



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE
ALMIDÓN DE MALANGA (*Colocasia esculenta*) EN LA
PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO

DIRECTOR: ING. SILVANA PAOLA OCAÑA COELLO

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Karla Monserrath Sánchez Hidalgo

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, Karla Monserrath Sánchez Hidalgo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 16 de Septiembre del 2021



Digitally signed by KARLA
MONSERRATH SANCHEZ
HIDALGO
Date: 2020.12.15 20:59:56 ECT
Reason: ESPOCH
Location: Riobamba, Ecuador
@ESPOCHinc

Karla Monserrath Sánchez Hidalgo

060531672-8

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (*Colocasia esculenta*) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO**”, realizado por la señorita **KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Danielita F. Borja Mayorga Msc. DELEGADA PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA	2021-09-16
Ing. Silvana P. Ocaña Coello Msc. DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado electrónicamente por: SILVANA PAOLA OCANA COELLO	2021-09-16
Ing. Hannibal L Brito Moina PhD MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA	2021-09-16

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada con todo mi amor y cariño para mis padres Vicente y Anita que gracias a su esfuerzo y al mío esta meta se hizo posible.

A mi abuelita y a mis hermanos por su apoyo incondicional y por ser mi motivación para culminar esta etapa de mi vida.

Karla.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi buen Dios por brindarme otro día más de vida y bendecirme siempre, por darme valor y coraje para afrontar cada situación a lo largo de estos 5 años.

A mis padres que gracias a su esfuerzo, sacrificio y la confianza depositada en mí, pude lograr otra meta más en mi vida que me servirá para mi futuro, aunque existieron circunstancias no tan buenas en las que me quise dar por vencida ellos siempre estuvieron ahí dándome su apoyo, comprensión y todo su amor para seguir adelante.

A mis amigos que estuvieron ahí en todo momento dándome su apoyo tanto académicamente como moralmente y no dejarme desmayar.

A mi querida Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Escuela de Ingeniería Química, a cada uno de mis profesores que impartieron sus conocimientos para mi formación profesional y guiarme en la realización de este trabajo de investigación y a cada una de las personas que formaron parte de este proceso.

Karla.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLA	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1. Antecedentes de la Investigación	4
1.2. Marco Teórico	6
1.2.1. <i>Tubérculos</i>	6
1.2.2. <i>Malanga</i>	6
1.2.3. <i>Almidón</i>	9
1.2.4. <i>Método de extracción del almidón según Brenda et al. 2012</i>	13
1.2.5. <i>Polímeros</i>	13
1.2.6. <i>Biopolímeros</i>	14
CAPÍTULO II	
2. MARCO METODOLÓGICO	17
2.1. Objetivos.....	17
2.1.1. <i>General</i>	17
2.1.2. <i>Específicos</i>	17
2.2. Hipótesis y especificación de variables	18
2.2.1. <i>Hipótesis General</i>	18
2.2.2. <i>Hipótesis Específicas</i>	18
2.2.3. <i>Identificación de Variables</i>	18

2.2.4.	<i>Operacionalización de Variables</i>	20
2.2.5.	<i>Matriz de Consistencia</i>	21
2.3.	Tipo de Investigación	24
2.4.	Unidad de Análisis	26
2.5.	Población de Estudio	26
2.6.	Tamaño de Muestra	26
2.7.	Selección de muestra	26
2.8.	Técnicas de Recolección de Datos	26
2.8.1.	<i>Extracción de almidón</i>	27
2.8.2.	<i>Caracterización Física-Química del Almidón de Malanga</i>	28
2.8.3.	<i>Formulación de biopolímeros</i>	32
CAPÍTULO III		
3.	DATOS, CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
3.1.	Datos	38
3.1.1.	<i>Datos obtenidos mediante la extracción del método de Brenda</i>	38
3.1.2.	<i>Análisis fisicoquímicos del Almidón</i>	38
3.1.3.	<i>Datos Obtención de biopolímeros</i>	41
3.1.4.	<i>Datos de las Pruebas fisicoquímicas, mecánicas, y biodegradables realizadas a los biopolímeros</i>	41
3.2.	Cálculos	51
3.2.1.	<i>Cálculos modelo del rendimiento del almidón</i>	51
3.2.2.	<i>Cálculos análisis fisicoquímicos del almidón</i>	51
3.2.3.	<i>Cálculos análisis fisicoquímicos de los biopolímeros</i>	53
3.3.	Análisis y discusión de Resultados	55
3.3.3.	<i>Resultados y discusión del mejor rendimiento alcanzado de extracción de Almidón de malanga por el método de Brenda utilizando el diseño factorial 22</i>	55
3.3.4.	<i>Resultados y discusión análisis fisicoquímicos del Almidón</i>	57
3.3.5.	<i>Resultado de los tratamientos óptimos del diseño experimental del bioplástico 22.</i>	

3.3.6.	<i>Resultados y discusión de los biopolímeros obtenidos.....</i>	60
3.3.7.	<i>Resultados y discusión de la solubilidad de los biopolímeros</i>	62
3.3.8.	<i>Resultados y discusión del porcentaje de humedad de los biopolímeros</i>	63
3.3.9.	<i>Resultados y discusión de permeabilidad de los biopolímeros.....</i>	64
3.3.10.	<i>Resultados y discusión pruebas mecánicas de los biopolímeros</i>	65
3.3.11.	<i>Resultados y discusión de Biodegradabilidad.....</i>	67
3.4.	Pruebas de Hipótesis	68
3.4.3.	<i>Determinación de las concentraciones óptimas para la producción de biopolímeros de Malanga.....</i>	68
3.4.4.	<i>Determinación de la factibilidad del método de extracción de almidón de Brenda</i>	68
3.4.5.	<i>Determinación de las características óptimas del almidón de Malanga.....</i>	69
3.4.6.	<i>Determinación de la evaluación del diseño 2² factorial para la obtención de biopolímeros</i>	69
3.4.7.	<i>Determinación de la calidad de los biopolímeros de almidón de Malanga</i>	69
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1-1:	Taxonomía de la Malanga	7
Tabla 2-1:	Composición química (base húmeda) de tubérculos y almidón de malanga (<i>Colocasia esculenta</i>).....	8
Tabla 3-1:	Diagrama de Flujo del Método de Extracción del Almidón según Brenda	13
Tabla 1-2:	Identificación de Variables.....	18
Tabla 2-2:	Operacionalización de Variables.....	20
Tabla 3-2:	Matriz de Consistencia.....	21
Tabla 4-2:	Variables Método de Extracción de Brenda	24
Tabla 5-2:	Esquema de Muestreo Variables Método de Extracción de Brenda.....	24
Tabla 6-2:	Variables para la Producción de Biopolímeros.....	25
Tabla 7-2:	Esquema de la Producción de Biopolímeros.....	25
Tabla 8-2:	Extracción de almidón por el Método de Brenda.....	27
Tabla 9-2:	Prueba físico químicas del almidón de Malanga.....	28
Tabla 10-2:	Obtención de biopolímeros a escala de Laboratorio	32
Tabla 11-2:	Pruebas de los biopolímeros.....	34
Tabla 1-3:	Datos obtenidos mediante la extracción del método de Brenda.....	38
Tabla 2-3:	Datos de ph	39
Tabla 3-3:	Datos para determinar el índice de solubilidad	39
Tabla 4-3:	Datos para determinar el porcentaje de humedad	39
Tabla 5-3:	Datos para determinar el porcentaje de ceniza.....	40
Tabla 6-3:	Datos para determinar la temperatura de gelatinización.....	40
Tabla 7-3:	Datos para determinar la Densidad Aparente.....	40
Tabla 8-3:	Datos para determinar la viscosidad	41

Tabla 9-3:	Datos de las concentraciones de almidón y agente plastificante altas y bajas ..	41
Tabla 10-3:	Datos de para determinar la solubilidad de los biopolímeros obtenidos	41
Tabla 11-3:	Datos para determinar la humedad de los biopolímeros obtenidos	43
Tabla 12-3:	Datos para determinar la de permeabilidad de los biopolímeros obtenido	44
Tabla 13-3:	Datos para determinar el porcentaje de biodegradabilidad en aire	45
Tabla 14-3:	Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en aire.....	46
Tabla 15-3:	Datos de biodegradabilidad en compostaje.....	47
Tabla 16-3:	Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en compostaje.....	48
Tabla 17-3:	Datos de biodegradabilidad en compostaje.....	49
Tabla 18-3:	Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en agua.....	50
Tabla 19-3:	Resultados de los rendimientos de extracción de Almidón de malanga por el método de Brenda utilizando el diseño factorial 22	55
Tabla 20-3:	Análisis de los resultados de varianza ANOVA para la extracción del almidón	56
Tabla 21-3:	Resultados de la análisis fisicoquímicos del Almidón	57
Tabla 22-3:	Resultados de las cantidades utilizadas en cada tratamientos para los biopolímeros	59
Tabla 23-3:	Resultados de los biopolímeros obtenidos.....	60
Tabla 24-3:	Análisis de los resultados de varianza ANOVA producción de biopolímeros...	61
Tabla 25-3:	Resultados de Solubilidad de los biopolímeros obtenidos	62
Tabla 26-3:	Resultados de Humedad de los biopolímeros obtenidos	63
Tabla 27-3:	Resultados de Permeabilidad al vapor de agua de los biopolímeros obtenidos	64
Tabla 28-3:	Biopolímeros en forma de probeta para las pruebas mecánicas	65
Tabla 29-3:	Resultados de las pruebas mecánicas de los biopolímeros.....	66
Tabla 30-3:	Resultados de las pruebas mecánicas de los biopolímeros.....	66
Tabla 31-3:	Resultados de las pruebas de biodegradabilidad de los biopolímeros	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Malanga (<i>Colocasia esculenta</i>).....	7
Figura 2-1: Estructura del Almidón.....	10
Figura 3-1: Estructura de la Amilasa	11
Figura 4-1: Estructura de la Amilopectina.....	11

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Análisis gráfico del % de solubilidad de las diferentes biopolímeros	62
Gráfico 2-3:	Análisis gráfico del % de humedad de los diferentes biopolímeros.....	82
Gráfico 3-3:	Análisis gráfico del permeabilidad de los diferentes biopolímeros	83

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A.** Extracción del almidón de Malanga por el método de Brenda
- Anexo B.** Extracción del almidón de Malanga por el método de Brenda
- Anexo C.** Caracterización fisicoquímica del almidón de malanga
- Anexo D.** Caracterización fisicoquímica del almidón de malanga
- Anexo E.** Informe de los resultados del porcentaje de amilosa que contiene el almidón de malanga
- Anexo F.** Informe de los resultados del análisis microbiológico del almidón de malanga
- Anexo G.** Formulaciones de los biopolímeros
- Anexo H.** Pruebas fisicoquímicas de los biopolímeros
- Anexo I.** Pruebas de Biodegradabilidad
- Anexo J.** Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 1
- Anexo K.** Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 2
- Anexo L.** Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 3
- Anexo M.** Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 4

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo investigativo es identificar la concentración óptima de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) para la producción de biopolímeros. Para lo que se procedió a la extracción del almidón por el método de Brenda utilizado el diseño experimental 2², se utilizó como variable independiente las rpm (Alta y Baja) y el tiempo de trituración del extracto (45 y 60 segundos). El método de extracción de Brenda consistió en lavar la materia prima, pelarla y cortarla en trocitos, triturarla, filtrar el extracto obtenido, dejarlo decantar por 24 horas y finalmente dejar secar para tamizar. Al concluir se procedió a la caracterización del almidón mediante la determinación del pH, índice de solubilidad, humedad, ceniza, temperatura de gelatinización, densidad, viscosidad, fibra, proteína carbohidratos totales, amilosa, amilopectina y el análisis microbiológico del mismo. Posteriormente se produjeron biopolímeros por el diseño experimental 2², se utilizó como variables la concentración de almidón (2 y 3 g) y glicerina (0,5 y 1 ml) además del agua destilada 40 ml y ácido acético 7 ml. Se obtuvieron 4 tratamientos. A cada tratamiento se realizaron pruebas fisicoquímicas, análisis de tracción y tiempo de biodegradabilidad. Analizando los rendimientos obtenidos se escogió el tratamiento 4 a rpm alta y un tiempo de triturado de 60 s con un rendimiento del 28,38%, en la producción de biopolímeros la formulación con mejores características fisicoquímicas, buena tracción y degradabilidad fue el tratamiento 1 con 2 g de almidón y 0,5 ml de glicerina. Con lo que se concluye que la concentración óptima de almidón es de 2 g otorgándole propiedades y características idóneas para su posterior aplicación que por ser de fuente natural tiene un rápido tiempo de biodegradabilidad. Se recomienda en posteriores trabajos investigativos adicionar otras sustancias que ayuden o tener un tiempo de biodegradabilidad aún menor que el obtenido.

Palabras clave: <MALANGA (*Colocasia esculenta*)>, <ALMIDÓN>, <CONCENTRACIÓN>, <BIOPOLÍMERO>, <CARACTERIZACIÓN>.

LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.04.22 17:51:14 -05'00'



1065-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this study was to identify the optimal concentration of taro starch (*Colocasia esculenta*) to produce biopolymers. The starch was extracted using the Brenda method, using the experimental design 22, RPM (high and low) was used as an independent variable the rpm (High and Low) and the time of crushing the extract (45 and 60 seconds). Brenda's extraction method consisted of washing the raw material, peeling it and cutting it into pieces, grinding it, filtering the extract obtained, letting it decant for 24 hours and finally letting it dry to sift. Upon completion, the starch was characterized by determining the pH, solubility index, moisture, ash, gelatinization temperature, density, viscosity, fibre, protein, total carbohydrates, amylose, amylopectin, and its microbiological analysis. Subsequently, biopolymers were produced by experimental design 22. The concentration of starch (2 and 3 g) and glycerine (0.5 and 1 ml) were used as variables in addition to distilled water 40 ml and acetic acid 7 ml. Four treatments were obtained, in which physicochemical tests, traction analysis and biodegradability time were performed on each of them. Analysing the obtained yields, treatment 4 was chosen at high rpm and a crushing time of the 60s with a yield of 28.38%, in the production of biopolymers the formulation with the best physicochemical characteristics, good traction and degradability was treatment 1 with 2g of starch and 0.5 ml of glycerine. The conclusion is that the optimum concentration of starch is 2g, giving it ideal properties and characteristics for its subsequent application, which, because it is from a natural source, has a fast biodegradability time. It is recommended in subsequent research work to add other substances that help or have a biodegradability time even less than that obtained.

Keywords: <MALANGA (*Colocasia esculenta*)>, <STARCH>, <CONCENTRATION>, <BIOPOLYMER>, <CHARACTERIZATION>.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos son uno de los materiales más producidos en el mundo porque los usamos todos los días. La producción anual mundial de plásticos es de aproximadamente 400 millones de toneladas. Este material se utiliza en diferentes campos, uno de los cuales es el envasado de alimentos, ya que estos alimentos suelen estar protegidos por láminas de plástico. Sin embargo, su producción en masa ocasiona una gran contaminación al medio ambiente, una de las razones es que lleva mucho tiempo debido a su degradabilidad. (Mora, 2019)

Se han propuesto alternativas como el reciclaje para que estos plásticos no acaben en estos lugares, sino que solo se recicla el 9%, se incinera el 12% y el 79% restante acaba en vertedero o entra al medio ambiente. Es por esto que en la actualidad, con el fin de reducir los problemas que provocan los plásticos, se han producido plásticos biodegradables, porque su proceso de degradación es más corto que los plásticos ordinarios, por lo que son amigables con la tierra.

El almidón es el principal polisacárido encargado de almacenar energía en las plantas por lo que se encuentra en abundancia en la naturaleza, se lo puede obtener de los granos de cereales, de las raíces y de los tubérculos. Consiste en un polímero de D-glucosa. Aparte del carbohidrato propiamente dicho se encuentra: Humedad, Proteínas, Lípidos Minerales, Fibra. También es uno de los componentes más abundantes de la biomasa residual en la agroindustria después de la celulosa.

La malanga es un tubérculo comestible nativo de las regiones tropicales, Según (Rodríguez et al. 2016) recientemente este tubérculo ha adquirido gran importancia, donde se considera una materia prima de gran potencial. Su valor radica en su alto contenido de almidón (30-85% base seca), proteínas (1.4-7 %) además de ser una buena fuente de fibra (0.6-0.8 %), vitamina A, C, calcio y fósforo. Una de sus principales características es la facilidad de extracción del almidón, que presenta características muy particulares, como su forma redonda del gránulo y su tamaño que va desde 0.3 μm (micrómetros) a 10 μm , lo que lo coloca entre los gránulos más pequeños observados en el reino vegetal, haciéndolos muy útiles en aplicaciones como son los plásticos biodegradables, los productos de tocador, los aerosoles, entre otros. (Pillajo 2016)

El almidón de Malanga tiene un gran potencial para la obtención de polímeros biodegradables, con una inversión accesible para el cultivo y la cosecha lo cual es una alternativa favorable para

la industrialización y producción masiva de este tipo de productos, que permitirá obtener una representativa rentabilidad e ingresos monetarios.(Heredia y Pulgar 2019)

Los biopolímeros son todos aquellos polímeros producidos a partir de recursos renovables como el almidón, celulosa, azúcares y aceites vegetales. Tienen propiedades térmicas, mecánicas y de barrera a gases, aromas o vapor de agua inferiores a los polímeros sintéticos, lo cual limita o impide su uso para determinadas aplicaciones. Los bioplásticos derivados de almidón son materiales que presentan propiedades mecánicas bajas: es soluble en agua, el bioplástico puede presentar propiedades de ablandamiento y deformación cuando este entra en contacto con la humedad, resultando en un producto quebradizo. (Narváez 2016)

Las propiedades mecánicas del biopolímero como resistencia y flexibilidad, dependen de la región cristalina, la cual a su vez depende de la proporción entre amilosa y amilopectina del almidón. Para su producción se necesita saber que concentración de almidón de malanga se va a utilizar para mejorar las propiedades mecánicas de este, por lo que este trabajo de integración curricular se basa en la identificación de la concentración de almidón de malanga (*colocasia esculenta*) óptimo en la producción de un biopolímero.

La búsqueda de alternativas a la contaminación por plásticos debe ser sensible tanto a la dimensión global, como a la local. La obtención de polímeros biodegradables a partir de fuentes renovables representa una alternativa frente a los obtenidos a partir de petróleo y obedece al aumento de la conciencia pública sobre los problemas ambientales que generan los plásticos. Las investigaciones y experimentos necesarios conllevaron a la patente de un biopolímero biodegradable a partir de almidón de materiales orgánicos de desecho y fibras naturales que tiene la ventaja de ser producidos a partir de fuentes renovables.

Su uso puede desempeñar un papel decisivo en la sustitución de los plásticos sintéticos, permitiendo así disminuir el problema de acumulación de desechos plásticos y reduciendo la dependencia sobre el uso excesivo del petróleo. Es por ello que el objetivo del presente estudio consiste en la elaboración de biopolímeros a base de almidón extraído de la malanga (*colocasia esculenta*) con características similares a los plásticos que se comercializan, utilizando concentraciones diferentes de almidón, y como agente plastificante la glicerina, con el fin de evaluar y optimizar las propiedades mediante análisis físicos.

El presente trabajo de titulación será realizado en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la mano del grupo de

investigación GIADe como aporte al proyecto de investigación institucional “Obtención de bioplástico a partir de productos agrícolas del Ecuador” de la Facultad de Ciencias.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

Debido a la grave contaminación que provocan los plásticos tradicionales, se ha propuesto utilizar recursos naturales para obtener plásticos biodegradables que tienen características similares a los plásticos tradicionales pero que tienen un tiempo de degradación más corto. Se han realizado numerosos estudios sobre los denominados bioplásticos, que se detallan a continuación:

El presente trabajo de investigación se apuntó en la revisión retórica de apartados científicos y trabajos de tesis afines con la obtención de biopolímeros a partir del almidón de malanga (*colocasia esculenta*) y la optimización de sus parámetros de calidad para su fabricación óptima.

Se analizaron diversos estudios ejecutados sobre la extracción y obtención de biopolímeros a partir del almidón de Malanga como antecedentes para la investigación.

Uno de los estudios se basó en “COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE *Colocasia esculenta* (Malanga blanca) PARA LA OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE” donde el principal objetivo era la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón extraído de la *Colocasia esculenta* o Malanga blanca, se consideró los métodos de Brenda (2012) y Ganga (1999). Se efectuó la caracterización del almidón extraído mediante análisis proximal y se determinó los rendimientos obtenidos. Con un diseño experimental de bloques al azar con tres factores, se agregó al almidón sustancias químicas en dosificaciones variables tales como: carboximetilcelulosa como extensor, glicerina como plastificante y ácido acético como estabilizante y modificador químico, durante las formulaciones se mantuvieron invariables ciertas sustancias como: agua destilada como plastificante y humectante, Los polímeros biodegradables obtenidos a partir del almidón extraído por el método de Brenda mostraron características y propiedades idóneas, resaltando la capacidad de degradación en agua y suelo, las propiedades del polímero hacen idóneo para su aplicación como materiales para envolturas, platos y bolsas que por ser de origen natural pueden biodegradarse rápidamente resultando inofensivos para el ambiente, se recomienda para futuros trabajos utilizar

sustancias químicas como el sorbitol o combinación entre glicerol y sorbitol para reducir aún más los tiempos de degradación.(Heredia y Pulgar 2019)

Otro de los estudios realizados fue Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. Esta investigación residió en la producción de un biopolímero plástico, con características parecidas a las de los plásticos convencionales. Por lo cual se decidió optar la malanga como origen del almidón, puesto que el almidón, es uno de los biopolímeros naturales más baratos y cuantiosos por su fácil obtención a partir de diversas fuentes vegetales. La malanga se almacenó de una finca ubicada en la comunidad de Santa Fe, donde se cosecha en exuberancia. El proceso para la obtención del almidón es muy llano, y la disposición del mismo es muy buena. Los principales reactivos que se utilizó ácido acético 0.1 M, Hidróxido de Sodio 0.1 M, glicerina y agua. Al biopolímero obtenido se le realizaron análisis de dureza, humedad, densidad, flexibilidad y biodegradabilidad. (Rosales 2016)

Las propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*) muestran como la media \pm DS de tres formulaciones independientes. Humedad, fibra, cenizas, proteínas y amilosa de los dos almidones indicaron significancia estadística $p < 0,05$. El índice de absorción de agua (IAA) de los almidones de malanga blanca y morada fue ($1,79 \pm 0,1$ y $1,88 \pm 0,02$) respectivamente. El ISA mostro discrepancia reveladora para los almidones de malanga blanca y morada ($12,8 \pm 0,3$ y $23,07 \pm 0,21$), respectivamente. Las temperaturas de gelatinización fueron semejantes para los dos almidones. La viscosidad del almidón de malanga blanca y morada fue ($1170 \pm 2\text{Cp}$ y $975 \pm 3\text{Cp}$) respectivamente, $p < 0,05$. La granulometría no reveló significancia estadística. Los altos contenidos de humedad y fibra de los dos almidones, insinúa que se pueden utilizar metodologías más adecuadas para determinar la humedad y extracción del almidón. Los altos contenidos de proteína hacen escaso el uso de estos almidones en la fabricación de jarabes glucosados. Por sus bajas temperaturas de gelatinización, pueden utilizarse para la fabricación de productos como postres.(Torres Rapelo, Castillo y Lengua 2013)

Para la optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón se asimiló el dominio de estas variables sobre las propiedades mecánicas de los biopolímeros elaborados. Se examinaron las siguientes propiedades mecánicas: módulo de elasticidad [MPa], esfuerzo último [MPa] y elongación [%]. Finalmente, se ejecutó una balance entre las propiedades mecánicas de los bioplásticos y las propiedades mecánicas de tres diversos plásticos provenientes del petróleo. Se observó que las propiedades mecánicas, el módulo de elasticidad, esfuerzo último de los biopolímeros se transforman de acuerdo a la aumento de glicerina y variación de pH, por otro parte, la elongación aumenta proporcionalmente con el aumento de glicerina, siendo la única

propiedad mecánica que expuso una propensión clara. Los biopolímeros fabricados tienen propiedades mecánicas con valores menores a los plásticos derivados de petróleo, sin embargo, el bioplástico con cantidad de glicerina de 35% y pH 5 y glicerina 35% y pH 7 tiene una elongación [%] comparable a la de un plástico derivado de petróleo. (Narváez 2016)

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Tubérculos

Los tubérculos son un tipo de tallos engrosados, son las raíces tuberosas que se generan por un proceso similar en el órgano del mismo nombre. Tanto tubérculos como raíces tuberosas se originan por la necesidad que tienen ciertas plantas por acumular sustancias de reserva, formadas principalmente por almidón.

Antes de la llegada de los españoles, los habitantes de América estaban grandes y fuertes, porque su dieta se basa en cereales, Tubérculos y otros elementos de la zona, estos productos proporcionan suficientes calorías e ingesta nutricional. Las personas realizan actividades diarias, que implican un gran trabajo duro; cuando su dieta es reemplazada por otros productos. (Naranjo, 2003).

Actualmente, la producción de raíces y tubérculos andinos (RTAs) se encuentra concentrada en la región andina de Ecuador. Esta zona ha sido identificada como la que presenta menores limitantes de producción desde el punto de vista de la oferta. En todo el país no hay otra zona en la que existan las condiciones adecuadas para producir RTAs, en términos de lluvia y suelo (Barrera et al., 2004).

1.2.2. Malanga

La malanga (*Colocasia Esculenta*) es una planta de acelerado progreso vegetativo que corresponden a las monocotiledóneas dentro de la familia de las Aráceas herbáceas comestibles, se originan en las franjas tropicales del mundo. Los cormelos son las partes que se pueden comer de esta planta y tiene la contextura alargada o redonda, de collares acentuados en torno a la raíz y con unos ojos, cerdosa, de cáscara color marrón, y poseen uniones donde brotan las retoños poseyendo una pulpa de color blanco o amarillento. La labranza produce especialmente almidón

de granos esféricos de tamaño uniforme. La Malanga (*Colocasia Esculenta*) brindan un alto rendimiento económico en lapso corto de tiempo y su ciclo de crecimiento va desde los 270 a 330 días. (Espinoza 2017)



Figura 1-1: Malanga (*Colocasia Esculenta*)

Fuente:(Cibel 2019)

Tabla 1-1: Taxonomía de la Malanga

TAXONOMÍA DE LA MALANGA	
REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Liliopsida
ORDEN	Arales
FAMILIA	Araceae
GÉNERO	<i>Colocasia</i>
ESPECIE	<i>Colocasia Esculenta</i>

Fuente: (Naturalista 2021)

1.2.2.1. Origen de la Malanga

Los primeros cultivos de malanga que se dieron por el ser humano aún están en discusión, la mayoría de autores dicen que se originó en la región Indo-malaya y al transcurrir el tiempo se esparció al este y sureste de Asia, al este de Madagascar y África y a las Islas del Pacífico y así se introdujo en América y el Caribe.

Sin embargo, en el siglo XVIII en el período colonial a través de los esclavos y los colonizadores introdujeron a Cuba por la parte occidental de África y de las Islas Canarias. Otra ruta posible

para introducir la Malanga puede haber sido desde las Islas Filipinas mediante la ruta Manila pasando por Acapulco y la Habana. Y la última teoría es que pudo haber sido introducida directamente desde la China mediante inmigrantes chinos en el siglo XIX e introducida desde Japón en los años próximos y durante la Segunda Guerra Mundial por inmigrantes japoneses que se acentuaron en ese país y crearon una asentamiento al sur de la Habana en la e Isla de la Juventud.(Aguila, Jiménez y García 2019)

El cultivo de la malanga (*Colocasia esculenta*) es muy importante en los países isleños del Pacífico, por su aporte a la nutrición e los ingresos que ha generado sino también por su papel cultural y porque es parte de sus tradiciones y costumbres, La malanga es el quinto producto de mayor consumo en el mundo entre rizomas y tubérculos. Por lo tanto, está claro que la mayoría de las especies que se encuentran en todo el Pacífico no fueron traídas por los primeros pobladores de la región indo-malaya, sino que aparecieron antes, pero probablemente de los recursos silvestres de Melanesia Domesticada. Desde allí, se trasladaron al este de la Polinesia durante su migración prehistórica, y su número y diversidad disminuyó gradualmente.(Águila, Jiménez y García 2019)

1.2.2.2. Cosecha de Malanga

El malanga se cosecha 10 meses después de la siembra, cuando las hojas inferiores se vuelven amarillas, la planta se puede cosechar. Alrededor de 8 días antes de extraer las camotes del suelo se elimina el ramaje de la planta. El trabajo de recolección se realiza manualmente, tirando de los arbustos con fuerza para extraerlos y clasificarlos. Teniendo en cuenta que se llevan a cabo con la mayor calidad posible, y que los bulbos y las cáscaras se seleccionan por separado, el trabajo se realiza mejor con arados de hierba y tracción animal.(Aguila, Jiménez y García 2019)

1.2.2.3. Composición química

Tabla 2-1: Composición química (base húmeda) de tubérculos y almidón de malanga (*Colocasia Esculenta*)

Componente (g/100 g)	Tubérculos	Almidón
Humedad	71,91+0,56	6,25+0,14
Cenizas	0,63+0,005	0,53+0,12
Proteínas	0,38+0,01	0,31+0,04

Grasas	0,68+0,001	0,19+0,03
Fibra cruda	0,16+0,001	0,11+0,09
Carbohidratos	26,24	92,61
Almidón	-----	82,4+1,1
Amilosa	-----	26,92+0,55
Amilopectina	-----	73,08+0,55

Fuente: (Espinoza 2017)

La Malanga (*Colocasia Esculenta*) se produce en alto porcentaje (en el año 2014 se produjeron 9,987 toneladas) que son enviadas a otros países, son poco consumibles a nivel nacional con (menos del 15% de retroceso de toda la exportación) por la falla de educación y instrucciones sobre ésta.(Espinoza 2017)

1.2.3. Almidón

El más importante polisacárido de reserva es el almidón en la mayor parte de vegetales y posee la principal fuente de calorías de los seres humanos, ya que abundan en la naturaleza. La estructura de almidón consta de dos componentes que son la amilosa y la amilopectina y según las cadencias en las que se hallen estos dos componentes va a ser la funcionalidad o propiedades que presente.El almidón es indispensable como integrante de los alimentos en los que se encuentra presente, desde el punto de vista nutricional y tecnológico. consiguen llegar a constituir hasta 70% del peso de tubérculos y granos de cereales. (Sevilla 2005)

Químicamente un almidón es una composición de dos polisacáridos semejantes: la amilosa y la amilopectina. Poseen zonas cristalinas (esto se debe al categorización de las cadenas de amilopectina) y zonas no cristalinas separadas por capas alternadas. Al observar con un microscopio un grano de almidón que se encuentre cruzado con dos polarizadores sometidos a un tratamiento de hidrólisis ácida y enzimática, se obtiene la cruz de Malta. La textura se debe a la soltura radial y ordenada de las moléculas de almidón. La cruz pertenece al centro del hilum donde se da el aumento del gránulo.(Hermida 2011)

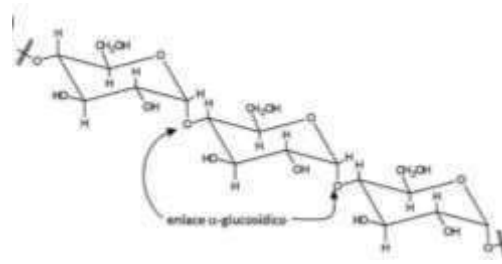


Figura 2-1: Estructura del Almidón

Fuente: (Zapata 2019)

Para consumir almidón existen diversos procedimientos de transformación que cambian sus propiedades funcionales y lo convierten en gelificante, estabilizante y emulgente, aparte de almacenar su valor alimenticio, por lo que es importante para la industria alimentaria.(Sevilla 2005)

1.2.3.1. *Amilosa*

La amilosa es un polímero constituido por la mezcla de unidades de α -glucosa (en perspectiva axial al OH del carbono anomérico). Únicamente surgen enlaces 1-4, formando una estructura lineal (no quiere decir que las cadenas son rectas, sino que se al enrollarse forman una hélice). Surge en una simetría en torno al 20-25% del almidón con exuberantes irregularidades como son el guisante que posee una proporción del 60%, y por otra parte los cereales céreos que no contienen amilosa.(Sevilla 2005)

La amilosa es una molécula insoluble en agua creando micelas diluidas ya que por su capacidad pueden vincular moléculas colindantes por puentes de hidrógeno y crear una estructura tridimensional helicoidal, donde existen 6 moléculas de glucosa en cada vuelta de la hélice. En el interior hay átomos de hidrógeno entrelazados a átomos de carbono y por lo que se tiene una área hidrofóbica, los grupos hidroxilo se encuentran localizados en el exterior de la hélice. Para su identificación cualitativamente existe la prueba del yodo.(Espinoza 2017)

AMILOSA

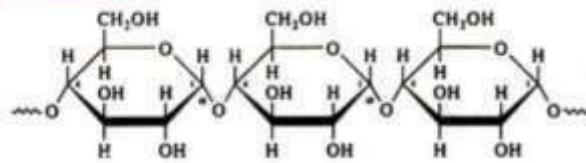


Figura 3-1: Estructura de la Amilasa

Fuente: (Zapata 2019)

1.2.3.2. Amilopectina

La amilopectina es un polímero que consta por mezcla de unidades de α -glucosa a través de enlaces 1-4, bifurcado con uniones 1-6 cada 20 a 25 despojos de glucosa. Es la zona bifurcada del almidón. El promedio de puntos de bifurcación en amilopectina es 5% y se encuentran alrededor de a cada 15-25 unidades de glucosa, pero altera con el inicio botánico.(Sevilla 2005)

La amilopectina forma aproximadamente el 75% de los almidones más habituales. Varios almidones están compuestos únicamente por amilopectina y se los conocen como céreos. La amilopectina que posee la papa es la única que contiene en su molécula grupos éster fosfato, entrelazados en una posición O-6, mientras que el tercio sobrante se entrelaza en posición O-3.(Hermida 2011)

AMILOPECTINA

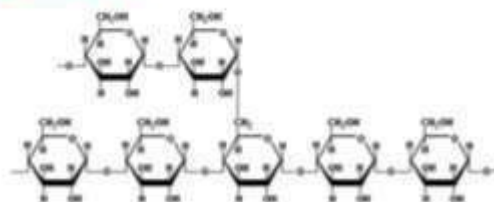


Figura 4-1: Estructura de la Amilopectina

Fuente: (Zapata 2019)

La relación amilosa/amilopectina reparte particularidades definitivas en las propiedades funcionales de los almidones, la aplicación concreta que se puede dar en el desarrollo de un producto. La amilosa favorece la retrogradación de pastas durante el enfriamiento, produciendo el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina muestra pastas que son espesas y no se retrogradan al enfriarse fácilmente.(Torres Rapelo, Castillo y Lengua 2013)

1.2.3.3. *Modificación de la estructura del Almidón*

- Gelatinización

La granulación del almidón en agua fría con insolubles, pero al mojarse de alguna manera se hinchan levemente y al secarse pueden volver a su tamaño original. No obstante al calentar el agua los gránulos de almidón son sometidos al proceso nombrado como gelatinización, durante este proceso se hinchan los gránulos de almidón al absorber el agua, pierden su estructura cristalina de la amilopectina y se origina la lixiviación de la amilosa.(Hermida 2011)

Este proceso suele manifestarse en un rango más o menos extenso de temperatura, siendo las partículas más grandes las primeras en gelatinizar. Se puede utilizar un microscopio polarizador para determinar el rango de temperatura de gelatinización. Estas fases son: temperatura inicial (primera observación de pérdida de birrefringencia), temperatura final de pérdida de birrefringencia (temperatura a la que la última partícula en el campo de observación pierde birrefringencia). (Hermida 2011)

- Gelificación del almidón

Si la solución acuosa de almidón se calienta más, las partículas se romperán, la viscosidad bajará bruscamente y la agitación de la mezcla hará que las partículas se rompan. Finalmente, se produce la gelificación, es decir, se forma una red tridimensional de moléculas de amilosa y amilopectina conectadas por enlaces de hidrógeno. En esta red molecular rizada, se captura agua. La presencia de solutos en la solución de almidón reduce la viscosidad del gel. Por ejemplo, la sacarosa puede interferir con la interacción con el agua porque tiene afinidad por el agua y la absorbe. Además, las grasas tienen un efecto plastificante porque provocan la descomposición de la amilosa, por lo que el área de unión restante es pequeña.(Hermida 2011)

- Retrogradación del almidón

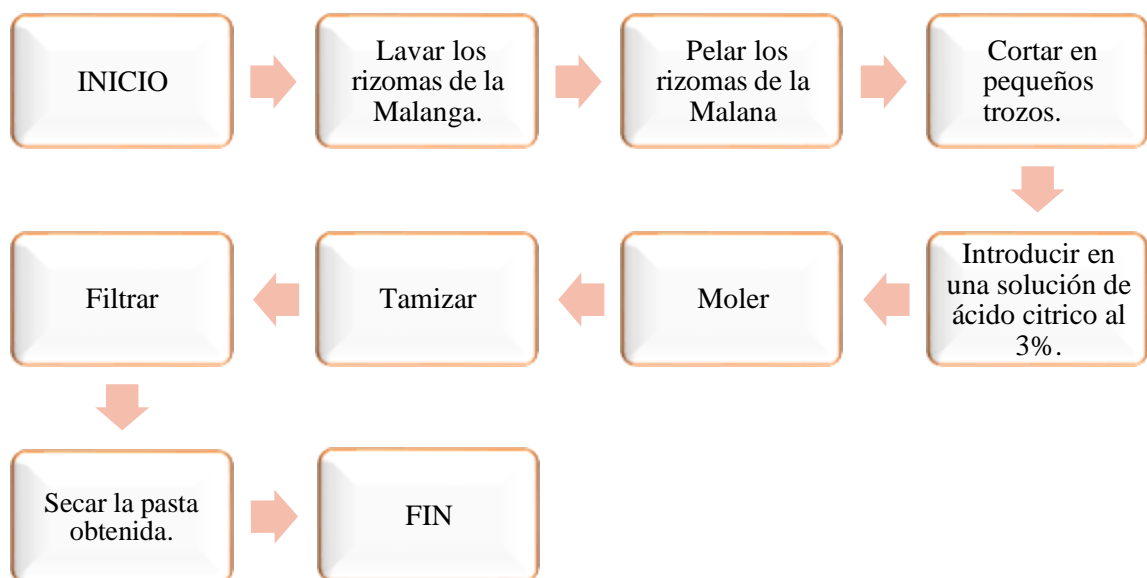
Este es el proceso en el que el almidón gelatinizado comienza a filtrar el agua (sinéresis). A nivel de microestructura, el almidón gelatinizado estático busca la energía libre más pequeña, que se

logra cuando las cadenas lineales de amilosa se colocan paralelas entre sí. Esta configuración conduce a la formación de enlaces de hidrógeno entre múltiples cadenas de hidroxilo, lo que da como resultado la estructura cristalina de la amilosa insoluble en agua, precipitando así.(Hermida 2011)

1.2.4. Método de extracción del almidón según Brenda et al. 2012:

Este método utiliza pedazos de musáceas de 5 a 6 cm³ sumergidas en una solución de ácido cítrico al 3%, y luego se las licua.(Heredia y Pulgar 2019)

Tabla 3-1: Diagrama de Flujo del Método de Extracción del Almidón según Brenda



Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

1.2.5. Polímeros

Los polímeros son macromoléculas compuestas de "enlaces" orgánicos llamados monómeros, conectados por enlaces covalentes. El enlace consiste esencialmente en átomos de carbono y puede tener grupos colgantes o grupos con uno o más átomos. Estas moléculas orgánicas son los elementos que componen los materiales plásticos y los tejidos biológicos (piel, músculo, telarañas, seda, etc.) que conocemos.(Hermida 2011)

1.2.5.1. Clasificación de los polímeros

Los polímeros se dividen según su estructura, composición, punto de partida y tipo de polimerización, y estas divisiones no son mutuamente excluyentes. La terminología utilizada en la industria de los polímeros corresponde a diferentes modelos de clasificación, y se suelen escuchar los nombres de plásticos, resinas, elastómeros y caucho. (Rosales 2016)

- **Polímeros basados en recursos renovables:** Son extraídos directamente a partir de biomasa, como la celulosa y el almidón, y de monómeros que se producen por medio de la fermentación de recursos renovables (polimerización) por vía química convencional. (LEIA 2007)
- **Polímeros biodegradables basados en monómeros procedentes de la industria petroquímica:** se derivan de los poliésteres alifáticos y alifáticos - aromáticos y del poli(alcohol vinílico) y poliéster amidas.(LEIA 2007)
- **Bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica:** se dan por la síntesis biotecnológica de monómeros tales como el ácido láctico, 1,3-propanodiol, ácido succínico y ácido adípico.(LEIA 2007)

1.2.6. Biopolímeros

Las propiedades fisicoquímicas y termoplásticas de los biopolímeros son las mismas que las de los polímeros derivados del petróleo, la diferencia es que una vez que se desechan se biodegradarán. La gran ventaja que se deriva de esto es que puede reemplazar el uso de petróleo y sustituir los polímeros actuales con polímeros biodegradables, lo que reducirá en gran medida la contaminación ambiental. (Samaniego 2019)

Los biopolímeros plásticos renovables son estructuras moleculares constituidas por cadenas de monómeros, y su estructura y propiedades son similares a los plásticos derivados de fósiles. Utilizando fuentes renovables de carbono (como el azúcar en cultivos energéticos o residuos producidos por diferentes industrias (biodiesel, aguas residuales, biomasa, etc.)) como materias primas para la fermentación bacteriana, se pueden obtener biopolímeros con estas características cuando se descomponen el principio básico de ser biodegradable y completamente inofensivo.(Gomez 2009)

1.2.6.1. Componentes para la elaboración de biopolímeros

Para posibilitar la producción de bioplásticos a base de almidón, es necesario añadir a la mezcla determinados reactivos que aseguren las condiciones necesarias para su producción. Por lo tanto, los bioplásticos requieren constituyentes con propiedades de plasticidad, humectabilidad, espesante, resistencia, lubricación y desmoldeo.. (Meneses, Corrales y Valencia 2007)

- **Plastificante**

Son moléculas de bajo peso molecular que mejoran las propiedades y adaptabilidad de los polímeros al reducir la temperatura de transición vítrea. Los plastificantes son de suma importancia para PVC con Tg superior a la temperatura del ambiente.(Hermida 2011)

- **Agua destilada**

El agua destilada es un tipo de agua purificada por proceso de destilación, no contiene impurezas e iones orgánicos. Esto se produce cuando el agua del grifo hierve y su vapor es transportado y condensado por el condensador. (Bolívar 2019)

Si bien la relación de agua destilada a almidón no es alta, se recomienda utilizar agua destilada como mejor plastificante, pues una vez extraída el agua destilada de la mezcla, una vez lista, es necesario subir la temperatura a agua hirviendo, lo que puede reducir la estructura del almidón. (Rosales 2016)

- **Glicerina**

La glicerina , también conocida como 1,2,3 glicerol, es un compuesto alcohólico con poseen tres grupos -OH (hidroxilo). La palabra glicerina proviene del griego Glykos, que figura dulzura. Tiene la apariencia de un líquido viscoso, sin color, pero tiene un olor y dulzor característicos.

Además, la glicerina es un compuesto higroscópico, lo que significa que tiene la capacidad de liberar o absorber humedad en el ambiente circundante. También es soluble en agua, se descompone al hervir y entra a una temperatura de 290 ° C. Si está a temperatura ambiente (alrededor de 25 ° C), es un compuesto líquido.(Méndez 2010)

El agua destilada junto con la glicerina es el plastificante más común manipulado en varios estudios de elaboración de polímeros termoplásticos a partir de almidón. Las combinaciones que contienen glicerina tiene una apariencia morfológica suave y uniforme. Esta característica muestra claramente que el almidón ha sido plastificado. Este componente es muy útil para retrasar la retrogradación de productos termoplásticos, y su función como lubricante promueve la migración de cadenas de polímero de almidón.(Rosales 2016)

- Modificador químico

La modificación química del almidón se centra principalmente en la interacción con el grupo hidroxilo del polímero de almidón. La modificación química se divide en tres categorías: reducción, sustitución y reticulación. Cada modificación confiere al almidón características diferentes. La modificación química se valora por el grado de sustitución, porque representa el número medio de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón, y el grado máximo de sustitución es 3 porque cada unidad de glucosa tiene 3 grupos hidroxilo.(Rosales 2016)

- Ácido acético

El ácido acético es un líquido incoloro con un olor único y soluble en agua. También se le llama ácido glicólico, y se caracteriza por los ácidos orgánicos presentes principalmente en el vinagre, lo que le confiere un sabor a avinagrado. La fórmula molecular es ($C_2H_4O_2$) es un aditivo propuesto ya que funciona como un modificador químico porque reduce la hidrofobicidad del almidón y hace que el material procesado con él sea hidrófobo. (Rosales 2016)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. *General*

Identificación de la concentración óptima de almidón de malanga (*colocasia esculenta*) en la producción de un biopolímero.

2.1.2. *Específicos*

- Extraer almidón de la malanga (*colocasia esculenta*) utilizando el método de extracción de Brenda.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas físicas y químicas para su análisis cualitativo.
- Producir biopolímeros con concentraciones diferentes de almidón, y como agente plastificante la glicerina.
- Determinar parámetros de calidad del biopolímero mediante pruebas mecánicas y tiempo de degradación del biopolímero.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. Hipótesis General

Los biopolímeros obtenidos a partir del almidón de la Malanga (*Colocasia esculenta*) tendrán las concentraciones necesarias para su óptima producción.

2.2.2. Hipótesis Específicas

H 1. Será viable utilizar el método de Extracción de Brenda para obtener una cierta cantidad de almidón de Malanga (*Colocasia esculenta*) que sea factible para la elaboración de biopolímeros.

H 2. Los almidones de Malanga obtenido presentará propiedades factibles dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso y una alternativa para producción de biopolímeros.

H 3. El método de producción de biopolímeros obtenido proporcionará la concentración óptima de almidón de malanga y como agente plastificante la glicerina.

H 4. Los parámetros de calidad que presentan los biopolímeros son aceptables para la producción óptima de biopolímeros.

2.2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de Variables

<i>Etapas del proceso</i>	<i>Variables Independientes</i>	<i>Variables Dependientes</i>
<i>Extracción del almidón de Malanga</i> <i>Método de Brenda</i>	<ul style="list-style-type: none">• Revoluciones por minuto.• Tiempo de triturado.	

<p><i>Caracterización del almidón de Malanga</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> • Ph • Índice de Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de gelatinización • Densidad • Viscosidad • Fibra cruda • Proteína cruda • Carbohidratos totales. • Amilosa. • Amilopectina. • Mohos • Levaduras. • Coliformes totales.
<p><i>Producción de Biopolímeros</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de almidón. • Concentración de Glicerina. 	
<p><i>Determinación de parámetros de calidad de biopolímero</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Solubilidad • Permeabilidad • Pruebas mecánicas • Biodegradabilidad

Realizado por: SÁNCHEZ Karla, 2021

2.2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables

VARIABLES	TIPOS DE VARIABLES	CONCEPTOS	DIMENSIONES	INDICADORES
Revoluciones por minuto	Independiente	Unidad de frecuencia utilizada para enunciar velocidad angular en el lapso de 1 minuto.	Extraer almidón de la Malanga (<i>Colocas esculenta</i>)	Alta velocidad y baja velocidad.
Tiempo de triturado	Independiente	Magnitud física que permite medir la duración de sucesos.		Cronómetro.
Caracterización del almidón de Malanga	Dependiente	El almidón macromolécula constituida por dos polímeros diferentes: glucosa amilosa y la amilopectina.	Caracterizar el almidón de Malanga	<ul style="list-style-type: none"> • Ph • Índice de Solubilidad • Humedad • Ceniza • Temperatura de gelatinización • Densidad • Viscosidad • Fibra cruda • Proteína cruda • Carbohidratos totales. • Amilosa. • Amilopectina. • Mohos • Levaduras. • Coliformes totales.
Concentración de almidón	Independiente	Relación que existe entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución.	Producción de Biopolímeros	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Espátula.

Concentración de glicerina	Independiente	Alcohol con tres grupos hidroxilos, sirve como agente plastificantes en la elaboración de biopolímeros.		Probeta
Determinación de los parámetros de calidad del biopolímero	Dependiente			<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Solubilidad • Permeabilidad • Pruebas mecánicas • Biodegradabilidad

Realizado por: SÁNCHEZ Karla, 2021

2.2.5. *Matriz de Consistencia*

Tabla 3-2: Matriz de Consistencia

ASPECTOS GENERALES		
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general

<p>Las propiedades mecánicas del biopolímero como resistencia y flexibilidad, dependen de la región cristalina, la cual a su vez depende de la proporción entre amilosa y amilopectina del almidón. Para su producción se necesita saber que concentración de almidón de malanga se va a utilizar para mejorar las propiedades mecánicas de este, por lo que este trabajo de integración curricular se basa en la identificación de la concentración de almidón de malanga (<i>colocasia esculenta</i>) óptimo en la producción de un biopolímero.</p>	<p>Identificar la concentración óptima de almidón de malanga (<i>colocasia esculenta</i>) en la producción de un biopolímero.</p>	<p>Los biopolímeros obtenidos a partir del almidón de la Malanga (<i>Colocasia esculenta</i>) tendrán las concentraciones necesarias para su óptima producción.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ASPECTOS ESPECÍFICOS

Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables de las hipótesis específicas	Técnicas de recolección de datos
<p>Se desconoce el método para la extracción de almidón a partir de la materia prima seleccionada</p>	<p>Extraer almidón de la malanga (<i>colocasia esculenta</i>) utilizando el método de extracción de Brenda.</p>	<p>Es viable utilizar el método de Extracción de Brenda para obtener una cierta cantidad de almidón de Malanga (<i>Colocasia esculenta</i>) que sea factible para la elaboración de biopolímeros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • RPM • Tiempo de molienda 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de almidón por el método de extracción de Brenda. • Medida del tiempo de secado • Métodos químicos. • Cálculo del rendimiento del proceso
<p>Se desconoce si es almidón obtenido por el método de extracción de Brenda</p>	<p>Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas físicas y</p>	<p>Los almidones de Malanga que se obtienen presentan propiedades factibles dentro de los</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ph • Índice de Solubilidad • Humedad • Ceniza • Temperatura de gelatinización • Densidad • Viscosidad • Fibra cruda • Proteína cruda 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos

presenta características aceptables para la producción de biopolímeros.	químicas para su análisis cualitativo.	parámetros establecidos para su posterior uso y una alternativa para producción de biopolímeros.	<ul style="list-style-type: none"> • Carbohidratos totales. • Amilosa. • Amilopectina. • Mohos y Levaduras. • Hongos. • Coliformes totales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos químicos.
Se desconoce las concentraciones óptimas de almidón de malanga y como agente plastificante la glicerina para la producción óptima de biopolímero.	Producir biopolímeros con concentraciones diferentes de almidón, y como agente plastificante la glicerina.	Identificar el método de producción de biopolímeros que proporcione la concentración óptima de almidón de malanga y como agente plastificante la glicerina.	Concentraciones adecuada para los reactivos	Variación de la composición de almidón de malanga y glicerina
Se desconoce si los biopolímero producidos presentan parámetros de calidad para su uso	Determinar parámetros de calidad del biopolímero tales como: dureza, densidad, flexibilidad y humedad, mediante análisis físicos y tiempo de degradación a la intemperie del bioplástico de almidón.	Los parámetros de calidad y tiempo de degradación que presentan los biopolímeros obtenidos son aceptables para la producción óptima de biopolímeros.	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Solubilidad • Permeabilidad • Pruebas mecánicas • Biodegradabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos • Métodos químicos.

Realizado por: SÁNCHEZ Karla, 2021

2.3. Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo exploratoria ya que consiste en el estudio de la materia prima que en este caso es el almidón de malanga utilizando conocimientos adquiridos y a la vez adquirir otros mediante información obtenida de las teorías y estudios desarrollados sobre la extracción para la producción de biopolímeros biodegradable y mediante la caracterización del mismo permitirá conocer datos que sean fiables para posteriores investigaciones que se realicen.

El tipo de diseño de la investigación es experimental puesto que para la extracción del almidón se controlará variables como el tiempo y las rpm. Además, con lo que respecta al plástico biodegradable se realizarán diferentes experimentaciones con lo que concierne a la concentración de los componentes principales como son el plastificante y el almidón hasta obtener las concentraciones óptimas para el diseño factorial 2^k .

Tabla 4-2: Variables Método de Extracción de Brenda

VARIABLE 1		VARIABLE 2	
RPM		TIEMPO	
ALTA	BAJA	45 Seg	60 Seg

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 5-2: Esquema de Muestreo Variables Método de Extracción de Brenda

Nº	Tiempo de Licuado	RPM	Materia Prima (Malanga)	Agua
1	45 Seg	ALTA	200	500
2				
3				
4				
1	60 Seg	ALTA	200	500
2				
3				

4				
1	45 Seg	BAJA		
2				
3				
4				
1	60 Seg	BAJA		
2				
3				
4				

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 6-2: Variables para la Producción de Biopolímeros

CONCENTRACIÓN DE ALMIDÓN DE MALANGA		CONCENTRACIÓN DE GLICERINA (Agente Plastificante)	
ALTA	BAJA	ALTA	BAJA

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 7-2: Esquema de la Producción de Biopolímeros

Tratamientos	Repeticiones	Concentración de Almidón	Concentración de glicerina (agente plastificante)
T1	1	BAJA	BAJA
	2		
	3		
	4		
T2	1	ALTA	BAJA
	2		
	3		
	4		
T3	1	BAJA	ALTA
	2		
	3		
	4		
T4	1	ALTA	ALTA
	2		
	3		
	4		

2.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis de esta investigación son los biopolímeros obtenidos en los 4 tratamientos a ellos cuales se realizaran pruebas físicas y químicas para determinar de Parámetros de Calidad del biopolímero.

2.5. Población de Estudio

En el presente estudio se toma como población de estudio los rizomas de malanga como materia prima y el rendimiento de almidón obtenido. Este producto será previsto en la ciudad del Coca, seleccionando producto fresco y de buena calidad.

2.6. Tamaño de Muestra

Para la extracción del Almidón de Malanga se trabajara con una muestra de 10 Kg de Malanga (*Colocasia esculenta*) según fuentes bibliográficas el contenido del almidón en este producto es del 30%-85%, el almidón a obtenerse aproxima a 0,432 kg, misma que permite realizar la caracterización del mismo y generar las diferentes formulaciones para la elaboración del bioplástico.

2.7. Selección de muestra

La Malanga se seleccionó de acuerdo con el peso considerando 1 libra (453,592 g) y considerando las siguientes características:

- ✓ Malangas secas.
- ✓ Malangas de mayor tamaño con un peso aproximadamente de 1 libra.
- ✓ Malangas que no estén deterioradas ni aplastadas.

2.8. Técnicas de Recolección de Datos

2.8.1. Extracción de almidón

Tabla 8-2: Extracción de almidón por el Método de Brenda

Extracción de almidón por el Método de Brenda	
Materiales y Equipos:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Cepillo grande • Cuchillos • Molino • Tamices de 300 μm y 150 μm • Baldes plásticos transparentes • Estufa • Frascos plásticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido cítrico al 3% • Agua común
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar previamente los rizomas de Malanga de un tamaño aproximado (453,59 g a 907,19 g) con la ayuda de una balanza analítica. • Limpiar los rizomas de la Malanga con un cepillo grande. • Pelar los rizomas y cortar en trozos de 1cm x 1cm, con la ayuda de un cuchillo. • Pesar los trozos de Malanga sin cáscara , dividir en tres partes de 6859,68 g cada uno. • Sumergir las tres partes por separado en una solución de ácido cítrico al 3%. • Homogenizar la pulpa con la ayuda de un molino para posteriormente tamizar en mallas de 300 μm y 150 μm hasta que el agua quede clara. • Sedimentar durante 24 horas. • Decantar el líquido sobrenadante para posteriormente sedimentar nuevamente durante 24 horas la capa lechosa que se localiza sobre el almidón. • Macerar los sedimentos retenidos en tamices de 300 μm y 150 μm. • Tamizar y sedimentar nuevamente. • Almacenar en fundas de plástico el almidón conseguido. 	

Fuente:(Heredia y Pulgar 2019)

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

2.8.2. Caracterización Física-Química del Almidón de Malanga

2.8.2.1. Prueba físico químicas del almidón de Malanga

Tabla 9-2: Prueba físico químicas del almidón de Malanga

N°	Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	pH	<ul style="list-style-type: none"> Vidrio reloj Tubo de ensayo Phmetro Balanza analítica Almidón de malanga Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar en un vidrio reloj 5 gramos de almidón. Colocar 25 ml de agua destilada en un tubo de ensayo. Verter los 5 gramos de almidón en el tubo de ensayo. Verificar el Ph de la solución con la ayuda del pHmetro. 	Valor que muestra el ph metro.	(Facultad de Ciencias Epoch, 2020)
2	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Reverbero 2 Vaso de precipitación Balanza analítica Vidrio reloj Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar en un vidrio reloj 1.25 gramos de almidón. Colocar en almidón en un tubo de ensayo y adicional 30 ml de agua. Prender el baño María hasta que llegue a 60° C. Colocar el tubo de ensayo al baño María durante 10 minutos, agitar levemente y 	$\frac{\text{Índice de solubilidad en agua}}{\text{Peso muestra (g) bs}}$ $\frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g) bs}}$	(FAO 1999)

		<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo • Termómetro • Cronómetro • Almidón de malanga • Agua 	<p>colocar por 20 minutos más.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centrifugar por 20 minutos a 3000 rpm. • Sacar de la centrifuga y tomar 10 mL del líquido. • Añadir los 10 mL en un vaso de precipitación. • Dejar en la estufa por 24 horas. • Secar las muestras y poner en el desecador por 30 min. • Tomar el peso de las muestras. 		
3	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Vidrio reloj • Estufa • Desecador • Balanza analítica • Crisoles • Almidón de malanga • Agua común 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar los crisoles y dejar enfriar en el desecador por 30 minutos. • Pesar los crisoles vacíos. • Pesar un vidrio reloj y colocar 5 gramos de almidón. • Colocar en la estufa por un tiempo de 24 horas a una temperatura de 105 °C. • Llevar al desecador hasta que se encuentre a temperatura ambiente. <p>Pesar los crisoles con la muestras contenida.</p>	$\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100 = \% \text{ de Humedad}$	(FAO 1999)
4	Ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles de porcelana con las muestras 	<ul style="list-style-type: none"> • Al terminar con la medición de la humedad colocar los crisoles en la mufla a 550 ± 15 °C hasta obtener cenizas de 	$\frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra}} * 100 = \% \text{ de Ceniza}$	(FAO 1999)

		<ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Desecador • Balanza analítica 	<p>un color gris oscuro.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sacar de la mufla los crisoles con la muestra, dejar enfriar en el desecador. • Pesar a temperatura ambiente. 		
5	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • 2 Vaso de precipitación • Balanza analítica • Vidrio reloj • Varilla de agitación • Almidón de malanga • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar agua en el vaso de precipitación y colocar en el reverbero hasta que comience a hervir. • Con la ayuda del vidrio reloj medir y la balanza analítica pesar 5 gramos de almidón. • Colocar el almidón en otro vaso de precipitación y añadir 50 ml de agua. • Introducir la mezcla en el agua hervida y someterlo a baño María y con la varilla de agitación agitar hasta tener un gel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar la temperatura cuando se haga gel. 	(Facultad de Ciencias Espoch, 2020)
6	Densidad aparente	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Probeta de 50 ml • Almidón de malanga • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la probeta vacía. • Añadir almidón son compactar hasta los 50 ml. • Pesar y compactar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad aparente del almidón (g/mL) = [(peso probeta + almidón suelto) (g)] - peso probeta vacía (g) / 250mL) • Densidad aparente del almidón (g/mL) = [(peso de probeta + almidón empacado)(g)]- p Volumen de muestra empac 	(FAO 1999)

7	Viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • Vaso de precipitación • Balanza analítica • Varilla de agitación • Termómetro • Probeta • Almidón de malanga • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar en un vidrio reloj 25 gramos de almidón. • Colocar en almidón en un vaso de precipitación y adicionar 500 ml de agua con la ayuda de una probeta. • Prender el baño María hasta que y colocar la mezcla hasta que esta hierva. • Sacar la mezcla y enfriar hasta los 25°C. • Medir la viscosidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor que muestra el viscosímetro. 	(Facultad de Ciencias Espoch, 2020)
---	------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

2.8.2.2. Carbohidratos Totales

Los carbohidratos totales se calculan con la diferencia del análisis proximal que combina diferentes carbohidratos (fibras, proteínas, y otros carbohidratos).

2.8.2.3. Amilosa y Amilopectina

Para conocer el contenido de amilosa y amilopectina que posee el almidón de malanga, se envía una muestra al Instituto de INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) por lo que esta prueba no puede realizarse en la ESPOCH.

2.8.2.4. Mohos, levaduras, coliformes fecales y coliformes totales.

Para la realización de esta prueba se llevan las muestras al laboratorio de aguas de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, donde se determinara los mohos, levaduras, coliformes totales, mediante siembras microbiológicas.

2.8.3. Formulación de biopolímeros

Tabla 10-2: Obtención de biopolímeros a escala de Laboratorio

Formulación de biopolímeros a escala de Laboratorio	
Materiales y Equipos:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none">• Vaso de precipitación de 1000 ml.• Vaso de precipitación de 500 ml.• Varilla de agitación• Balanza analítica• Cajas Petri• Reverbero• Malla	<ul style="list-style-type: none">• Almidón de Malanga• Agua destilada• Glicerina• Ácido acético 0.1 M.• Sal de mesa.

Procedimiento:

- Colocar en un vaso de precipitados 12 g de almidón de malanga y agregar 240 mL de agua destilada y agitar.
- Someter la solución a baño maría hasta la temperatura de gelatinización (57, °C) y agregar 3 ml de glicerina y 42 mL de ácido acético 0,1 M y 1 gramo de sal de mesa y agitar continuamente hasta que la mezcla este viscosa.
- Verter la mezcla en cajas Petri y dejar secar al aire libre durante 48 horas.
- Repetir este proceso 4 veces variando la concentración de glicerina y de almidón.

Fuente: (Facultad de Ciencias Espoch, 2021)

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

2.8.3.1. Pruebas de los biopolímeros

Tabla 11-2: Pruebas de los biopolímeros

N°	Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Estufa • 12 crisoles • Biopolímeros 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesarse 1 gramo de biopolímeros, 3 repeticiones por tratamiento. • Talar los crisoles. • Colocar los biopolímeros en los crisoles y pesar. • Meter las muestras en la estufa a 105°C durante 24 horas. • Sacar y colocar en el desecador hasta temperatura ambiente y tomar los pesos finales (conservar estas muestras). 	$SS\% = \left(\frac{m_2 - m}{m_1 - m} \right) * 100$ $\% \text{ de Humedad} = 100 - SS\%$ <p>Donde: —</p> <ul style="list-style-type: none"> • SS% sustancia seca en % en masa • m peso de la capsula vacía en (g) • m1 peso de la capsula con la muestra (g) • m2 peso de la capsula después del calentamiento (g) 	(Facultad de Ciencias Epoch, 2021)

2	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • 12 Vaso de precipitación de 100 ml • Probeta • Papel filtro • Balanza analítica • Shaker • Estufa • Agua destilada • Muestra anteriores de biopolímeros 	<ul style="list-style-type: none"> • Las muestra previas secas colocar en una vaso de precipitación de 100 ml. • Agregar 80 ml de agua destilada • Llevar al shaker a 100 rpm durante 1 hora. • Filtrar y colocar las muestras rotuladas en el papel filtro. <p>Colocar las muestras en la estufa a 40°C hasta que no haya residuos de agua.</p>	$\frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \%$ <p>= % <i>Solubilidad</i></p> <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • P1 peso inicial seco del biopolímero. • P2 peso final seco del biopolímero. 	(Facultad de Ciencias EsPOCH, 2021)
3	Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Desecador • Tijera. • Cinta adhesiva • Gradilla • 12 tubos de ensayos • Pie de rey 	<ul style="list-style-type: none"> • Activar la silica 24 horas antes de su uso. • Recortar los biopolímeros de 3.5 x 3.5 x 3 por cada tratamientos y pesarlos. • Colocar las ¾ partes de silica en los tubos de ensayo. • Con la ayuda del pie de rey medir el espesor de los biopolímeros y colocarlos en la boca del tubo y sellarlos con cinta adhesiva sin dejar que entre nada de aire al interior. • Pesar los tubos. 	$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * pv * (\phi2 - \phi1)}$ <p>Donde</p> <ul style="list-style-type: none"> • WVP permeabilidad al vapor de agua • P2 peso final • P1 peso inicial • E espesor • T tiempo • Pv presión de vapor de agua a temperatura ambiente (T= 25° C) 	(Facultad de Ciencias EsPOCH, 2021)

			<ul style="list-style-type: none"> • En el desecador en la parte inferior colocar la solución sobresaturada de cloruro de sodio. • Colocar los tubos dentro del desecador y pesar cada hora durante 6 horas. 	<ul style="list-style-type: none"> • $\phi 2$ humedad relativa en la cámara con la solución de cloruro de sodio saturada (75%) • $\phi 1$ humedad relativa al interior de la celda (0%).: 	
4	Pruebas mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Se acondiciona el equipo y se introduce la muestra, misma que es sujeta de ambos extremos. • Se toman los datos generados en el equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • El cálculo se emite de acuerdo a los centímetros de elongación y la fuerza ejercida por el equipo 	IUP 6
5	Tiempo de biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos grandes de plástico. • Pala • Balanza analítica • Regla • Tijera • Cámara fotográfica • Programa imagen • Tierra Orgánica • Biopolímeros • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Recortar cuadros de biopolímeros 2.5 x 2.5. • Con la ayuda de la pala colocar 1 cm de tierra orgánica y colocar un cuadro de biopolímero y colocar 5 cm más de tierra aproximadamente. • En un vaso grande de plástico agregar 100 ml de agua y sumergir un cuadro de biopolímero. • En otro vaso de plástico colocar el biopolímero expuesto a la luz solar y condiciones medioambientales. • Cada 7 días tomar una fotografía hasta 	<ul style="list-style-type: none"> • Para determinar la degradabilidad del plástico se hace uso del programa image J mismo que nos permite conocer la disminución del área en cada muestra del bioplástico. 	Método de Pérdida de área

			<p>que se obtenga un 90% de porcentaje de biodegradabilidad.</p> <ul style="list-style-type: none">• Con la ayuda del programa imagej calcular el área del biopolímero.		
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

CAPÍTULO III

3. DATOS, CÁLCULOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Datos

3.1.1. Datos obtenidos mediante la extracción del método de Brenda

Tabla 1-3: Datos obtenidos mediante la extracción del método de Brenda

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PRODUCTO	PESO (g)		
						ALMIDÓN		
						R	PROMEDIO	TOTAL
1	T1	RPM B:45	R1	500	200	24,5	26,575	106,3
2			R2			27,9		
3			R3			26,3		
4			R4			27,6		
5	T2	RPM A:45	R1			49,4	52,075	208,3
6			R2			53,3		
7			R3			57,2		
8			R4			48,4		
9	T3	RPM B:60	R1			28,2	27,925	111,7
10			R2			26		
11			R3			32,2		
12			R4			25,3		
13	T4	RPM A:60	R1			56,5	56,775	227,1
14			R2			55,6		
15			R3			58,7		
16			R4			56,3		

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2. Análisis fisicoquímicos del Almidón

En las siguientes tablas se muestran los valores porcentuales obtenidos de los diferentes análisis realizados: ph (tabla 2-3), índice de solubilidad (tabla 3-3), humedad (tabla 4-3), ceniza (tabla 5-3), temperatura de gelatinización (tabla 6-3), densidad aparente (tabla 7-3) y viscosidad (Tabla 8-3). Cada prueba realizada tuvo 3 repeticiones.

3.1.2.1. Ph

Tabla 2-3: Datos de ph

Repeticiones	Ph
R1	6,182
R2	6,090
R3	6,133

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.2. Índice de Solubilidad

Tabla 3-3: Datos para determinar el índice de solubilidad

Repeticiones	Peso muestra (g)	Volumen descartado (ml)		Peso soluble (g)
R1	11,157	1,200	10,000	20,136
R2	11,139	1,200	10,000	19,861
R3	11,119	1,200	10,000	19,453
PROMEDIO	11,138	1,200	10,000	19,817

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.3. Humedad

Tabla 4-3: Datos para determinar el porcentaje de humedad

Repeticiones	Peso inicial (g)	Peso final (g)
R1	3,005	2,661
R2	3,005	2,658
R3	3,000	2,65

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.4. Ceniza

Tabla 5-3: Datos para determinar el porcentaje de ceniza

Repeticiones	Peso muestra (g)	Peso ceniza (g)
R1	2,661	0,001
R2	2,658	0,005
R3	2,65	0,003

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.5. Temperatura de Gelatinización

Tabla 6-3: Datos para determinar la temperatura de gelatinización

Repeticiones	T(°C)
R1	66,8
R2	67
R3	67.2

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.6. Densidad Aparente

Tabla 7-3: Datos para determinar la Densidad Aparente

Repeticiones	Probeta vacía (g)	Probeta + almidón suelto (g)	Volumen probeta (ml)	Probeta + almidón compactado (g)	Volumen de muestra compactada (ml)
R1	68,524	96,994	50	96,834	33
R2	64,87	91,729	50	91,368	31
R3	64,894	91,661	50	91,505	32
PROMEDIO	66,096	93,461	50	93,235	32

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.2.7. Viscosidad

Tabla 8-3: Datos para determinar la viscosidad

Almidón (g)	Agua (ml)	Viscosidad
25	500	1080

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.3. Datos Obtención de biopolímeros

3.1.3.1. Datos de las concentraciones de almidón y agente plastificantes altas y bajas

Tabla 9-3: Datos de las concentraciones de almidón y agente plastificante altas y bajas

Tratamientos	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
T1	2	0,5	40	7
T2	3	0,5	40	7
T3	2	1	40	7
T4	3	1	40	7

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4. Datos de las Pruebas físicoquímicas, mecánicas, y biodegradables realizadas a los biopolímeros

3.1.4.1. Datos Solubilidad de los biopolímeros obtenidos

En la tabla 9-3 se muestra los valores de los pesos iniciales de los biopolímero húmedos y los pesos finales del biopolímero húmedo obtenidos en la prueba de solubilidad con 4 repeticiones.

Tabla 10-3: Datos de para determinar la solubilidad de los biopolímeros obtenidos

Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial biopolímero húmedo (g)	Peso final biopolímero húmedo (g)
T1	R1	41,953	41,625
	R2	42,941	42,569

	R3	42,639	42,265
	R4	42,574	42,223
	Promedio	42,527	42,171
T2	R1	42,065	41,793
	R2	44,182	43,908
	R3	43,684	43,378
	R4	42,867	42,512
	Promedio	43,200	42,898
T3	R1	37,576	37,222
	R2	37,996	37,606
	R3	36,307	35,997
	R4	37,895	37,549
	Promedio	37,444	37,094
T4	R1	31,845	31,512
	R2	30,696	30,376
	R3	31,796	31,384
	R4	31,647	31,362
	Promedio	31,496	31,159

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4.2. Datos de la Humedad de los biopolímeros obtenidos

En la tabla 11-3 se muestra los valores de los pesos iniciales de los biopolímeros y los pesos finales del biopolímero obtenidos en la prueba de humedad con 4 repeticiones

Tabla 11-3: Datos para determinar la humedad de los biopolímeros obtenidos

Tratamientos	Repeticiones	Peso cápsula + muestra (g)	Peso cápsula + muestra después del calentamiento	Masa de la cápsula (g)
T1	R1	41,953	41,625	40,225
	R2	36,020	35,856	35,097
	R3	42,639	42,385	41,291
	R4	42,574	42,323	41,134
	Promedio	40,797	40,547	39,437
T2	R1	42,016	41,890	41,292
	R2	44,182	43,968	43,029
	R3	43,484	43,209	42,101
	R4	42,867	42,612	41,537
	Promedio	43,137	42,920	41,990
T3	R1	37,576	37,322	36,115
	R2	37,996	37,696	36,161
	R3	36,107	35,998	35,436
	R4	37,895	37,549	36,013
	Promedio	37,394	37,141	35,931
T4	R1	27,789	27,501	26,012
	R2	30,650	30,434	29,298
	R3	31,561	31,299	30,103
	R4	31,647	31,462	30,554

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4.3. Permeabilidad de los biopolímeros obtenidos

En la tabla 12-3 se muestra los valores de los pesos iniciales de los biopolímeros y los pesos finales del biopolímero durante 6 horas, el espesor y la presión de vapor de agua a temperatura ambiente ($T= 25^{\circ} \text{C}$), obtenidos en la prueba de permeabilidad con 4 repeticiones.

Tabla 12-3: Datos para determinar la de permeabilidad de los biopolímeros obtenido

Tratamientos	Repeticiones	Peso biopolímero (g)	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Espesor (mm)	Tiempo	PV
T1	R1	0,399	32,038	32,046	32,052	32,058	32,062	32,064	0,120	6	0,00317
	R2	0,426	32,010	32,014	32,022	32,026	32,032	32,034	0,110		
	R3	0,330	32,766	32,774	32,776	32,782	32,784	32,788	0,160		
	R4	0,378	32,812	32,818	32,820	32,826	32,828	32,832	0,190		
	Promedio	0,383	32,407	32,413	32,418	32,423	32,427	32,430	0,145		
T2	R1	0,350	32,934	32,938	32,944	32,948	32,954	32,954	0,210		
	R2	0,338	32,304	32,308	32,312	32,320	32,324	32,326	0,250		
	R3	0,342	33,160	33,164	33,166	33,170	33,176	33,178	0,200		
	R4	0,340	32,710	32,714	32,718	32,724	32,728	32,731	0,220		
	Promedio	0,343	32,777	32,781	32,785	32,791	32,796	32,797	0,220		
T3	R1	0,360	30,044	30,054	30,060	30,064	30,068	30,070	0,190		
	R2	0,370	32,388	32,394	32,402	32,410	32,416	32,422	0,130		

	R3	0,366	33,128	33,138	33,144	33,154	33,160	33,166	0,180		
	R4	0,363	32,463	32,453	32,459	32,464	32,470	32,475	0,110		
	Promedio	0,365	32,006	32,010	32,016	32,023	32,029	32,033	0,153		
T4	R1	0,591	33,318	33,328	33,328	33,332	33,334	33,336	0,220		
	R2	0,579	32,622	32,634	32,634	32,638	32,640	32,644	0,210		
	R3	0,562	34,148	34,156	34,158	34,162	34,164	34,164	0,200		
	R4	0,573	33,596	33,604	33,606	33,610	33,612	33,616	0,230		
	Promedio	0,576	33,421	33,431	33,432	33,436	33,438	33,440	0,215		

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4.4. Biodegradabilidad en aire

Los biopolímeros de cada tratamiento fueron observados cada semana durante 10 semanas, en la tabla 13-3 se muestran el área y el porcentaje de degradabilidad durante 63 días.



















Tabla 13-3: Datos para determinar el porcentaje de biodegradabilidad en aire

		DÍAS									
		0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
T1	AREA	5.857	4,436	3,824	3,248	2,948	2,483	2,002	1,674	1,034	0,399
	%	0	24,261	34,710	44,544	49,667	57,606	65,818	71,418	82,345	93,187
T2	AREA	5.976	5,665	5,365	5,193	4,856	4,595	4,334	4,009	3,895	3,438
	%	0	5,204	10,224	13,102	18,741	23,109	27,476	32,914	34,822	42,315

T3	AREA	5.519	4,992	4,004	3,849	3,473	2,639	2,345	1,998	1.583	1,174
	%	0	9,548	27,450	30,259	37,071	52,183	57,51	63,797	71,317	78,728
T4	AREA	5.649	5,466	5,178	5.009	4,787	4.449	4,134	4,064	3,749	3,347
	%	0	3,239	8,337	11,329	15,259	21,242	26,818	28,058	33,634	40,750

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 14-3: Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en aire

	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
T1						
T2						
T3						



Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4.5. Datos obtenidos de biodegradabilidad en compostaje













Los biopolímeros de cada tratamiento fueron observados cada semana durante 6 semanas, en la tabla 15-3 se muestran el área y el porcentaje de degradabilidad durante 42 días.

Tabla 15-3: Datos de biodegradabilidad en compostaje

		DÍAS						
		0	7	14	21	28	35	42
T1	ÁREA	5,839	4,763	3,875	2,923	2,102	1,213	0,329
	%	0	18,0991	33,635	49,940	64	79,225	94,365
T2	ÁREA	5,034	4,254	3,968	3,589	3,298	2,836	2,487
	%	0	15,490	21,176	28,704	34,485	43,663	50,595
T3	ÁREA	5,614	4,692	4,130	3,581	3,047	2,465	1,816
	%	0	21,760	26,433	36,213	45,724	56,019	67,652
T4	ÁREA	5,579	4,820	4,374	3,718	3,492	2,994	2,525
	%	0	13,604	21,598	33,357	37,408	46,334	54,740

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 16-3: Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en compostaje

	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
T1						
T2						
T3						
T4						

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.1.4.6. Biodegradabilidad en agua












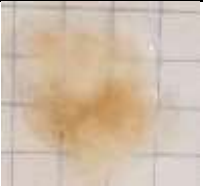












Los biopolímeros de cada tratamiento fueron observados cada semana durante 8 semanas, en la tabla 17-3 se muestran el área y el porcentaje de degradabilidad durante 49 días.

Tabla 17-3: Datos de biodegradabilidad en compostaje

		DÍAS							
		0	7	14	21	28	35	42	49
T1	AREA	5.802	4,578	3,734	2,983	2,001	1,523	0,995	0,497
	%	0	21,096	35,642	48,586	65,511	73,750	82,850	91,433
T2	AREA	5.930	5,208	4,988	4,369	3,946	3,594	3,004	2,892
	%	0	12,175	15,885	26,323	33,456	39,392	49,342	51,231
T3	AREA	5.722	4,957	4,078	3,549	2,648	2,007	1,745	1,165
	%	0	13,369	28,731	37,976	53,722	64,924	69,503	79,639
T4	AREA	5.689	5.002	4.795	4,312	3.859	3,428	3,193	2,987
	%	0	12,075	15,715	24,204	32,167	39,743	43,874	47,495

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 18-3: Datos de la apariencia de los biopolímeros en degradación en agua

	Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
T1						
T2						
T3						
T4						

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos modelo del rendimiento del almidón

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de los tuberculos}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{24,5}{200} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 12,25$$

3.2.2. Cálculos análisis fisicoquímicos del almidón

3.2.1.1. Cálculo modelo índice de solubilidad

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

$$\text{Índice de solubilidad en agua} = \frac{20,136 \text{ (g)} \times 1,200 \times 10}{11,157 \text{ (g) bs}}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua} = 6,649$$

3.2.1.2. Cálculo modelo porcentaje de humedad

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{3,005 - 2,661}{51} \quad 3,005$$

* 100

$$\% \text{ de Humedad} = 11,447$$

3.2.1.3. Cálculo modelo porcentaje de ceniza

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestr}} * 100$$

$$0,001$$

$$\% \text{ de Ceniza} = \frac{\quad}{2,661} * 100$$

$$\% \text{ de Ceniza} = 0,045$$

3.2.1.4. Cálculo modelo densidad Aparente

$$\text{Densidad aparente del almidón suelto (g/mL)}$$

$$= \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) (g)] - \text{peso probeta vacía (g)}}{50\text{ml}}$$

$$\text{Densidad aparente del almidón suelto (g/mL)} = \frac{[(96,994) (g)] - 68,524 (g)}{50\text{ml}}$$

$$\text{Densidad aparente del almidón suelto (g/mL)} = 0,5694$$

$$\text{Densidad aparente del almidón empacado (g/mL)}$$

$$= \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón empacado}) (g)] - \text{peso probeta vacía (g)}}{\text{volumen de la muestra empacada (ml)}}$$

$$\text{Densidad aparente del almidón empacado (g/mL)} = \frac{[(96,834) (g)] - 68,524 (g)}{33 (ml)}$$

$$\text{Densidad aparente del almidón empacado } \left(\frac{g}{mL}\right) = 0,857$$

3.2.3. Cálculos análisis fisicoquímicos de los biopolímeros

3.2.3.1. Cálculo modelo porcentaje de humedad

$$SS\% = \left(\frac{m_2 - m}{m_1 - m} \right) * 100$$
$$SS\% = \left(\frac{41,625 - 40,225}{41,953 - 40,225} \right) * 100$$
$$SS\% = 81,018$$

$$\% \text{ de Humedad} = 100 - SS\%$$

$$\% \text{ de Humedad} = 100 - 81,018$$

$$\% \text{ de Humedad} = 18,981$$

3.2.3.2. Cálculo modelo porcentaje de solubilidad

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100 \%$$

Donde:

- **P1** peso inicial seco del biopolímero.
- **P2** peso final seco del biopolímero.

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,094 - 0,066}{0,094} * 100 \%$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 23,787$$

3.2.3.3. Cálculo modelo de Permeabilidad

$$WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * p_v * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$WVP = \frac{(32,832 - 32,812) * 0,100}{6 * 0,00317 * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0,00201$$

3.2.3.4. *Cálculos modelo del porcentaje de Biodegradabilidad*

$$5,813 \quad 100 \%$$

$$4,763 \quad X$$

$$X = \frac{4,763 * 100}{5,813}$$

$$X = 81,009$$

$$\% \text{ de Biodegradabilidad} = 100 - X$$

$$\% \text{ de Biodegradabilidad} = 100 - 81,009$$

$$\% \text{ de Biodegradabilidad} = 18,991$$

3.3. Análisis y discusión de Resultados

3.3.3. Resultados y discusión del mejor rendimiento alcanzado de extracción de Almidón de malanga por el método de Brenda utilizando el diseño factorial 2²

Tabla 19-3: Resultados de los rendimientos de extracción de Almidón de malanga por el método de Brenda utilizando el diseño factorial 2²

No.	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
					PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
1	T1	RPM B:45	R1	500	200	24,5	26,575	106,3	12,25	13,288	96
2			R2			27,9			13,95		
3			R3			26,3			13,15		
4			R4			27,6			13,8		
5	T2	RPM A:45	R1			49,4	52,075	208,3	24,7	26,038	96
6			R2			53,3			26,65		
7			R3			57,2			28,6		
8			R4			48,4			24,2		
9	T3	RPM B:60	R1			28,2	27,925	111,7	14,1	13,963	96
10			R2			26			13		
11			R3			32,2			16,1		
12			R4			25,3			12,65		
13	T4	RPM A:60	R1			56,5	56,775	227,1	28,25	28,388	96
14			R2			55,6			27,8		

15		R3	58,7	29,35
16		R4	56,3	28,15

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

Para realizar la experimentación del presente trabajo de investigación, fue indispensable el desarrollo de múltiples ensayos, basados en el diseño factorial 2², para la obtención de almidón, de esta manera, al realizar un análisis proximal y físico químico, los valores tomados en consideración son aquellos obtenidos dentro del cuarto tratamiento (T4), debido a que el porcentaje de rendimiento del almidón de esta prueba fue de 28.388%, lo cual es superior en comparación con el valor obtenido por Rosales (2016, p. 36) de 22.6%, incluso en contraste con el método aplicado de Brenda que alcanza un rendimiento de 27.37% (Heredia, 2019, p. 69)

Tabla 20-3: Análisis de los resultados de varianza ANOVA para la extracción del almidón

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	738,480625	1	738,480625	394,075264	1,52172E-10	4,747225347
Columnas	9,150625	1	9,150625	4,883046137	0,047300673	4,747225347
Interacción	2,805625	1	2,805625	1,497165092	0,244591188	4,747225347
Dentro del grupo	22,4875	12	1,873958333			
Total	772,924375	15				

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

La comparación entre cada experimento a través del análisis de varianza (ANOVA), considerando un valor de probabilidad del 0,24 es mayor a 0.05 (Valor-p) que es igual a la significancia y si este valor es mayor quiere decir que la hipótesis nula es aceptada, la diferencia estadística entre tratamientos no resulta ser significativa.

3.3.4. Resultados y discusión análisis fisicoquímicos del Almidón

Tabla 21-3: Resultados de la análisis fisicoquímicos del Almidón

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	11,554	14.49±0,14	(Castillo, 2013, p.5)
2	Ceniza	%	0,108	0,53 ± 0,12	Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela
3	Solubilidad	%	6,746	2.5 ± 0,7	(Anderson, Conway y Peplinki, 1970, pp. 130-135)
4	pH		6,135	6 - 6,5	AOAC 943.02 (1943)
5	Fibra	%	0,6	0,11 ± 0,09	Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela
6	Proteína	%	0,52	1,5 ± 0,03	(Castillo, 2013, p.5)
7	Viscosidad	cP	1080	1121 – 2530	(Montoya y Quintero, 2014, p. 1)
8	Temperatura de gelatinización	°C	67	62 -70	Grace (1977)
9	Carbohidratos Totales	%	23,8	57,5 - 70	Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
10	Amilosa	%	17,19	20-39	(Hernández, 2013)
11	Amilopectina	%	82,81	61-80	(Hernández, 2013)
12	Coliformes totales	UFC/g	200	1000-5000	NTE INEN 2051:95 (1995)
13	Coliformes fecales	UFC/g	0	<10	NTE INEN 2051:95 (1995)

14	Mohos y levaduras	UFC/g	0	500	NTE INEN 2051:95 (1995)
----	-------------------	-------	---	-----	-------------------------

Realizado por: SANCHEZ, Karla 2021

Discusión:

Se comparan los valores experimentales de la Tabla 21-3, con los establecidos en literatura, como resultado del porcentaje de humedad el dato obtenido fue de 11.554, dicho valor, se encuentra por debajo de lo establecido por Castillo (2013, p.5), aunque se explica que estas diferencias se dan debido a la diferencia entre las técnicas aplicadas para la medición de esta propiedad, en cuanto al valor de % de ceniza, se obtuvo 0.108, que se encuentra dentro del rango establecido por lo cual es aceptable, continuando con la solubilidad de 6.746, está ligeramente alejado del valor establecido por Anderson, Conway y Peplinki (1970, pp. 130-135) de $2.5 \pm 0,7$ %, en cuanto al pH lo obtenido fue de 6,135, dicho valor está dentro del rango requerido para este tipo de compuestos por la AOAC 943.02 (1943) de 6-6.5 por lo cual es aceptado, el porcentaje de fibra establecido es de $0,11 \pm 0,09$, el obtenido de es 0.6, por lo tanto es admitido, otra propiedad del análisis proximal es la cantidad de proteína que en el presente caso alcanza el 0.52 % que oscila dentro del rango de $1,5 \pm 0,03$ determinado por Castillo (2013, p.5), el valor de viscosidad obtenido fue de 1080 cP, dicho valor es completamente admisible, de acuerdo a los valores establecidos de 1121 – 2530 cP (Montoya y Quintero, 2014, p. 1), por último los carbohidratos totales arrojaron un valor de 23.8 por diferencia entre los demás resultados del análisis proximal, dicho valor se desvía de una manera tolerable del rango teórico dado por la Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca, lo cual es posible, debido a la diferencia de la composición de los tubérculos en cuestión. La temperatura de gelatinización experimental obtenida fue de 67 °C, es decir esta propiedad cumple con el requerimiento de 62-70 °C explicado por Grace (1977). En cuanto a la cantidad de amilosa y amilopectina presentes en el almidón extraído, de 17.19 y 82.81% respectivamente, determinado en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, se establece que están dentro de los valores admitidos y plasmados en la Tabla 21-3.

Los datos de las pruebas de mohos, levaduras, coliformes fecales y coliformes totales desarrolladas en el laboratorio de aguas de la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, arrojaron valores de 0, 0 y 200 UFC/g respectivamente, por lo que se establece que el almidón tiene las condiciones necesarias para su utilización, debido a que de acuerdo a la NTE INEN 2051:95 (1995), no sobrepasan las condiciones máximas permitidas.

3.3.5. *Resultado de los tratamientos óptimos del diseño experimental del bioplástico 2².*

Tabla 22-3: Resultados de las cantidades utilizadas en cada tratamientos para los biopolímeros

Tratamientos	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)
T1	2	0,5	40	7
T2	3	0,5	40	7
T3	2	1	40	7
T4	3	1	40	7

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

3.3.6. Resultados y discusión de los biopolímeros obtenidos

Tabla 23-3: Resultados de los biopolímeros obtenidos

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	PESO (g)	ESPESOR (mm)	MOLDEO	FORMA PELÍCULA	TRANSPARENCIA	ESTABILIDAD
1	T1	CA1 : CG1	R1	0,125	0,12	SI	Cuadrada 2,5 x 2,5	Translucida	Estable
2			R2	0,197	0,11				
3			R3	0,134	0,16				
4			R4	0,173	0,19				
5	T2	CA1 : CG2	R1	0,172	0,21	NO		Transparente con turbidez color blanquecina	Muy estable
6			R2	0,2	0,25				
7			R3	0,174	0,2				
8			R4	0,196	0,22				
9	T3	CA2 : CG1	R1	0,176	0,19	SI		Translucida	Estable
10			R2	0,194	0,13				
11			R3	0,174	0,18				
12			R4	0,172	0,11				
13	T4	CA2 : CG2	R1	0,286	0,22	NO		Transparente con turbidez color blanquecina	Muy estable
14			R2	0,292	0,21				
15			R3	0,329	0,2				
16			R4	0,286	0,23				

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 24-3: Análisis de los resultados de varianza ANOVA producción de biopolímeros

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	6,25E-06	1	6,25E-06	0,007159905	0,933961802	4,74722535
Columnas	0,01890625	1	0,01890625	21,65871122	0,000556706	4,74722535
Interacción	0,00015625	1	0,00015625	0,178997613	0,679719332	4,74722535
Dentro del grupo	0,010475	12	0,000872917			
Total	0,02954375	15				

Realizado por: SANCHEZ, Karla 2021

Discusión:

Para la obtención del bioplástico el diseño factorial 2^2 fue empleado al igual que para la obtención de almidón, dando como resultado para el tratamiento 1 y 3, un biopolímero estable que, si se moldeo, en cambio, en el tratamiento 2 y 4 el resultado fue un bioplástico que no moldeo, pero que fue muy estable, ahora en cuanto a sus espesores, es posible constatar el máximo los valores obtenidos oscilan entre los valores de 0.11 a 0.25 mm, al poner en contraste lo experimental con lo establecido en la norma INEN 2542 (2010, p.4), que establece que el valor de espesor óptimo es de 0.2, se concluye que al considerar un beneficio el moldeamiento del plástico el T1 y T3 son los más óptimos, en ambos casos la cantidad de almidón empleada es de 2 g, variando en un 0.5 únicamente la cantidad de glicerina, como se observa en la Tabla 23-3, es decir el bioplástico más prometedor es aquel que emplea una concentración baja de almidón y alta o baja de glicerina, ratificando lo dicho con anterioridad (T1 y T3). El valor-p plasmado en la Tabla 24-3 del análisis ANOVA indica un valor superior al 0.05, por lo tanto, no existe una diferencia estadística.

3.3.7. Resultados y discusión de la solubilidad de los biopolímeros

Tabla 25-3: Resultados de Solubilidad de los biopolímeros obtenidos

TRATAMIENTO	SOLUBILIDAD (%)
TP1	32,927
TP2	27,183
TP3	50,817
TP4	37,475

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

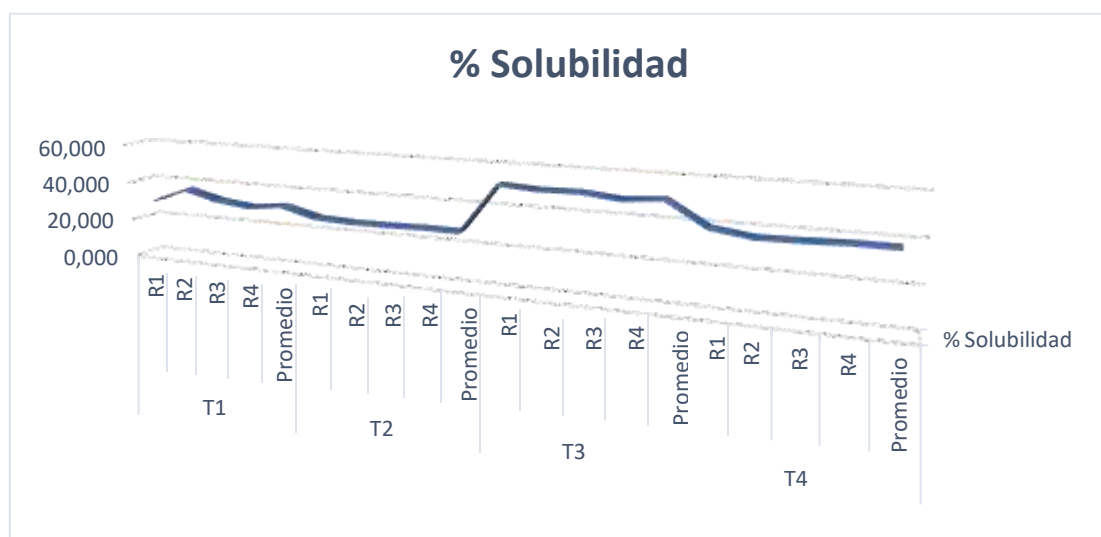


Gráfico 1-3: Análisis gráfico del % de solubilidad de las diferentes biopolímeros

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

El valor de la solubilidad, resulta muy importante debido a que esto influye mucho para el desarrollo de la fórmula óptima de bioplástico a partir de malanga, de acuerdo a Alvarenga et al. (2018, p. 117), los valores de la solubilidad de un biopolímero oscilan entre 30.18 -57.7839, se encuentran dentro de este rango los tratamientos 1,3 y 4, excluyéndose únicamente el T2 con un valor de 27.241. Un valor de solubilidad más bajo, puede resultar beneficioso, cuando son consideradas bajas temperaturas y humedad relativa (Alvarenga et al., 2018, p. 117), por cual en dicho caso, el tratamiento 1 con un valor de 32.247 resulta ser el más representativo, tal y como

se plasma en la Tabla 25-3, de la misma manera en el Gráfico 1-3, se observa como el valor más alto es el de T3 y el más bajo de T2.

3.3.8. Resultados y discusión del porcentaje de humedad de los biopolímeros

Tabla 26-3: Resultados de Humedad de los biopolímeros obtenidos

TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)
TP1	18,981
TP2	18,755
TP3	17,091
TP4	18,77

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

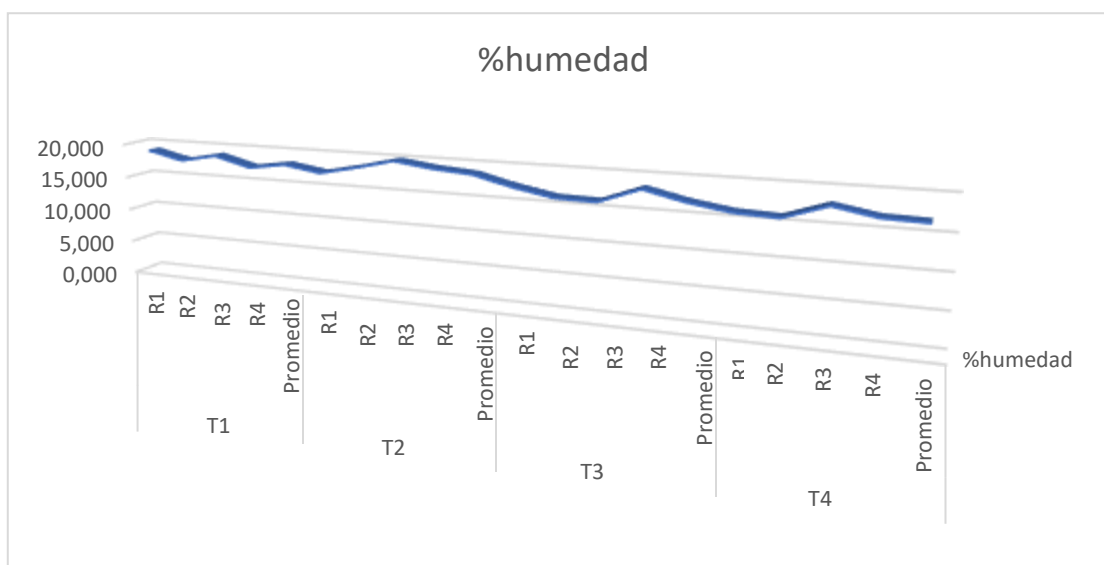


Gráfico 2-3: Análisis gráfico del % de humedad de los diferentes biopolímeros

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

Para la determinación del porcentaje de humedad del biopolímero se empleó el método de la diferencia de pesos, con el uso de la estufa, de esta manera se obtuvieron los valores establecidos en la Tabla 26-3, de acuerdo a Rosales (2016, p. 53), el porcentaje de humedad medio aceptable para plásticos biodegradables es de $18.61 \pm 2.01\%$, este valor es cumplido por todos los tratamientos en promedio, sin embargo, el más acertado es el tratamiento 1 con un porcentaje de humedad de 18.256%, este parámetro es imperativo, al momento de considerar degradabilidad,

puesto que facilita dicho proceso (Rosales, 2016, p. 53). En el Gráfico 2-3, es posible constatar que los valores de cada repetición, varían alrededor de la media de humedad aceptada.

3.3.9. Resultados y discusión de permeabilidad de los biopolímeros

Tabla 27-3: Resultados de Permeabilidad al vapor de agua de los biopolímeros obtenidos

TRATAMIENTO	PERMEABILIDAD VAPOR AGUA
TP1	0,001222
TP2	0,001775
TP3	0,001778
TP4	0,001335

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

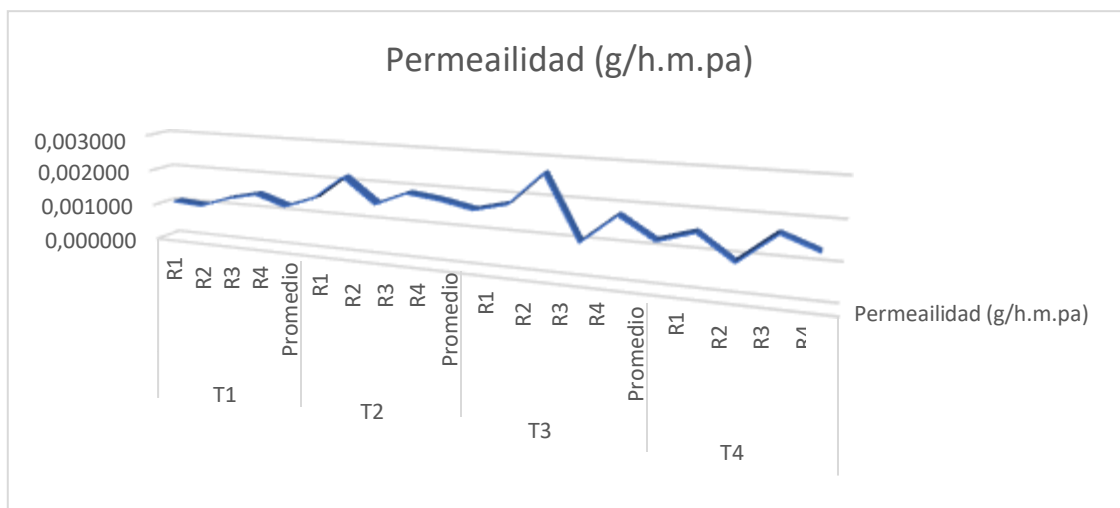


Gráfico 3-3: Análisis gráfico del permeabilidad de los diferentes biopolímeros

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021





Discusión:

Para las pruebas de permeabilidad las muestras de biopolímeros fueron recortadas en cuadrados de 3.5 x 3.5, conociendo su espesor, se llevó a cabo el proceso en el desecador durante 6 horas, con el objetivo de conocer la transferencia de vapor de agua que se da a la biopelícula, dando como resultado valores promedio de 0.001222 hasta 0.001778, estos valores son admisibles en comparación con los obtenidos por Alvarenga et al. (2018, p. 112) que varían en un rango de 7.18E-05 hasta 1.07E-03, mientras más bajo sea el valor de la permeabilidad, mejor resultará ser el bioplástico, sobre todo cuando su uso posterior será en alimentos, en este caso el tratamiento 1, presenta el valor mínimo y por lo tanto es el mejor catalogado, esto se debe a que la

concentración de glicerina (plastificante) en este tratamiento fue baja, cuando existe una baja proporción de plastificante la permeabilidad decrece, en cambio el tratamiento 3 (T3) al tener una concentración de almidón baja y de glicerina alta, posee la permeabilidad mayor, esto es debido a que cuando existe mayor plastificante, las fuerzas intermoleculares de las cadenas de polímero disminuyen lo que provoca mayor movilidad molecular y por ende mayor permeabilidad, lo cual no es recomendable (Alvarenga et al. 2018, pp. 112,113).

3.3.10. Resultados y discusión pruebas mecánicas de los biopolímeros

Tabla 28-3: Biopolímeros en forma de probeta para las pruebas mecánicas

Tratamientos	Biopolímeros
T1	
T2	
T3	
T4	

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 29-3: Resultados de las pruebas mecánicas de los biopolímeros

TRATAMIENTO	FUERZA (N)	AREA cm2			TENSIÓN (N/ cm2)	Medida Inicial Probeta	ELONGACIÓN CON MEDIDOR (m)			
		ANCHO (cm)	Calibre (cm)	AREA (cm2)			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación de Medidor	% Elongación
1	4,9	1,0	0,030	0,030	163,333	0,040	0,368	0,389	0,021	52,5
2	9,8	1,0	0,030	0,030	326,667	0,040	0,372	0,394	0,022	55,0
3	3,9	1,0	0,020	0,020	195,000	0,040	0,359	0,368	0,009	22,5
4	5,9	1,0	0,020	0,020	295,000	0,040	0,367	0,380	0,013	32,5

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Tabla 30-3: Resultados de las pruebas mecánicas de los biopolímeros

No.	TRATAMIENTO	ESFUERZO TENSION (MPa)	MÓDULO TENSION (Mpa)	ESFUERZO FLEXIÓN (a)	MÓDULO FLEXIÓN (Mpa)
1	TP1	1,63	0,86	2,87	3,11
2	TP2	3,27	1,80	3,01	5,94
3	TP3	1,95	0,44	1,23	8,67
4	TP4	2,95	0,96	1,78	9,08

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

Las pruebas mecánicas realizadas al bioplástico de malanga, reflejan la durabilidad del mismo, por lo general, los plásticos fabricados en base a polisacáridos, como es el almidón, llegan a ser un tanto rígidos, por lo cual se le añaden agentes plastificantes (Alvarenga et al., 2018, p. 62), en este caso, el aditivo empleado fue glicerina, estas pruebas fueron realizadas en el laboratorio de curtiembre de la Facultad de Pecuarias, obteniéndose como resultado del módulo de tensión un valor de 1.80 MPa correspondiente al T2 siendo el valor mayor de los tratamientos esto se debe a que al usar una concentración de glicerina baja aumenta el módulo del esfuerzo o tensión, de forma general el módulo de tensión en MPa para todas las pruebas es mayor que 0.5, lo que demuestra su factibilidad puesto que Narváez (2016, p.20) establece que los bioplásticos alcanzan este valor de resistencia a la ruptura sin problema. En cuanto al porcentaje de elongación, es posible observar en la Tabla 30-3, que el T1 y T2 alcanzan los valores más altos de esta propiedad, lo cual es debido a que en estos tratamientos se usó menor concentración de glicerina, lo que evita la cristalización y rigidez que naturalmente genera el almidón, mejorando la flexibilidad de la biopelícula (Narváez, 2016, p.20), a pesar de tener propiedades mecánicas favorables, un bioplástico resulta débil frente a un polímero derivado del petróleo.

3.3.11. Resultados y discusión de Biodegradabilidad

Tabla 31-3: Resultados de las pruebas de biodegradabilidad de los biopolímeros

No.	TRATAMIENTO	BIODEGRADABILIDAD (%)		
		Agua (%)	Compostaje (%)	Ambiente (%)
1	T1	91,433	94,365	93,187
2	T2	51,231	50,595	42,315
3	T3	79,639	67,652	78,728
4	T4	47.495	54,74	40,750

Realizado por: SÁNCHEZ, Karla 2021

Discusión:

La biodegradabilidad de los biopolímeros, fue realizada exponiendo este material a condiciones medioambientales, en contacto con agua y tierra, controlando el proceso cada 7 días hasta obtener un 90% de la biodegradación del mismo, este porcentaje se obtuvo con mayor rapidez, por las biopelículas del tratamiento 1, en todos los medios, tal y como se encuentra plasmado en la Tabla 27-3, así mismo, la reducción del área de la muestra fue un indicativo de degradación. El

bioplástico expuesto a condiciones medioambientales, alcanzó la biodegradación prácticamente total de 93.187%, al cabo de 63 días, en compostaje la duración fue de 42 días para alcanzar un 94.365% de biodegradación, mientras que en contacto con agua el proceso demoró 49 días, hasta llegar al 91.433% de degradación, como se encuentra en las Tablas 27-3, 28-3, 29-3, y 30-3, como es posible analizar, el proceso en cuestión demoró más en realizarse cuando el biopolímero estuvo expuesto a condiciones mediambientales (aire), puesto que la humedad en este entorno es menor, de acuerdo a Rosales (2016, p. 79), el porcentaje de humedad está estrechamente relacionado con la biodegradabilidad, por lo tanto se explica lo obtenido mediante experimentación, en los mejores casos una lámina de bioplástico puede demorar 3 meses en biodegradarse, sin embargo, esto lo vuelve limitado en cuanto a sus usos, pero amigable con el medio ambiente, ya que son fáciles de procesar. En el tratamiento 1 al ser la concentración de plastificante baja, da paso a una mayor rapidez de biodegradación.

3.4. Pruebas de Hipótesis

3.4.3. Determinación de las concentraciones óptimas para la producción de biopolímeros de Malanga

Para la producción de biopolímero de Malanga (*Colocasia esculenta*) se extrajo el almidón mediante el método de Brenda, que es catalogado como un método húmedo, mediante la determinación de los rendimientos de cada prueba realizada, se constató que el cuarto tratamiento, brinda el valor más alto, indispensable para la producción posterior de las láminas de bioplástico, a 60 RPM el rendimiento fue de 28.388%, con esto para la síntesis de bioplástico, se consideraron como óptimas las concentraciones establecidas para el tratamiento 1, baja tanto para el almidón (2 g) como para la glicerina (0.5 mL), esto garantizará que el bioplástico tenga propiedades de moldeo, un espesor de 0.2 mm, considerado adecuado y una estabilidad considerable, además de que cumple con el requisito principal establecido para un bioplástico que es una biodegradabilidad fácil y rápida.

3.4.4. Determinación de la factibilidad del método de extracción de almidón de Brenda

Para la extracción de almidón de la Malanga, se aplicó el método de Brenda, descrito por Heredia (2019, p.30), mediante el cual obtuvo un rendimiento del 27%, en el presente trabajo de investigación, después de realizar las pruebas pertinentes se determinó que el rendimiento

máximo dio como resultado un valor de 28.388%, que incluso supera a la metodología original, debido a esto es que el método de Brenda, es considerado como óptimo y adecuado para, la correcta extracción de almidón de Malanga, de esta manera se facilita también la posterior producción de biopolímeros.

3.4.5. Determinación de las características óptimas del almidón de Malanga

El análisis proximal y físico químico, realizado al almidón obtenido a partir de Malanga, dio como resultado parámetros consistentes para la producción de bioplástico, tal y como se detalla en la Tabla 20-3, todos los datos correspondientes al análisis proximal, porcentaje de humedad, de ceniza, de fibra, proteína y carbohidratos totales, se encuentran dentro de los rangos establecidos en bibliografía por investigaciones de la misma línea de estudio, de igual forma la temperatura de gelatinización, esta última propiedad tiene relación con el porcentaje de amilosa y amilopectina, puesto que a mayor porcentaje de amilosa mayor temperatura de gelatinización, estos datos son importantes puesto que son los que actúan al momento de producir bioplástico, el almidón obtenido por el método de Brenda tiene en su composición 17.19% de amilosa y 82.81% de amilopectina, lo cual es considerado eficiente para la producción de biopelícula

3.4.6. Determinación de la evaluación del diseño 2² factorial para la obtención de biopolímeros

Se pusieron en marcha 4 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones, en los que se variaron las concentraciones de almidón y agente plastificante, es decir glicerina, estableciéndose como el tratamiento más óptimo el primero, en el que se usaron 2 g de almidón (baja) y 0.5 mL de glicerina (alta), a pesar de que el valor-p $0.6797 > 0.05$, es decir que no existe una diferencia estadísticamente significativa, entonces no existe una diferencia entre variables, se escogido el T1, debido a que las pruebas de permeabilidad, solubilidad, y biodegradabilidad, que dieron valores admisibles.

3.4.7. Determinación de la calidad de los biopolímeros de almidón de Malanga

Los bioplásticos obtenidos, presentan una duración de 63 días en condiciones medioambientales normales antes de llegar a su estado de biodegradación total, lo cual se

traduce en 2 meses aproximadamente, lo cual resulta ideal, pues ese es realmente el objetivo de un bioplástico, ser fácilmente degradable, su resistencia es considerada buena, sobre todo si va a ser usado en el ámbito de la industria alimentaria, considerándolo de esa forma el bioplástico es una excelente alternativa, a pesar de que su producción es limitada

CONCLUSIONES

- Al producir biopolímeros mediante el diseño factorial 2^2 se obtuvieron 4 tratamientos, mediante análisis físicos y químicos se identificó que el que mejor características presenta fue el tratamiento 1, con 2 g de almidón de malanga (*Colocasia esculenta*).
- Mediante el método de extracción de Brenda se extrajo la mayor cantidad de almidón con el tratamiento 4, con 60 s de licuado y rpm altas con un rendimiento de 28,388 % un porcentaje superior en comparación con el valor obtenido por Rosales (2016, p. 36) de 22.6%, incluso en contraste con el método aplicado de Brenda que alcanza un rendimiento de 27.37% (Heredia, 2019, p. 69).
- Al obtener el almidón por el método de extracción de Brenda se procedió a realizar la caracterización del mismo, consistió en valorar características físicas y químicas y fueron las siguientes: porcentaje de humedad 11,554%, ceniza 0,108%, índice de solubilidad 6,746 %, fibra 0,6%, proteína 0,52%, viscosidad 1080 Cp, temperatura de gelatinización de 67° C, carbohidratos totales 23,8 %, amilosa y amilopectina fue de 17.19% y 82,81% respectivamente, lo cual es considerado eficiente para la producción de biopolímero.
- Se produjeron 4 biopolímeros con dosificaciones diferentes con 2 g de almidón, 40 ml de agua destilada, 7 ml de ácido acético y 0,5 ml de glicerina para el primero, 3 g de almidón, 40 ml de agua destilada, 7 ml de ácido acético y 0,5 ml de glicerina para el segundo, 2 g de almidón, 40 ml de agua destilada, 7 ml de ácido acético y 1 ml de glicerina para el tercero y 3 g de almidón, 40 ml de agua destilada, 7 ml de ácido acético y 1 ml de glicerina para el cuarto.
- Se determinó parámetros de calidad de los biopolímeros obtenidos tales como contenido de humedad, solubilidad, permeabilidad, pruebas mecánicas y tiempo de biodegradación las cuales indican características análogas a las de los plásticos originarios del petróleo, pero respecto al porcentaje de humedad y degradabilidad los biopolímeros obtenidos tienen el porcentaje de humedad más alto lo cual indica que se degradan con mayor facilidad que los plásticos comunes.

RECOMENDACIONES

- En la extracción del almidón de malanga hay que realizar con el debido cuidado, ya que de este depende la calidad del biopolímero. Por lo que se recomienda que al triturar se lo haga con soluciones químicas para conseguir un ablandamiento del endospermo y de esta manera aumentar el rendimiento del almidón sea mayor y el secado del mismo realizarlo en la estufa, ya que mediante la luz solar se tarda mucho más el almidón se puede llegar a enmohecer.
- Para realizar la formulación de los biopolímeros se lo puede realizar con el diseño factorial de mezclas, donde se utilizan también las constantes y de esta manera guardad una mejor relación entre las variables y así exista cantidad mas exactas en las concentraciones de los aditivos.
- En la producción de los biopolímeros se recomienda utilizar otro tipo de plastificante como el sorbitol o preparar una mezcla con la glicerina, ya que así se obtendrá biopolímeros con un porcentaje de humedad menor, esto aumentara la temperatura de biodegradación y permite la estabilidad térmica en los biopolímeros.
- A biopolímeros obtenidos no hay que mantenerlos mucho tiempo almacenados porque puede afectar su elasticidad y resistencia.
- Al producir los biopolímeros se recomienda utilizar moldes adecuados para la fabricación de los mismos, ya que al utilizar diferentes moldes el espesor puede variar y así mismo aplicar un desmoldante para evitar la ruptura y desperdicio de los mismos.
- Realizar más estudios investigativos para obtener biopolímeros a partir del almidón de malanga, ya que es un producto que existe en abundancia en Ecuador y no es muy utilizado y pueden ser muy útiles a industrial por la demanda existente. También estudiar otros usos se le puede dar a los, ya que si conocemos las utilidades, existirá un potencial mercado en productos con características biodegradables.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILA, F., JIMÉNEZ, M. y GARCÍA, Y., 2019. Mejoramiento, conservación y diversidad genética de la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) en Cuba. *cultrop vol.40 no.2* [en línea], [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 1819-4087. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362019000200009.

ALVARENGA, A., et al., 2018. “Formulación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y yuca (*Manihot esculenta*)”. *Uviversidad del Salvador*, pp. 93.

ANDERSON, A.R., CONWAY, F.H. y PEPLINSKI, J.A., 1970. Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking , Extrusion Cooking and Steaming. *Peoria*, vol. 22, no. 4, pp. 130-135.

BOLÍVAR, G., 2019. Agua destilada: propiedades, cómo hacerla, usos y toxicidad. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/agua-destilada/>.

BRITO, H., 2000. Texto Básico de Operaciones Unitarias I [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 4 enero 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>. BRITO, H., 2001a. Texto Básico Operaciones Unitarias II [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II. BRITO, H., 2001b. Texto Básico Operaciones Unitarias III [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 6 enero 2021]. ISBN 0897919645. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673664_TEXTO_BASICODE_OPERACIONES_UNITARIAS_III. BRITO, H., BASANTES, A.R. y HUACHO, I., 2020. Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (*manihot esculenta crantz*). ResearchGate [en línea], vol. 7, no. February, pp. 228. [Consulta: 25 febrero 2021]. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: [349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b](https://www.researchgate.net/publication/349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b). BRITO, H. y CHUIZA, M., 2020. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia

xanthorrhiza. ResearchGate [en línea], vol. 6, no. July, pp. 981-994. [Consulta: 10 febrero 2020]. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza.

CIBEL, P., 2019. MALANGA: ORIGEN, PROPIEDADES, BENEFICIOS, CALORÍAS Y MÁS. *Malanga: Origen, Propiedades, Beneficios, Calorías y más* [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://nuestraflora.com/c-tuberculos/malanga/>.

ESPINOZA, M., 2017. *OBTENCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE MALANGA POR MEDIO DE HIDRÓLISIS Y FERMENTACIÓN DE AZÚCARES* [en línea]. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9777/1/T-UCE-0017-006-2017.pdf>.

FAO, 1999. Análisis físicoquímico del almidón. *Guía técnica para la producción y análisis de almidon de Yuca.*, vol. 140, pp. 61–134.

GOMEZ, F., 2009. Biopolímeros plásticos de origen renovable | Bio-I+D+i. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: http://www.madrimasd.org/blogs/bio_idi/2009/07/24/122251.

GONZÁLEZ GARCÍA, J.C., et al., 2020. Extracción de almidón de malanga blanca, una alternativa socioambiental para la producción de bases poliméricas biodegradables. *ConcienciaDigital* [en línea], vol. 3, no. 3, pp. 6–26. [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 0317-8471. DOI 10.33262/concienciadigital.v3i3.1263. Disponible en: www.concienciadigital.org.

HEREDIA, D.A. y PULGAR, L.J., 2019. *Comparación de dos métodos de extracción de almidón de Colocasia esculenta (Malanga blanca) para la obtención de un polímero biodegradable* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13256/1/156T0007.PDF>.

HERMIDA, E., 2011. Polímeros. [en línea]. Buenos Aires: [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf.

HERNÁNDEZ, Tomas. K. Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo- biodegradables (tesis) Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F, México. 2013.

LEIA, 2007. (PDF) BIOPLÁSTICOS. *Observatorio Industrial del Sector Químico* [en línea].

[Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS.

MÉNDEZ, Á., 2010. Glicerol | La Guía de Química. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/glicerol>.

MENESES, J., CORRALES, C. y VALENCIA, M., 2007. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA. *Rev.EIA.Esc.Ing.Antioq* [en línea], [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 2463-0950. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006.

MONTOYA, J. y QUINTERO, V.D., 2014. EVALUACION FISICOTERMICA Y REOLOGICA DE HARINA Y ALMIDÓN DE PLÁTANO DOMINICO HARTÓN (*Musa paradisiaca* ABB) THERMAL AND RHEOLOGICAL EVALUATION OF FLOUR AND STARCH FROM BANANA DOMINICO HARTON (*Musa paradisiaca* ABB). *Universidad del Quindío*, vol. 19, no. 2.

NARVÁEZ, M., 2016. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón* [en línea]. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>.

NATURALISTA, 2021. Malanga (*Colocasia esculenta*) · NaturaLista. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.naturalista.mx/taxa/122835-Colocasia-esculenta>.

NTE INEN 0522. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 0522 Granos y cereales. maiz molido, sémola, harina, critz. Requisitos

PILLAJO, 2016. Aplicación y utilización gastronómica de la malanga. [en línea], Disponible en: <http://200.24.220.94/handle/33000/5960>.

RODRÍGUEZ, J., et al., 2016. Caracterización fisicoquímica, funcional y contenido fenólico de harina de malanga (*Colocasia esculenta*) cultivada en la región de Tuxtepec, Oaxaca, México. , no. 16, pp. 47.

ROSALES, A., 2016. *Departamento de Química TÍTULO: Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el Mayo – Abril 2016*. S.l.: s.n.

SAMANIEGO, M., 2019. Biopolímeros: una alternativa a los plásticos derivados del petróleo - Cultura Científica - UTPL. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/04/biopolimeros-una-alternativa-a-los-plasticos-derivados-del-petroleo/>.

SEBASTIAN, J. y CARDONA, H., 2019. OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA. [en línea]. Bogotá DC: [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>.





SEVILLA, J., 2005. Estructura y función de los hidratos de carbono: azúcares, almidón, glucógeno, celulosa. . [en línea]. S.l.: [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://ferrusca.files.wordpress.com/2013/04/tema5-hidratoscabono.pdf>.

TORRES RAPELO, C., CASTILLO, M. y LENGUA, D., 2013. Revista Lasallista de Investigación. [en línea], [Consulta: 11 marzo 2021]. ISSN 1794-4449. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>.

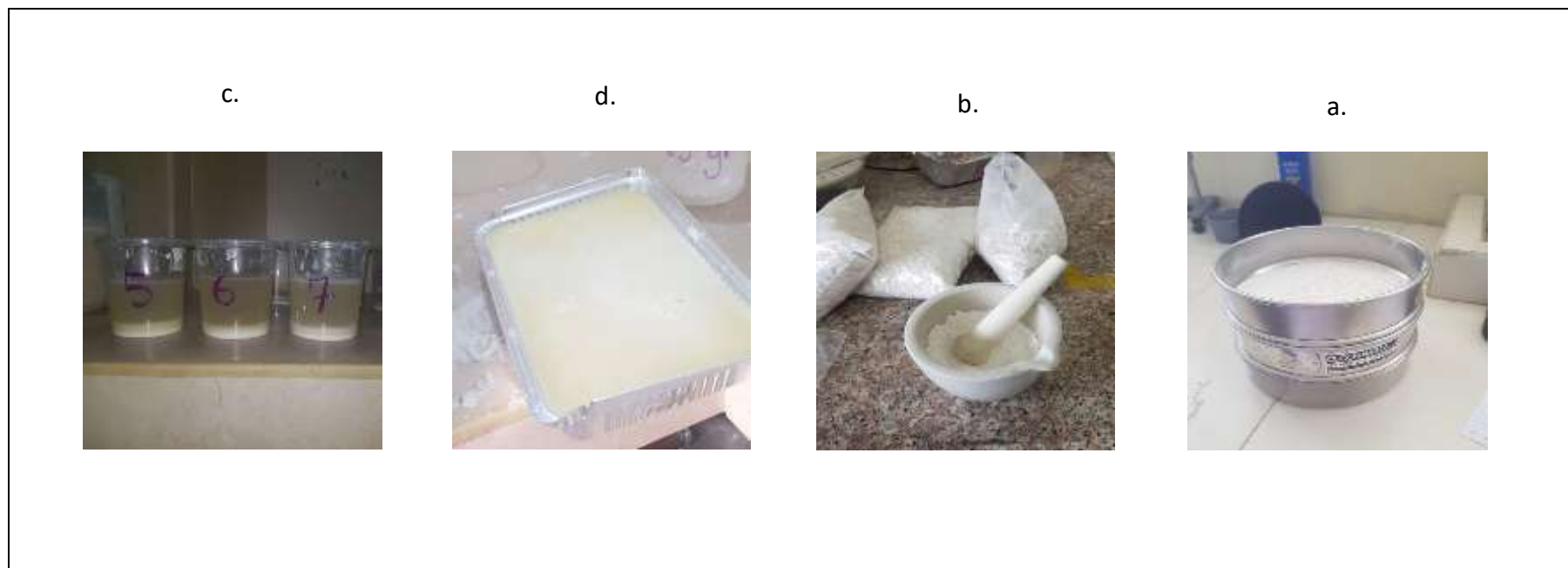
ZAPATA, N., 2019. POLISACÁRIDOS UNIDAD III Son polímeros de alto PM formados por más de 20 monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos ppt descargar. [en línea]. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/14187151/>.

ANEXOS

Anexo A. Extracción del almidón de Malanga por el método de Brenda





a.	d.	c.	b.		
					
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE MALANGA POR EL MÉTODO DE BRENDA		
a. Materia prima (Malanga). b. Limpieza de la materia prima. c. Pesaje de los 200 gr de materia prima. d. Licuado de la materia prima.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2020/12/01	

Anexo B. Extracción del almidón de Malanga por el método de Brenda



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE MALANGA POR EL MÉTODO DE BRENDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Decantación del extracto. b. Secado del extracto. c. Triturado del extracto. d. Tamizado del almidón.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		1	1:1	2020/12/01

Anexo C. Caracterización fisicoquímica del almidón de malanga

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>d.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>c.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>b.</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>a.</p>  </div> </div>					
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE MALANGA		
a. Medición de pH. b. Medición del índice de solubilidad. c. Medición de la temperatura de gelatinización. d. Medición del porcentaje de ceniza.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/12/18

Anexo D. Caracterización fisicoquímica del almidón de malanga

a.



b.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN DE MALANGA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Medición de la densidad aparente. b. Medición de la viscosidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		1	1:1	2020/12/18

Anexo E. Informe de los resultados del porcentaje de amilosa que contiene el almidón de malanga

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

INFORME DE ENSAYO No: 21-046

<p>NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Karla Sánchez Hidalgo DIRECCIÓN: Guano FECHA DE EMISIÓN: 12/02/2021 FECHA DE ANÁLISIS: Del 2 al 11 de febrero de 2021</p>	<p>INSTITUCIÓN: Particular ATENCIÓN: Srta. Karla Sánchez Hidalgo FECHA DE RECEPCIÓN: 02/02/2021 HORA DE RECEPCIÓN: 12H22 ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0277	10,49	17,19				Almidón de semilla de malanga

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

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

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

Anexo F. Informe de los resultados del análisis microbiológico del almidón de malanga



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

NOMBRE: Karla Monserrath Sánchez Hidago
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Malanga (<i>Colocasia esculenta</i>)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2020-12-16
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-03-04

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

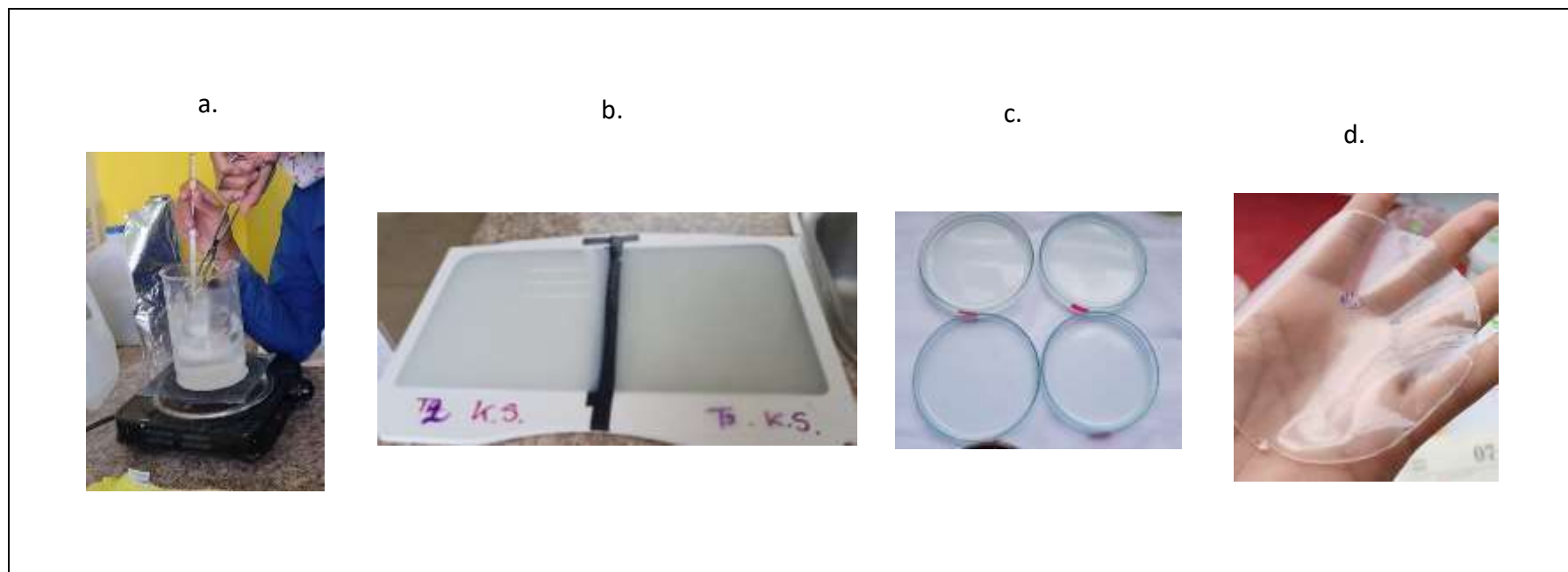
Almidón de Malanga			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	200
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Malanga (FAO).

Atentamente





Dra. Gina Álvarez Reyes
RESPONSABLE TECNICO

Anexo G. Formulaciones de los biopolímeros

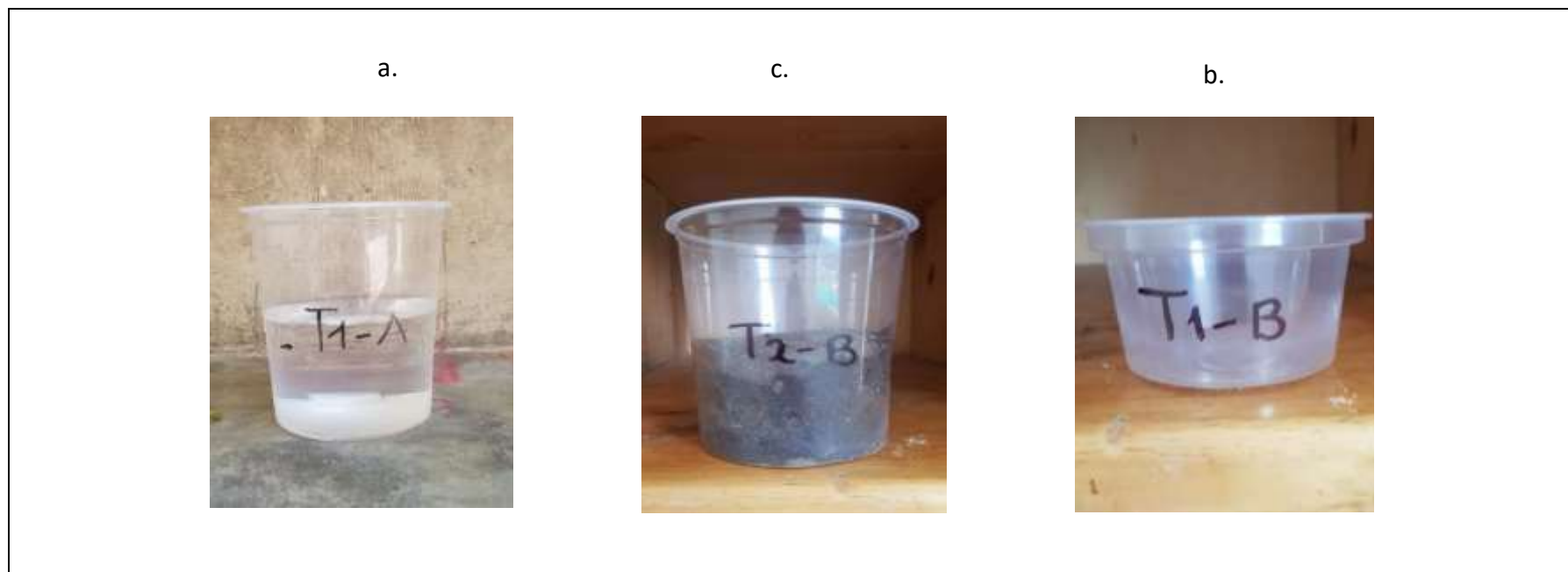


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	FORMULACIONES DE LOS BIOPOLÍMEROS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Toma de temperatura de gelatinización. b. Tratamientos 2 y 3 en moldes grandes. c. Tratamientos 1,2,3 y 4. d. Desmoldeo de biopolímeros.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		1	1:1	2020/12/18

Anexo H. Pruebas fisicoquímicas de los biopolímeros

<p style="text-align: center;">a.</p> 	<p style="text-align: center;">b.</p> 	<p style="text-align: center;">c.</p> 	<p style="text-align: center;">d.</p> 		
<p style="text-align: center;">NOTAS</p>	<p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p> <p style="text-align: center;">Elaborado por:</p> <p style="text-align: center;">Karla Monserrath Sánchez Hidalgo</p>	<p style="text-align: center;">PRUEBAS FISICOQUÍMICAS DE LOS BIOPOLÍMEROS</p>		
<p>a. Medición de la solubilidad. b. Medición de la humedad. c. Medición de la permeabilidad. d. Medición del espesor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		<p style="text-align: center;">LÁMINA</p>	<p style="text-align: center;">ESCALA</p>	<p style="text-align: center;">FECHA</p>
		<p style="text-align: center;"> 1 1:1 2020/01/11 </p>			

Anexo I. Pruebas de Biodegradabilidad



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Elaborado por: Karla Monserrath Sánchez Hidalgo	PRUEBAS DE BIODEGRADABILIDAD		
a. Biodegradabilidad en agua. b. Biodegradabilidad en compostaje. c. Biodegradabilidad en aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobado • Certificado • Por aprobar • Por calificar • Por verificar 		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/12/23

Anexo J. Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 1
REALIZADO POR	KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO
TEMA DE TESIS	IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO
TIPO DE MATERIAL	BIOPOLÍMERO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 – 01-13
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	40
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	4,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	0,86
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	52,50

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Anexo K. Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 2
REALIZADO POR	KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO
TEMA DE TESIS	IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO
TIPO DE MATERIAL	BIOPOLÍMERO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 – 01-13
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,3
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	40
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	3
CARGA MÁXIMA (N)	9,8
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1,80
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	55,0

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Anexo L. Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO
TEMA DE TESIS	IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO
TIPO DE MATERIAL	BIOPOLÍMERO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01- 13
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	40
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	2
CARGA MÁXIMA (N)	3,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	0,44
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	22,5

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

Anexo M. Informe de Resultados de las Pruebas Mecánicas Tratamiento 4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº 4
REALIZADO POR	KARLA MONSERRATH SÁNCHEZ HIDALGO
TEMA DE TESIS	IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (<i>Colocasia esculenta</i>) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO
TIPO DE MATERIAL	BIOPOLÍMERO
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01-13
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,2
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	40
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm²)	2
CARGA MÁXIMA (N)	5,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	0,96
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	32,5

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

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

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Karla Monserrath Sánchez Hidalgo</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, o=UNIVERSIDAD,
serialNumber=060276697
4, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.10.22
11:38:01 -0500



1065-DBRA-UTP-2021