



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**SEDE MORONA SANTIAGO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE  
LA CHONTA (*BACTRIS GASIPAES*) EN EL CANTÓN MORONA,  
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

**MARÍA CONCEPCIÓN MARIÑO VILLALOBOS**

Macas – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE  
LA CHONTA (*BACTRIS GASIPAES*) EN EL CANTÓN MORONA,  
PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA: MARÍA CONCEPCIÓN MARIÑO VILLALOBOS**

**DIRECTOR: ING. JAVIER IGNACIO BRIONES GARCÍA MSc.**

Macas – Ecuador

2023

© 2023, **María Concepción Mariño Villalobos**

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

Yo, María Concepción Mariño Villalobos, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Macas, 15 de junio de 2023

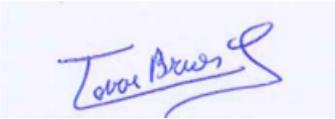
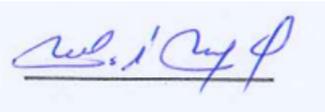


**María Concepción Mariño Villalobos**

**060481941-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**SEDE MORONA SANTIAGO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE LA CHONTA (*BACTRIS GASIPAES*) EN EL CANTÓN MORONA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por la señorita: **MARÍA CONCEPCIÓN MARIÑO VILLALOBOS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Ximena Rashell Cazorla Vinueza MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-15
Ing. Javier Ignacio Briones García MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-15
Dr. Carlos Santiago Curay Yaulema MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-15

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme sabiduría en todo momento de mi vida, luego a mi persona porque siempre anhele llegar hasta donde estoy, a mi madre Rosa y Hermana Jenny que de alguna manera me apoyaron durante toda mi carrera universitaria, a mi hija Sarahi por ser la razón de mi vida y mi fuerza para seguir adelante por un futuro mejor.

María

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por la sabiduría que me dio y por acompañarme siempre en cada uno de mis logros, porque sin él no hubiese llegado a cumplir mi meta, a las personas que estuvieron cerca de mí apoyándome en las buenas en las malas y en mis peores momentos, agradezco de manera especialmente a mis jefes Olguita y Fabián que me dieron la oportunidad de seguir estudiando y me apoyaron siempre, también a mis docentes de la ESPOCH “ Sede Morona Santiago” por haber compartido sus conocimientos durante toda mi carrera universitaria, de manera especial a mi director de tesis al Ing. Javier Briones por brindarme su apoyo incondicional y guiarme en el desarrollo de mi tesis y por su paciencia. Ya que sin su apoyo no hubiese sido posible lograr este trabajo.

María

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPITULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>3</b>
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	6
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	6

### CAPITULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Referencias teóricas.....	8
2.2.1. <i>Chonta (Bactris gasipaes)</i> .....	8
2.2.1.1. <i>Hábitat</i> .....	8
2.2.1.2. <i>Morfología de la chonta</i> .....	8
2.2.1.3. <i>Taxonomía de la chonta</i> .....	9
2.2.1.4. <i>Valor nutricional de la chonta</i> .....	9
2.2.1.5. <i>Variedades</i> .....	10
2.2.1.6. <i>La chonta en el Ecuador- Morona Santiago</i> .....	11
2.2.1.7. <i>Usos de la chonta</i> .....	11
2.2.2. <i>Plástico</i> .....	12
2.2.3. <i>Plástico compostable</i> .....	12
2.2.4. <i>Bioplástico</i> .....	12

2.2.4.1.	<i>Almidón</i> .....	12
2.2.4.2.	<i>Estructura del almidón</i> .....	12
2.2.4.3.	<i>Propiedades y características de los bioplásticos a base de almidón.</i> .....	13
2.2.5.	<b><i>Plastificantes</i></b> .....	13
2.2.5.1.	<i>Glicerina</i> .....	13
2.2.5.2.	<i>Ácido acético</i> .....	14
2.2.5.3.	<i>Proteína</i> .....	14
2.2.6.	<b><i>Propiedades fisicoquímicas del almidón</i></b> .....	14
2.2.6.1.	<i>Amilosa</i> .....	14
2.2.6.2.	<i>Amilopectina</i> .....	15
2.2.6.3.	<i>Humedad</i> .....	15
2.2.6.4.	<i>Ceniza</i> .....	15
2.2.6.5.	<i>pH</i> .....	16
2.2.6.6.	<i>Solubilidad en el agua</i> .....	16
2.2.6.7.	<i>Tiempo de gelatinización</i> .....	17
2.2.7.	<b><i>Características físico-mecánicas del bioplástico</i></b> .....	17
2.2.7.1.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i> .....	17
2.2.7.2.	<i>Elongación</i> .....	18
2.2.7.3.	<i>Resistencia al desgarre el mendorf</i> .....	18
2.2.7.4.	<i>Espesor</i> .....	18

### CAPITULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	19
3.1.	<b>Tipo de investigación</b> .....	19
3.2.	<b>Diseño de la investigación</b> .....	19
3.2.1.	<i>Diseño experimental</i> .....	19
3.2.2.	<i>Identificación de variables</i> .....	20
3.3.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	20
3.4.	<b>Operacionalización de las variables</b> .....	21
3.5.	<b>Población de estudio</b> .....	21
3.6.	<b>Tamaño de la muestra</b> .....	21
3.6.1.	<i>Etapas para la recolección de datos</i> .....	22
3.7.	<b>Análisis estadístico</b> .....	22
3.8.	<b>Ingeniería del proyecto</b> .....	22
3.9.	<b>Localización de estudio</b> .....	22

3.9.1.	<i>Etapa para la obtención de almidón de la chonta</i> .....	23
3.9.2.	<i>Etapa para la obtención de bioplástico</i> .....	23
3.10.	<b>Metodología para la recolección de datos experimentales</b> .....	24
3.10.1.	<i>Materiales, equipos y reactivos</i> .....	24
3.11.	<b>Técnicas para la extracción del almidón de la chonta</b> .....	25
3.12.	<b>Rendimiento y caracterización del almidón</b> .....	28
3.12.1.	<i>Rendimiento del almidón</i> .....	28
3.12.2.	<i>Caracterización fisicoquímica del almidón</i> .....	28
3.12.2.1.	<i>Amilosa</i> .....	28
3.12.2.2.	<i>Amilopectina</i> .....	28
3.12.2.3.	<i>Porcentaje de humedad</i> .....	28
3.12.2.4.	<i>Ceniza</i> .....	29
3.12.2.5.	<i>Tiempo de gelatinización</i> .....	29
3.12.2.6.	<i>Solubilidad en el agua</i> .....	30
3.12.2.7.	<i>Granulometría</i> .....	30
3.13.	<b>Elaboración del bioplástico a partir de las formulaciones planteadas</b> .....	30
3.13.1.	<i>Caracterización mecánica del bioplástico</i> .....	33
3.13.1.1.	<i>Espesor</i> .....	33
3.13.1.2.	<i>Resistencia al desgarre elmendorf</i> .....	33
3.13.1.3.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i> .....	33
3.13.1.4.	<i>Elongación</i> .....	34
3.13.1.5.	<i>Solubilidad en el agua</i> .....	34

#### CAPITULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	35
4.1.	<b>Resultados de la extracción y obtención del rendimiento del almidón de la chonta</b> .....	35
4.2.	<b>Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón</b> .....	36
4.3.	<b>Resultados de las características físico-mecánicas del bioplástico</b> .....	37
4.3.1.	<i>Análisis del espesor</i> .....	37
4.3.2.	<i>Análisis de resistencia al desgarre elmendorf</i> .....	39
4.3.3.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i> .....	41
4.3.4.	<i>Elongación</i> .....	43
4.3.5.	<i>Determinación de la solubilidad del bioplástico</i> .....	45

<b>4.4. Resultados de la metodología adecuada para elaborar el bioplástico a partir del almidón de la chonta.</b>	48
<b>4.5. Comparación del bioplástico obtenido a partir de la chonta vs los plásticos de polietileno (plástico comercial).</b>	48
<b>4.6. Elaboración de la línea de proceso para obtención del almidón de la chonta</b>	49
<b>4.6.1. Balance de masa para obtener el almidón</b>	49
4.6.1.1. <i>Recepción y selección de materia prima</i>	49
4.6.1.2. <i>Lavado</i>	50
4.6.1.3. <i>Despulpado</i>	51
4.6.1.4. <i>Troceado</i>	51
4.6.1.5. <i>Licuada</i>	52
4.6.1.6. <i>Filtración</i>	53
4.6.1.7. <i>Sedimentación y Decantación</i>	54
4.6.1.8. <i>Secado</i>	55
4.6.1.9. <i>Molienda</i>	55
4.6.1.10. <i>Tamizado</i>	56
<b>4.6.2. Cálculos para los equipos a utilizar</b>	57
4.6.2.1. <i>Diseño de mesa de selección de la materia prima</i>	57
4.6.2.2. <i>Diseño para el lavado</i>	58
4.6.2.3. <i>Diseño de licuadora</i>	63
4.6.2.4. <i>Diseño de cuchillas</i>	64
4.6.2.5. <i>Diseño del filtro mecánico</i>	65
4.6.2.6. <i>Diseño del equipo de decantación</i>	68
4.6.2.7. <i>Diseño del secador para el almidón</i>	70
4.6.2.8. <i>Diseño del molino</i>	73
4.6.2.9. <i>Diseño del tamiz vibratorio</i>	74
<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>RECOMENDACIONES</b>	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Antecedentes de la investigación del bioplástico .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Morfología de la chonta.....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Clasificación taxonómica de la chonta o conocido también como chontaduro.....	9
<b>Tabla 4-2:</b> Contenido nutricional de 100 g .....	10
<b>Tabla 5-2:</b> Usos de la palma de chonta .....	11
<b>Tabla 1-3:</b> Formulaciones para la elaboración el bioplástico a partir del almidón de la chonta	19
<b>Tabla 2-3:</b> Matriz de consistencia .....	20
<b>Tabla 3-3:</b> Operacionalización de variables.....	21
<b>Tabla 4-3:</b> Materiales y reactivos.....	24
<b>Tabla 5-3:</b> Metodología para la extracción del almidón de la chonta .....	25
<b>Tabla 6-3:</b> Proceso de elaboración del bioplástico.....	31
<b>Tabla 1-4:</b> Cálculo del rendimiento del almidón de la chonta. ....	35
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de la chonta .....	36
<b>Tabla 3-4:</b> Resultados obtenidos del espesor del bioplástico.....	38
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis de varianza de elongación .....	38
<b>Tabla 5-4:</b> Resultados obtenidos de la resistencia al desgarre elmendorf del bioplástico. ....	40
<b>Tabla 6-4:</b> Análisis de varianza resistencia al desgarre elmendorf .....	40
<b>Tabla 7-4:</b> Resultados obtenidos de la permeabilidad al vapor de agua del bioplástico .....	42
<b>Tabla 8-4:</b> Análisis de varianza permeabilidad al vapor de agua.....	43
<b>Tabla 9-4:</b> Resultados obtenidos de la elongación del bioplástico.....	44
<b>Tabla 10-4:</b> Análisis de varianza de la elongación.....	45
<b>Tabla 11-4:</b> Resultados obtenidos de la solubilidad de cada formulación .....	46
<b>Tabla 12-4:</b> Análisis de varianza solubilidad .....	47
<b>Tabla 13-4:</b> Resultados de la caracterización fisico-mecánica del bioplástico (promedios).....	48
<b>Tabla 14-4:</b> Comparación de bioplástico vs film de polietileno. ....	49

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-2:</b> Àrbol de la chonta con sus frutos.....	8
<b>Ilustración 2-1:</b> Fruto de chonta .....	10
<b>Ilustración 1-3:</b> Mapa del àrea de estudio .....	23
<b>Ilustración 1-3:</b> Diagrama de flujo de la extracci3n del almid3n de chonta.....	27
<b>Ilustraci3n 2-3:</b> Diagrama de flujo de la elaboraci3n del bioplàstico.....	32
<b>Ilustraci3n 1-4:</b> Espesor del bioplàstico .....	39
<b>Ilustraci3n 2-4:</b> Resistencia al desgarre elmendorf del bioplàstico .....	41
<b>Ilustraci3n 3-4</b> Permeabilidad al vapor de agua del bioplàstico .....	43
<b>Ilustraci3n 4-4:</b> Elongaci3n del bioplàstico.....	45
<b>Ilustraci3n 5-5:</b> Solubilidad del bioplàstico.....	47

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

**ANEXO B:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO

**ANEXO C:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO

**ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL BIOPLÁSTICO.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de elaborar un bioplástico a partir del almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*) en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago. Se recolectaron las muestras de los mercados considerando las características más óptimas del fruto, posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Sede Morona Santiago, se extrajo el almidón mediante el método de vía húmeda y luego se realizó la caracterización fisicoquímica para la obtención de valores necesario: humedad, ceniza, pH, tiempo de gelatinización, amilosa, amilopectina, solubilidad, granulometría. Para la elaboración del bioplástico se realizaron 6 formulaciones con 3 repeticiones; se analizaron los valores mediante el software Infostat y el test Tukey, los resultados fueron los siguientes; la formulación dos (F2) presentó el mayor rendimiento, la cual contiene 5g de almidón, 1,65g de proteína (gelatina sin sabor), 2,5ml de glicerina, 2,5ml de ácido acético y 45ml de agua destilada, obteniendo valores favorables con un espesor de 0,16mm, 10,33N resistencia al desgarre elmdorf, 167% de elongación y 0,0023g/h\*m\*Mpa de permeabilidad al vapor de agua. Se concluye que al comparar el bioplástico obtenido con el plástico film, las propiedades físico-mecánicas no son similares, y por defecto son mucho más altos los valores que presentan los plásticos convencionales, es así que se recomienda ampliar estudios para otro tipo de formulación.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICO>, <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL>, <PRODUCTO ORGÁNICO >, < RENDIMIENTO>, <POLÍMEROS>.



1351-DBRA-UPT-2023

## ABSTRACT

The current research work was carried out with the objective of elaborating a bioplastic from the starch of the chonta (*Bactris gasipaes*), located in the Morona County-Morona Santiago province. The samples were collected from the markets taking into account the most optimal characteristics of the fruit, and then the samples were taken to the Chemistry laboratory of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Morona Santiago. The starch was extracted by the wet method and then the physicochemical characterization was carried out in order to get the necessary values: moisture, ash, pH, gelatinization time, amylose, amylopectin, solubility, granulometry. It made 6 formulations with 3 repetitions for the elaboration of the bioplastic by using Infostat software and the Tukey test obtaining the following results: formulation two (F2) presented the highest yield, which contains 5g of starch, 1.65g of protein (unflavored gelatin), 2.5ml of glycerin, 2.5ml of acetic acid and 45ml of distilled water, obtaining favorable values with a thickness of 0.16mm, 10.33N elmendorf tear resistance, 167% elongation and 0.0023g/h\*m\*Mpa of water vapor permeability. It is concluded, when comparing the obtained bioplastic with the film plastic, the physical-mechanical properties are not similar, and by default the values presented by conventional plastics are much higher. Finally, it is recommended to extend studies for another type of formulation.

**Keywords:** <BIOPLASTIC>, <ENVIRONMENTAL POLLUTION>, <ORGANIC PRODUCT>, <PERFORMANCE>, <POLYMERS>.



By: Lic. Mauricio Martínez P

0602902504

## INTRODUCCIÓN

Los plásticos en su mayoría son polímeros sintetizados de compuestos orgánicos que se caracterizan por ser resistentes, tienen mayor rendimiento, son durables, elásticos y son fáciles de adquirir (Pizá et al., 2017, p. 34). Actualmente, los plásticos alrededor del mundo son utilizados para muchos propósitos especialmente en el sector industrial de todo tipo, debido a que son fáciles de conseguir, son duraderos y su costo bajo (Kaewphan y Gheewala 2013, p. 15), lo que ha generado una demanda de producción elevada con el paso del tiempo, estos acontecimientos se deben principalmente al crecimiento poblacional y con ello el aumento de residuos sólidos (plásticos), mismos que después de su uso tienen como destino final el suelo y el agua. (Alvarez-Betancourt et al. 2021, p. 143).

Según Geyer et al (2017, p.1) se calcula que hasta la actualidad se ha producido alrededor de 8,3 mil millones de Tm (toneladas métricas) de plástico, mientras que se ha generado alrededor de 6,3 mil Tm de desechos plásticos. De donde solo el 9% de esos residuos plásticos fueron reciclados, el 12 % incinerado y el 79% sobrante se acumula en rellenos sanitarios o en el medio ambiente. Debido a las tendencias crecientes de producción y eliminación y al bajo porcentaje de desechos reciclados para el año 2050, se prevé que el mar tenga una carga de plástico mayor que los peces (Sardon y Dove 2018, pp.380-381).

En Ecuador la situación no es diferente, ya que el consumo, la fabricación y generación de residuos plásticos ha ido en aumento sin ningún control. La utilización de plásticos de un solo uso que posteriormente son desechados ha provocado el aumento de residuos en aproximadamente 1,5 millones de fundas al año, del cual el menos del 50% son reciclados o reutilizados y el resto son eliminados al medio natural convirtiéndose en un gran problema para la naturaleza, debido a que la degradación del plástico tradicional puede durar de 100 a 500 años (Portilla-Jiménez 2022, p. 40); razón por la que se ha buscado nuevas alternativas para reducir la contaminación ambiental. Como una de las alternativas es la elaboración del bioplástico a base de componentes naturales, mismo que son de fácil de descomponer en presencia de microorganismos como las algas, hongos y bacterias en un corto tiempo, para ellos se utilizan a los almidones como material principal para producir el bioplástico. Este tipo de materiales se encuentran presentes en alimentos naturales como la papa, maíz, yuca, plátano, chíca, oca (Holguin 2019, p. 22). La chonta (*Bactris gasipaes*) es un fruto originario de la amazonia ecuatoriana, se ubica específicamente en la provincia de Sucumbíos y Morona Santiago en gran cantidad (Rachman 2018, p. 23). Esta chonta (*Bactris gasipaes*) fue elegido para elaborar el bioplástico porque contiene almidón en sus frutos en un 42%, además posee nutrientes, fibra y aminoácidos esenciales (Riasco 2018, p. 14).

Hoy en día, ya existen distintos estudios realizados para la obtención de bioplásticos a partir de alimentos orgánicos. Sin embargo, existe escases en el uso del almidón de la chonta como materia prima en la producción del bioplástico. Razón de la investigación es obtener un bioplástico laminar y evaluar las características físico-mecánicas de este con el fin que pueda remplazar en algún momento a los plásticos tradicionales y con ellos contribuir al cuidado del ambiente en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago.

## CAPITULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

Los primeros historiadores españoles fueron quienes comentaron y reconocieron a esta planta entre las mejores de origen tropical por su valor nutricional. La chonta es apreciada en diversos países latinoamericanos, siendo parte fundamental de los alimentos que se consumen durante gran parte del año considerándose así de gran importancia económica (Tamayo 2010, p.2).

En Sudamérica las palmas se consideran entre las más usadas por pueblos indígenas de la zona, son de gran importancia a nivel ecológico y como proveedores de materia primas para múltiples industrias principalmente la alimentaria, además su uso se extiende hasta la obtención de fibras, elaboración de herramientas, en la construcción, en la medicina, entre otras, haciendo uso del tallo, cogollo, raíz, y corteza (Llumiquinga 2021, p.20).

La chonta es considerada como multifuncional, ya que además de aprovechar sus frutos actualmente existen investigaciones acerca del uso de la fibra de chonta juntamente con la resina poliéster para generar piezas automotrices con la finalidad de reducir los derivados de petróleo y generar piezas con aislamiento térmico (Aguas et al. 2021, p.183). Los derivados del petróleo actualmente son una amenaza para el medio ambiente debido a su resistencia a la degradación y su consumo desmesurado ha traído consigo daños a la vida acuática, al hombre y a la naturaleza. Aunque el plástico no sea biodegradable no permanece intacto en el tiempo, este tiende a fragmentarse y desintegrarse haciéndose cada vez más pequeño hasta llegar a una micro o nano partícula, por acción del viento, la temperatura y los rayos ultravioletas. Además de las nano partículas el plástico, se libera plomo al medio ambiente por acción de la fragmentación y el exceso de temperatura (Buteler 2019, p.57). Se considera micro plástico a partículas cuya composición sea de tipo sintética o polímeros con formas irregulares o regulares con tamaños relacionados entre 1  $\mu\text{m}$  y 5 mm (Fernández 2022, p.14).

Debido a las múltiples afectaciones por el plástico tradicional y como alternativa a esta realidad se ha innovado en productos más amigables con el ambiente haciendo uso de fuentes renovables, los cuales han sido de gran interés para la comunidad científica debido a que se puede incorporar en diferentes ámbitos de la industria.

## 1.2. Planteamiento del problema

Desde sus inicios, la modernización ha buscado satisfacer las necesidades humanas, a menudo centrándose en la producción de productos con vidas cortas sin tener en cuenta los costos ambientales involucrados. Unos de ellos es la producción cada vez mayor de plástico a lo largo de los años y con ella la cantidad de residuos generados. (Riera y Palma 2018, p.69). Los plásticos están en todas partes a nuestro alrededor y se utilizan para una gran cantidad de propósitos, ya que son baratos, fácilmente disponibles y duraderos (Kaewphan y Gheewala 2013, p.15).

Según Geyer et al (2017, p.1) se calcula que hasta la actualidad se ha producido alrededor de 8,3 mil millones de Tm (toneladas métricas) de plástico, mientras que se ha generado alrededor de 6,3 mil Tm de desechos plásticos. De donde solo el 9% de esos residuos plásticos fueron reciclados, el 12 % incinerado y el 79% sobrante se acumula en rellenos sanitarios o en el medio ambiente. Se estima que para el 2050 se acumularán 12 mil toneladas métricas de plásticos desechados en el relleno sanitario o en ambiente abierto (Geyer et al., 2017, p.1). Debido a las tendencias actuales de producción y eliminación crecientes, así como al bajo porcentaje de desechos que se reciclan para el año 2050, se prevé que el mar tenga una carga de plástico mayor que los peces (Sardon y Dove 2018, pp.380-381).

Además, la creciente dependencia de los seres humanos de los plásticos está provocando que los desechos plásticos se acumulen en los vertederos, lo que se convierte en la causa de varios efectos negativos, como la contaminación de las aguas subterráneas y los peligros para la salud de los organismos vivos (Al-Salem et al., 2017, p.177). Esta situación es grave, por el daño que causa a la fauna marina. Gran parte del plástico que se encuentran en los océanos con la presencia de vientos y sol se convierte en finas partículas ya que el calor del sol ayuda a la degradación del plástico, lo que hace que las especies presentes en los océanos lo confundan con alimentos y se alimente de ello, que luego provoca la muerte.

Por ello se ha buscado otras alternativas como los polisacáridos que son las macromoléculas más abundantes en la flora y la fauna, lo que constituye una de las materias primas más adecuadas para obtener los bioplásticos en forma de almidón, que no solo es renovable y sostenible, sino que también es abundante y de bajo costo económico., el almidón a más de ser biodegradable tiene propiedades termoplásticas favorables (Imre y Pukánszky 2015). El almidón se compone de macromoléculas, principalmente de glucosa, amilosa y amilopectina (Pérez y Bertoft 2010, p.390) . Sin embargo, existen diferencias funcionales y estructurales (Carpenter et al. 2017, p.1), por lo que la eficiencia del almidón como materia prima para

bioplásticos depende de su estructura y composición específicas (Pfister et al. 2016, p.1).

El área de investigación de bioplásticos es nueva, por lo que la investigación aún es escasa en este campo. Los residuos agrícolas se han expresado como la alternativa de materia prima de bajo costo y renovable (Jain y Tiwari 2015, p.1), lo que permitió que este estudio se centre en la utilización del fruto del almidón de la chonta en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago para la producción de bioplásticos, siendo esto fundamental para reducir los peligros y problemas de los plásticos convencionales, así como la mejora de sus características mecánicas mediante la utilización de los almidones naturales los cuales están presentes de forma abundante, biodegradable y fácilmente disponibles como rellenos de refuerzo.

### **1.3. Justificación**

El plástico procedente del petróleo se ha convertido en un problema ambiental, llegando a sobrepasar los 200 millones de toneladas cada año (Nature, 2022, p.23). El problema se origina principalmente por el uso indebido de los plásticos, lo que ha generado que sean difíciles de degradarse en corto tiempo, como consecuencia de ello pueden tardar de 100 a 500 años para su desaparición de forma natural (Metropolitana, 2017, p.23). Motivo por el cual se plantea esta investigación, en buscar la concientización de la población sobre el uso del plástico tradicional y fomentar al cuidado del medioambiente proponiendo nuevas alternativas que ayuden a vivir en un ambiente más sano y menos contaminado. El uso del bioplástico ayuda a proteger los ecosistemas terrestres y marítimos debido a que este se puede descomponer en menos tiempo y de forma natural en comparación con el plástico tradicional que tarda muchos años.

Actualmente ante el latente deterioro ambiental muchas investigaciones se centran en la búsqueda de materiales menos abrasivos con el ambiente, es así como se ha generado la obtención del bioplástico a base de distintos materiales de origen natural como la papa, el maíz, lentejas, mellocos, jengibre, los cuales son materiales degradables y de igual resistencia que los plásticos tradicionales. Mediante la presente investigación se pretende hacer el uso de un producto local procedente del cantón Morona provincia de Morona Santiago para la obtención del bioplástico a partir del almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*), como una alternativa para la generación de materiales amigables con el medio ambiente a fin de reducir la contaminación ambiental mediante la elaboración de un bioplástico. La presente investigación presenta una alternativa innovadora puesto que se utilizará el almidón de chonta para la producción de bioplástico.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo general***

Obtener bioplástico a partir del almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*) en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Extraer el almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*) del cantón Morona.
- Identificar las propiedades fisicoquímicas del almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*).
- Determinar el proceso apropiado para la elaboración del bioplástico.
- Comparar el bioplástico obtenido del almidón de la chonta con el plástico comercial.

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

En los últimos tiempos se ha visto que se están realizando diferentes estudios y experimentos a cerca de la utilización de materiales de origen natural como son los almidones de ciertos alimentos y celulosa de algunas plantas para la elaboración de bioplásticos y que esta pueda ser remplazado a los plásticos tradicionales, debido a que son más amigables con el medio ambiente, puesto que tiene propiedades de biodegradabilidad en un corto tiempo, así se podría disminuir la contaminación ambiental. En el siguiente cuadro se menciona algunos de los estudios y experimentos realizados para obtener el bioplástico a partir de cierto tipo de almidones que nos ayudara en el desarrollo de esta investigación. (Ver tabla 2-1).

**Tabla 1-2:** Antecedentes de la investigación del bioplástico

<b>Año</b>	<b>Tipo</b>	<b>Autor</b>	<b>Temas</b>	<b>Lugar de estudio</b>
<b>2021</b>	Artículo científico	(Alvarez-Betancourt et al. 2021)	Biodegradabilidad de una película bioplástica de xiloglucano de tamarindo en biorreactores de compostaje	Bogotá
<b>2017</b>	Tesis de grado	(Pizá et al. 2017)	Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cascara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura	Piura
<b>2019</b>	Tesis de grado	(Guamán 2019)	“Obtención de un bioplástico biodegradable a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial”	Riobamba
<b>2019</b>	Tesis de grado	(Holguin 2019)	Obtención de bioplástico a partir del almidón de papa	Riobamba
<b>2020</b>	Artículo científico	(Avellán et al. 2020)	Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz	Portoviejo

Realizado por: Mariño, María, 2023

## 2.2. Referencias teóricas

### 2.2.1. Chonta (*Bactris gasipaes*)

La chonta o chontaduro (*Bactris gasipaes*) es una planta perteneciente a la familia arecáceas, es decir, de las palmeras, mismas que pueden llegar a medir de 20 a 25 metros de altura, son originarias de las regiones tropicales y subtropicales que va desde América del centro hasta América del sur (Quitiaquez y Reina 2011, p.3).



**Ilustración 1-2:** Árbol de la chonta con sus frutos  
Realizado por: Mariño María, 2023

#### 2.2.1.1. Hábitat

La chonta es propia de las zonas tropicales ya que se pueden adaptar en lugares donde existen altas precipitaciones y temperaturas altas. Se adaptan sin mayor problema en suelos de todo tipo con excepción a zonas inundables y suelos con baja permeabilidad ya que sus frutos se caen fácilmente y en peor de los casos provoca que las plantas queden pequeñas (Soto 1990, p.5).

#### 2.2.1.2. Morfología de la chonta

**Tabla 2-2:** Morfología de la chonta

Morfología	Descripción
Tallo	Sus tallos son parecidos cilíndricos y pueden tener de 10 a 25 centímetros de diámetros, además su altura puede a llegar a medir de 20 a 25 metros.
Hojas	La forma de sus hojas es pinnada más o menos de 2 a 4 metros de largo, siendo muy resistentes debido a que poseen raquis espinoso.

<b>Inflorescencia</b>	En sus racimos pueden llegar a tener de 11 a 53 espigas, sin embargo, hay un intercalamiento de flores femeninas y masculinas dentro de las espigas y por lo tanto dan origen a la aparición de flores hermafroditas. Además, se sabe que en ocasiones los racimos pueden llegar a tener de 80 a 250 frutos.
<b>Raíz</b>	Principalmente sus raíces son superficiales y laterales que constituyen una red tupida de 10 metros de diámetro.
<b>Flor</b>	La flor puede llegar a tomar dos clases de coloración el amarillo y crema, estos crecen en racimos lo cual están resguardados con una recubierta espinosa

**Fuente:** Soto (1990, pp.5-6).

**Realizado por:** Mariño, María, 2023

### 2.2.1.3. Taxonomía de la chonta

La taxonomía de la chonta según Rodas y Torres (2019, p.24) se clasifican de acuerdo a la tabla 3-2:

**Tabla 3-2:** Clasificación taxonómica de la chonta o conocido también como chontaduro

<b>Nombres científicos</b>	<b><i>Bactris gasipaes H. B. K</i></b>
<b>División</b>	Fanerógamas
<b>Subtipo</b>	Angiospermas
<b>Clase</b>	Monocotiledóneas
<b>Subclase</b>	Micrانتinas
<b>Orden</b>	Arecaceae
<b>Familia</b>	Arecaceae/ palmáceas
<b>Género</b>	<i>Bactris</i>
<b>Especie</b>	<i>Gasipaes</i>

**Fuente:** Rodas y Torres (2019, p.24)

**Realizado por:** Mariño, María, 2023

### 2.2.1.4. Valor nutricional de la chonta

Según Rodas y Torres (2019, p.26), la fruta de chonta ha alcanzado un valor nutricional fundamental dentro de la alimentación, debido a que este fruto es considerado casi completo dentro de la dieta alimentaria.

**Tabla 4-2:** Contenido nutricional de 100 g

Valor nutricional	Porcentaje (%)
<b>Carbohidratos</b>	37.6
<b>Agua</b>	52.2
<b>Grasas</b>	4.6
<b>Proteínas</b>	3.3
<b>Fibra</b>	1.4
<b>Calcio</b>	23 mg
<b>Fosforo</b>	47 mg
<b>Hierro</b>	0.7 mg
<b>Calorías</b>	185

**Fuente:** (Medina 2017, p.25)

**Realizado por:** Mariño, María, 2023

#### 2.2.1.5. Variedades

Las variedades de la chonta (chontaduro) van de acuerdo con su coloración, en este caso existe dos diversidades de este fruto que son las más conocidas, la chonta de color rojo que al principio de su fructificación tiene un color verde y su fruto es de forma achatada, posee estrías menos numerosas y pronunciadas que la chonta de color amarilla. Mientras que la chonta amarilla tiene una textura harinosa y es más deliciosa que la roja, además que su fruto se parece a un trompo e su tamaño es de 6 centímetros de largo y ancho de 3.5 centímetros (Medina 2017, p.12).



**Ilustración 2-1:** Fruto de chonta

**Fuente:** (Dufour et al. 2008)

**Realizado por:** Mariño, María, 2023

### 2.2.1.6. La chonta en el Ecuador- Morona Santiago.

La chonta en el Ecuador se localiza principalmente en las provincias de Sucumbíos y Morona Santiago, siendo un alimento apetecido por los habitantes de la zona (Quitiaquez y Reina 2011, p.6). Además, se celebra cada año la tradicional fiesta de la chonta, en donde se realiza la famosa chicha de chonta. El fruto en nuestro país se cosecha una vez por año durante los meses de febrero, marzo y abril (Rodas y Torres 2019, p.23), pero en algunos países su cosecha se puede dar de dos a tres veces por año, como es el caso de Brasil y Perú.

### 2.2.1.7. Usos de la chonta

La chonta o conocido como chontaduro tiene diferentes usos gastronómicos, como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5-2:** Usos de la palma de chonta

<b>Producción vegetativa</b>		
<b>Consumo humano</b>	Pulpa	Salsas, sopas, bebida, helados y cocidas con sal
	Harina	Panadería, jaleas y pastelerías
	Aceite	Usado para freír alimentos y usos cosméticos
<b>Consumo animal</b>	Concentrado y ensilaje	El fruto de segunda es usado como alimento para los ganados y chanchos
<b>Consumo humano</b>	Tallo	Se usa para hacer la chicha
	Flor	Al ser hervida es considerada como una hortaliza
	Palmito	Es un cilindro formado por ápice del tronco, el cual es usado para preparar diferentes alimentos y es producto de exportación
<b>Otros usos</b>	Tallo	Se usa para elaborar utensilios ornamentales, casas, varas para pescar y agroforestería
	Hojas	Sus hojas son usadas para teñir canasto por su coloración verde

Fuente: (Sashqui 2015, p.7)

Realizado por: Mariño, María, 2023

### **2.2.2. Plástico**

Los plásticos son sustancias orgánicas, también denominadas polímeros, que poseen alto contenido de peso molecular que pueden sintetizarse por medio de compuestos de bajo peso molecular. Además, se pueden conseguir por alteraciones químicas de materiales naturales con mayor peso molecular (Cristan et al 2003, p 34), en su mayoría los plásticos se caracterizan por ser resistentes, poseer mayor rendimiento, durabilidad, elasticidad y son fáciles de adquirir (Pizá et al. 2017, p.67).

### **2.2.3. Plástico compostable**

Es un plástico biodegradable que cumple algunos criterios como son: los microorganismos que lo degradan se descomponen en presencia de dióxido de carbono, agua, compuestos orgánicos y biomasa en presencia de oxígeno y su rapidez de mineralizar es similar al proceso de compostaje (Ventures 2007, p.5).

### **2.2.4. Bioplástico**

Son aquellos compuestos que poseen un alto peso molecular y se obtienen a partir de elementos naturales como la celulosa y almidón componentes principales de algunas frutas y verduras, su principal característica es su biodegradabilidad y se obtiene a partir de recursos renovables limitando así el uso del petróleo (López 2006, p.2).

#### **2.2.4.1. Almidón**

El almidón es un polímero de condensación glucosa, compuesta por átomos de C, H, O; la cual se encuentra de forma granular en raíces, tubérculos y semillas (Mendoza et al. 2017, p.1). Por lo general los almidones son extraídos del maíz, patata, remolacha azucarera, caña de azúcar y cereales (Bruder 2019, p.63).

#### **2.2.4.2. Estructura del almidón**

El almidón tiene un gran atractivo industrial debido a que diferentes sectores industriales lo utilizan para su aplicación como bebidas, textiles, papel y productos farmacéuticos. El almidón es insoluble en agua y alcohol, compuesto por moléculas de amilopectina y amilosa, las cuales

están compuestas por monómeros de d-glucosa y representan el principal polisacárido de reserva en las células vegetales (Sharma y Satyanarayana 2013, p.2).

#### *2.2.4.3. Propiedades y características de los bioplásticos a base de almidón.*

Muchas de las propiedades y características del almidón requieren para su uso como material de recubrimiento o de empaque (p. ej., biodegradabilidad, biocompatibilidad, material comestible (valor nutricional), disponibilidad, proceso de extracción relativamente simple y bajo costo). Otras propiedades, como inodoro, insípido y, en general, no tóxico, caracterizan al almidón como una molécula con potencial para aplicaciones de envasado (Shah et al. 2016, p.586 ).

Otras características importantes de los bioplásticos a base de almidón o cualquier otro polímero son el color y la transparencia, relacionados con la comercialización y la aceptación del consumidor de un producto determinado, según la aplicación de los bioplásticos.

#### *2.2.5. Plastificantes*

Uno de los componentes que se necesita para poder evitar que el material sea quebradizo y blando es el plastificante, para evitar el rompimiento del bioplástico. Ya que el plastificante tiene la propiedad de reducir las fuerzas intermoleculares y hacer que aumente la movilidad de las cadenas poliméricas, además este tiene el poder de disminuir el vidrio de la temperatura de transición de este tipo de materiales y así obtener mayor flexibilidad del bioplástico. Los plastificantes más utilizados para estos procesos son el glicerol, sorbitol, propilenglicol, sacarosa, polietilenglicol, ácidos grasos y monoglicéridos. Igualmente, tenemos el agua, que puede ser utilizado como un plastificante puesto que tiene la capacidad de poder modificar la estructura del polímero (Cuq et al., 1998, pp. 1-9; Gontard et al., 1992, pp.190-199).

##### *2.2.5.1. Glicerina*

La glicerina es una sustancia viscosa, incolora, que poseen un sabor dulce y un olor peculiar, su estructura está compuesto por alcohol, pues que tiene 3 grupos hidroxilos y su fórmula molecular es  $C_3H_8O_3$  (glicerina). Este elemento no es tóxico, es soluble en el agua y se deshace al hervir. El glicerol es utilizado para suavizar y humectar el almidón, es decir es un plastificador (Guamán 2019, p.20).

#### 2.2.5.2. *Ácido acético*

El ácido etanoico o también conocido como ácido acético es un ácido orgánico que se encuentra presente en el vinagre ya que exhibe un sabor avinagrado. Es un líquido incoloro de olor característico y es soluble en agua. Su fórmula molecular es  $C_2H_4O_2$ . Es un aditivo que puede actuar como un modificador químico, debido a que puede disminuir la naturaleza hidrofílica del almidón, proporcionando características hidrofóbicas al material para que se pueda trabajar con ella (Guamán 2019, p.21).

#### 2.2.5.3. *Proteína*

Las proteínas son heteropolímeros, con  $\alpha$ - aminoácidos son unidades monoméricas. Con los 20 aminoácidos que se encuentran más comúnmente en las proteínas, es posible un número casi limitado de arreglos secuenciales con una amplia gama de interacciones y reacciones químicas (Pommet et al. 2003, p.208). Durante el proceso térmico, las proteínas se desagregan, desnaturalizan, disocian, desenredan y se alinean en la dirección del flujo. Estos cambios permiten que las moléculas de proteínas recombinen y entrecrucen a través de enlaces específicos (Redl et al. 1999a, pp. 361-370). Las reacciones de entrecruzamiento pueden dar como resultado una temperatura de transición vítrea alta y una viscosidad de fusión alta, lo que requiere la adición de un plastificante para aumentar el volumen libre y la movilidad de las moléculas. A medida que la temperatura aumenta por encima de la transición vítrea, las proteínas plastificadas se vuelven un material suave y gomoso que se puede moldear en las formas deseadas (Quishpe, 2021, p.13).

### 2.2.6. *Propiedades fisicoquímicas del almidón*

#### 2.2.6.1. *Amilosa*

Es el resultante de la condensación de d-glucopiranosas mediante enlaces glucosídicos (1,4) que a su vez forman largas cadenas lineales de hasta cinco mil residuos (Hoover 2001, p.256). Que poseen pesos moleculares de hasta un millón, es decir, la amilosa  $\alpha$ -D (1,4) – glucano, cuya unidad repetitiva es la  $\alpha$ -maltosa, misma que puede adquirir rápidamente una conformación tridimensional helicoidal, donde cada vuelta de la hélice posee 6 moléculas de glucosa.

#### 2.2.6.2. *Amilopectina*

Es un polisacárido semicristalino y contiene ramificaciones unidas mediante enlaces  $\alpha$ -D-(1,6), ubicadas cada 15-25 unidades lineales de glucosa, además de que tiene un peso molecular muy alto, esto porque sus fracciones pueden llegar a alcanzar hasta  $10^7 - 10^8$  daltons (Bernal 2006, p.80). En promedio, el porcentaje de amilopectina y amilosa contenido en el almidón oscila entre 72-75% y 25-28%, respectivamente.

#### 2.2.6.3. *Humedad*

En cuanto a granos, cereales y alimentos el contenido de humedad se considera como un parámetro fundamental ya que se considera como un índice de estabilidad, cuyo parámetro puede afectar al procesamiento, conservación y a la calidad del producto. El método de determinación de humedad por estufa es muy usado ya que se basa en la evaporación del agua de la muestra por acción del calor (Bianco et al., 2015, p.30).

Importancia de determinación de la humedad.

- Se considera como factor de calidad para la conservación de diversos productos.
- Mantiene su textura y consistencia.
- Sirve como control de microorganismos ya los microorganismos se desarrollan con mayor facilidad cuando existe valores altos de humedad.

#### 2.2.6.4. *Ceniza*

Son aquellos residuos inorgánicos sobrantes de la materia orgánica que ha pasado por un proceso de calcinación. Los residuos finales de las cenizas no son las mismas que inicialmente estaban en el alimento ya que a causa de la volatilización muchas de ellas llegan a perderse. Los minerales de la ceniza permanecen en forma de fosfatos, sulfatos, cloruros y silicatos dichos minerales van a estar presentes dependiendo de las condiciones en que han sido incineradas (Márquez 2014, p.3).

Importancia de determinación de la ceniza.

- En los alimentos puede detectar metales pesados.
- Mediante la evaluación de ceniza se puede obtener la pureza de los productos.
- En jaleas y mermeladas se usa como índice de calidad.
- En los cereales la ceniza revela el tipo de molienda y refinamiento usado.

#### 2.2.6.5. *pH*

Químicamente es una escala numérica usada para identificar si una solución es acida o alcalina. “Se considera al pH como el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion hidrogeno” (Vázquez y Rojas, 2016, p.11).

De acuerdo con las soluciones aquellas que posean un pH menor a 7 se las considera de tipo acidas, mientras que, aquellas soluciones que con un pH mayor a 7 son denominadas básicas o alcalinas el cual es medido mediante pH-metro (Vázquez y Rojas, 2016, p.9).

Importancia de medir el pH.

- Muchos organismos requieren para su supervivencia un margen determinado de pH.
- Valores bajo de acides y altos de alcalinidad causan daños físicos en aletas, esqueletos y agallas de animales acuáticos.
- Los cambios de pH pueden causar toxicidad en el agua.

#### 2.2.6.6. *Solubilidad en el agua*

Se considera a la solubilidad como la capacidad de disolver un soluto en un solvente, es decir que las moléculas polares presentes en el disolvente son capaces de ejercer una fuerza sobre de una red provocando que la red sufra alteraciones hasta llevarlos a un punto de disolución (Alvarado y Valenzuela, 2020, p.1).

Factores que afectan a la solubilidad

- Interacción soluto- solvente: Existe mayor solubilidad cuando las interacciones son de la misma naturaleza.
- Efecto de agitación: Disminuye el tiempo en que se disuelve un sólido.
- Temperatura: El tiempo y la temperatura son directamente proporcionales ya que al aumentar la temperatura también aumenta la solubilidad.

#### 2.2.6.7. *Tiempo de gelatinización*

Si se habla del almidón se considera como una transición de gran importancia, en donde los polímeros sufren un orden-desorden cuando son sometidos a cambios de temperatura y tienen un gran impacto en la calidad del producto final (Cajiao et al. 2016, p.54).

Características de la gelatinización de almidón

- La demanda energética desciende en el proceso de gelatinización.
- La gelatinización produce una distribución homogénea, mayor grado de cristalización y redes más sólidas en productos a base de almidón.

#### 2.2.7. *Características físico-mecánicas del bioplástico*

Las características mecánicas describen de manera física como el material se comporta cuando se aplica distintos tipos de fuerzas, ya sean estas de torsión, tracción y compresión, su finalidad es conocer cuan resistente puede llegar a ser un material para de esta manera establecer su finalidad en las distintas industrias (Holguin 2019, p. 35). Según el tipo de material a ser descrito se usan diferentes pruebas mecánicas:

- Tenacidad: Es la capacidad que posee un material de resistir a la rotura cuando este es sometido a un esfuerzo lento de deformación
- Plasticidad: Es cuando el material pierde su forma inicial cuando se disminuye el esfuerzo aplicado.
- Fragilidad: Es cuando existe una rotura del material mediante la aplicación de un esfuerzo, y generalmente no produce una deformación.
- Elasticidad: Es la capacidad que posee un material que volver a su forma inicial después de ser sometido a algún tipo de esfuerzo.
- Dureza: Es la resistencia que presenta un material a ser atravesado por otro.

##### 2.2.7.1. *Permeabilidad al vapor de agua*

Es la característica que poseen los bioplásticos de retener agua en su estructura, provocando su aumento de volumen (hinchazón), esto a causa del uso de plastificantes los cuales son de carácter hidrófilos (Trejo et al., 2001, p.1).

#### 2.2.7.2. *Elongación*

Es la capacidad que posee un material de soportar un máximo estiramiento realizado desde ambos extremos antes de romperse (Martínez, 2014, p.10).

#### 2.2.7.3. *Resistencia al desgarre elmendorf*

Fuerza necesaria para que una película plástica llegue a romperse (Martínez, 2014, p.11).

#### 2.2.7.4. *Espesor*

Hace referencia al grosor de un sólido el cual es determinado mediante distintos procedimientos (NTE INEN-ISO 4593 2014).

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de investigación

La investigación planteada en el presente trabajo se la considera de tipo cuantitativa misma que consiste en conocer las características físico-mecánicas que posee el bioplástico, hace alusión a las distintas formulaciones realizadas para la obtención del bioplástico, mismo, que permite obtener datos estadísticos. Por otra parte, según el objetivo es de exploración, debido al limitado estudio que existe acerca de la elaboración de bioplástico a partir del almidón de la chonta (*Bactris gasipaes*), según la manipulación de variables se la considera de tipo experimental, puesto que se formula diferentes tratamientos y finalmente según el periodo temporal se lo considera de tipo transversal, debido a su corto periodo de investigación.

#### 3.2. Diseño de la investigación

##### 3.2.1. Diseño experimental

El diseño de la investigación es experimental, puesto que se realiza diferentes formulaciones, asimismo, se manipulan variables como la glicerina y proteína que se adicionan en distintas cantidades en sus seis formulaciones, para ello, se siguió la metodología descrita por Avellán et al. (2020) & Pascoe (2016), (con modificaciones) en el que también se realizó 3 repeticiones de cada uno, con el fin de obtener resultados confiables de esta manera se efectuó 18 muestras en total. Este estudio consiste en obtener un bioplástico resistente. En la siguiente tabla se observa el diseño de las formulaciones:

**Tabla 1-3:** Formulaciones para la elaboración del bioplástico a partir del almidón de la chonta.

Formulación	Agua destilada	Almidón	Ácido Acético	Proteína	Glicerina
1	45 mL	5 g	2.5 mL	1.65 g	3 mL
2	45 mL	5 g	2.5 mL	1.65 g	2.5 mL
3	45 mL	5 g	2.5 mL	1.65	3.5 mL
4	45 mL	5 g	2.5 mL	1.5 g	3 mL
5	45 mL	5 g	2.5 mL	1.8 g	3 mL
6	45 mL	5 g	2.5 mL	2,0 g	3 mL

Elaborado por: Mariño, María, 2023

### 3.2.2. Identificación de variables

- **Variables independientes:** Proteína y Glicerina
- **Variables dependientes:** Propiedades físico-mecánicas del bioplástico

### 3.3. Matriz de consistencia

**Tabla 2-3:** Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES
<p><b>Problema general:</b></p> <p>Los plásticos tradicionales no se degradan en la naturaleza, por lo que permanecen en el medio ambiente durante mucho tiempo, requieren mucha energía y son una amenaza para el ambiente.</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los microplásticos son un verdadero problema para el ecosistema terrestre y marítimo.</li> <li>• Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.</li> <li>• Problemas de salud para los seres humanos.</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Elaborar bioplástico a partir del almidón de la chonta (<i>Bactris gasipaes</i>) en el Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraer el almidón de la chonta (<i>Bactris gasipaes</i>) del cantón Morona.</li> <li>• Identificar las propiedades fisicoquímicas del almidón de la chonta (<i>Bactris gasipaes</i>).</li> <li>• Determinar el proceso apropiado para la elaboración del bioplástico.</li> <li>• Comparar el bioplástico obtenido del almidón de chonta con el plástico tradicional.</li> </ul>	<p><b>Variables independientes:</b></p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Glicerina</li> <li>• Proteína</li> </ul> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Propiedades físico-mecánicas del bioplástico</li> </ul>

Realizado por: Mariño, 2023

### 3.4. Operacionalización de las variables

**Tabla 3-3:** Operacionalización de variables

INDICADOR	CONCEPTO	INSTRUMENTO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteína</li> <li>• Glicerina</li> </ul>	<p><b>Glicerina:</b> Compuesto orgánico a base de alcohol de azúcar de consistencia viscosa y carente de color que se encuentra presente en todas las grasas naturales, ya sea de origen animal o vegetal.</p> <p><b>Proteína:</b> Son moléculas formadas por aminoácidos que están unidos por un tipo de enlaces conocidos como enlaces peptídicos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probeta</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Reactivos</li> <li>• PH metro</li> <li>• Estufa</li> <li>• Mufla</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Recipientes de aluminio</li> <li>• Mortero</li> </ul>
Obtención de bioplástico	El bioplástico se refiere simplemente al plástico hecho de la planta u otro material biológico en lugar de petróleo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Mortero</li> <li>• Agitador magnético</li> <li>• Imán agitador</li> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Espátulas</li> </ul>

Realizado por: Mariño, María, 2022

### 3.5. Población de estudio

La población de estudio elegido es el fruto de la palma que posee como nombre científico (*Bactris Gasipaes*), conocido como chontaduro como materia prima para la extracción del almidón y a partir de este obtener el bioplástico, cultivado en la provincia de Morona Santiago – Ecuador.

### 3.6. Tamaño de la muestra

Para este experimento se necesitó 500 g de almidón de chonta mismo que se obtuvo a partir del fruto de la palma (*Bactris gasipaes*) que permitieron realizar las seis formulaciones con sus 3 repeticiones respectivamente.

### **3.6.1. Etapas para la recolección de datos**

En la siguiente investigación para la recolección de datos se llevó a cabo en base a las observaciones directas y sus análisis fisicoquímicas realizadas en el laboratorio para obtener el almidón de la chonta, hasta la elaboración del bioplástico.

- Selección de la fruta de chonta en los mercados del cantón Morona.
- Extracción del almidón de la chonta utilizando el método de la vía húmeda, el cual será nuestra materia prima.
- Caracterización fisicoquímica del almidón de la chonta
- Formulación para la elaboración del bioplástico
- Obtención del bioplástico con las distintas formulaciones en base a las variables.
- Caracterización mecánica del bioplástico elaboradas en el laboratorio de la Sede.
- Análisis estadístico en el programa infostat para comparar las formulaciones y conocer cuál es su varianza de acuerdo con los valores, para ello se va a utilizar el método Tukey con una probabilidad del 95%.
- Por ultima la comparación del bioplástico con el plástico tradicional.

### **3.7. Análisis estadístico**

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico “Infostat” versión 2020 y el programa Microsoft Excel 2016, el cual nos permite obtener datos numéricos y gráficos de las variables como la resistencia a la ruptura, permeabilidad, solubilidad y elasticidad del bioplástico.

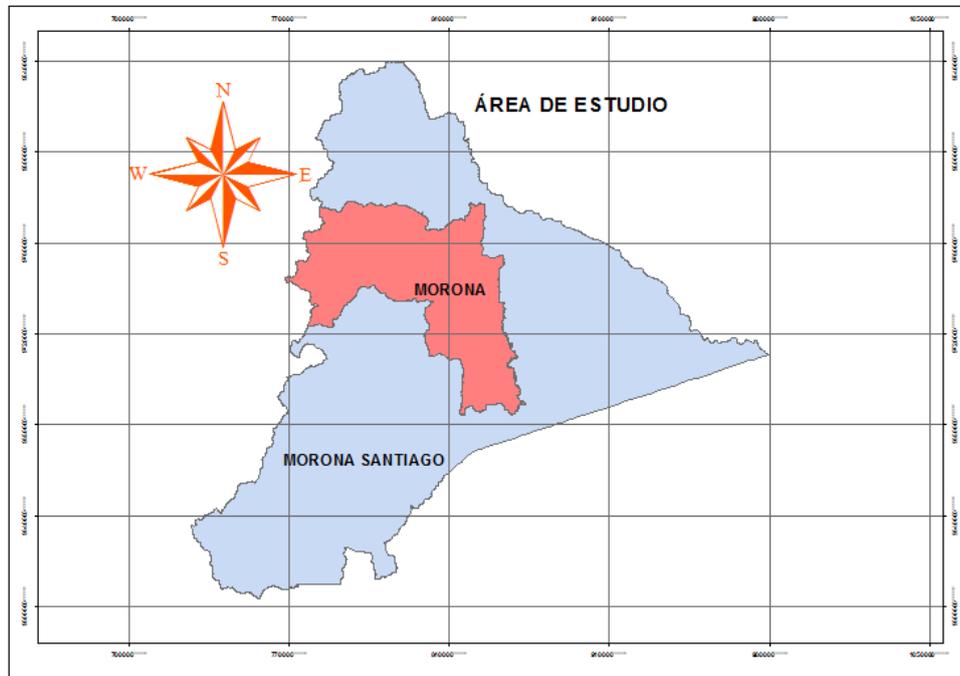
### **3.8. Ingeniería del proyecto**

La investigación se ejecutó en la ciudad de Macas, cantón Morona, provincia de Morona Santiago en el laboratorio de la ESPOCH Sede Morona Santiago, donde se encuentra los equipos y reactivos, mismos que sirve para extraer el almidón y con ella elaborar el bioplástico.

### **3.9. Localización de estudio**

Las chontas son procedentes del cantón Morona provincia de Morona Santiago, el cual está ubicado al sur de la Región Amazónica. Este cantón posee una superficie de 4.654,48 km<sup>2</sup>, es el segundo cantón más grande de la provincia. Se delimita al Norte con los cantones de Pablo VI y

Huamboya; al Sur con los cantones Sucua, Logroño y Tiwintza; al Este con el cantón Taisha; y al Oeste con la provincia de Chimborazo (Durán, 2015, p. 12).



**Ilustración 1-3:** Mapa del área de estudio  
Realizado por: Mariño, María, 2023

### ***3.9.1. Etapa para la obtención de almidón de la chonta***

- FASE 1: Acondicionamiento de la chonta.
- FASE 2: Separación del almidón.
- FASE 3: Obtención del almidón.

### ***3.9.2. Etapa para la obtención de bioplástico***

- FASE 1: Acondicionamiento del almidón.
- FASE 2: Adición de agentes plastificantes.
- FASE 3: Obtención de bioplástico.

### 3.10. Metodología para la recolección de datos experimentales

#### 3.10.1. Materiales, equipos y reactivos

**Tabla 4-3:** Materiales y reactivos

Materia prima	Reactivos	Materiales	Equipos
Almidón a partir de la chonta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada (H<sub>2</sub>O)</li> <li>• Alcohol al 96% (C<sub>2</sub> H<sub>5</sub> OH)</li> <li>• Proteína (gelatina sin sabor)</li> <li>• Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH)</li> <li>• Aceite palma de oro</li> <li>• Glicerina (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> O<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espátulas</li> <li>• Vaso de precipitación de 200 ml</li> <li>• Cajas petri de plástico y vidrio</li> <li>• Mortero de porcelana</li> <li>• Medias nailon</li> <li>• Filtro de café</li> <li>• Recipientes de aluminio y plástico</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tapa de picar</li> <li>• Tijera</li> <li>• Estilete</li> <li>• Imán agitador</li> <li>• Tubo de ensayo</li> <li>• Vidrio reloj</li> <li>• Pipeta</li> <li>• Embudo</li> <li>• Soporte universal</li> <li>• Probetas de 10, 25 y 50 ml</li> <li>• Guantes</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Pinzas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufa</li> <li>• Mufla</li> <li>• Agitador magnético</li> <li>• Molino manual</li> <li>• Licuadora</li> <li>• Dinamómetro de resorte 20 N</li> <li>• Elevador de tijeras</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Cronometro</li> <li>• Termómetro</li> <li>• pH metro</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Bomba de vacío y filtro de succión</li> </ul>

Realizado por: Mariño, María, 2023

### 3.11. Técnicas para la extracción del almidón de la chonta

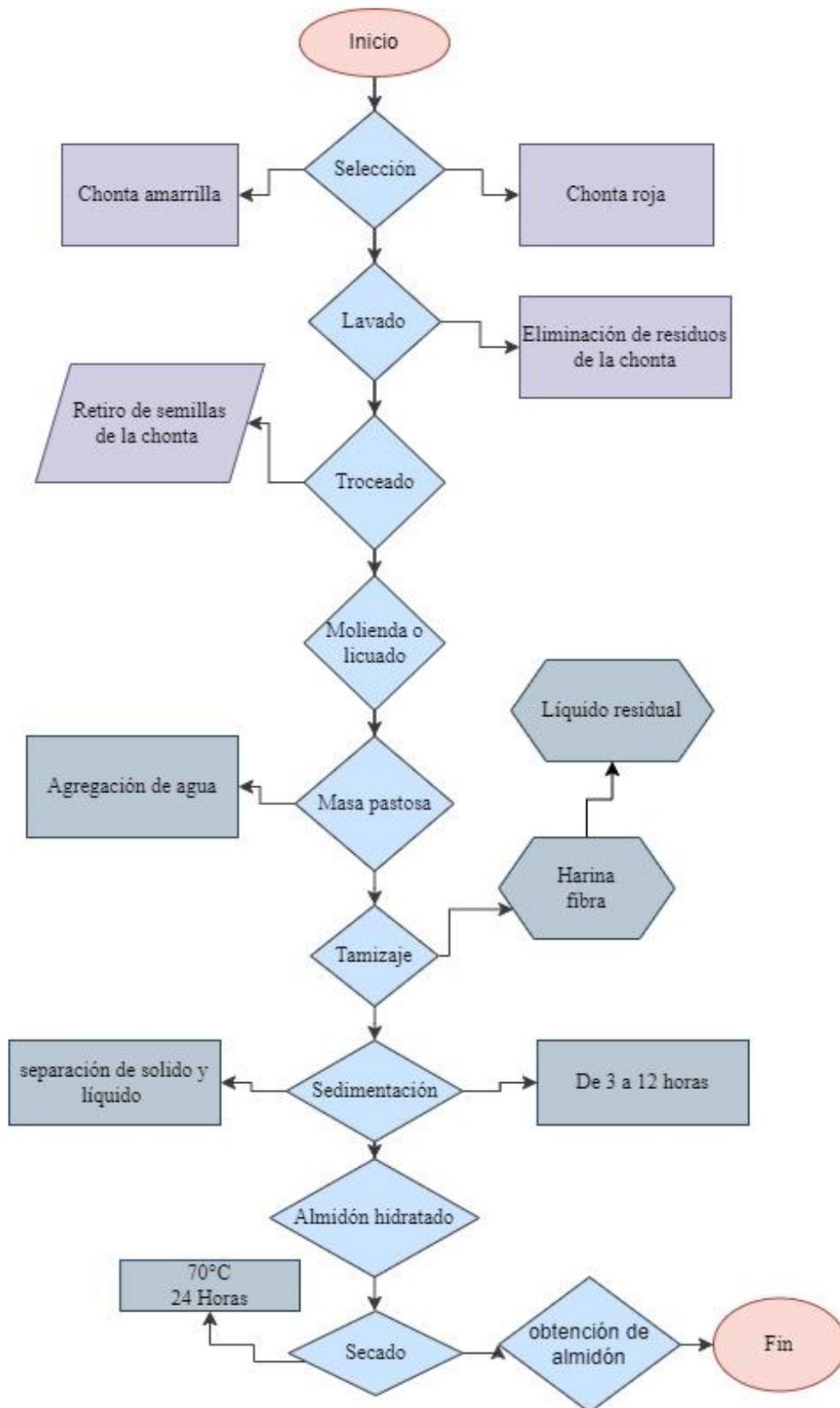
Para la extracción del almidón de la chonta se guio en la metodología cita por Holguin (2019, P.28) con modificaciones, dicho procedimiento se puede observar en la siguiente tabla 5-3.

**Tabla 5- 3:** Metodología para la extracción del almidón de la chonta

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Vía Húmeda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Molino</li> <li>• Estufa</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Cuchillo</li> <li>• Tabla</li> <li>• Recipientes plásticos y aluminios</li> <li>• Filtro de café</li> <li>• Media nylon</li> <li>• Cernidor plástico</li> </ul>	Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección el fruto de la chonta en los mercados del cantón Morona.</li> <li>• Lavar el fruto de la chonta con abundante agua.</li> <li>• Pesar el fruto y los recipientes y secar.</li> <li>• Retirar las semillas y cortar en 2 o más partes.</li> <li>• Pesar proceder a moler o licuar</li> <li>• Ya molido o licuado se procede a adicionar 2 L de agua para sedimentar</li> <li>• Tamizar con el cernidor, medias nylon y el filtro de café para retirar el exceso de restos como la fibra y la harina.</li> <li>• Dejar sedimentar de 3 a 12 horas para que el almidón se separe del agua.</li> <li>• Retirar el exceso de agua y colocar las muestras en el recipiente aluminio y a la estufa durante 24 horas a 50°C o secar al ambiente durante 2 días.</li> <li>• Moler en el mortero y almacenar el almidón.</li> </ul>	(Holguin 2019, p.28)

Realizado por: Mariño, María, 2023

- 1) **Adquisición y selección de la materia prima:** Inicialmente para la compra del fruto se debe verificar que los racimos se encuentren en buen estado y sobre todo que contenga frutos de buena calidad a simple vista, como es su coloración, tamaño y sobre todo que no se encuentre en un mal estado, ya que esto significaría que ya se encuentra en la etapa de putrefacción y no serviría.
- 2) **Lavado:** En esta parte debemos separar los frutos del racimo y poner a lavarlo con abundante agua en un recipiente para poder quitar cualquier resto de basura o tierra que contenga la chonta y desinfectar.
- 3) **Pesado:** pesar la chonta ya con la semilla retirada.
- 4) **Troceado:** La chonta es cortada en dos o más partes para que el proceso de licuado sea más fácil de realizar.
- 5) **Molienda o licuado:** Se procede a moler o licuar el fruto ya troceado con un poco de agua si se utiliza la licuadora, caso contrario agregar agua luego de ser molido.
- 6) **Tamizaje:** A continuación, procedemos a cernir usando una tela de café (lienzo) y una media nylon con abundante agua para poder retirar los restos de fibra y harina con la finalidad de obtener solo almidón y agua.
- 7) **Sedimentación:** Dejar reposar de 3 a 12 horas el tamizado para que ocurra la separación de fase líquida y sólida. Retirado el exceso de agua y dejar solo el almidón hidratado.
- 8) **Secado:** El almidón hidratado es llevado a la estufa para el proceso de eliminación de agua presente, a 70°C por 24 horas. De ser necesario, luego de este proceso moler en el mortero.
- 9) **Almacenado:** Para concluir guardar el almidón en fundas herméticas etiquetadas en un lugar seco y fresco.



**Ilustración 1-3:** Diagrama de flujo de la extracción del almidón de chonta  
 Realizado por: Mariño, María, 2022

### **3.12. Rendimiento y caracterización del almidón**

#### **3.12.1. Rendimiento del almidón**

Para determinar el rendimiento del almidón de la chonta se utilizó el cálculo usado por Mogrovejo (2019).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de almidón}}{\text{Peso de la materia prima}} \times 100\%$$

#### **3.12.2. Caracterización fisicoquímica del almidón**

##### **3.12.2.1. Amilosa**

El cálculo de la amilosa se basó en la metodología descrita por (Hassan et al. 2013). En un vaso precipitado de 50 ml pesar 0,10 g de almidón, añadir 1 ml de etanol al 96% y 9 ml de hidróxido de sodio de 1M, gelatinizar la mezcla de almidón durante 10 min en una estufa, seguidamente dejar enfriar. Aforar en un matraz de 100 ml, extraer una alícuota de 5 ml y colocar en un matraz de aforo de 100 ml en ella adicionar 1 ml de ácido acético 1 M y 2 ml de solución de yodo y aforar en 100 ml. Finalmente, leer la absorbancia a 620nm en el espectrofotómetro.

$$\text{Contenido de amilosa (\%)} = 3,06 * \text{absorbancia} * 20$$

##### **3.12.2.2. Amilopectina**

La amilopectina se determinó mediante la metodología de (Hassan et al. 2013).

$$\text{Contenido de amilopectina (\%)} = 100 - \% \text{amilosa}$$

##### **3.12.2.3. Porcentaje de humedad**

Para el cálculo de la humedad se usó el método AOAC. 925.10, el cual se basa en la pérdida de agua que sufre la muestra en la estufa hasta que obtenga un peso constante, se procedió a medir 102 gramos de almidón en 150 ml de agua destilada, luego se ha coloca las muestras en cajas Petri, inmediatamente fue puesto en la estufa a 105°C durante 24 horas. Por último, se procede a pesar y se calcula la humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \left( \frac{M-m}{M} \right) \times 100\%$$

Donde:

M: Es el peso inicial de la muestra antes de ser secada

m: Es el peso final de la muestra después del secado

#### 3.12.2.4. Ceniza

Para el porcentaje de ceniza se utilizó el método de la AOAC 923.03 con modificaciones, donde la muestra se debe incinerar a 550°C para que la materia orgánica se destruya por completo, y el material inorgánico que no se ha destruido le llamamos ceniza. Procedemos a pesar una muestra de 10.005 g en el crisol respectivamente en una balanza analítica, luego se ha coloca en la mufla durante 4 horas a 550°.

$$\% \text{ Ceniza} = \left( \frac{P1 - P2}{P} \right) \times 100\%$$

Donde:

P = Es el peso en gramos de la capsula con la muestra.

P1 = Es el peso en gramos de la capsula con la ceniza.

P2 = Es el peso en gramos de la capsula vacía.

#### 3.12.3.3 pH

El pH se midió basándose en la norma NTE INEN, 1456 con modificaciones. Normalizar el pH-metro a 25 °C y luego sumergir los electrodos con solución tampón pH 7,0 y pH 4,0 luego ajustar el control de temperatura. Pesar 20 g de almidón en un vaso precipitado de 100 ml con agua destilada, homogenizar la muestra y leer el pH.

#### 3.12.2.5. Tiempo de gelatinización

El tiempo de gelatinización se determinó mediante la metodología citada por Grace, 1977 con modificaciones. Se pesa 10 g de almidón diluir en agua destilada usando un vaso de precipitación de 100 mL. Posteriormente, tomar la muestra madre 50 mL de la mezcla en un vaso precipitado de 75 mL y llevar a fuego con una temperatura de 150°C. Agitar con un agitador magnético hasta obtener una consistencia pastosa y su temperatura permanezca constante al menos por un momento. Anotar la temperatura de gelatinización.

#### *3.12.2.6. Solubilidad en el agua*

Para la solubilidad se utilizó la metodología citada por NTE INEN 1456 con modificación. Pesar 0.5 g de almidón en un vaso precipitado de 100 mL, seguidamente, añadir 5 mL de agua fría y mezclar. Luego añadir la mezcla sobre 100 mL de agua hirviendo el cual está en un vaso precipitado de 200ml, continuar la ebullición por 2 minutos más. Anotamos el tiempo de gelatinización.

#### *3.12.2.7. Granulometría*

El tamaño de granulo del almidón fue determinado mediante un tamizador y sus 6 tamaños de tamiz (180, 150, 125, 106, 75 y 53 um) respectivamente, en el cual procedió a colocar 188 gramos de almidón pesado, que luego fue puestos a tamizar durante 25 minutos, finalizado el proceso, se pesó las fracciones del almidón retenidas en cada tamiz para obtener el resultado.

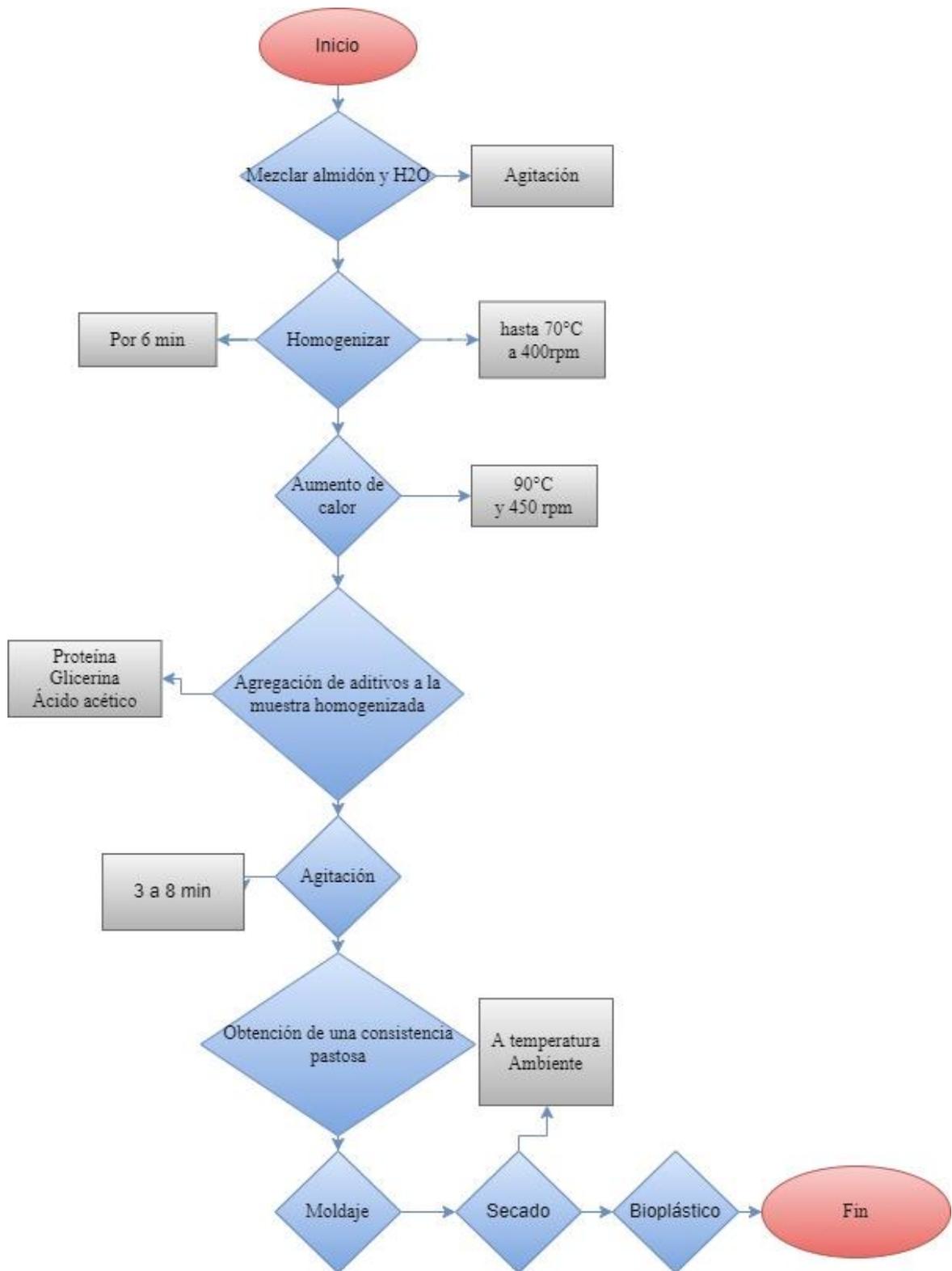
### **3.13. Elaboración del bioplástico a partir de las formulaciones planteadas**

Para la elaboración del bioplástico se basó en dos metodologías (con modificaciones), citadas por los autores (Avellán et al., 2020, p.5), el cual utiliza para la elaboración de plásticos a partir del almidón de maíz, la glicerina, almidón, ácido acético y agua destilada , y la técnica de (Pascoe 2016, p.5), empleada es para elaborar un material plástico biodegradable, de donde se usó la proteína como un ingrediente complementario para elaborar el bioplástico con el almidón de la chonta ya que este ayuda a no fragmentarse y formar un cuerpo uniforme.

**Tabla 6-3:** Proceso de elaboración del bioplástico

<b>Método</b>	<b>Materiales y equipos</b>	<b>Reactivo</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Método de ensayo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención del bioplástico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación de 250 mL</li> <li>• 2 vidrio reloj</li> <li>• Probetas de 50, 25 y 10 mL</li> <li>• Espátula</li> <li>• Agitador magnético</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Cronómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almidón de la chonta</li> <li>• Glicerina</li> <li>• Proteína</li> <li>• Ácido acético</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar el almidón de la chonta en un vaso de precipitación junto a 45 ml de agua destilada.</li> <li>• Homogenizar la mezcla en un agitador magnético a 400 rpm hasta llegar a los 70°C durante 6 min.</li> <li>• Verter la proteína, glicerina y el ácido acético y aumentar la temperatura a 90°C</li> <li>• Agitar la mezcla a 450 rpm durante 3 a 8 min hasta conseguir una consistencia pastosa.</li> <li>• Moldear la mezcla en las cajas Petri</li> <li>• Poner a secar durante 8 días a temperatura ambiente</li> </ul>	(Avellán, et al, 2020, p.5) y (Pascoe 2016, p. 5)

Realizado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 2-3:** Diagrama de flujo de la elaboración del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

### **3.13.1. Caracterización mecánica del bioplástico**

#### **3.13.1.1. Espesor**

Para el espesor se tomó en cuenta la norma INEN 2542 (2010) y la norma NTE INEN-ISO 4593 (2014), en el cual se describe el procedimiento a seguir, para ello se utilizó la medición directa con un micrómetro digital (outside), entre 0 y 25 mm con una exactitud de 0.01mm. De este modo se empezó con la recepción de láminas del bioplástico para el ensayo, se llevó a cabo 5 mediciones en diferentes puntos a lo largo de la lámina elegida. Finalmente, los resultados obtenidos en el ensayo se promediaron de todas las mediciones de cada formulación.

#### **3.13.1.2. Resistencia al desgarre elmendorf**

Para el ensayo de la resistencia al desgarre elmendorf se hizo de la forma manual con los equipos disponibles en el laboratorio, para ello se usaron las siguientes dimensiones: 4.5 cm de longitud y 2,5 cm de ancho de láminas de bioplástico. A continuación, se colocó el dinamómetro de resorte de 20 N en el soporte universal y con la ayuda de un nylon se puso una pinza en el dinamómetro de resorte de 20 N y la otra pinza se colocó en el elevador de tijeras. Finalmente se colocó el bioplástico a ensayar en cada extremo con las mordazas y se registró la resistencia.

#### **3.13.1.3. Permeabilidad al vapor de agua**

Para la permeabilidad del vapor de agua se empleó el método desecante citada por Alarcón (2022, p.33). En un vaso de precipitado colocar 100 g de sálico gel, dejar durante 24 horas en la estufa a 105 °C para que la sálica gel esté previamente activada, en los tubos de ensayo colocamos 11.63 centímetros de sálica gel, cortar el bioplástico en dimensiones de 4 cm de ancho x 3 cm de largo de cada una de las muestras, una vez cortadas colocamos en la boca del tubo de ensayo y se procede a cerrar herméticamente. Posteriormente colocamos en un desecador con una temperatura de 20 – 27°C y una humedad relativa de 50 a 60%. Finalmente, las muestras se pesaron durante 5 horas seguidas.

$$\text{Tasa de transmisión de vapor de agua} = \left( \frac{\frac{Q \text{ (g)}}{t \text{ (h)}}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \right)$$

Donde:

WVTR = Tasa de transmisión de vapor de agua en g/h\*m<sup>2</sup>

Q= es el peso ganado en el desecante en (g)

T= es el tiempo de prueba en (h)

A = es el área total del bioplástico en (m<sup>2</sup>)

#### *3.13.1.4. Elongación*

La elongación se determinó mediante la medición directa. El bioplástico se cortó en dimensiones de 5 cm de largo y 3 cm de ancho, luego fueron colocados en las mordazas a los dos lados, con una regla puesta en el soporte universal se procedió a medir la distancia de estiramiento.

#### *3.13.1.5. Solubilidad en el agua*

La solubilidad se lo define como el porcentaje de materia prima seca del bioplástico que fue solubilizada durante 24 horas. Este parámetro se lo realizó en los laboratorios “Sede Morona Santiago”. Este proceso se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por la Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay No 4- 2009 - INN TEC -33, con algunas modificaciones: Pesar 2 g de bioplástico en la balanza analítica de cada formulación. Luego proceder a colocar la muestra en un tubo de ensayo con 5 ml de agua destilada, posteriormente fue llevado hasta un agitador magnético, donde se colocó un vaso de precipitación con agua y en ella el tubo de ensayo con la muestra apoyado en el soporte universal, y se procedió a agitar a 200 rpm durante 1 hora. Finalmente se filtró el material y fue puesto a secar en la estufa a 105°C por 24 horas, pasado ese tiempo se pesó el material soluble y se determinó la solubilidad.

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

## CAPITULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados de la extracción y obtención del rendimiento del almidón de la chonta

Para la extracción del almidón de la chonta se siguió el proceso antes mencionado en el apartado 3.12 y su rendimiento conseguido se puede ver en la tabla 1-4.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{300}{1814,37} \times 100\%$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 16,53$$

Al finalizar el proceso de extracción del almidón se obtuvo como resultado un rendimiento del 16,53% de la chonta. Según Carrera, (2018) nos dice que la cantidad de almidón que contiene este fruto es del 42%, cabe aclarar que se usó el fruto con cascara y bien maduras excepto las semillas que fue desechada. puesto que durante las pruebas realizadas en la extracción se pudo evidenciar que rindió más la chonta con cascara y maduras a comparación con la chonta sin cascara. La cantidad conseguida es suficiente para la elaboración del bioplástico, existiendo pérdidas del almidón durante la filtración.

**Tabla 1-4:** Cálculo del rendimiento del almidón de la chonta

Nombre común	Chonta o Chontaduro	Coloración
Nombre científico	<i>Bactris gasipaes</i>	Amarilla
Acción	Cantidad	Unidad
Peso inicial de la chonta con cáscara y pepa lavada	1814,37	g
Peso inicial del almidón obtenido en base húmeda	450	g
Peso final de almidón seco	300	g

Realizado por: María, Mariño. 2022

#### 4.2. Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón

Para determinar las características fisicoquímicas del almidón de la chonta se hicieron las siguientes pruebas: humedad, cenizas, pH, amilosa, amilopectina, temperatura de gelatinización y solubilidad, como lo indica la tabla 2-4.

**Tabla 2-4:** Resultados de los análisis fisicoquímicos del almidón de la chonta

Parámetros	Métodos de referencia	Resultados
Contenido de humedad	AOAC. 925.10	11,74%
Contenido de ceniza	AOAC. 923.03	6,56%
pH	(NTE INEN 2012)	5,58
Temperatura gelatinización	Grace, 1977	92°C
Amilopectina	Hassan et al. 2013	89,2%
Amilosa	(Hassan et al. 2013)	10,8%
Solubilidad	(NTE INEN 2012)	Soluble
Tamaño de granulo	Directa	53-180 um

Realizado por: María, Mariño. 2023

La humedad del almidón de la chonta fue de 11.74% de una muestra de 5g de almidón. Este valor se asemeja a reportados por varios autores como (Ruiz 2015, p.36) con 12,98% de humedad en almidón de frejol canario, mientras que (Túquerres 2021, p.45) consiguió 13,55 % de humedad en almidón de papas y (Hidalgo et al., 2021.p.184) reporto una humedad de 8,15%, en almidón de plátano verde. Estos valores se encuentran dentro de los valores recomendados por la FAO. Con respecto al porcentaje de cenizas del almidón de la chonta fue 6.56 %. Cabe recalcar que durante este procedimiento tomo 3 horas extras más de lo recomendado por la metodología, ya que se observó que el material no se calcinaba por completo durante las 4 horas recomendadas en la mufla. Resultando ser más alto que otras investigaciones como (Hidalgo et al., 2021, p.184) con 1,86% de ceniza en almidón de plátano verde o como lo cita (Ruiz 2015, p.37) con un promedio de 0,12% de ceniza. El análisis de este parámetro se realizó con el pH-metro obteniendo un valor de 5,58 con un tiempo de reposo de 10 minutos, por lo que cumple con la normativa INEN 1456 y se encuentra entre 5,0 y 7,0 (NTE INEN 2012). Se pudo evidenciar que la temperatura de gelatinización del almidón de la chonta es de 92°C, este dato indica que el almidón se gelatiniza a temperaturas relativamente altas. Según los autores Navia et al. (2015, pp.38-40) la gelatinización ayuda al proceso de plastificación y por ende al bioplástico ayuda en sus comportamientos mecánicos.

En términos generales la amilosa y amilopectina presentaron valores de 10,8 % y 89,2 % respectivamente en el almidón de la chonta. Esta cantidad de amilosa obtenida se encuentra de un rango bajo, ya que la FAO menciona que la cantidad de amilosa en los almidones debe ser de 17-27%. Aristizàbal y Sanchez (2007, p.34) mencionan que la amilosa sirve para formar bioplásticos fuertes y resistentes, en cambio la amilopectina hace que sea lo contrario. En otras investigaciones similares la cantidad de amilosa ha sido encontrada en porcentajes de 25,5 y la amilopectina 74,5% (Túquerres 2021, p.57).

La solubilidad es un parámetro cualitativo, en este caso la muestra del almidón de la chonta en el análisis cumple con el requisito cuando se observa sólo ligera opalescencia y no se intensifica después de enfriamiento de la solución, por lo que el resultado es soluble. (NTE INEN 2012). El tamaño de granulo (granulometría) encontrado en el almidón de la chonta varia de 53- 180 um según el análisis realizado, en comparación con otras investigaciones este resultado es semiaceptame, con lo que menciona Quiroga (2008, p.132) donde nos dice que el tamaño de almidón en términos generales son de 15-100 micras. Este resultado dependerá también del tipo de materia prima y del proceso de molienda del almidón.

### **4.3. Resultados de las características físico-mecánicas del bioplástico**

#### **4.3.1. Análisis del espesor**

Con respecto al espesor según la norma ASTM D882. (2010), Las unidades de las láminas bioplásticas son en micras y sus espesores deben poseer valores mínimos y máximos de 0.1 a 0.2 mm, tomando en cuenta esta norma, en la tabla 3-4, muestra que la formulación 2 cumple con dicho requerimiento con un promedio de 0,16 mm de espesor, mientras que las demás formulaciones sobrepasan los valores permitidos. Según Escobar et al., (2009,p.34), indica que los valores permitidos de espesor para el bioplástico deben ser de  $0,140 \pm 0,010$ mm, de acuerdo con 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”. Mientras que otros autores como Alarcòn (2022,p.49) & Nivelò, (2015,p.45) obtienen espesor de 0,09 a 0,11 mm es sus trabajos respectivos.

**Tabla 3-4:** Resultados obtenidos del espesor del bioplástico

N°	formulación	Repeticiones	Espesor (mm)	Promedio (mm)
1	F 1	1	0,44	0,35
2		2	0,40	
3		3	0,20	
4	F 2	1	0,16	0,16
5		2	0,18	
6		3	0,15	
7	F 3	1	0,18	0,22
8		2	0,22	
9		3	0,25	
10	F 4	1	0,35	0,31
11		2	0,26	
12		3	0,32	
13	F 5	1	0,48	0,29
14		2	0,18	
15		3	0,22	
16	F 6	1	0,33	0,24
17		2	0,20	
18		3	0,18	

Elaborado por: Mariño, María, 2023

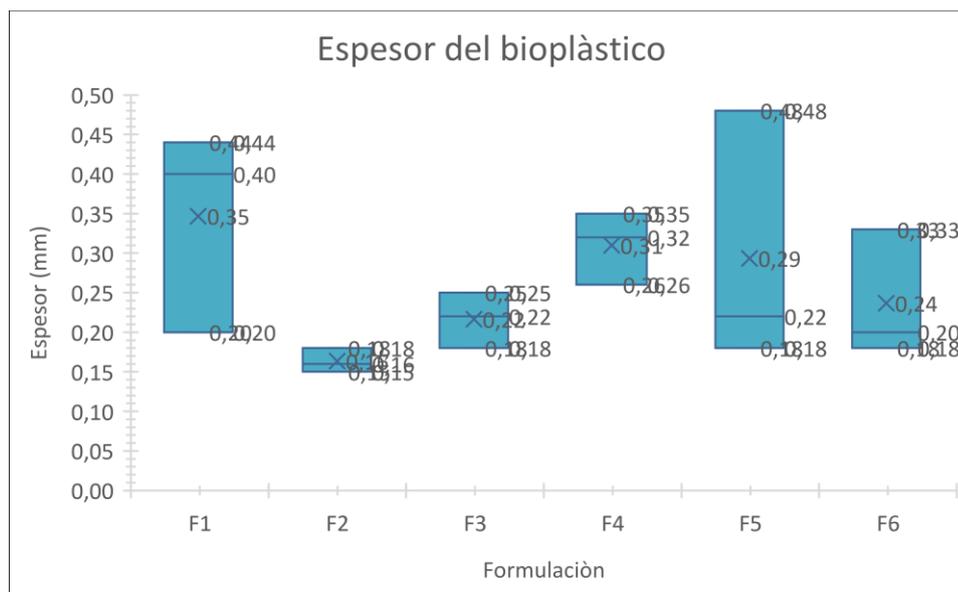
El análisis de varianza del espesor se realizó en ANAVA con un 95% de confiabilidad, donde el valor p es 0,1729, es decir que su valor es mucho mayor que 0,05 lo que significa que las formulaciones no son diferentes entre sí. Además, mediante un test Tukey se pueden ver que las formulaciones no son significativamente diferentes (Ver figura 4-4).

**Tabla 4-4:** Análisis de varianza de elongación

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)					
F. V	SC	Gl	CM	F	P-valor
Modelo	0,10	7	0,01	2,12	0,1356
Formulaciones	0,07	5	0,01	1,95	0,1729
Repeticiones	0,04	2	0,02	2,56	0,1268
Error	0,07	10	0,01		
Total	0,18	17			
Test: Tukey alfa = 0,05 DMS = 0,23810					
Error: 0,0070 Gl: 10					
Formulaciones		Medias		n	E.E.

F2	0,16	3	0,05 A
F3	0,22	3	0,05 A
F6	0,24	3	0,05 A
F5	0,29	3	0,05 A
F4	0,31	3	0,05 A
F1	0,35	3	0,05 A

Elaborado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 1-4:** Espesor del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.3.2. *Análisis de resistencia al desgarre elmendorf*

Los resultados obtenidos de la resistencia al desgarre elmendorf de cada formulación (ver tabla 5-4), en el que claramente se muestra que la formulación 2 y sus repeticiones fue la que mayor resistencia al desgarre tuvo los bioplásticos antes de su ruptura con valores de 9N, 12N y 10N, por lo que es apta para elaborar un bioplástico, mientras que las otras formulaciones restantes alcanzaron valores en un rango de 0.90-2.4 N, es decir, tuvieron valores bajos de resistencia lo cual indica que no son recomendables para fabricar bioplásticos porque tienen resistencias muy bajas.

**Tabla 5-4:** Resultados de la resistencia al desgarre elmendorf del bioplástico

Nº	Formulación	Repetición	Resistencia al desgarre elmendorf	Promedio (mm)
1	F 1	1	4,1	2,76
2		2	3,1	
3		3	1,07	
4	F 2	1	9	10,33
5		2	12	
6		3	10	
7	F 3	1	0,47	0,99
8		2	1,4	
9		3	1,1	
10	F 4	1	2,07	1,6
11		2	1,4	
12		3	1,33	
13	F 5	1	2,23	1,33
14		2	0,9	
15		3	0,87	
16	F 6	1	2	1,94
17		2	1,43	
18		3	2,4	

Elaborado por: Mariño, María, 2023

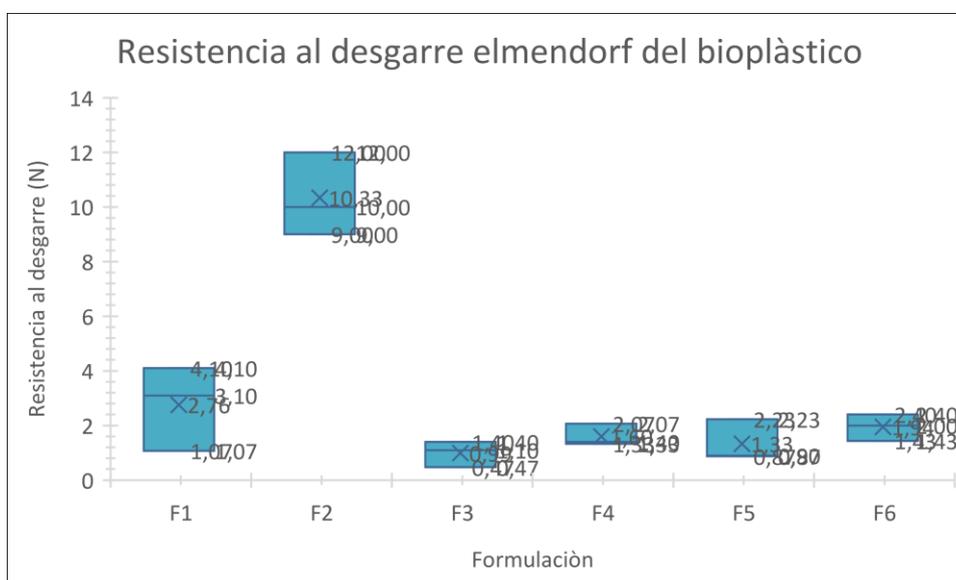
El análisis de varianza de resistencia al desgarre elmendorf se realizó en ANAVA con un 95% de confiabilidad, donde el valor p es 0,0,0001, en el que indica que su valor es menor a 0,05 existiendo una diferencia significativa entre las formulaciones. Con respecto a la prueba Tukey realizado en el software estadístico versión 2020 de infostat se puede observar que las formulaciones no son iguales, es decir, son significativamente diferentes (Ver tabla 6-4).

**Tabla 6-4:** Análisis de varianza resistencia al desgarre elmendorf

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)					
F. V	SC	Gl	CM	F	P-valor
Modelo	191,94	7	27,42	25,64	< 0,0001
Formulaciones	190,74	5	38,15	35,67	< 0,0001
Repeticiones	1,21	2	0,60	0,56	0,5860
Error	10,69	10	1,07		

Total	202,64	17			
Test: Tukey alfa = 0,05 DMS = 2,93270					
Error: 1,0694 GL: 10					
Formulaciones	Medias	n	E.E.		
F3	0,99	3	0,60A		
F5	1,33	3	0,60A		
F4	1,60	3	0,60A		
F6	1,94	3	0,60A		
F1	2,76	3	0,60A		
F2	10,33	3	0,60	B	

Realizado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 2-4:** Resistencia al desgarre elmendorf del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.3.3. Permeabilidad al vapor de agua

Tabla 7-4 se observa los resultados de la permeabilidad al vapor de agua obtenidos en un rango de 0,0023-0,013g/h\*m\*Mpa en las distintas formulaciones, siendo la formulación 2 y sus repeticiones los que son menos permeables con un promedio de 0,0023g/hmMpa resultando ser la formulación adecuada entre todas. En otras investigaciones se han conseguido valores similares como lo cita Niveló (2015,p.47), en su investigación sobre la “OBTENCIÓN DE UN PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS” con una permeabilidad de 0,0056 como el valor más alto. En comparación con este trabajo el bioplástico a base del almidón de la chonta es poco permeable. Siendo una buena opción para realizar un bioplástico con este material.

**Tabla 7-4:** Resultados de la permeabilidad al vapor de agua del bioplástico

<b>Formulación</b>	<b>Repetición</b>	<b>Permeabilidad al vapor de agua (g/h*mMpa)</b>	<b>Promedio (g/h*mMpa)</b>
F 1	1	0,0319	0,013
	2	0,0054	
	3	0,0028	
F 2	1	0,0022	0,0023
	2	0,0027	
	3	0,0020	
F 3	1	0,0030	0,0038
	2	0,0037	
	3	0,0046	
F 4	1	0,0044	0,0038
	2	0,0032	
	3	0,0037	
F 5	1	0,0085	0,0050
	2	0,0029	
	3	0,0037	
F 6	1	0,0068	0,0047
	2	0,0038	
	3	0,0036	

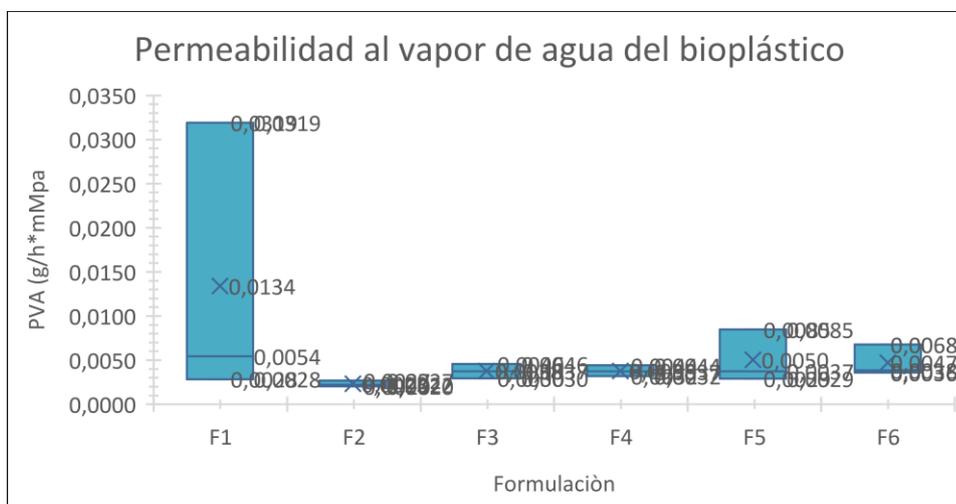
Realizado por: Mariño, María, 2023

Mediante el ANOVA se analizó la varianza de la permeabilidad al vapor de agua con una confiabilidad del 95%, dando como resultado un el valor de  $p = 0,3863$ , indicando que el valor es mayor a 0,05 dando como resultado que no son significativamente diferentes entre las formulaciones. Con lo que respecta a la prueba Tukey elaborado mediante el software InfoStat visualizamos que las formulaciones son similares entre sí, dejando ver que no existe diferencias significativas. (Ver figura 8-4):

**Tabla 8-4:** Análisis de varianza permeabilidad al vapor de agua

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)					
F. V	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	3,8E-04	7	5,4E-05	1,34	0,3250
Formulaciones	2,4E-04	5	4,7E-05	1,17	0,3863
.Repeticiones	1,4E-04	2	7,1E-05	1,76	0,2211
Error	4,0E-04	10	4,0E-05		
Total	7,8E-04	17			
Test: Tukey alfa = 0,05 DMS = 0,01801					
Error: 0,0000 GL: 10					
Formulaciones	Medias		n	E.E.	
F2	2,3E-03		3	3,7E-03 A	
F4	3,8E-03		3	3,7E-03 A	
F3	3,8E-03		3	3,7E-03 A	
F6	4,7E-03		3	3,7E-03 A	
F5	0,01		3	3,7E-03 A	
F1	0,01		3	3,7E-03 A	

Realizado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 3-4:** Permeabilidad al vapor de agua del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.3.4. Elongación

Tenemos los resultados de la elongación medido en porcentajes en la siguiente (tabla 9-4), ahí podemos evidenciar que la formulación 2 y sus repeticiones poseen un estiramiento promedio del 167% ha comparación de las demás, ya que también podemos observar que la formulación 1 es

la que menos se estira con un promedio del 32,67%. De acuerdo a otras investigaciones se han encontrado valores similares e inferiores como lo cita Túquerres (2021, p.65), en el que su mejor tratamiento da como promedio un 80,83% de elongación su mejor tratamiento, así mismo Ruiz (2015, p.49) obtuvo valores que van de 24,08 – 36,52% de elongación en sus tratamientos. A comparación de los dos trabajos citados anteriormente el bioplástico elaborado a partir del almidón de la chonta obtiene un porcentaje muy alto de estiramiento (elongación) haciéndolo factible para su uso.

**Tabla 9-4:** Resultados obtenidos de la elongación del bioplástico

Nº	Formulación	Repetición	Elongación (mm)	Elongación (%)	Promedio (mm)	Promedio (%)
1	F 1	1	47,8	6,22	30,30	32,67
2		2	30,6	32,00		
3		3	12,5	72,22		
4	F 2	1	105	133,33	120	167
5		2	140	211,11		
6		3	115	155,56		
7	F 3	1	5,5	87,78	10,00	77,78
8		2	11,7	74,00		
9		3	12,8	71,56		
10	F 4	1	24,2	46,22	18,67	58,52
11		2	16,3	63,78		
12		3	15,5	65,56		
13	F 5	1	26	42,22	15,57	65,41
14		2	10,5	76,67		
15		3	10,2	77,33		
16	F 6	1	23,3	48,22	22,67	49,63
17		2	16,7	62,89		
18		3	28	37,78		

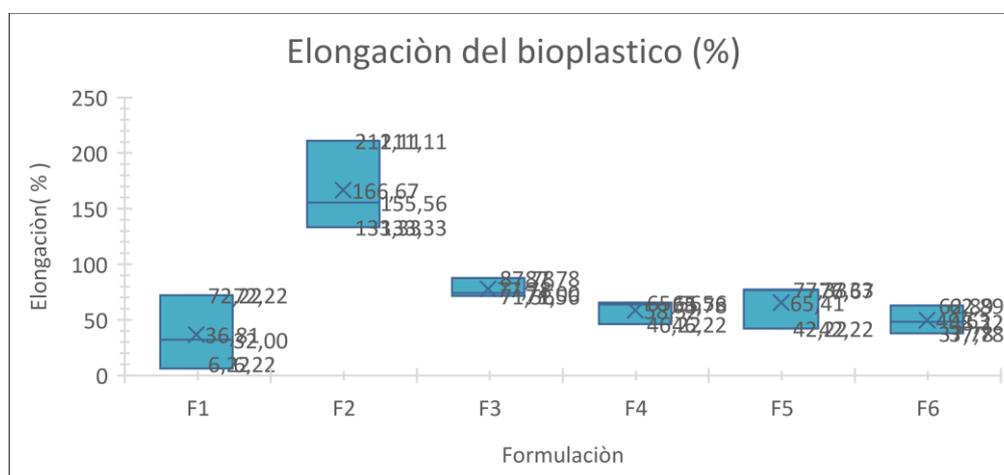
**Realizado por:** Mariño, María, 2023

Según el análisis de varianza ejecutada en ANAVA sobre la elongación teniendo como el 95% de confiabilidad nos resulta del análisis el valor de  $p = 0,0001$  con el que nos demuestra un valor inferior a 0,05, en el que deducimos que las formulaciones entre si son significativamente distintas. Al aplicar la prueba Tukey en el programa Infostat nos refleja resultados significativamente diferentes entre las formulaciones (ver tabla 10-4).

**Tabla 10-4:** Análisis de varianza de la elongación

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)					
F. V	SC	GL	CM	F	P-valor
Modelo	26117,54	7	3731,08	25,90	< 0,0001
Formulaciones	25979,98	5	5196,00	36,07	< 0,0001
Repeticiones	137,56	2	68,78	0,48	0,6338
Error	1440,62	10	144,06		
Total	27558	17			
Test: Tukey alfa = 0,05 DMS = 34,03877					
Error: 144,0620 GL: 10					
Formulaciones	Medias		n	E.E.	
F3	10,00		3	6,93 A	
F5	15,57		3	6,93 A	
F4	18,67		3	6,93 A	
F6	22,67		3	6,93 A	
F1	30,30		3	6,93 A	
F2	120,00		3	6,93 B	

Realizado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 4-4:** Elongación del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.3.5. Determinación de la solubilidad del bioplástico

Los resultados obtenidos de la solubilidad se pueden visualizar en la tabla 11-4, sus respectivos pesos iniciales y finales de cada formulación. Según Escobar (2009, p.35), menciona que la solubilidad de las biopelículas debe tener valor máximo de 59.5 % y mínimo de 39% de acuerdo con su investigación elaboradas a base de aislados de proteínas de suero lácteo, tomando en cuenta

este porcentaje los bioplásticos elaboradas a base del almidón de la chonta se encuentran dentro de los rangos permitidos, es decir, son solubles en el agua, con excepción a la formulación 3 que se sale del rango recomendado, puesto que su porcentaje es 63,29%. Lo indica es que esta formulación es la menos soluble en el agua. Se debe al uso del plastificante en mayor cantidad más que las demás.

**Tabla 11-4:** Resultados obtenidos de la solubilidad de cada formulación

N°	Formulación	Repetición	Solubilidad	Promedio (%)
1	F 1	1	22,27	25,91
2		2	25,06	
3		3	30,4	
4	F 2	1	54,7	54,07
5		2	53,43	
6		3	57,0	
7	F 3	1	64,96	63,29
8		2	63,02	
9		3	61,88	
10	F 4	1	45,91	44,25
11		2	46,89	
12		3	39,96	
13	F 5	1	44,17	44,80
14		2	42,56	
15		3	47,67	
16	F 6	1	37,65	38,35
17		2	36,9	
18		3	40,5	

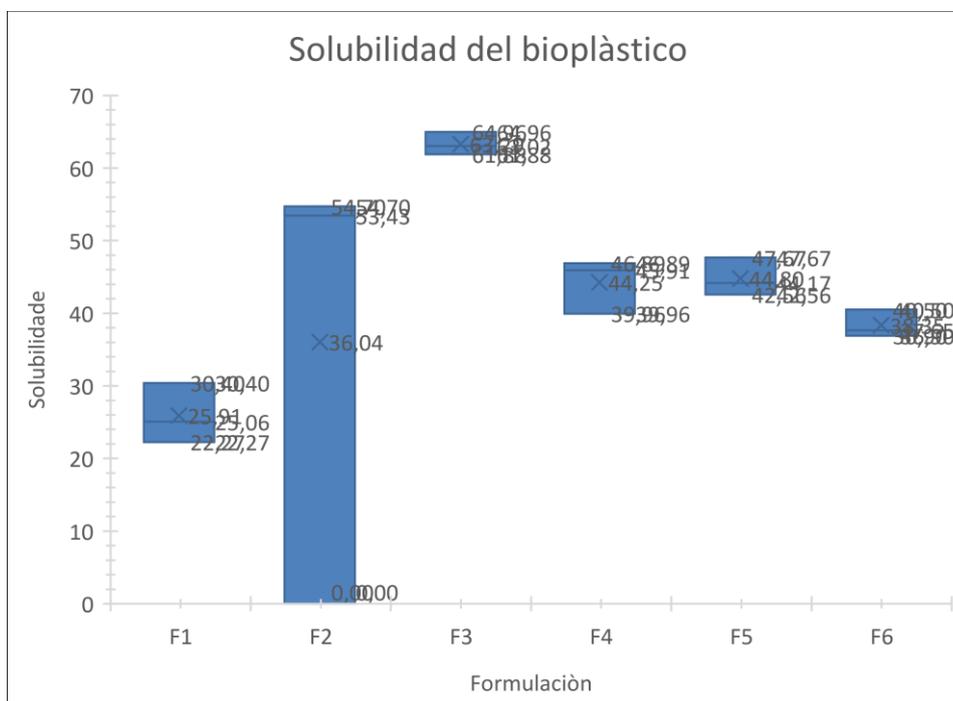
Realizado por: Mariño, María, 2023

El análisis de varianza de solubilidad realizado en ANAVA con un 95% de confiabilidad (ver tabla 12-4) se obtuvo el valor de  $p = 0,0001$  siendo este valor es menor a 0,05. Este valor significa que las formulaciones son distintas entre sí. Además, al aplicar el test Tukey las diferentes formulaciones se formaron en tres grupos, es decir, que son significativamente diferentes entre ellas.

**Tabla 12-4:** Análisis de varianza solubilidad

Cuadro de Análisis de la varianza (SC tipo III)					
F. V	SC	Gl	CM	F	P-valor
Modelo	2540,79	7	362,97	42,23	< 0,0001
Formulaciones	2532,21	5	506,44	58,93	< 0,0001
Repeticiones	8,58	2	4,29	0,50	0,6213
Error	85,94	10	8,59		
Total	2626,73	17			
Test: Tukey alfa = 0,05 DMS = 8,31391					
Error: 144,0620 GL: 10					
Formulaciones		Medias		n	E.E.
F1		25,91		3	1,69 A
F6		38,35		3	1,69 B
F4		44,25		3	1,69 B
F5		44,80		3	1,69 B
F2		55,04		3	1,69 C
F3		63,29		3	1,69 C

Realizado por: Mariño, María, 2023



**Ilustración 5-5:** Solubilidad del bioplástico

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.4. Resultados de la metodología adecuada para elaborar el bioplástico a partir del almidón de la chonta.

Una vez realizados las características físico-mecánicas del bioplástico a partir del almidón de la chonta, con las diferentes formulaciones se concluye que la formulación 2 cumple con los parámetros adecuados para la elaboración de este. Esta formulación obtuvo un espesor de 0,16 mm, 10,33 N de resistencia a la ruptura, 0,0023 g/h\*m\*Mpa de permeabilidad, 167% de elongación y un 54,07% de solubilidad en el agua (ver tabla 13-4). Dicha formulación se compone con 45 ml de agua destilada, 5 g de almidón, 2,5 ml de ácido acético (vinagre), 1,65 g de proteína (gelatina sin sabor) y 2,5 de glicerina. Las demás formulaciones no fueron muy relevantes ya que carecían de resistencia al desgarre el mendorf y elongación propiedades importantes para elaborar un buen bioplástico.

**Tabla 13-4:** Resultados de la caracterización físico-mecánica del bioplástico (promedios)

Nº	Formulación	Espesor (mm)	Resistencia al desgarre el mendorf (N)	Permeabilidad (g/h*m*Mpa)	Elongación (%)	Solubilidad (%)
1	F1	0,35	2,76	0,013	32,67	25,91
2	F2	0,16	10,33	0,0023	167	54,07
3	F3	0,22	0,99	0,0038	77,78	63,29
4	F4	0,31	1,60	0,0038	58,52	44,25
5	F5	0,29	1,33	0,0050	65,41	44,80
6	F6	0,24	1,94	0,0047	49,63	38,35

Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.5. Comparación del bioplástico obtenido a partir de la chonta vs los plásticos de polietileno (plástico comercial).

Para la comparación del bioplástico con el plástico comercial se tomó como referencia al plástico film de polietileno utilizado para el embalaje de distintos materiales y alimentos según las normas INEN 2542 y INEN 2890 en el que se encuentran a su vez otras normas de las características físico mecánicas ver (tabla 14-4), en el mismo se observar los distintos valores del plásticos comercial y el bioplástico, en el que se puede apreciar que la biopelícula realizada a partir del almidón de la chonta no cumple con los parámetros establecidos según las normas técnicas. Excepto por el espesor.

**Tabla 14-4:** Comparación de bioplástico vs film de polietileno

Parámetros	Bioplástico	Film de polietileno	Norma
Espesor	0,16mm	0,023mm	INEN 2542
Resistencia al desgarre elmendorf	10,33N	30-150N	ASTM D1922
Permeabilidad al vapor de agua	0,0023g/h*m*Mpa	impermeable	
Elongación	167%	250-280	ASTM D882
Solubilidad	Soluble	No soluble	

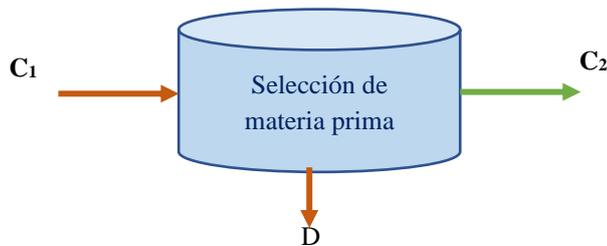
Realizado por: Mariño, María, 2023

#### 4.6. Elaboración de la línea de proceso para obtención del almidón de la chonta

A continuación, se realizan el balance de masa para el proceso de extracción del almidón de la chonta citada en el apartado 3-12 para 250kg. Este procedimiento es fundamental ya que mediante estos cálculos se podrá definir los tipos de las maquinarias a utilizar.

##### 4.6.1. Balance de masa para obtener el almidón

###### 4.6.1.1. Recepción y selección de materia prima



$C_1 = 250$  kg chonta  
 $C_2 =$  chonta seleccionada  
 $D =$  desperdicios

$$C_2 = C_1 - D$$

$$C_2 = (250 - 12,5) \text{kg}$$

$$C_2 = 237,5 \text{ kg}$$

- **Desperdicios**

$$D = C_1 - C_2$$

$$D = 250 \text{ kg} - 237,5 \text{ kg}$$

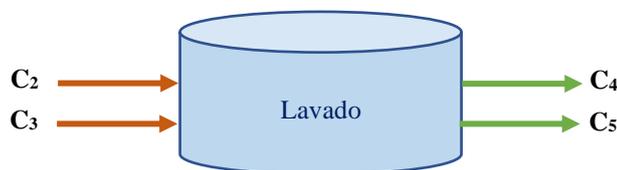
$$D = 12,5 \text{ kg}$$

## Rendimiento

$$\% = \frac{C_2}{C_1} \times 100$$
$$\% = \frac{237,5 \text{ kg}}{250 \text{ kg}} \times 100$$
$$\% = 95$$

De una cantidad de 250 kg de chonta se estima que durante el proceso de selección de la materia prima se elimina aquellas que se encuentran en mal estado obteniendo así un rendimiento del 95% equivalente a 237,5 kg de chonta seleccionada.

### 4.6.1.2. Lavado



C<sub>2</sub>= chonta seleccionada  
C<sub>3</sub>= masa de agua usada  
C<sub>4</sub>= chonta limpia  
C<sub>5</sub>= masa residual

- **Cálculo de la masa del agua**

$$D = \frac{m}{v}$$
$$m = D \times V$$
$$m = 0,998 \times 0,85 \times 237,5$$
$$m = 201,47 \text{ kg}$$

- **Cálculo de la masa residual del proceso de lavado**

$$C_5 = C_2 + C_3 - C_4$$
$$C_5 = 237,5 + 201,47 - 232,75 \text{ (kg)}$$
$$C_5 = 206,16 \text{ kg}$$

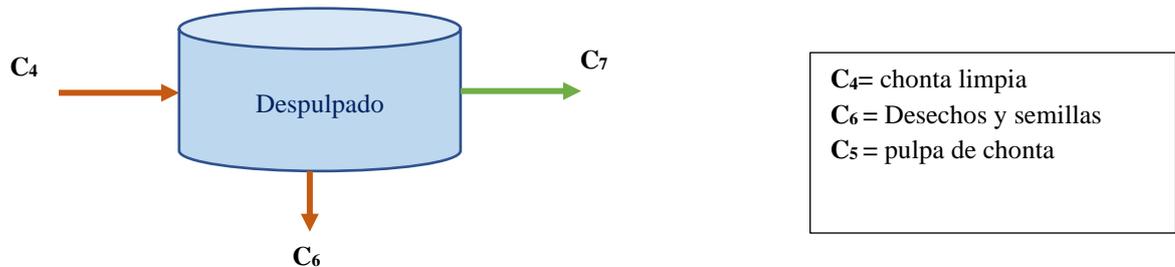
## Rendimiento

$$\% = \frac{C_4}{C_2} \times 100$$
$$\% = \frac{232,75 \text{ kg}}{237,5 \text{ kg}} \times 100$$
$$\% = 98$$

50

Durante el proceso de lavado se aplica un 85% de agua, obteniendo así un rendimiento de chonta limpia del 98%.

#### 4.6.1.3. Despulpado



- **Salida de desechos y semillas**

$$C_6 = 0,2 \times C_4$$

$$C_6 = 0,2 \times 232,75 \text{ kg}$$

$$C_6 = 46,55 \text{ kg}$$

- **Salida de pulpa de chonta**

$$C_7 = C_4 - C_6$$

$$C_7 = 232,75 \text{ kg} - 46,55 \text{ kg}$$

$$C_7 = 186,2 \text{ kg}$$

Rendimiento

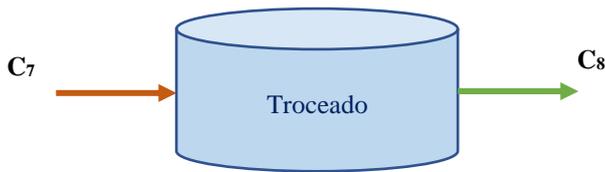
$$\% = \frac{C_7}{C_4} \times 100$$

$$\% = \frac{186,2 \text{ kg}}{232,75 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = 80$$

El proceso del despulpado consiste en la eliminación de la semilla de la chonta. En la salida de desechos y semillas se obtiene dicho valor mediante la multiplicación el peso de las semillas por el total de chonta limpia para finalmente obtener un rendimiento del 80% de pulpa de chonta.

#### 4.6.1.4. Troceado



$C_7 = \text{pulpa}$   
 $C_8 = \text{pulpa troceada}$

- **Salida de pulpa troceada**

$$C_7 = C_8$$

$$C_8 = 186,2 \text{ kg}$$

Rendimiento

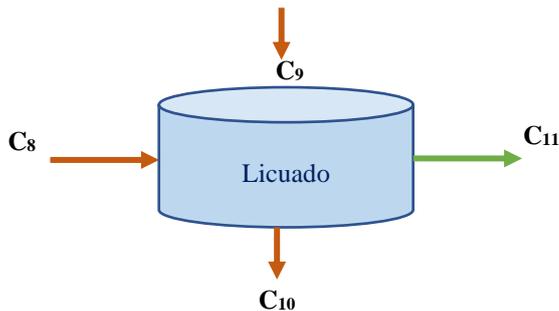
$$\% = \frac{C_8}{C_7} \times 100$$

$$\% = \frac{186,2 \text{ kg}}{186,2 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = 100$$

El proceso de troceado consiste en reducir el tamaño de chonta por lo cual no se obtiene pérdidas durante el proceso ya que la misma materia que entra es la que sale.

#### 4.6.1.5. Licuado



$C_8 = \text{pulpa troceada}$   
 $C_9 = \text{agua}$   
 $C_{10} = \text{perdidas}$   
 $C_{11} = \text{pasta de chonta}$

- **Masa de entrada de agua**

$$D = \frac{m / C_9}{v}$$

$$m / C_9 = D \times V$$

$$m / C_9 = 499 \times 0,745$$

$$m / C_9 = 371,75 \text{ kg}$$

- **Residuos en la licuadora**

$$C_{11} = C_{10} \times 0,01$$

$$C_{11} = 557,95 \text{ kg} \times 0,01$$

$$C_{11} = 5,58 \text{ kg}$$

- **Cálculo de la masa residual de la pasta de chonta**

$$C_{10} = C_8 + C_9 - C_{11}$$

$$C_{10} = 186,2 \text{ kg} + 371,75 \text{ kg} - 5,58 \text{ kg}$$

$$C_{10} = 552,37 \text{ kg}$$

Rendimiento

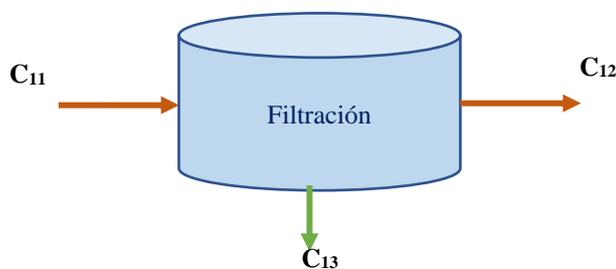
$$\% = \frac{C_{10}}{563,53 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = \frac{552,37 \text{ kg}}{563,53 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = 98$$

En esta etapa se añade 2 litros de agua por cada kg de chonta troceada a ingresar. Los residuos en la licuadora se calculan mediante la multiplicación de las pérdidas por 0,01 equivalente a los residuos sobrantes de la licuadora. Finalmente se ha obtenido un total de pasta de chonta del 98%.

#### 4.6.1.6. Filtración



<p><math>C_{11}</math> = pasta de chonta  <math>C_{12}</math> = residuos solidos  <math>C_{13}</math> = lechada de almidón</p>
--

- **Masa de salida de lechada de almidón**

$$C_{13} = C_{11} - C_{12}$$

$$53$$

$$C_{13} = 552,37 \text{ kg} - 83,57$$

$$C_{13} = 468,8 \text{ kg}$$

Rendimiento

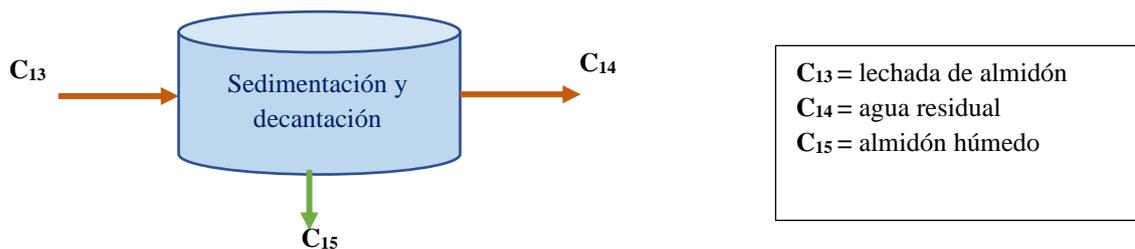
$$\% = \frac{C_{13}}{C_{11}} \times 100$$

$$\% = \frac{468,8 \text{ kg}}{552,37 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = 84$$

Durante la filtración el objetivo es la eliminación de los residuos sólidos para finalmente obtener la lechada de almidón.

#### 4.6.1.7. Sedimentación y Decantación



- **Masa de agua residual de salida**

$$C_{14} = C_{13} - C_{15}$$

$$C_{14} = 468,8 \text{ kg} - 48,86 \text{ kg}$$

$$C_{14} = 419,94 \text{ kg}$$

Rendimiento

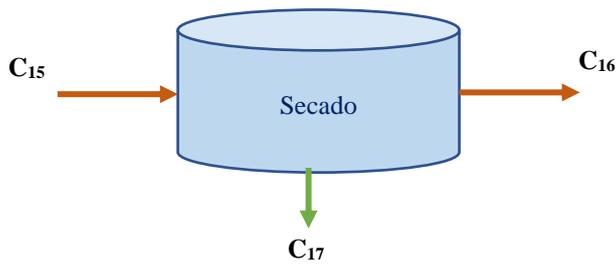
$$\% = \frac{C_{15}}{C_{13}} \times 100$$

$$\% = \frac{48,86 \text{ kg}}{468,8 \text{ kg}} \times 100$$

$$\% = 10,42$$

En la etapa de sedimentación y decantación se deja reposar la lechada durante un periodo de 12 horas con la finalidad de que el almidón se separe del agua.

#### 4.6.1.8. Secado



$C_{15}$  = almidón húmedo  
 $C_{16}$  = vapor  
 $C_{17}$  = almidón seco

- **Cálculo de vapor húmedo**

$$C_{16} = C_{15} - C_{17}$$

$$C_{16} = 48,86\text{kg} - 27,87 \text{ kg}$$

$$C_{16} = 20,99 \text{ kg}$$

#### Rendimiento

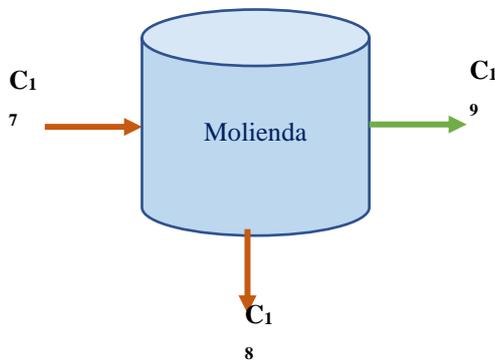
$$\% = \frac{C_{17}}{C_{15}} \times 100$$

$$\% = \frac{27,87 \text{ kg}}{48,86\text{kg}} \times 100$$

$$\% = 57,04$$

En la etapa del secado el almidón es colocado en una estufa de secado durante un periodo de 24 horas a una temperatura de 70°C, Obteniendo un rendimiento del 57,04%

#### 4.6.1.9. Molienda



$C_{17}$  = almidón seco  
 $C_{18}$  = almidón fino  
 $C_{19}$  = residuos

$$C_{17} = C_{18} - C_{19}$$

- **Masa del almidón fino**

$$C_{18} = C_{17} - C_{19}$$

$$C_{18} = 27,87\text{kg} - 0,05(27,8 \text{ kg})$$

$$C_{18} = 27,87\text{kg} - 1,39 \text{ kg}$$

$$C_{18} = 26,48\text{kg}$$

Rendimiento

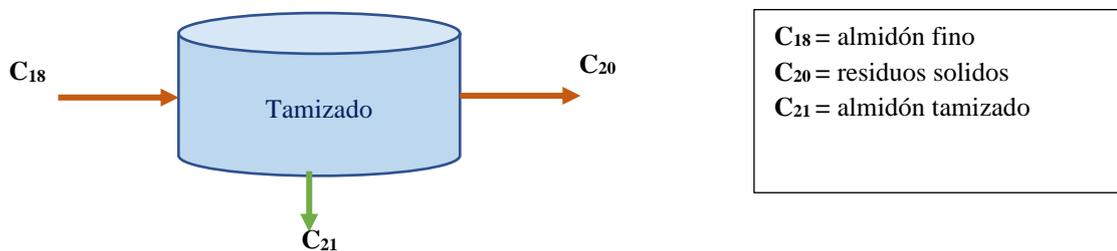
$$\% = \frac{C_{18}}{C_{17}} \times 100$$

$$\% = \frac{26,48\text{kg}}{27,87\text{kg}} \times 100$$

$$\% = 95$$

La molienda se realiza con la ayuda de un mortero con el cual se busca minimizar el tamaño de del alimón.

#### 4.6.1.10. Tamizado



- **Masa del almidón tamizado**

$$C_{21} = C_{18} - C_{20}$$

$$C_{21} = 26,48\text{kg} - 0,05 (C_{18})$$

$$C_{21} = 25,16\text{kg}$$

Rendimiento

$$\% = \frac{C_{21}}{C_{18}} \times 100$$

$$\% = \frac{25,16\text{kg}}{26,48\text{kg}} \times 100$$

$$\% = 95$$

Con la finalidad de obtener un polvo fino de almidón dicho almidón pasa por un proceso de tamización

- **Masa del almidón tamizado**

$$C_{21} = C_{18} - C_{20}$$

$$C_{21} = 52,96\text{kg} - 0,05 (C_{18})$$

$$C_{21} = 50,31\text{kg}$$

Rendimiento

$$\% = \frac{C_{21}}{C_{18}} \times 100$$

$$\% = \frac{50,31\text{kg}}{52,96\text{kg}} \times 100$$

$$\% = 95$$

Con la finalidad de obtener un polvo fino de almidón dicho almidón pasa por un proceso de tamización.

#### ***4.6.2. Cálculos para los equipos a utilizar***

Se realiza el cálculo de las dimensiones para los distintos equipos recomendados de acuerdo a los diferentes procesos en la extracción del almidón de la chonta de 250kg.

##### ***4.6.2.1. Diseño de mesa de selección de la materia prima***

- **Cálculo del volumen de la mesa**

Medidas según la norma técnica  
**Lm** = longitud de la mesa (m)  
**am** = ancho de la mesa (0,60m)  
**hm** = altura de la mesa (0,25m)

$$Vm = Lm * am * hm$$

$$Vm = 1,2m \times 0,60m \times 0,25m$$

$$Vm = 0,18m$$

- **Cálculo de la capacidad por mesa**

$$Vm = 0,18m \times \frac{980kg}{m^3} = 176kg \text{ por mesa}$$

- **Cálculo de unidades por mesa**

De acuerdo con Reyes 1997, el diámetro de la chonta oscila entre 29,63 mm y 49,79mm, su longitud es 31,65mm a 49,58mm.

$$Vc = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

$$Vc = \frac{1}{3} (3,1416)(0,025m)^2 (0,05m)$$

$$Vc = 1,04 \times 10^{-5} m^3$$

- **Unidades por mesa**

$$Um = \frac{Vm}{Vc}$$

$$Um = \frac{0,18m}{1,04 \times 10^{-5} m^3}$$

$$Um = 17,30m^2$$

#### 4.6.2.2. *Diseño para el lavado*

- **Cálculo de la capacidad de la bomba**

$$M_t = M_c + M_w$$

$$M_t = 237,5\text{kg} + 201,47\text{kg}$$

$$M_t = 438,97\text{kg}$$

- **Cálculo del volumen de la chonta**

$$V_c = \frac{237,5 \text{ kg}}{980\text{kg}}$$

$$V_c = 0,242\text{m}^3$$

- **Cálculo del volumen de agua**

$$V_w = \frac{201,47\text{m}^3}{998}$$

$$V_w = 0,201\text{m}^3$$

- **Cálculo del volumen de seguridad**

$$V_s = \frac{20\text{m}^3}{100} (0,242 + 0,201)$$

$$V_s = 0,08\text{m}^3$$

- **Volumen total del bombo**

$$V_t = 0,242 + 0,201 + 0,08 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_t = 0,531\text{m}^3$$

- **Calculo altura del bombo**

$$A = \sqrt[3]{\frac{3 \times 0,531\text{m}^3}{2\pi}}$$

$$A = 0,63 \text{ m}$$

- **Cálculo del radio**

$$r = \frac{2}{3} \times 0,63m$$

$$r = 0,421m$$

- **Cálculo de la altura de los bordes del bombo**

$$hb = 0,2 \times 0,531$$

$$hb = 0,1062$$

- **Cálculo del peso de la estructura**

$$Pb = Vc \times Pa$$

$$Pb = 0,531 \times 400$$

$$Pb = 212,4$$

- **Cálculo del peso del bombo**

$$Pbh = 212,4 + 438,97$$

$$Pbh = 651,37$$

- **Cálculo de la velocidad de giro en el bombo vacío**

$$V_{giro} = \left( \frac{42,4}{\sqrt{D6}} \right) \times Ab$$

$$V_{giro} = \left( \frac{42,4}{\sqrt{0,98}} \right) \times 0,90$$

$$V_{giro} = 38,55 \text{ rpm}$$

- **Cálculo de la velocidad de giro del bombo cargado**

$$rpmc = \left( \frac{42,4}{\sqrt{D6}} \right) \times \sqrt[2]{\frac{mt}{\pi \times Ab}}$$

$$rpmc = \left( \frac{42,4}{\sqrt{0,98}} \right) \times \sqrt[2]{\frac{651,37}{\pi \times 0,70}}$$

$$rpmc = 251,41 \text{ rpm}$$

- **Cálculo de potencia de diseño**

$$Ps = \frac{rpmc \times kc}{973,8}$$

$$Ps = \frac{251,41 \times 1,1}{973,8}$$

$$Ps = 0,28 \text{ Hp}$$

- **Cálculo del diámetro de polea menor**

$$d = A \times \frac{V_{giro}}{rpmc}$$

$$d = 0,06 \times \frac{38,55}{251,41}$$

$$d = 9,2 \times 10^{-3}$$

- **Cálculo de longitud de correa en V**

$$Lv = 1,57 (A-d) + 0,2 + \frac{(A-d)^2}{4}$$

$$Lv = 1,57 (0,06 - 9,2 \times 10^{-3}) + 0,2 + \frac{(0,06 - 9,2 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$Lv = 0,279 \text{ m}$$

- **Cálculo de la velocidad tangencial**

$$V = \frac{A \times \pi \times rpmc}{60}$$

$$V = \frac{0,06 \times \pi \times 251,41}{60}$$

$$V = 0,78 \text{ m/s}$$

- **Cálculo de la distancia entre centros de la polea**

$$H = \frac{Lv}{4} - 0,3927 (A - d)$$

$$H = \frac{0,279 \text{ m}}{4} - 0,3927 (0,06 - 9,2 \times 10^{-3})$$

$$H = 0,051 \text{ m}$$

- **Cálculo del arco de contacto entre la polea y correa**

$$Y = 180 - \frac{60 (A-d)}{H + \sqrt{H^2 - \frac{(A-d)^2}{8}}}$$

$$Y = 180 - \frac{60 (0,06 - 9,2 \times 10^{-3})}{0,051 + \sqrt{0,051^2 - \frac{(0,06 - 9,2 \times 10^{-3})^2}{8}}}$$

$$Y = 179,99$$

- **Cálculo de la frecuencia de flexiones**

$$F = \frac{v \times n \times 1000}{Lv}$$

$$F = \frac{0,93 \times 2 \times 1000}{0,279}$$

$$F = 6666,67 \text{ Fpm}$$

- **Cálculo del esfuerzo tangencial**

$$ET = \frac{75 \times Pd}{V}$$

$$ET = \frac{75 \times 0,25}{0,78}$$

$$ET = 24,03 \text{ kg. F}$$

- **Cálculo de la potencia**

$$N = \frac{ET \times V}{75}$$

$$N = \frac{24,03 \times 0,93}{75}$$

$$N = 0,29 \text{ Hp}$$

- **Cálculo de la eficiencia**

$$E = \frac{0,25}{0,29} \times 100\%$$

$$E = 86\%$$

#### 4.6.2.3. Diseño de licuadora

- **Cálculo de la cantidad de volumen a preparar**

$$m_p = m_c + m_{\text{agua}}$$

$$m_p = 186,2 + 371,75$$

$$m_p = 557,95 \text{ kg}$$

$$v_p = \frac{557,95 \text{ kg}}{980}$$

$$v_p = 0,55 \text{ m}^3$$

- **Dimensión de carga**

$$V_c = h \times \pi \times r^2$$

$$r^2 = \sqrt[3]{\frac{4 V_c}{6\pi}}$$

$$r^2 = 0,48 \text{ m}$$

- **Altura de la carga**

$$h = \frac{3}{4} \times r$$

$$h = \frac{3}{4} \times 0,48$$

$$h = 0,36 \text{ m}$$

- **Peso de carga**

$$W_c = m_c \times g$$

$$W_c = 557,95 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W_c = 5467,91 \text{ N}$$

#### 4.6.2.4. Diseño de cuchillas

$$Tx = \frac{w \times r}{2}$$

$$Tx = \frac{5467 \times 0,48}{2}$$

$$Tx = 1312,08 \text{ Nm}$$

$$Tg = \frac{w \times h}{2}$$

$$Tg = \frac{5467 \times 0,36}{2}$$

$$Tg = 984,06 \text{ Nm}$$

- **Cálculo de tensión efectuado por las cuchillas**

$$T = \sqrt{Tg^2 + Tx^2}$$

$$T = \sqrt{984,06 \text{ Nm}^2 + 1312,08 \text{ Nm}^2}$$

$$T = 1640,1 \text{ Nm}$$

- **Cálculo de velocidad de giro de la cuchilla**

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$N_2 = 400 \text{ rpm}$$

- **Cálculo de ubicación del centro de las aspas**

$$C = \frac{A_1 + A_2}{2}$$

$$C = \frac{0,68 + (0,2 \times 0,68)}{2}$$

$$C = 0,4 \text{ m}$$

- **Cálculo de la longitud de aspas**

$$L = \frac{\pi}{2} \times (A_1 + A_2) - 2C - \frac{(A_1 + A_2)}{4}$$

$$L = 0,08\text{m}$$

- **Cálculo de potencia del motor**

$$Pm = \frac{2\pi \times N_2 \times T}{6000} \times Fs$$
$$Pm = \frac{2\pi \times 200 \times 1640,1}{6000} \times 1,2$$
$$Pm = 412,20 \text{ W} \times \frac{0,00134 \text{ HP}}{1\text{W}} = 0,55 \text{ HP}$$

#### 4.6.2.5. Diseño del filtro mecánico

- **Cálculo de la viscosidad**

$$\mu = (170 + 0,504 \times T) \times 10^{-6} \times R$$
$$\mu = (170 + 0,504 \times 18) \times 10^{-6} \times 980$$
$$\mu = 0,18 \text{ Pa}$$

- **Cálculo del volumen a procesar**

$$V_{pro} = \frac{Mp}{p}$$
$$V_{pro} = \frac{5152,37}{980}$$
$$V_{pro} = 0,56 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen del filtro**

$$V_f = V_{pro} \times Fs$$
$$V_f = 0,56 \text{ m}^3 \times 1,2$$
$$V_f = 0,67 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del medio del filtro**

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 V_f}{4\pi}}$$

$$r = 0,54 \text{ m}$$

- **Cálculo de la altura del filtro**

$$Hf = \frac{3}{4} \times r$$

$$Hf = \frac{3}{4} \times 0,54 \text{ m}$$

$$Hf = 0,40 \text{ m}$$

- **Cálculo del área superficial**

$$As = 2\pi \times r \times Hf$$

$$As = 2\pi \times 0,54 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$$

$$As = 1,38 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del espesor del lecho flotante**

$$E = 150 + 50$$

$$E = 200 \text{ mm} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 0,2 \text{ m}$$

- **Cálculo de la caída de presión**

$$Vf = p \times \frac{Ap \times A}{\mu \times E}$$

$$Ap = \frac{Vf \times \mu \times E}{p \times A}$$

$$Ap = \frac{0,67 \text{ m}^3 \times 0,18 \text{ Pa} \times 0,2 \text{ m}}{980 \times 1,38}$$

$$Ap = 1,78 \times 10^{-5}$$

- **Cálculo del volumen de placas**

$$Vp = \pi \times r^2 \times c$$

$$Vp = \pi \times 0,54^2 \times 0,05$$

$$Vp = 0,045 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del número de placas.**

$$n = \frac{V_f}{V_p}$$

$$n = \frac{0,67}{0,045}$$

$$n = 14,88 = 15 \text{ placas}$$

- **Cálculo de separación de placas**

$$s = \frac{L}{n}$$

$$s = \frac{0,48}{15}$$

$$s = 0,032m \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 3,2 \text{ cm}$$

- **Cálculo del caudal del filtro**

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{0,67}{20}$$

$$Q = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo de la velocidad**

$$V = \frac{Q}{\pi r^2}$$

$$V = \frac{0,033}{\pi (0,54)^2}$$

$$V = 0,036 \text{ m/s}$$

- **Cálculo del número de Reynolds**

$$Re = \frac{V \times A \times \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{0,036 \times 0,175 \times 980}{0,18}$$

$$Re = 34,55$$

- **Cálculo de altura dinámica de la bomba**

$$H = \frac{AP}{p \times g} + z^2 + hf + \frac{V^2}{2g}$$

$$H = \frac{6,71}{980 \times 9,8} + 0,28 + 6,70 \times 10^{-3} + \frac{0,66^2}{2(9,8)}$$

$$H = 0,30$$

- **Cálculo de potencia**

$$P = p \times g \times Q \times H$$

$$P = 980 \times 9,8 \times 0,033 \times 0,30$$

$$P = 95,07 \text{ W} \times \frac{1 \text{ HP}}{475 \text{ W}} = 0,127 \text{ HP}$$

#### 4.6.2.6. *Diseño del equipo de decantación*

- **Cálculo de la velocidad de sedimentación**

$$Vs = \frac{1}{18} \times g \left( \frac{Ps - 1}{M} \right) \times d^2$$

$$Vs = \frac{1}{18} \times 980 \left( \frac{1,98 - 1}{0,000156} \right) \times 0,006^2$$

$$Vs = 0,25 \text{ cm/s}$$

- **Cálculo del número de Reynolds**

$$Re = \frac{Vs \times d}{n}$$

$$Re = \frac{0,25 \times 0,006}{0,0017}$$

$$Re = 0,08$$

- **Cálculo del caudal de pasta de almidón**

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\frac{468,8}{980} + \frac{48,86}{998}}{300}$$

$$Q = 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Cálculo del área de sedimentación**

$$As = \frac{Q}{Vs}$$

$$As = \frac{0,0017 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0025 \text{ m/s}}$$

$$As = 0,68 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la altura del sedimentador**

$$H = \sqrt{\frac{2As}{5}}$$

$$H = \sqrt{\frac{2(0,68)}{5}}$$

$$H = 0,521\text{m}$$

- **Cálculo de la longitud**

$$L = \frac{2 As}{H}$$

$$L = \frac{2(0,68 \text{ m}^2)}{0,521\text{m}}$$

$$L = 2,61 \text{ m}$$

- **Cálculo del ancho**

$$B = \frac{L}{3}$$

$$B = \frac{2,61\text{m}}{3}$$

$$B = 0,87\text{m}$$

- **Cálculo del tiempo de retención**

$$t = \frac{As \times H}{3600 \times Q}$$

$$t = \frac{0,68 \text{ m}^2 \times 0,521 \text{ m}}{3600 \times 0,0017 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t = 0,057 \text{ h}$$

- **Cálculo del área de la pantalla difusora**

$$Ap = \frac{As \times \sqrt{H}}{4850 \times t}$$

$$Ap = \frac{0,68 \text{ m}^2 \times \sqrt{0,521 \text{ m}}}{4850 \times 0,057 \text{ h}}$$

$$Ap = 0,00056 \text{ m}^2$$

- **Cálculo del máximo de la lechada 1ra hoja**

$$H_2 = \left[ \frac{Q}{184 \times B} \right]^{2/3}$$

$$H_2 = \left[ \frac{0,0017 \text{ m}^3/\text{s}}{184 \times 1,12} \right]^{2/3}$$

$$H_2 = 0,6 \text{ m}$$

#### 4.6.2.7. *Diseño del secador para el almidón*

- **Cálculo del calor necesario para calentar la pasta de almidón**

$$Q_a = W_1 \times \dots \times (T_h - T_c)$$

$$Q_a = 48,86 \text{ kg} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \times 0,29 \times (77-59)$$

$$Q_a = 561,10 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

- **Cálculo del calor necesario para calentar y evaporar el agua**

$$Q_b = W_b \times \varphi_w \times (212 - T_h) + w_b \times h \times F_g$$

$$Q_b = (20,99 \times 2,1) \times 1 \times (212 - 77) + (20,99 \times 2,2) \times 970,4$$

$$Q_b = 51044,25 \frac{BTU}{h}$$

- **Cálculo del calor necesario para aumentar la temperatura del vapor**

$$Q_c = W_b \times (h_{gt} - h_{ct})$$

$$Q_c = (20,99 \times 2,2) \times (623,22 - 613,85)$$

$$Q_c = 432,68 \frac{kg}{kcal} \times \frac{1,8 BTU}{h}$$

$$Q_c = 778,83 \frac{BTU}{h}$$

- **Cálculo del calor total**

$$Q_T = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_T = 561,10 + 51044,25 + 778,83$$

$$Q_T = 52384,18 \frac{BTU}{h}$$

- **Cálculo del consumo de vapor**

$$C_v = \frac{Q_t}{nfg}$$

$$C_v = \frac{52384,18 \frac{BTU}{h}}{970,4}$$

$$C_v = 58,98 Lb$$

- **Cálculo de la potencia del motor**

$$\rho = \frac{CV \times 1}{340,50} \times F_s$$

$$\rho = \frac{58,98 \times 1}{340,50} \times 1,2$$

$$\rho = 0,19 Hp \approx 0,2 Mp$$

- **Cálculo del área de transferencia de calores**

$$At = \frac{Qt}{U\Delta T}$$

$$At = \frac{52384,18}{50 - 100}$$

$$At = 10,47m^2$$

$$\Delta T = \frac{\Delta T_c \propto -\Delta T_{ame}}{2}$$

$$\Delta T = \frac{(25 - 15)(18 - 50)}{2}$$

$$\Delta T = 10^\circ C \times \frac{5}{9} + 32^\circ F$$

$$\Delta T = 50^\circ F$$

- **Cálculo del ancho del secador**

$$b = \sqrt{\frac{8x\Delta t}{3}}$$

$$b = \sqrt{\frac{8x10,47}{3}}$$

$$b = 5,20m$$

- **Cálculo de la altura**

$$h = \frac{3}{4} x b$$

$$h = \frac{3}{4} x 5,28m$$

$$h = 3,96m$$

- **Cálculo del número de bandejas**

$$A_{rotor} = \frac{1}{3} \left( \frac{Qt}{U\Delta T} \right)$$

$$A_{rotor} = \frac{1}{3} (At)$$

$$A_{rotor} = \frac{1}{3} (10,47)$$

$$A_{rotor} = 3,49$$

$$N = \frac{Area\ total}{A\ total} \times Fs$$

$$N = \frac{10,47}{3,49} \times Fs$$

$$N = 3,6 \neq 4\ unides$$

#### 4.6.2.8. Diseño del molino

- **Cálculo del volumen a triturar**

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{27,87}{980}$$

$$V = 0,028m^3$$

- **Cálculo del radio de la cascara**

$$D = 3 \sqrt{\frac{2(V)}{3\pi}}$$

$$D = 3 \sqrt{\frac{2(0,028)}{3\pi}}$$

$$D = 0,077m$$

- **Cálculo de la altura de la cascara**

$$H = \frac{4}{3} \times D$$

$$H = \frac{4}{3}(0,077)$$

$$H = 0,10m$$

- **Cálculo de capacidad de transporte**

$$S = \frac{r \times \pi \times D^2}{4}$$

$$S = 0,00046m^2$$

- **Cálculo de velocidad de molienda**

$$V = \frac{p \times n}{60}$$

$$V = \frac{0,01 - 160}{60}$$

$$V = 0,03 \frac{m}{s}$$

- **Cálculo del caudal de material molido**

$$Q = S \times V \times \rho$$

$$Q = 0,00046 \times 0,03 \times 980$$

$$Q = 0,0136 \frac{kg}{s}$$

- **Cálculo del tiempo de molienda**

$$t = \frac{m}{Q}$$

$$t = \frac{27,87}{0,0136}$$

$$t = 2049s \frac{1min}{60s} = 34min$$

- **Cálculo de potencia del motor**

$$\rho = \frac{Q(L+D)}{367} + \frac{L \times D}{2}$$

$$\rho = \frac{0,0136(0,25 + 0,18)}{367} + \frac{925 \times 0,10}{2}$$

$$\rho = 0,2150Mp$$

#### 4.6.2.9. Diseño del tamiz vibratorio

- **Cálculo de peluca del motor**

$$\rho = 10mWa \left( \frac{1}{\sqrt{\Delta P1}} - \frac{1}{\sqrt{\Delta P2}} \right) \times Fs$$

$$\rho = 10(2812)\left(\frac{1}{3600}\right)(0,48)\left(\frac{1}{\sqrt{3,8 \times 10^{-5} m}} - \frac{1}{\sqrt{3,5 \times 10^{-9} m}}\right) (1,2)$$

$$\rho = 0,18Kw\left(\frac{1,35Mp}{1kw}\right)$$

$$\rho = 0,25Mp$$

- **Cálculo del tamaño de la criba**

$$V_{tamiz} = \frac{ma}{\rho a} xFs$$

$$V_{tamiz} = \frac{28,12}{950} (1,2)$$

$$V_{tamiz} = 0,034m^3$$

- **Cálculo de la altura de la base**

$$l = \sqrt{\frac{V}{9}}$$

$$l = \sqrt{\frac{0,03}{9}}$$

$$l = 0,10m$$

Cálculo del ancho

$$b = 2C$$

$$b = 2(0,10)m$$

$$b = 0,20m$$

## CONCLUSIONES

La extracción del almidón de la chonta mediante la metodología vía húmeda obtuvo un rendimiento de 16,53% de almidón puro para la elaboración del bioplástico. Siendo esta técnica la más adecuada para su extracción.

Dentro de la caracterización fisicoquímica del almidón de la chonta, proporcionaron los siguientes resultados amilosa 10,8%, amilopectina 89,2%, humedad 11,74%, cenizas 6,56%, pH 5,58, Tiempo de gelatinización 92°C, solubilidad (es soluble en agua), granulometría su tamaño vario de (53-180 um). Con estos datos se verifica que el almidón de la chonta presento valores bajos en porcentaje de amilosa, parámetro importante para la elaboración de un bioplástico resistente. Motivo por el cual se adiciono la proteína (gelatina sin sabor) para obtener un producto de calidad. Por lo que se llega a concluir que el almidón de la chonta no es factible para la elaboración del bioplástico por si sola, sin embargo, con la adicción de un aditivo es posible su elaboración.

Para establecer la mejor formulación en la elaborar de bioplástico a partir del almidón de la chonta se formaron 6 formulaciones y su respectivo análisis estadístico y el test Tukey se llegó a concluir que la formulación dos (F2) presenta mejores características, además, al realizar algunas pruebas físico-mecánicas como el espesor 0,16mm, resistencia al desgarre elmendorf 10,33N, elongación 167% y la permeabilidad al vapor de agua que fue de 0,0023g/h\*m\*Mpa se confirmó lo antes dicho, ya que se presentó valores aceptables para la fabricación de un buen bioplástico, estos parámetros son importantes según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2890. Esta formulación se constituye por 5g de almidón, 1,65g de proteína, 2,5ml de ácido acético, 2,5ml de glicerina y 45ml de agua destilada.

Para finalizar también se hizo una comparación del bioplástico vs el plástico film de polietileno, llegando a concluir que el bioplástico elaborado a partir del almidón de la chonta no posee las mismas características de dicho material.

## **RECOMENDACIONES**

Durante el proceso de secado en los bioplásticos elaborados a base del almidón de la chonta algunas formulaciones necesitan más tiempo de secado, se debe tomar en cuenta los factores ambientales para realizar este proceso. No se recomienda el secado en la estufa, debido a que se cuarteas las láminas.

Se recomienda hacer uso de aditivos para que ayude en la plastificación del bioplástico. Así, evitar el fraccionamiento de las láminas formadas y usar un poco de aceite en los moldes para que sea más fácil el despegado de las láminas bioplásticas.

Se recomienda que antes de extraer el almidón puro de la chonta, primeramente, pase por un proceso de extracción de aceite, ya que esta fruta contiene cantidades altas de aceite en sus frutos.

Se recomienda que el secado del almidón sea a temperatura ambiente, para evitar la gelatinización en la estufa y sea más difícil su obtención.

Durante el proceso de filtración se recomienda usar filtros muy finos con el fin de evitar el paso de grumos o harina restantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGUAS DÍAZ, C.; et al.** “Matriz de resina poliéster y fibra natural de Chonta en piezas internas automotrices”. *Fundación Koinonía* [en línea], 2021 (Ecuador) 6(11), pp. 180-198. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5768/576868768013/html/>.

**AL-SALEM, S.; et al.** “A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste (PSW) ”. *Journal of Environmental Management* [en línea], 2017 (Kuwait) 197(1408) pp. 177-198. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479717302992?via%3Dihub> ; DOI 10.1016/j.jenvman.2017.03.084.

**ALARCÓN, M.** Obtención de bioplástico a partir del almidón de papa (*solanum tuberosum*) y yuca (*Manihot esculenta*) para uso como envoltura de alimentos [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2022. pp. 9-12. [Consulta: 2023-04-31]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17325/1/56T01052.pdf>

**ALVARADO, L.; & VALENZUELA, S.** “La solubilidad en disoluciones”. Departamento de ciencias [en línea], 2020, (Chile), pp. 1-4. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en: <https://www.colegiostmf.cl/wp-content/uploads/2020/05/Química-IIo-Guía-6-Scarlett-Valenzuela-y-Lidia-Alvarado.pdf>.

**ÁLVAREZ, P; et al.** “Biodegradability of a bioplastic film from tamarind xyloglucan in composting bioreactors TT” Scielo [en línea], 2021, (Colombia) 88(218), pp. 143-151. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532021000300143](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532021000300143) DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n218.90468>

**AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM.** “Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, method D882-10. Annual Book of ASTM Standards” ASTM International [en línea], 2010, (Estados Unidos) 87(14), pp. 3-5. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: DOI 10.1520/D0882-10.2.

**ARISTIZÁBAL, J.; et al.** *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea], Roma, 2007. [Consulta: 22 enero 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>

**AVELLÁN, A.; et al.** “Obtención de Plástico a partir de Almidón de Maíz (*Zea mays* L.)”. Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios [en línea], 2020, (Ecuador) 7(1), pp. 1-11. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: [https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista\\_colon\\_ctn/article/view/1134/948](https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134/948)

**BERNAL, L.** “Una nueva visión de la degradación del almidón”. Revista de Investigación la Salle [en línea], 2006, (México), pp. 2-6. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.lasalle.mx/index.php/recein/article/view/249/468>

**BIANCO, H.W.; et al.** “Determinacion de humedad en harina precocida de maiz blanco utilizando un horno de microondas domestico”. Instituto Nacional de Higiene «Rafael Rangel» [en línea], 2015, (Venezuela), 45(2), pp. 30-31. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772014000200004](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772014000200004).

**BRUDER, U.** *Bioplastics and Biocomposites* [en línea], Segunda Edición. Suecia, 2019. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9781569907344/users-guide-to-plastic>

**BUTELER, M.** “¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos?”. Desde la patagonia difundiendo saberes [en línea], 2019, 16,(28), pp. 56-60. [Consulta: 10 enero 2023]. ISSN (en línea) 2618-5385. Disponible en: [https://desdelapatagonia.uncoma.edu.ar/wp-content/uploads/2019/12/13.-Buteler\\_Revista-28.pdf](https://desdelapatagonia.uncoma.edu.ar/wp-content/uploads/2019/12/13.-Buteler_Revista-28.pdf).

**CAJIAO, E.; et al.** “Efecto de la Gelatinización de Harina de Yuca sobre las Propiedades Mecánicas, Térmicas y Microestructurales de una Matriz Moldeada por Compresión”. Scielo [en línea], 2016, (Colombia) 27(4), pp. 53-62. [Consulta: 14 enero 2023]. ISSN 07180764. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642016000400006](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000400006). DOI 10.4067/S0718-07642016000400006.

**CARPENTER, M.; et al.** “Association mapping of starch chain length distribution and amylose content in pea (*Pisum sativum* L.) using carbohydrate metabolism candidate genes”. BMC Plant Biology [en línea], 2017 (New Zealand) 17(1), pp. 1-23. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 14712229.

DOI 10.1186/s12870-017-1080-9. Disponible en:  
<https://bmcplantbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12870-017-1080-9>

**CARRERA, J.** *La Chonta*. [blog]. Ecuador, 2018. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en:  
<https://www.allpa.org/la-chonta/>

**CRISTAN, A.; et al.** “La situación de los envases de plástico en México”. *Gazeta Ecológica* [en línea], 2003, (México), 1(69), pp. 67-82. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN: 1405-2849. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf>

**CUQ, B.; et al.** “Proteins as agricultural polymers for packaging production”. *Bionanocomposites for Packaging Applications* [en línea], 1998. 75(1), pp. 243-267. [Consulta: 08 enero 2023]. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1998.75.1.1>. Disponible en: <https://n9.cl/evb3t>

**DUFOUR, D.; et al.** “Estudio de la diversidad del chontaduro (*Bactris Bactris gasipaes gasipaes*) consumido en Colombia”. *ResearchGate* [en línea], 2008, (Colombia) 4(2005), p 2. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://n9.cl/9qt0p>

**DURÁN, P.** *Perfil de proyecto formato senplades*. [blog]. Ecuador, 2015. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en:  
<http://www.morona.gob.ec/sites/default/files/Proyectos/SUBSISTEMA12/MEMORIA>

**ESCOBAR, D.; 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”. *Innotec*, [en línea], 2009, (Uruguay) 4(4), pp. 33-36. [Consulta: 08 enero 2023]. DOI 10.26461/04.07. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/51>

**FERNÁNDEZ, A.** “Contaminación por microplásticos”. *Ciencia* [en línea], 2022, (México) 73(2), pp. 6-8. [Consulta: 10 enero 2023]. Disponible en:  
[https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73\\_2/PDF/Ciencia\\_73-2.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_2/PDF/Ciencia_73-2.pdf).

**GEYER, R.; et al.** “Production, use, and fate of all plastics ever made”. *Science Advances* [en línea], 2017, (Estados Unidos) 3(7), pp. 3-8. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 23752548. DOI

10.1126/sciadv.1700782.

Disponible

en:

<https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/sciadv.1700782?fbclid=IwAR1W32>

**GONTARD, N.; et al.** “Edible Wheat Gluten Films: Influence of the Main Process Variables on Film Properties using Response Surface Methodology”. *Journal of Food Science* [en línea], 1992, (Paris), 57(1), pp. 190-195. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 17503841. DOI 10.1111/j.1365-2621.1992.tb05453.x. Disponible en: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1992.tb05453.x>

**GUAMÁN, J.** Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2019. pp. 11-2. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

**HASSAN, L.G.; et al.** “Extraction and Characterisation of Starches from Four Varieties of *Mangifera indica* Seeds”. *IOSR Journal of Applied Chemistry* [en línea], 2013, (Nigeria) 3(6), pp. 16-23. [Consulta: 01 febrero 2023]. DOI 10.9790/5736-0361623. Disponible en: <http://www.iosrjournals.org/iosr-jac/papers/vol3-issue6/D0361623.pdf>

**HIDALGO, J.; et al.** “Obtención de almidón de plátano verde (*Musa paradisiaca* L.)”. *ResearchGate* [en línea], 2021, (Ecuador). pp. 181-185. [Consulta: 01 junio 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/6k1sq>

**HOLGUÍN, J.S.** Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Química. (Bogotá D.C). 2019. pp. 24-55. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

**HOOVER, R.** “Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review”. *Carbohydrate Polymers*, [en línea], 2001, (Canadá), 45(3), pp. 253-267. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 01448617. DOI 10.1016/S0144-8617(00)00260-5. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861700002605?via%3Dihub>

**IMRE, B.; & PUKÁNSZKY, B.** “From natural resources to functional polymeric biomaterials”. *European Polymer Journal* [en línea], 2015, ( Hungría), vol 68, pp. 481-487. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 00143057. DOI 10.1016/j.eurpolymj.2015.03.059. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014305715001949?via%3Dihub>

**INEN 2542.** *Láminas plásticas. Requisitos, 2010.*

**JAIN, R.; & TIWARI, A.** “Biosynthesis of planet friendly bioplastics using renewable carbon source”. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* [en línea], 2015, (India), 13(1), pp. 1-5. [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 2052336X. DOI 10.1186/s40201-015-0165-3. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40201-015-0165-3>

**KAEWPHAN, N.; & GHEEWALA, S.** “Greenhouse Gas Evaluation and Market Opportunity of Bioplastic Bags from Cassava in Thailand”. *Journal of Sustainable Energy & Environment* [en línea], 2013, (Tailandia), vol. 4, pp. 15-19. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://www.thaiscience.info/Journals/Article/JOSE/10889726.pdf>

**LLUMIQUINGA, M.** Análisis del estado actual de *Bactris gasipaes* Kunth en el Ecuador (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad de las Fuerzas Armadas, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería en Biotecnología. (Ecuador). 2021. pp. 18-21. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/24215/T-ESPE-044451.pdf>.

**MÁRQUEZ, B.** Cenizas y grasas (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias. (Perú). 2014. pp. 3-165. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isA>.

**MEDINA, M.** Determinación del contenido de fibra dietética de *Bactris Gasipaes* (chontilla/chonta) de la zona de Quevedo considerando diferentes estados fisiológicos. (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería,

Escuela de Ingeniería Agroindustrial. (Ecuador). 2017. pp. 9-46. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4113/1/T-UTEQ-107.pdf>

**MENDOZA, M.; et al.** *Estructura del almidón* [en línea]. México: Editorial Casa Abierta al Tiempo, 2017 [Consulta: 08 enero 2023]. ISSN 00067431. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/57337292/alimentacion-de-ganado-bovino>

**METROPOLITANA, E.** *El plástico tarda 100 años en descomponerse, reutilízalo* [blog]. Ecuador, 2017. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://www.emaseo.gob.ec/plastico-tarda-100-anos-descomponerse-reutilizalo/>

**MONAR, J.** Formular Un Bioplástico Basado En Quitosano Con Actividad Antioxidante. (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. (Riobamba-Ecuador). 2017. pp. 19-40. [Consulta: 12 febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/8512/1/56T00754.pdf>

**NATURE, W.** *Contaminación por plásticos: el eterno problema de los océanos* [blog]. México, 2022. [Consulta: 08 enero 2023]. Disponible en: <https://www.wwf.org.ec/?375810/Que-tan-grave-es-la-contaminacion-por-plasticos>

**NAVIA, P.; et al.** “Efecto de la gelatinización de la Harina de yuca sobre las propiedades mecánicas de bioplásticos”. ResearchGate [en línea], 2015, (Colombia) 13(1), pp. 38-44. [Consulta: 01 junio 2022]. DOI:10.18684/BSAA (13)38-44. Disponible en: <https://n9.cl/gmohe>

**NIVELLO, Z.** Obtención de un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) para su uso en el embalaje de alimentos (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2021. pp. 8-10. [Consulta: 01 junio 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16764/1/96T00684.pdf>

**NTE INEN-ISO 4593.** *Plásticos. Películas Y Hojas de Plástico. Determinación del Espesor por medición directa con micrómetro (Iso 4593:1993, Idt). Norma Técnica Ecuatoriana, 2014.*

**PASCOE, S.** “Mezcla y proceso, para elaborar un material plástico biodegradable”. Google Patentes [en línea], 2016, (México), pp. 2-21 [Consulta: 08 marzo 2023]. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/f2/c3/e9/d039afa879cc61/WO2016093685A1.pdf>

**PÉREZ, S.; & BERTOFT, E.** “The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules”. A comprehensive review. Wile Online Library Starch/Staerke [en línea], 2010, (Estados Unidos) 62(8), pp. 389-420. [Consulta: 25 febrero 2023]. ISSN 00389056. DOI 10.1002/star.201000013. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/star.201000013>

**PFISTER, B.; et al.** “Recreating the synthesis of starch granules in yeast”. eLife [en línea], 2016, (Zürich) 5, pp. 1-29. [Consulta: 26 febrero 2023]. ISSN 2050084X. DOI 10.7554/eLife.15552. Disponible en: <https://elifesciences.org/articles/15552>

**PIZÁ, H.; et al.** Análisis experimental de la Elaboración de Biplástico a partir de la Cascara de Plátano para el Diseño de una Línea de Producción Alternativa para las Chifleras de Piura, Perú (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería (Piura-Perú). 2017. p.108 [Consulta: 26 febrero 2023]. Disponible en: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**POMMET, M.; et al.** “Thermoplastic processing of protein-based bioplastics: Chemical engineering aspects of mixing, extrusion and hot molding”. Macromolecular Symposia [en línea], 2003, (Francia) vol. 197, pp. 207-218. [Consulta: 11 enero 2022]. ISSN 10221360. DOI 10.1002/masy.200350719. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.200350719>

**PORTILLA, J.** “Análisis del Marco Normativo de Economía Circular en Ecuador Orientado al Sector de los Plásticos”. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo [en línea], 2022, (Ecuador), 13(1), pp. 38-47. [Consulta: 15 marzo 2022]. ISSN 1390-7042. DOI 10.29166/revfig.v13i1.3364. Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/3364>

**QUIROGA, L.** “Los almidones resistentes y la Salud”. Investigacion & Desarrollo [en línea], 2008, (Bolivia), 8(1), pp. 130-141. [Consulta: 15 marzo 2022]. ISSN 18146333. DOI

10.23881/idupbo.008.1-9i. Disponible en: <https://www.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/issue/view/11>

**QUISHPE, A.** Obtención de plástico biodegradable a partir de los cladodios de nopal (*Opuntia tomentosa*) como alternativa al uso de bolsas plásticas convencionales. (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2021. pp.5-46. [Consulta: 26 marzo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16919/1/96T00750.pdf>

**QUITIAQUEZ, W.; & REINA, C.** Diseño y construcción de un molino para la extracción de aceite de chonta (fruto de palmeras) (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Facultad de Ciencias y Tecnología, Escuela de Ingeniería Mecánica. (Quito-Ecuador). 2011. pp.3-212. [Consulta: 28 marzo 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6028/6/UPS%20-%20ST004822.pdf>

**REDL, A.; et al.** “Extrusion of wheat gluten plasticized with glycerol: Influence of process conditions on flow behavior, rheological properties, and molecular size distribution”. *Cereal Chemistry* [en línea], 1999, (Francia), 76(3), pp. 361-370. [Consulta: 26 marzo 2022]. ISSN 00090352. DOI 0.1094/CCHEM.1999.76.3.361. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1094/CCHEM.1999.76.3.361>

**RIASCO, A.** Evaluación de las propiedades físicas y nutricionales de una galleta con inclusión de harina de chontaduro (*Bactris gasipaes*) (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. (Popayán-Colombia). 2018. pp.12-46. [Consulta: 01 abril 2022]. Disponible en: <https://shre.ink/HVh0>

**RIERA, M.; & PALMA, R.R.,** “Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador”. *Avances en Química* [en línea], 2018, (Ecuador), 13(3), pp. 69-78. [Consulta: 27 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/93368279005.pdf>

**RODAS, D.; & TORRES, Á.** Aplicación de técnicas de pastelería con base en harina de chonta (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias de la

Hospitalidad, Escuela de Gastronomía. (Cuenca-Ecuador). 2019. pp.23-100. [Consulta: 01 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32007>

**RUIZ, Y.** Obtención de bioplástico a partir del almidón de fréjol canario (*Phaseolus vulgaris* L.) para el uso en envolturas de alimentos (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2015. pp.4-50. [Consulta: 01 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16747/1/96T00674.pdf>

**SARDON, H.; & DOVE, A.P.** “Plastics recycling with a difference”. *Science* [en línea], 2018, (España), 360(6387), pp. 380-381. [Consulta: 27 marzo 2022]. ISSN 0036-8075. DOI 10.1126/science.aat4997. Disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat4997>

**SASHQUI, M.** Elaboración de yogur de chonta (*bactris gasipaes* H.B.K) y evaluación de sus características organolépticas (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Salud Pública, Escuela de Gastronomía. (Riobamba-Ecuador). 2015. pp.3-30. [Consulta: 02 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10454/1/84T00388.pdf>

**SHAH, U.; et al.** “Art and Science behind Modified Starch Edible Films and Coatings: A Review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety Science* [en línea], 2016, (India), 15(3), pp. 568-580. [Consulta: 02 abril 2022]. ISSN 15414337. DOI 10.1111/1541-4337.12197. Disponible en: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1541-4337.12197>

**SHARMA, A.; & SATYANARAYANA, T.** “Microbial acid-stable  $\alpha$ -amylases: Characteristics, genetic engineering and applications”. *Process Biochemistry* [en línea], 2013, (India), 48(2), pp. 201-211. [Consulta: 03 abril 2022]. ISSN 13595113. DOI 10.1016/j.procbio.2012.12.018. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135951131200459X?via%3Dihub>

**SOTO, M.** *El cultivo del chontaduro* [blog]. México, 1990. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19443/64614\\_18605.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19443/64614_18605.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**TAMAYO, G.** Estudio investigativo del chontaduro, análisis de sus propiedades, explotación y aplicación creativa en el ámbito culinario (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Universidad Técnica Equinoccial, Facultad de Turismo y Preservación Ambiental, Escuela de Hotelería y Gastronomía. (Quito-Ecuador). 2010. pp.17-32. [Consulta: 02 abril 2022]. Disponible en: [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11548/1/41397\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11548/1/41397_1.pdf)

**TREJO, V.; et al.** “Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán”. Revista de la Sociedad Química de México [en línea], 2001, (México), vol 45, pp. 1-5. [Consulta: 03 abril 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rsqm/v45n1/v45n1a1.pdf>.

**TÚQUERRES, J.** Obtención de una película biodegradable a partir de almidón modificado de yuca amarilla (manihot esculenta) y papa yana shungo (solanum andígena) para el uso en alimentos (Trabajo de Titulación) (Pregrado) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. (Riobamba-Ecuador). 2021. pp.3-46. [Consulta: 04 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/16739/1/96T00666.pdf>

**VÁZQUEZ, E.; & ROJAS, T.** *pH: Teoría y 232 problemas*. [en línea] México: UAM, Unidad Cuajimalpa, División de Ciencias Naturales e Ingeniería, Departamento de Ciencias Naturales, 2016. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>.

**VENTURES, T.** *Desarrollo de nuevos plásticos biodegradables para el envasado de alimentos* [blog]. México, 2007. [Consulta: 14 enero 2022]. Disponible en: [https://www.tecnalia.com/noticias/desarrollo-de-nuev de-alimentos](https://www.tecnalia.com/noticias/desarrollo-de-nuev-de-alimentos).



## ANEXOS

### ANEXO A: PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN



Recepción y selección



Lavado



Troceado



Molienda



**Filtrado**



**Tamizado y sedimentado**



**Secado**



**Molienda y almacenado**

## ANEXO B: ANÁLISIS FISCOQUÍMICA DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO



**Granulometría**



**Ceniza**



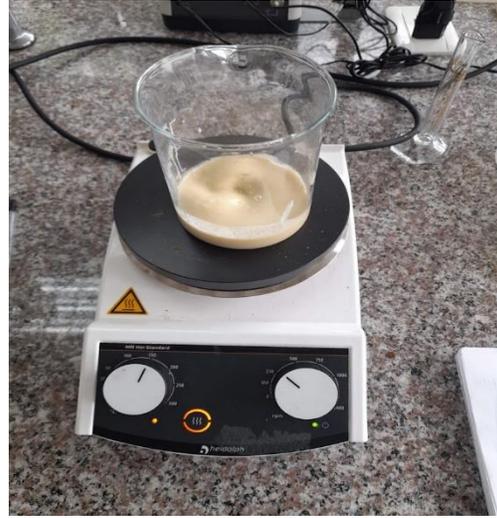
**Amilosa**



**PH**



**Tiempo de gelatinización**



**Solubilidad**

### ANEXO C: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁ



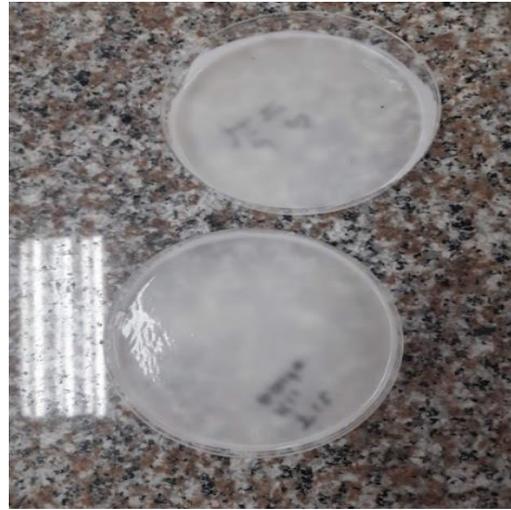
**Materiales**



**Agitando**



**Proceso de gelatinización**



**Moldeado**



**Bioplástico obtenido**

## ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-MECÁNICA DEL BIOPLÁSTICO.



**Longitud**



**Espesor**



**Resistencia al desgarre elmendorf**



**Solubilidad**



**Permeabilidad**



**Elongación**



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 11 / 07 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> María Concepción Mariño Villalobos
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Ambiental
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Ambiental
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1351-DBRA-UPT-2023

