticos a mayor escala j. Retirado de los bioplásticos a mayor escala k. Obtención de bioplástico en un molde redondo l. Obtención del bioplástico de un molde rectangular	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:1	16/07/2021

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO





<p>a) </p> <p>e) </p>	<p>b) </p> <p>f) </p>	<p>c) </p> <p>g) </p>	<p>d) </p> <p>h) </p>						
<p>NOTAS:</p> <p>a. Humedad de las biopelículas Solubilidad en agua</p> <p>b. Agitación a 100RPM de las biopelículas en agua</p> <p>c. Secado de las biopelículas</p> <p>d. Espesor de las biopelículas Permeabilidad</p> <p>e. Medición de la boca de los tubos de ensayo</p> <p>f. Solución saturada de NaCl</p> <p>g. Sellado de las biopelículas</p> <p>h. Decantador con los tubos de ensayo</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por verificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Daniela Mercedes Quintana Remache</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO A PARTIR DE YUCA AMARILLA Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8</td> <td>1:1</td> <td>16/07/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	8	1:1	16/07/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
8	1:1	16/07/2021							

CONTINUACIÓN DEL ANEXO F





NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Daniela Mercedes Quintana Remache	CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO A PARTIR DE YUCA AMARILLA Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA		
i. Probeta tipo A para ensayos de tracción j. Probetas para ensayos de tracción k. Tracción de la probeta l. Biodegradabilidad en agua m. Biodegradabilidad en tierra n. Biodegradabilidad en aire o. Utilización de la aplicación Image J	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input checked="" type="checkbox"/> Por verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9	1:1	16/07/2021

ANEXO G: APLICACIÓN DEL BIOPLÁSTICO OBTENIDO

<p>a) </p>	<p>b) </p>	<p>c) </p>	<p>d) </p>						
<p>NOTAS:</p> <p>a. Bandeja de granos de choclo tierno embalado con el bioplástico obtenido</p> <p>b. Presentación del producto junto a su planta</p> <p>c. Bandeja de cerezas acidas embalado con el bioplástico obtenido</p> <p>d. Presentación del producto junto a su árbol</p>	<p>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por verificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR:</p> <p>Daniela Mercedes Quintana Remache</p>	<p>APLICACIÓN DEL BIOPLÁSTICO OBTENIDO</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>1:1</td> <td>16/07/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	10	1:1	16/07/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
10	1:1	16/07/2021							

ANEXO H: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN

MC-LSAIA-2201-03

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

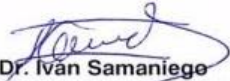
INFORME DE ENSAYO No: 21-039

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Daniela Quintana	INSTITUCIÓN: Particular	
DIRECCIÓN: Chambo	ATENCIÓN: Srta. Daniela Quintana	
FECHA DE EMISIÓN: 8 de febrero de 20212	FECHA DE RECEPCIÓN.: 01/02/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 28 de enero al 8 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 10H08	
	ANÁLISIS SOLICITADO Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹²	IDENTIFICACIÓN			
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0269	11,54	18,71				Almidón de yuca amarilla

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

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

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

ANEXO I: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN



Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
en Aguas y Alimentos

EXAMEN BROMATOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO:133-21

CLIENTE: Daniela Quintana
TIPO DE MUESTRA: Almidón de yuca amarilla
FECHA DE RECEPCIÓN: 25 de enero del 2021
FECHA DE MUESTREO: 25 de enero del 2021
EXAMEN FISICO
COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 1670	0.40
Fibra	%	-	0.51
Coliformes totales	UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

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

*La muestra es receptada en laboratorio.


ANEXO J: PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN DE BIOPLÁSTICO



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 01	
SOLICITADO POR:	Daniela Mercedes Quintana Remache
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (Manihot esculenta) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (Cymbopogon Citratus) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-abr-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	P1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.15
ANCHURA [mm]	7.23
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	1.08
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.848.E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.93
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.78
CARGA MAXIMA [N]	2.23
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.05
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	11.44
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

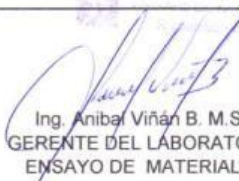

 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Daniela Mercedes Quintana Remache
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (Manihot esculenta) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (Cymbopogon Citratus) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPÁSTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-abr-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	P2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.16
ANCHURA [mm]	6.86
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.10
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.231.E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.18
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.90
CARGA MAXIMA [N]	3.50
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.19
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	10.52
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

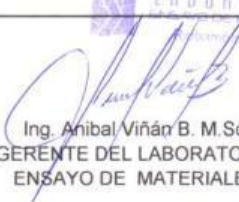

 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Daniela Mercedes Quintana Remache
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (Manihot esculenta) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (Cymbopogon Citratus) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-abr-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	P3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.15
ANCHURA [mm]	6.52
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.98
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.493.E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.11
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	4.20
CARGA MAXIMA [N]	4.50
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4.60
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	29.68
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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Daniela Mercedes Quintana Remache
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (Manihot esculenta) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBALUISA (Cymbopogon Citratus) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	21-abr-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	P4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	6.89
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.90
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.772.E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.82
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.15
CARGA MAXIMA [N]	3.22
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	3.59
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	7.04
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


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

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

1/1



ANEXO K: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL BIOPLÁSTICO



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

CÓDIGO 195-21

CLIENTE: Sta. Daniela Quintana			
DIRECCIÓN: Chambo		TELÉFONO: 098 826 2005	
TIPO DE MUESTRA: BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE YUCA AMARILLA (<i>Manihot esculenta</i>) CON ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (<i>Cymbopogon citratus</i>)			
FECHA DE RECEPCIÓN: 14 de Mayo del 2021			
FECHA DE MUESTREO: 14 de Mayo del 2021			
EXAMEN FISICO			
COLOR: Característico			
OLOR: Característico			
ASPECTO: Normal, libre de material extraño			
MARCA/ CÓDIFICACIÓN	PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
P1	Coliformes Totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
P2	Coliformes Totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
P3	Coliformes Totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
P4	Coliformes Totales UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
	Mohos y Levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
FECHA DE ANÁLISIS: 14 de Mayo del 2021			
FECHA DE ENTREGA : 20 de Mayo del 2021			
Atentamente:			
 RESPONSABLE Dra. Gina Álvarez R.		 Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos	
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.			

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





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

*DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 10 / 2021

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

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.10.21
11:44:56 -05'00'



1602-DBRA-UTP-2021