



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A  
PARTIR DE PAPA CHAUCHA (*Solanum phureja*) PARA EL USO  
EN ALIMENTOS”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: LORENA ESTEFANIA CÁRDENAS ALDAZ**

**DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS**

Riobamba - Ecuador

2021

**©2021, Lorena Estefanía Cárdenas Aldaz**

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, Lorena Estefanía Cárdenas Aldaz, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que proviene de otra fuente 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, 06 de septiembre del 2021

LORENA  
ESTEFANIA  
CARDENAS  
ALDAZ



Digitally signed by  
LORENA ESTEFANIA  
CARDENAS ALDAZ  
Date: 2021.11.05  
09:04:21 -05'00'

---

**Lorena Estefanía Cárdenas Aldaz**

**180461458-2**

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

## FACULTAD DE CIENCIAS

### CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE PAPA CHAUCHA (*Solanum phureja*) PARA EL USO EN ALIMENTOS**, realizado por la señorita **LORENA ESTEFANIA CARDENAS ALDAZ**, 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. Carlos Alcibar Medina Serrano <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>CARLOS ALCIBAR MEDINA SERRANO</b>	2021-09-06
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS  Firmado electrónicamente por:LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS DN: cn=LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, o=SECURITY DATA S.A., c=ESTADOS UNIDOS CERTIFICACION DE INFORMACION Móvil: No se autoriza este documento. Ubicación: Fecha: 2021-11-04 18:01:05:00	2021-09-06
Bq. Cristina Nataly Villegas Freire <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>	CRISTINA NATALY VILLEGAS FREIRE  Firmado electrónicamente por:CRISTINA NATALY VILLEGAS FREIRE DN: cn=CRISTINA NATALY VILLEGAS FREIRE, o=SECURITY DATA S.A., c=ESTADOS UNIDOS CERTIFICACION DE INFORMACION Móvil: No se autoriza este documento. Fecha: 2021-10-28 08:30:05:00	2021-09-06

## **DEDICATORIA**

“Cada logro comienza con la decisión de intentarlo”

Gail Devers

Este trabajo de grado se lo dedico a mi Dios quien ha sabido guiarme día tras día, a mis padres Roberto Cárdenas y Guadalupe Aldaz, quienes han sido mi fortaleza para salir adelante, y me han apoyado con los recursos necesarios para culminar mi carrera. Han sabido criarme con valores, principios, carácter y con coraje para lograr mis objetivos.

A mi esposo Santiago Balladares, por estar siempre presente, acompañándome y brindándome su apoyo incondicional en todo momento. A mi hijo Eithan quien ha sido mi inspiración para superarme y salir a delante a pesar de las adversidades.

Lorena

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios, que a pesar de los obstáculos que he tenido en mi vida, me dio las fuerzas necesarias para salir adelante y superarme a mí misma.

A mis padres que me han apoyado en todas las etapas de mi vida, por mantenerse siempre a mi lado, a pesar de lo apresurada que fue mi vida siempre quisieron lo mejor para mí. A mi querida madre que lucha día tras día por darnos lo mejor, a mi padre que, con su amor y protección, nada sería lo que es hoy, por eso mi agradecimiento infinito es para ustedes.

Como no olvidarme de mi esposo quien estuvo en mis logros y tristezas apoyándome para que no me quede a mitad de camino, la lucha ha sido grande pero el triunfo es muy gratificante, por todo esto mil gracias por estar ahí.

A mi hijo mis ganas de seguir adelante te las debo a ti, tu eres mi inspiración para superarme día tras día.

A mi suegra, quien con su amor inmenso supo cuidar de mi hijo, apoyándome de una u otra forma para conseguir mis triunfos anhelados.

Lorena

## TABLA DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPITULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Antecedentes de la Investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Marco Conceptual o Glosario .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 <i>Residuos de origen vegetal.....</i>	<i>6</i>
<b>1.2.2 Origen de la Papa.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3 Usos industriales de la papa Chaucha.....</b>	<b>7</b>
1.2.3.1 <i>Caracterización del Almidón de la papa Chaucha .....</i>	<i>7</i>
1.2.3.2 <i>Propiedades del Almidón.....</i>	<i>8</i>
<b>1.2.4 Bioplásticos .....</b>	<b>8</b>
1.2.4.1 <i>Mecanismos de formación de los bioplásticos .....</i>	<i>9</i>
<b>1.2.5 Componentes de los Bioplásticos.....</b>	<b>9</b>
1.2.5.1 <i>Almidón.....</i>	<i>9</i>
1.2.5.2 <i>Plastificantes .....</i>	<i>10</i>
1.2.5.3 <i>Ácido Acético.....</i>	<i>10</i>
<b>1.2.6 Propiedades de las películas biodegradables .....</b>	<b>11</b>

### CAPÍTULO II

<b>2 METODOLOGÍA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 Hipótesis y especificación de variables .....</b>	<b>12</b>
2.1.1 <i>Hipótesis General .....</i>	<i>12</i>
<b>2.1.2 Hipótesis Específicas.....</b>	<b>12</b>

2.1.3	<i>Identificación de Variables</i> .....	13
2.1.4	<i>Operacionalización de Variables</i> .....	14
2.1.5	<i>Matriz de Consistencia</i> .....	16
2.2	<b>Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	18
2.2.1	<i>Tipo de investigación</i> .....	18
2.3	<b>Unidad de Análisis</b> .....	22
2.4	<b>Población de Estudio</b> .....	22
2.5	<b>Tamaño de Muestra</b> .....	22
2.6	<b>Selección de muestra</b> .....	22
2.7	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b> .....	23
2.7.1	<i>Prueba Ph</i> .....	23
2.7.2	<i>Prueba Densidad</i> .....	23
2.7.3	<i>Prueba Humedad</i> .....	24
2.7.4	<i>Prueba Ceniza</i> .....	25
2.7.5	<i>Prueba Gelatinización</i> .....	25
2.7.6	<i>Índice de Solubilidad</i> .....	26
2.7.7	<i>Prueba Viscosidad</i> .....	27
2.7.8	<i>Pruebas Microbiológicas</i> .....	27
2.7.9	<i>Prueba Amilosa y Amilopectina</i> .....	28
2.7.10	<i>Prueba de Fibra y Proteína</i> .....	28
2.7.11	<i>Permeabilidad del bioplástico</i> .....	28
2.7.12	<i>Prueba De Biodegradabilidad</i> .....	29
2.7.13	<i>Ensayo de tracción</i> .....	30
<b>CAPITULO III</b>		
3	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	31
3.1	<b>Resultados</b> .....	31
3.1.1	<i>Resultados de la caracterización del almidón</i> .....	31
3.1.1.1	<i>Obtención del Almidón por método Húmedo</i> .....	31
3.1.1.2	<i>Rendimiento del Almidón</i> .....	32
3.1.1.3	<i>Prueba de Ph</i> .....	34
3.1.1.4	<i>Prueba de Densidad</i> .....	35
3.1.1.5	<i>Prueba de Humedad</i> .....	35
3.1.1.6	<i>Prueba de Ceniza</i> .....	36

3.1.1.7	<i>Prueba de Gelatinización</i> .....	36
3.1.1.8	<i>Prueba Índice de Solubilidad</i> .....	37
3.1.1.9	<i>Prueba de Viscosidad</i> .....	37
3.1.1.10	<i>Pruebas Microbiológicas</i> .....	38
3.1.1.11	<i>Pruebas de Amilosa y Amilopectina</i> .....	38
3.1.1.12	<i>Prueba de Fibra y Proteína</i> .....	39
<b>3.1.2</b>	<b><i>Resultados de la caracterización del Bioplástico</i></b> .....	<b>39</b>
3.1.2.1	<i>Prueba de Humedad</i> .....	39
3.1.2.2	<i>Prueba de Solubilidad</i> .....	40
3.1.2.3	<i>Prueba de Permeabilidad</i> .....	41
3.1.2.4	<i>Prueba de Biodegradabilidad</i> .....	42
3.1.2.5	<i>Prueba Ensayo de Tracción</i> .....	43
3.1.2.6	<i>Comportamiento De La Fruta Con Recubrimiento a(25°C) A Los 5 Días</i> .....	44
<b>3.2</b>	<b><i>Pruebas de hipótesis</i></b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.1</b>	<b><i>Hipótesis general</i></b> .....	<b>47</b>
<b>3.2.2</b>	<b><i>Hipótesis específicas</i></b> .....	<b>47</b>
3.2.2.1	<i>Hipótesis I</i> .....	47
3.2.2.2	<i>Hipótesis II</i> .....	48
3.2.2.3	<i>Hipótesis III</i> .....	48
3.2.2.4	<i>Hipótesis IV</i> .....	48
<b>3.3</b>	<b><i>DISCUSIÓN</i></b> .....	<b>49</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Análisis físico químico y microbiológico del almidón</i></b> .....	<b>49</b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Propiedades del bioplástico</i></b> .....	<b>50</b>
<b>3.3.3</b>	<b><i>Ensayo de tracción del bioplástico</i></b> .....	<b>51</b>
<b>3.3.4</b>	<b><i>Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días</i></b> .....	<b>52</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>53</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>54</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Identificación de Variables .....	<b>13</b>
<b>Tabla 2-2:</b>	Operacionalización de Variables .....	<b>14</b>
<b>Tabla 3-2:</b>	Matriz de consistencia.....	<b>16</b>
<b>Tabla 4-2:</b>	Matriz de Experimentos en base al diseño factorial $2^k$ .....	<b>20</b>
<b>Tabla 5-2:</b>	Matriz de Diseño de Experimentos de Mezclas .....	<b>21</b>
<b>Tabla 6-2:</b>	Prueba pH.....	<b>23</b>
<b>Tabla 7-2:</b>	Prueba Densidad.....	<b>23</b>
<b>Tabla 8-2:</b>	Prueba Humedad .....	<b>24</b>
<b>Tabla 9-2:</b>	Prueba Ceniza .....	<b>25</b>
<b>Tabla 10-2:</b>	Prueba Gelatinización .....	<b>25</b>
<b>Tabla 11-2:</b>	Índice de Solubilidad .....	<b>26</b>
<b>Tabla 12-2:</b>	Prueba Viscosidad .....	<b>27</b>
<b>Tabla 13-2:</b>	Pruebas Microbiológicas .....	<b>27</b>
<b>Tabla 14-2:</b>	Prueba Amilosa y Amilopectina .....	<b>28</b>
<b>Tabla 15-2:</b>	Prueba de Fibra y Proteína.....	<b>28</b>
<b>Tabla 16-2:</b>	Permeabilidad del bioplástico .....	<b>28</b>
<b>Tabla 17-2:</b>	Prueba de Biodegradabilidad .....	<b>29</b>
<b>Tabla 18-2:</b>	Ensayo de tracción.....	<b>30</b>
<b>Tabla 1-3:</b>	Obtención del Almidón por Método Húmedo .....	<b>31</b>
<b>Tabla 2-3:</b>	Rendimiento del Almidón .....	<b>32</b>
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis De Varianza De Un Factor .....	<b>33</b>
<b>Tabla 4-3:</b>	Prueba De Tukey .....	<b>33</b>
<b>Tabla 5-3:</b>	Prueba de pH.....	<b>34</b>
<b>Tabla 6-3:</b>	Prueba de Densidad .....	<b>35</b>
<b>Tabla 7-3:</b>	Prueba de Humedad.....	<b>35</b>
<b>Tabla 8-3:</b>	Prueba de Ceniza .....	<b>36</b>
<b>Tabla 9-3:</b>	Prueba de Gelatinización.....	<b>36</b>
<b>Tabla 10-3:</b>	Prueba Índice de Solubilidad .....	<b>37</b>

<b>Tabla 11-3:</b> Pruebas Microbiológicas .....	<b>38</b>
<b>Tabla 12-3:</b> Pruebas de Amilosa y Amilopectina.....	<b>38</b>
<b>Tabla 13-3:</b> Prueba de Fibra y Proteína.....	<b>39</b>
<b>Tabla 14-3:</b> Prueba de Humedad.....	<b>39</b>
<b>Tabla 15-3:</b> Prueba de Solubilidad .....	<b>40</b>
<b>Tabla 16-3:</b> Prueba de Permeabilidad .....	<b>41</b>
<b>Tabla 17-3:</b> Prueba de Biodegradabilidad para compostaje .....	<b>42</b>
<b>Tabla 18-3:</b> Prueba de Biodegradabilidad para agua .....	<b>42</b>
<b>Tabla 19-3:</b> Prueba de Biodegradabilidad para Ambiente .....	<b>43</b>
<b>Tabla 20-3:</b> Prueba de Tracción .....	<b>43</b>
<b>Tabla 21-3:</b> Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días. ....	<b>44</b>
<b>Tabla 22-3:</b> Análisis Físico Químico y Microbiológico del Almidón .....	<b>49</b>
<b>Tabla 23-3:</b> Propiedades del Bioplástico.....	<b>50</b>
<b>Tabla 24-3:</b> Ensayo de Tracción del Bioplástico .....	<b>51</b>
<b>Tabla 25-3:</b> Resultados del ensayo de tracción.....	<b>51</b>
<b>Tabla 26-3:</b> Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días .....	<b>52</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Historia de la papa .....	<b>7</b>
<b>Figura 2-1:</b>	Bioplásticos .....	<b>9</b>
<b>Figura 3-1:</b>	Estructura del almidón. A) Amilosa B) Amilopectina .....	<b>10</b>
<b>Figura 4-1:</b>	Estructura molecular del ácido acético .....	<b>11</b>
<b>Figura 1-2:</b>	Diagrama de flujo de la obtención del almidón de papa .....	<b>20</b>
<b>Figura 2-2:</b>	Esquema del diseño factorial $2^k$ .....	<b>21</b>
<b>Figura 3-2:</b>	Proceso de obtención del bioplástico.....	<b>21</b>
<b>Figura 4-2:</b>	Selección de muestras.....	<b>22</b>

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-3:</b> Prueba de viscosidad.....	37
<b>Fotografía 2:</b> Lavado de la papa.....	65
<b>Fotografía 3:</b> Licuado de la papa .....	65
<b>Fotografía 4:</b> Tamizado del almidón.....	65
<b>Fotografía 5:</b> Pesaje del almidón.....	65
<b>Fotografía 6:</b> Elaboración de los bioplásticos .....	66
<b>Fotografía 7:</b> Secado bioplástico.....	66
<b>Fotografía 8:</b> Pesaje Bioplásticos.....	66
<b>Fotografía 9:</b> Prueba permeabilidad .....	67
<b>Fotografía 11:</b> Prueba de Tensión .....	67
<b>Fotografía 10:</b> Biodegradabilidad del plástico .....	67

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Análisis Microbiológicos de Muestra de Almidón
- ANEXO B:** Análisis de Fibra y Proteína del Almidón
- ANEXO C:** Análisis de Amilosa del almidón
- ANEXO D:** Pruebas de tensión en el laboratorio de pruebas físicas
- ANEXO E:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 1
- ANEXO F:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 2
- ANEXO G:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 3
- ANEXO H:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 4
- ANEXO I:** Fotografías-Parte experimental
- ANEXO J:** Fotografías-Elaboración del Bioplástico
- ANEXO K:** Fotografías-Pruebas del Bioplástico

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo obtener y caracterizar un bioplástico a partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) para el uso en alimentos, utilizando el almidón de la papa como fuente principal y como aditivos glicerina y ácido acético. El rendimiento del almidón fue de 16,97%, para obtener el mejor rendimiento se realizaron 4 tratamientos. Se realizaron varias pruebas al almidón entre ellas están: humedad, ceniza, pH, densidad, solubilidad, fibra, proteína, viscosidad, Temperatura de Gelatinización, amilosa, amilopectina y las pruebas microbiológicas. Se aplicó el diseño factorial 2k para realizar varias formulaciones al momento de la obtención del bioplástico. Se analizó los bioplásticos visualmente y se determinó que el mejor bioplástico fue el del tratamiento 3 presentando buenas características para envoltorio de alimentos. En las biopelículas se analizaron las siguientes propiedades: humedad, solubilidad, espesor, permeabilidad, solubilidad, Biodegradabilidad y el ensayo de tracción. Los resultados que se obtuvieron para el bioplástico en cuanto a la humedad fue de: 21,45% el tercer tratamiento; la solubilidad fue de : 44,48% el tercer tratamiento; el espesor fue de: 0,1 mm para todos los tratamiento; la permeabilidad fue de: 0,0019% el tercer tratamiento; la solubilidad fue de: 44,48% el tercer tratamiento; la Biodegradabilidad para el agua fue de: 100% para los cuatro tratamiento, el compost fue de: 100% para los cuatro tratamiento, en cuanto al ambiente fue de: 6,1% el tercer tratamiento; el ensayo de tracción fue de: 70,0% el tercer tratamiento. De esta forma se logró obtener el bioplástico con las características necesarias para envoltorio de alimentos. Se recomienda estudiar más afondo los plastificantes adecuados para mejorar el porcentaje de elongación del bioplástico.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICO> <GLICERINA> <ÁCIDO ACÉTICO> <RENDIMIENTO>  
<HUMEDAD> <SOLUBILIDAD> <PERMEABILIDAD> <BIODEGRADABILIDAD>  
<ENSAYO DE TRACCIÓN>

LUIS ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=RIOBAMBA,  
SerialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.03.30 16:18:21 -0500'



0888-DBRAI-UTP-2021

## SUMMARY

The objective of this study was to obtain and characterize a bioplastic from chaucha potato (*Solanum phureja*) for use in food, using potato starch as the main source and glycerine and acetic acid as additives. The starch yield was 16.97%. To obtain the best yield, four treatments were carried out. Several tests were carried out on the starch, among them are humidity, ash, pH, density, solubility, fibre, protein, viscosity, gelatinization temperature, amylose, amylopectin, and microbiological tests. The 2k factorial design was applied to make several formulations at the time of obtaining the bioplastic. The bioplastics were visually analysed, and it was determined that the best bioplastic was that of treatment 3, presenting good characteristics for food wrapping. In the biofilms, the following properties were analysed: humidity, solubility, thickness, permeability, solubility, biodegradability, and the tensile test. The results obtained for the bioplastic in terms of humidity were: 21.45% the third treatment; the solubility was 44.48% the third treatment; the thickness was 0.1 mm for all the treatments; patency was 0.0019% the third treatment; the solubility was 44.48% the third treatment; biodegradability for water was 100%, for the four treatments, the compost was 100% for the four treatments, as for the environment it was 6.1% for the third treatment; the tensile test was: 70.0% the third treatment. In this way, it was possible to obtain the bioplastic with the necessary characteristics for food packaging. Further study of suitable plasticizers is recommended to improve the percentage of elongation of the bioplastic.

**Keywords:** <BIOPLASTIC> <CHAUCHA POTATO (*Solanum phureja*)> <GLYCERIN>  
<ACETIC ACID> <HUMIDITY> <SOLUBILITY> <PERMEABILITY>  
<BIODEGRADABILITY> <TRACTION TEST>

ANGEL  
PAUL  
OBREGON  
MAYORGA  
Date: 2021.11.25  
08:20:40 -05'00'

Digitally signed  
by ANGEL PAUL  
OBREGON  
MAYORGA

## INTRODUCCIÓN

### **Identificación del Problema.**

El medio ambiente se ha visto afectado por tantos desechos que los moradores del planeta denominan contaminación a todos los objetos que arrojan en vertederos, caminos, calles y bosques. Los objetos multicolores, livianos, de múltiples formas y tamaños hoy en día se encuentra en todo lado, regados por doquier, volando por los aires, colgado en árboles, en cables, afectando el ornato de las ciudades (Perdomo, et al, 2002).

Es necesario cambiar el estilo de vida especialmente los esquemas de uso y consumo, ha incrementado continuamente la elaboración de estos materiales. Se estima para 2012 una producción mundial de 241 millos de toneladas, superando para el 2015 unos trecientos millones de toneladas en cuanto a la producción (Vázquez Morillas, et al, 2018).

En cuanto a las bolsas fabricadas con polietileno de baja densidad, hablando de su Biodegradabilidad tarda más de un siglo en descomponerse parcialmente. Hoy en día existen alternativas para reemplazar estas bolsas las cuales provienen de fécula de patata. Existen botellas de plástico que tardan más de mil años en degradarse las cuales permanecen enterradas (Vázquez Morillas, et al, 2018).

A partir del 2010 el uso de bioplásticos fue menor al 1%, en la actualidad esta cifra ha crecido hasta el 30%, siendo competitivo en el mercado (Vázquez Morillas, et al, 2018).

Ecuador es un país con diversidad de productos altamente poliméricos, que permiten obtener una diversidad extensa de biopelículas capaces de extender el tiempo de vida útil de los alimentos al igual que su vida comercial; la presencia de material polimérico aporta con la disminución de material plástico proveniente del petróleo.

Se han realizado diversos estudios que demuestran que las películas biodegradables permiten conservar los alimentos, es decir extender su vida comercial y de esta manera mejorar la calidad de éstas; la película a base de almidones pretende disminuir la producción de gas como el etileno, además de controlar los parámetros como: color, textura, firmeza del alimento (Montes Hernández, et al, 2017 págs. 57-89).

## **Justificación de la Investigación**

La presente investigación busca obtener almidones a partir de papa chaucha, mediante diferentes procesos (molienda húmeda, decantación, secado, tamizado), con la incorporación de agentes microbianos y conservantes, la elaboración de una película biodegradable que cuente con excelentes características para preservar los alimentos (Anchundia, et al, 2016 págs. 394-399).

En la actualidad el plástico ha contribuido a la contaminación del planeta viéndose afectados todos de forma directa o indirecta es por eso que se ha optado por buscar una alternativa que solvente dicha contaminación y así ayudar al planeta.

Se conoce que el plástico dura 150 años en degradarse es por eso que una alternativa son los bioplásticos los cuales provienen de diferentes productos orgánicos, así como el almidón de varios tubérculos, o semillas de algunos frutos, siendo estos fáciles de degradar.

Dichos bioplásticos con el pasar de los años van teniendo mayor acogida el mercado, siendo dicho mercado muy competitivo con los plásticos normales, ya que están al alcance de todos. Es por eso que día tras día se sigue investigando y buscando mejor alternativas.

Con la obtención de bioplásticos a partir de papa chaucha (*Solanum phureja*), se pretende conservar las propiedades organolépticas del alimento, alargando su tiempo de vida reduciendo su perfectibilidad, la obtención se dará mediante procesos químicos a nivel de laboratorio.

El presente trabajo de investigación se realizará en conjunto con el grupo de investigación GIADE en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, como aporte a su proyecto de investigación “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador” la convocatoria 2019 con fecha de inicio 2020-01-07.

## **Objetivos de la Investigación**

### **Objetivo General**

- Obtener y caracterizar un bioplástico a partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) para el uso en alimentos.

### **Objetivos Específicos**

- Obtener almidón a partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) mediante método húmedo.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante análisis fisicoquímicas.
- Realizar formulaciones a base de almidón y aditivos para la obtención de biopelículas.
- Comprobar la eficacia de la biopelícula en el recubrimiento de alimentos.

# CAPITULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes de la Investigación

Es de conocimiento de todos que se ha elaborado una infinidad de productos sin pensar en los desechos que esto puede causar. En cuanto a la máxima de la ley de la vida, provee la ley de conservación del ambiente. En cada suceso se plantea un problema el cual responde a los requerimientos y circunstancias donde se produjo el descubrimiento que establece como requisito o necesidad. Es imposible que el hombre pueda llegar a aceptar su propia autodestrucción (Perdomo, et al, 2002 págs. 1-13).

Existe en el Ecuador alrededor de 500 empresas las cuales se encuentran relacionadas con la fabricación de plásticos como: extrusión, termoformado, soplado, inyección y rotomoldeo en la cual al elaborar posee una gran variedad de productos, mismas que integran estas actividades a la industria del plástico en Ecuador, las industrias locales abastecen un 80% de los insumos plásticos y se importa alrededor de los 20% el cual genera 15.000 empleos directos y 60.000 empleos indirectos, encontrándose en Guayaquil en la mayor parte de estas empresas productoras. La producción de plásticos, la participación en la economía nacional y comercio exterior conlleva analizar la evolución de esta industria (Rojas Ubilla, 2019).

Es de conocimiento de todos que los recubrimientos de alimentos son utilizados hace muchos años, los cuales ayudan a conservar mejor a los alimentos, en prevenir la humedad, brindando esterilidad a los alimentos. Al ser derivados del petróleo son los causantes de tanta contaminación ambiental debido a su alargada degradación.

Los materiales biodegradables de primera generación consistieron en mezclas de polímeros de fuentes naturales de alimentación siendo este el almidón. Se consiguió un segundo intento el cual se concentró en la inserción de grupos funcionales como lo es el éster sobre una base polimérica, los cuales son susceptibles al ataque microbiano. El ultimo y tercer intento se basa en un desarrollo de materiales como el polihidroxitireno los cuales son sintetizados a partir de bacterias las cuales se desarrolla en fermentadores. Estos últimos pueden ser verdaderamente biodegradables. Estos materiales poseen una aplicación muy grande, va desde aplicaciones para la medicina como

lo es en implantes de cirugía, también se lo puede aplicar en la agricultura como acolchado, entre otras aplicaciones como tradicionalmente se lo usa en diferentes industrias que lo requieren (Arevalo Niño, 1996).

Los bioplásticos surgen como una alternativa buscando disminuir los plásticos derivados del petróleo, debido a su difícil degradación y mediante diferentes estudios se busca dar una solución a este problema, elaborando plásticos amigables con el medio ambiente, los cuales sean fáciles de degradar y descomponerse en menor tiempo posible, es así que a partir de almidones obtenidos de varios tubérculos, pepas de frutas y de algunos vegetales, se pueda elaborar dichos bioplásticos, evitando costos elevados en comparación a los plásticos obtenidos a partir del petróleo. Es por eso que a partir de almidones mismos que al ser poliméricos biodegradables obtenidos de varios residuos están disponibles a nivel mundial, los almidones son bajos en costos por ende tienen una gran ventaja en comparación con los plásticos provenientes del petróleo.

*El reciclado es y será una solución, pero se produce sobre el residuo ya generado y, además no es una alternativa efectiva para todos los plásticos. Los biopolímeros suponen, en cambio, una solución desde el origen del problema. Los biopolímeros, que en su mayor parte proceden de recursos renovables, se convierten en una interesante alternativa para la industria de los plásticos* (Valero Valdivieso, et al, 2013 págs. 171-178).

Así, los polímeros basados en recursos renovables o biodegradables están generando un creciente interés, tanto en la sociedad en general como en la industria de los plásticos, así como en el sector agrícola (Valero Valdivieso, et al, 2013).

La evolución de las especies se ocasionó a partir del nivel diploide, la *Solanum phureja* la cual se encontraba distribuida desde Perú hasta Ecuador, Colombia y Venezuela. Existe alrededor de 2.000 especies las cuales son distinguidas dentro del género *Solanum*, de los cuales 160 y 180 se encuentran formando tubérculos, de los cuales solo ocho son especies comestibles. Existen 5.000 cultivos de papas, que hoy en día se cultivan menos de 500 en los Andes (Sherwood, et al, 2002 págs. 21-23).

La papa es una fuente de nutrientes que aporta a la dieta humana gracias a las sustancias bioactivas presentan una actividad antioxidante, portándose como un alimento completo. Los compuestos que presentan la papa son: ácido ascórbico,  $\alpha$ -tocoferol, carotenoides, diferentes polifenoles y ácidos fenólicos como el ácido clorogénico (Cerón Lasso, et al, 2018 págs. 205-216).

Para conocimiento de todos se debe saber primero que el rendimiento depende de la materia seca y del almidón contenido en el tubérculo. Algunos no poseen mayor contenido de almidón esto se

debe a la madurez del tubérculo, debido a la poscosecha empieza el proceso de hidrólisis, por ende, se reduce el contenido conforme aumenta su maduración (Zárate-Polanco, et al, 2014 pág. 24). El almidón es un polisacárido de glucosa, el cual se encuentra conformado por amilosa y amilopectina, posee de 20%-30% de amilosa y un 70%-80% de amilopectina, en algunos casos solo se encuentra 1 de los dos. La amilosa está formada por una estructura lineal por enlaces glucósidos, posee una cantidad alta de hidroxilos agrupados por puentes de hidrógenos, mientras que la amilopectina está formada por una estructura ramificada, debido a esto no es probable formar puentes de hidrogeno, siendo menos fuerte y flexible (Otálora , et al, 2011).

## **1.2 Marco Conceptual o Glosario**

### **1.2.1 Residuos de origen vegetal**

Los residuos vegetales son considerados desperdicios innecesarios y no consumidos por los seres humanos, parte de ellos ayudan a mejorar el suelo debido a que resultan del contenido de una fruta, una verdura o de ciertas leguminosas que sin saber no se les da otro uso, por ejemplo la semilla del aguacate y el banano de rechazo, que prácticamente son considerados desperdicios y al colocarlos en el suelo, pueden servir de abono para tierras no fértiles, sin embargo la abundancia de estos también puede provocar contaminación, además estos desechos pueden considerarse materias primas y mediante diferentes procesos (molienda húmeda, decantación, secado, tamizado), se pueden obtener almidones para posterior elaborar películas biodegradables con una buena eficiencia (Chávez Porras, et al, 2016 págs. 90-107).

### **1.2.2 Origen de la Papa**

Pedro Cieza de León fue el primero en mencionar a la papa en 1538, encontró tubérculos a los cuales llamaban “papas” los indígenas, en la parte alta del Cuzco, Perú y posteriormente en Ecuador. Mediante unos estudios de arqueología prueba que varias culturas como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron papa. Existe alrededor de 2.000 especies dentro del generó Solanum. En Ecuador se realizó una colección de papas en las cuales se encontró 400 diferentes tipos de especies andigena y phureja. En el país se siembra 30 especies de las cuales sobresaltan la Gabriela y Superchola (Sherwood, et al, 2002 págs. 21-23).

En Ecuador las familias que se dedican a la producción de papa es de aproximadamente 42.000. De las 66.000 hectáreas dedicadas a la papa, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEN)

reporta una producción promedio de 480.000 toneladas y un rendimiento por hectárea de 7.7 toneladas (Sherwood, et al, 2002 págs. 21-23).



**Figura 1-1:** Historia de la papa

Fuente: CurioSfera, 2020

### **1.2.3 Usos industriales de la papa Chaucha**

Actualmente este tubérculo no solo se le utiliza para el consumo en fresco, sino también se lo considera mucho a nivel industrial, para esto es importante que no posea algunas formas irregulares, que contenga una piel lisa sin ningún daño, para todo esto es imprescindible su cuidado desde la germinación hasta su desarrollo y por ende su cosecha (Otálora , et al, 2011).

Se ha utilizado en algunas industrias como encurtidos, deshidratados, freídos, precocidos, preformados, almidón, entre otros; siendo este último de vital importancia en la industria de los bioplásticos, mismos que son necesarios dentro de los compoens imprescindibles para formar las biopelículas (Otálora , et al, 2011).

#### **1.2.3.1 Caracterización del Almidón de la papa Chaucha**

Para la caracterización del almidón se lo puede realizar mediante las pruebas fisicoquímicas que realizo a esta papa se determinó los siguientes resultados presenta 16.927% humedad mismo que se encuentra dentro del máximo permitido que es de 17% en el cual no se formara hongos ni levaduras, 0,192% ceniza mismo que esta fuera del rango permitido por ende presentó inconvenientes en la gelatinización, 0,696% proteína tampoco se encuentran dentro de los rangos establecidos y afectan a las propiedades térmicas, 74,519% amilopectina, 25,481% amilosa en cuanto a la amilopectina y la amilosa se encuentran dentro de los rangos establecidos según algunos estudios estos son buenos formadores de películas biodegradables y 9,69% de rendimiento siendo este un valor razonable para poder trabajar con este almidón (Acosta, et al, 2018).

### 1.2.3.2 *Propiedades del Almidón*

Se lo puede evaluar en diferentes propiedades las cuales son aplicables en diferentes procesos.

pH: es una propiedad muy importante ya que gracias a este se da una predisposición de ceder o aceptar hidrógenos, el pH de 7-7.5 son los más usados en procesos de modificación.

Solubilidad: La capacidad de disolverse en agua depende del porcentaje de amilosa y amilopectina cuando se encuentre por encima de la temperatura de gelatinización.

Absorción de agua: El grano de almidón tiene la capacidad de absorber y retener agua además está ligado a la temperatura de gelatinización, a medida que aumenta la temperatura la retención de agua es mayor.

Poder de hinchamiento: Es una propiedad irreversible de los gránulos de almidón debido al incremento de temperatura de gelatinización estos absorben agua.

Sinéresis: Es una propiedad ligada a la liberación de agua que se encuentra dentro del granulo de almidón, dicha liberación ocasiona un reagrupamiento interno de las moléculas de amilosa y amilopectina.

Viscosidad: Resistencia de las moléculas a deformarse, esto se debe a las fuerzas de adherencia que tienen un fluido.

Gelatinización: Proceso mediante el cual los gránulos de almidón con mezclados con agua fría absorben y se hinchan entre un 10-20%, cuando esta mezcla se aplica temperatura se forma una pasta. Dicho proceso es irreversible ya que los gránulos se reorganizan al entrar en contacto con el agua caliente (Holguin, 2019).

### 1.2.4 *Bioplásticos*

Los bioplásticos a partir de almidón son productos innovadores con un buen potencial de desarrollo y además son amigables con el medio ambiente. Además son de bajo costo puesto que su elaboración requiere de recursos muy bajos y con métodos de producción muy sencillos, a diferencia de los poliméricos sintéticos estos son más económicos, es así que se necesita concientizar a los consumidores ya que es de vital importancia para las industrias como lo es el de la industria alimentaria, uso doméstico, electrónicos, entre otros (Holguin, 2019).



**Figura 2-1:** Bioplásticos

**Fuente:** Galván, 2018

#### 1.2.4.1 *Mecanismos de formación de los bioplásticos*

En la primera etapa encargada de la solubilización de las macromoléculas de un polímero en un medio disolvente ya sea agua, etanol o ácidos, también debe tener varios aditivos como lo son plastificantes, agentes de reticulación, solutos, agentes de expansión, estabilizantes entre otros. Procedente a esta mezcla se forma una película extendida y delgada, seguido de un secado. Las propiedades funcionales son dependientes del tiempo, temperatura, formulaciones, características, pH y las circunstancias de desnaturalización (Santiago S, 2015).

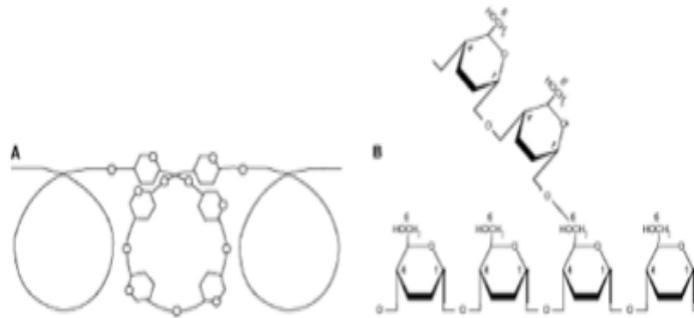
### 1.2.5 *Componentes de los Bioplásticos*

#### 1.2.5.1 *Almidón*

El almidón al ser el principal carbohidrato de la dieta y por ende la mayor fuente de energía del hombre y los animales, se lo obtiene de origen natural o de diferentes plantas. Químicamente se lo denomina “polímero de glucosa”, se lo encuentra en forma granular en algunas especies vegetales. El polímero consta de unidades de anhídrido- $\alpha$ -D-glucosa. El almidón natural se separa mediante procesos específicos para cada materia prima (Mantilla Roldan, et al, 2018).

Los almidones que son ricos en amilosa, son fáciles de moldear y mantener su forma, los cuales son utilizados en moldeo de caramelos, para dar textura y estabilidad a los dulces, es muy requerido en la industria alimentaria para los recubrimientos comestibles (Santiago S, 2015).

- Amilopectina: polímero semicristalino, altamente ramificado, las ramas están acopladas al tronco central por enlaces  $\alpha$ -D-(1,6) que producen lugares de ramificación cada 12 monómeros (Santiago S, 2015).
- Amilosa: La amilosa está formada por una estructura lineal por enlaces glucósidos, posee una cantidad alta de hidroxilos agrupados por puentes de hidrógenos (Otálora , et al, 2011).



**Figura 3-1:** Estructura del almidón. A) Amilosa B) Amilopectina

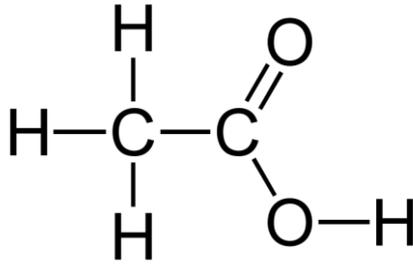
Fuente: (Bernal, et al, 2017 págs. 135-152)

#### 1.2.5.2 *Plastificantes*

Son componentes que ayudan a suavizar la estructura rígida de las películas, son sustancias que tienen un alto punto de ebullición son estables y no volátiles, es muy importante ya que afectan a las propiedades mecánicas y la permeabilidad, en la cual altera a la estructura y movilidad de la cadena. Los aditivos que se usan en la matriz polimería, aumenta la flexibilidad y reduce las fuerzas intermoleculares, el principal disolvente es el agua en la formación de polímeros además de la glicerina, para el proceso de plastificación (Chapuel Tarapuez, et al, 2019).

#### 1.2.5.3 *Ácido Acético*

Compuesto químico, componente principal del vinagre, su forma molecular es  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (ver Fig. 2), dentro de los grupos carboxílicos es el segundo ácido por tener un solo carbón, también conocido como vinagre, a diferencia de que este es muy diluido en agua con una concentración de 3-5% por esta razón se lo encuentra en estado líquido, ayuda a conservar muy bien debido a su grado de acidez, el cual ayuda a frenar los microorganismos, aunque no los elimina en su totalidad. Este ácido permite descomponer la amilopectina de los alimentos, quedando el almidón con largas cadenas rectas permitiendo obtener un buen bioplástico (Chapuel Tarapuez, et al, 2019).



**Figura 4-1:** Estructura molecular del ácido acético

Fuente: Alvarez, 2012.

### **1.2.6 Propiedades de las películas biodegradables**

Entre las propiedades físicas más representativas se encuentra:

**Espesor:** Es una propiedad que mientras aumenta, la masa se eleva incrementando la presión parcial de vapor de agua de equilibrio en la cubierta inferior (Chapuel Tarapuez, et al, 2019).

**Resistencia de bioplástico:** Determinaron el esfuerzo en la rotura y el módulo elástico en las muestras de bioplástico. Se utilizó una probeta de 12 cm de largo y 2,5 cm de ancho, donde ejerce una fuerza hasta la ruptura (Acosta, et al, 2018).

## CAPÍTULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Hipótesis y especificación de variables.

##### 2.1.1 *Hipótesis General*

A partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) se obtendrá un almidón mediante un método húmedo tendrá características necesarias para formar un bioplástico que será utilizado en recubrimientos de alimentos.

##### 2.1.2 *Hipótesis Específicas*

- El rendimiento que se obtendrá del almidón de papa Chaucha (*Solanum phureja*) a través del método húmedo indicará que el método de obtención es aceptable.
- El porcentaje de amilopectina en el almidón de papa Chaucha (*Solanum phureja*) intervendrá en la formulación del bioplástico.
- Las formulaciones de almidón y los aditivos establecerán las características del bioplástico.
- El bioplástico obtenido conservará sus propiedades organolépticas, su tiempo de degradación será reducido por lo cual podrá ser utilizado como alternativa para uso en alimentos.

### 2.1.3 Identificación de Variables

**Tabla 1-2:** Identificación de Variables

N°	Proceso	Variables Independiente	Variables Dependientes
1	<b>Extracción del Almidón</b>	Revoluciones por minuto Tiempo de Licuado	Obtención del Almidón
2	<b>Obtención de Bioplástico</b>	Porcentaje de almidón Porcentaje de plastificante (glicerina)	Formulación de Bioplástico

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.1.4 Operacionalización de Variables

**Tabla 2-2:** Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
<b>Proceso de Extracción del Almidón</b>					
Obtención del Almidón	Dependiente	Obtener el almidón de la papa chaucha ( <i>Solanum phureja</i> ) mediante el método por vía húmeda	-	Porcentaje de Amilosa  Porcentaje de Amilopectina	Análisis Proximal
Revoluciones por minuto	Independiente	Es una cantidad medible de un sistema físico que determina el número de rotaciones que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada minuto	Trituración de papa chaucha	Velocidad Alta (rpm)  Velocidad Baja (rpm)	Licudora

Tiempo de Trituración	Independiente	Es una cantidad medible de un sistema físico con que determina la duración o separación de acontecimientos	Tiempo de licuado para la obtención de almidón	Segundos (s)	Cronómetro
<b>Proceso de Obtención del Bioplástico</b>					
Formulación de Bioplástico	Dependiente	Elaboración de un bioplástico a base de almidón extraído aplicando sustancias aditivas	Porcentajes de sustancias (variables independientes) en formulación	Peso (g)	Pruebas físicas, mecánicas
Porcentaje de Almidón	Independiente	Es la cantidad de materia prima a emplearse	Es el peso de almidón para la formulación	Peso (g)	Balanza Analítica
Porcentaje de Plastificante (glicerina)	Independiente	Es la cantidad de plastificante a emplearse para moldear la mezcla	Es el volumen de glicerina a utilizar en la formulación	Volumen (mL)	Probeta

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.1.5 Matriz de Consistencia

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

<b>TEMA:</b> OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA CHAUCHA ( <i>Solanum phureja</i> ) PARA EL USO EN ALIMENTOS		
<b>Aspectos Generales</b>	<b>Problema general</b>	Debido al incremento de residuos plásticos, surge la necesidad crear nuevas alternativas que ayuden a suplantar los plásticos provenientes del petróleo los cuales se demoran en degradar provocando así la contaminación, ¿Podrá el bioplásticos proveniente del almidón de Chaucha ser una alternativa de uso que posea características similares a los plásticos convencionales?
	<b>Objetivo general</b>	Obtener y caracterizar de un bioplástico a partir de papa chaucha ( <i>Solanum phureja</i> ) para el uso en alimentos.
	<b>Hipótesis general</b>	A partir de papa chaucha ( <i>Solanum phureja</i> ) se obtendrá un almidón mediante un método húmedo tendrá características necesarias para formar un bioplástico que será utilizado en recubrimientos de alimentos.
<b>Aspectos Específicos</b>	<b>Problemas Específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se obtendrá el almidón de papa chaucha utilizando el método húmedo?</li> <li>• ¿Se obtendrá el almidón óptimo para su utilización en la mezcla de la biopelícula?</li> <li>• ¿Se obtendrá un bioplástico que reemplace a un plástico convencional proveniente del petróleo?</li> <li>• ¿Se determinará la vida útil de la biopelícula?</li> </ul>
	<b>Objetivos Específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtener almidón a partir de papa chaucha (<i>Solanum phureja</i>) mediante método húmedo.</li> <li>• Caracterizar del almidón obtenido mediante análisis fisicoquímicas.</li> <li>• Realizar formulaciones a base de almidón y aditivos para la obtención de biopelículas.</li> <li>• Comprobar la eficacia de la biopelícula en el recubrimiento de alimentos.</li> </ul>

<b>Hipótesis Específica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El rendimiento que se obtendrá del almidón de papa Chaucha (<i>Solanum phureja</i>) a través del método húmedo indicará que el método de obtención es aceptable.</li> <li>• El porcentaje de amilopectina en el almidón de papa Chaucha (<i>Solanum phureja</i>) intervendrá en la formulación del bioplástico.</li> <li>• Las formulaciones de almidón y los aditivos establecerán las características del bioplástico.</li> <li>• El bioplástico obtenido conservará sus propiedades organolépticas, su tiempo de degradación será reducido por lo cual podrá ser utilizado como alternativa para uso en alimentos.</li> </ul>	
<b>Variables</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>DEPENDIENTE</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revoluciones por minuto</li> <li>• Tiempo de Licuado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención del Almidón</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de almidón</li> <li>• Porcentaje de plastificante (glicerina)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulación del Bioplástico</li> </ul>
<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extracción del almidón por método vía húmeda</li> <li>• Cálculo de rendimiento</li> <li>• Formulación del bioplástico a partir de almidón y sustancias aditivas</li> </ul>	

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

## **2.2 Tipo y Diseño de Investigación**

### **2.2.1 Tipo de investigación**

#### *2.2.1.1 Según el método de investigación*

Es una investigación experimental, porque tienen la finalidad de obtener un bioplástico para alimentos con características similares a los convencionales para lo cual se debe determinar la composición adecuada a partir de distintos ensayos en el laboratorio.

#### *2.2.1.2 Según el objeto de investigación*

La investigación es aplicada, ya que inicia a partir de investigaciones realizadas relacionadas con la obtención de bioplástico a partir de almidón, lo que permitirá generar una investigación a partir del almidón de papa chaucha (*Solanum phureja*) y su aplicación para obtener bioplástico.

#### *2.2.1.3 Según el nivel de profundización en el objeto de estudio*

Es una investigación de tipo exploratoria y descriptiva, ya que se quiere obtener bioplástico a partir de un tubérculo poco estudiado como es la papa chaucha (*Solanum phureja*), además se describirá las características fisicoquímicas del almidón con el fin de comprender su composición para formular el bioplástico.

#### *2.2.1.4 Según la manipulación de variables*

Es una investigación experimental porque el estudio de las variables es controlado, es decir, se manipula de forma voluntaria las variables independientes en distintos niveles de experimentación

#### *2.2.1.5 Según el tipo de inferencia*

Es una investigación inductiva, porque el conocimiento se genera a partir de lo particular para llegar a una generalización.

#### *2.2.1.6 Según el período temporal*

Es una investigación transversal porque el estudio se realizará en un tiempo determinado donde se dará solución al problema planteado, además se realizará el estudio de las variables propuestas en un momento dado

#### *2.2.1.7 Según la condición de estudio*

La investigación es documental y de laboratorio, ya que se lo realizará utilizando diversos medios de consulta como revistas, libros, artículos, tesis que permiten una adecuada selección de la bibliografía.

Para la obtención de almidón consta de varios pasos los cuales son:

Recolección de la materia prima: Se recolectará las papas chauchas del Mercado Mayorista al sur de Ambato.

Limpieza: Se lavará las papas y se dejará secar al ambiente.

Pesado: Se pesará las papas en una balanza analítica, hasta alcanzar 200 gr

Triturado y filtrado: Se colocará en una licuadora marca Oster, se utilizará 2 tiempos (40, 60 s), además se utilizará la velocidad Alta y baja, para posterior pasar por una tela filtrante, la suspensión obtenida se dejará en reposo por 24 horas para obtener los gránulos de almidón y se eliminará el sobrenadante.

Secado: Se secará al ambiente.

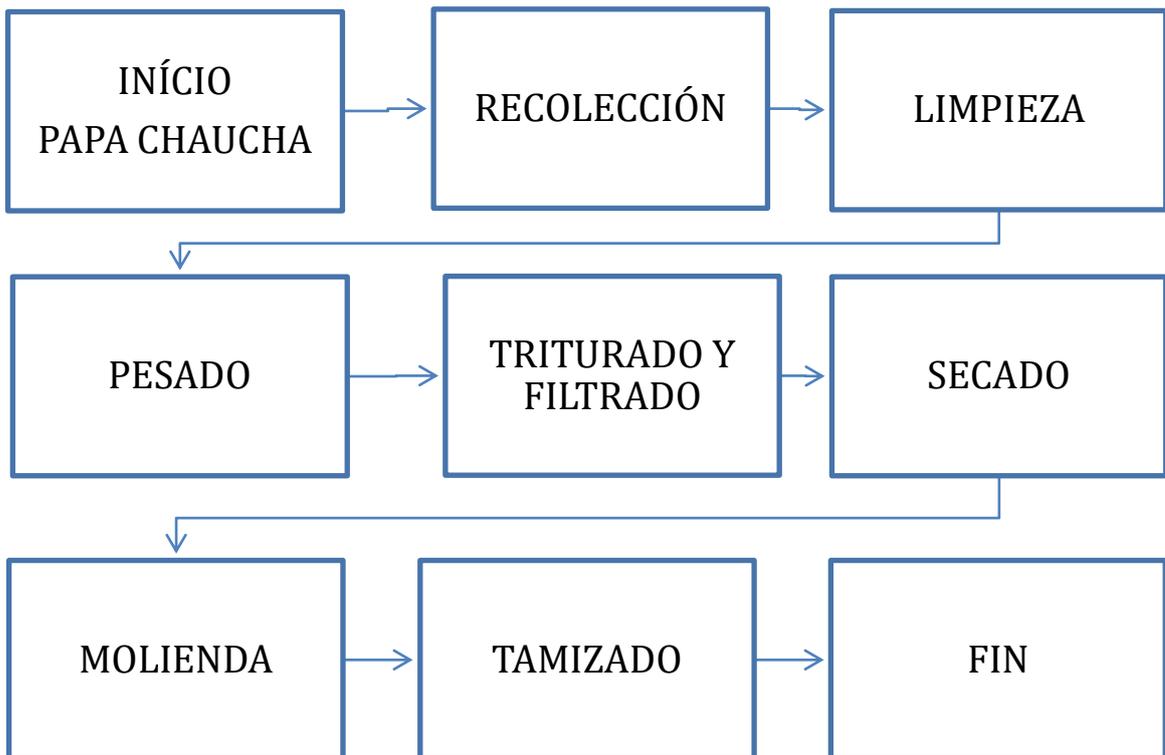
#### **2.2.2 *Diseño experimental de la investigación***

Se usará el método  $2^k$  factorial en donde 2 representa las variables en cada experimentación y k son los niveles de variación. Se trabajará con 2 variables las cuales son el tiempo y la velocidad de la licuadora; se trabajará a un tiempo 45s y 60 s, para la velocidad se trabajará con una velocidad de alta y baja, con 4 repeticiones para cada tratamiento, luego se determinará cuál de estos tratamientos es el adecuado para obtener en gran cantidad el almidón.

**Tabla 4-2:** Matriz de Experimentos en base al diseño factorial  $2^k$

Tratamientos	Factores		Valor de los niveles
	Rpm	Tiempo de Licuado (segundos)	
1	Alta	45	RpmA-45s
2	Baja	45	RpmB-45s
3	Alta	60	RpmA-60s
4	Baja	60	RpmB-60s

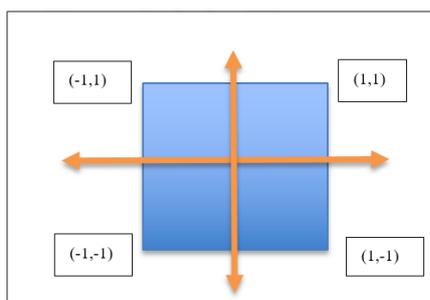
Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2



**Figura 1-2:** Diagrama de flujo de la obtención del almidón de papa

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En base a De la Vara Salazar & Gutierrez (2008), explica el uso del método 2K factorial el cual estudia el efecto de dos factores (almidón/glicerina) considerado dos niveles un nivel alto y un nivel bajo, esto es para cada factor aplicando dicho método se obtiene 4 tratamientos los que varía en almidón y glicerina cada uno con diferentes repeticiones cuyo esquema se exhibe en la figura 4.



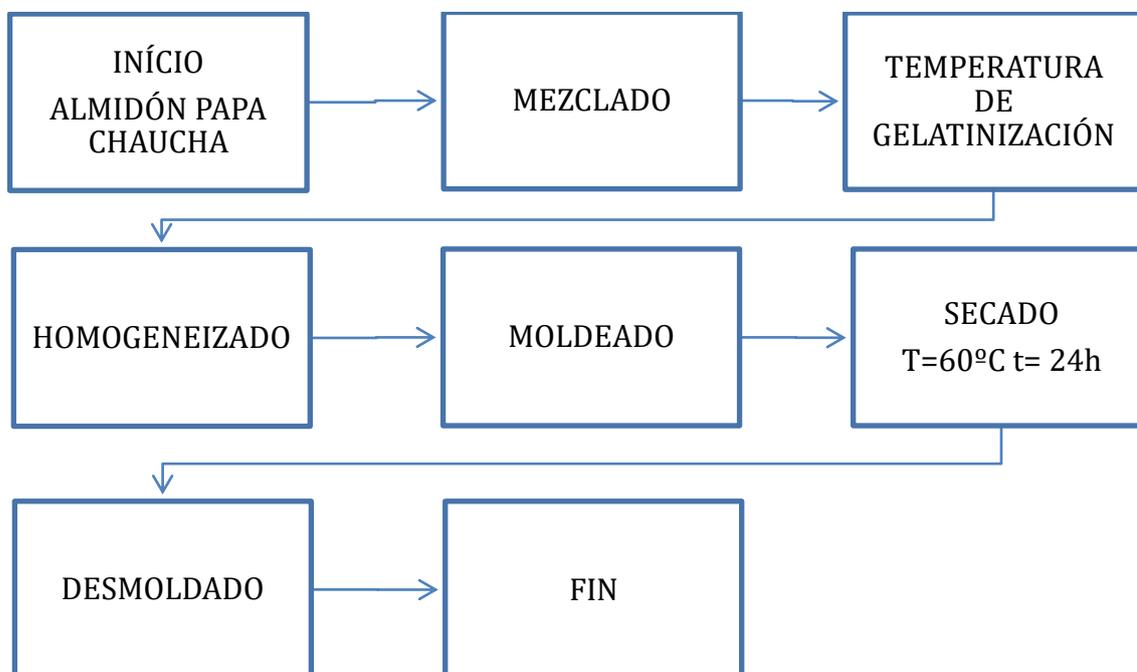
**Figura 2-2:** Esquema del diseño factorial  $2^k$

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

**Tabla 5-2:** Matriz de Diseño de Experimentos de Mezclas

Tratamientos	Factores		Valor de los niveles
	% Almidón x1	% Glicerina x2	
1	1	0,5	(1, 0,5)
2	1	0,75	(1, 0,75)
3	2	0,5	(2, 0,5)
4	2	0,75	(2, 0,75)

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021



**Figura 3-2:** Proceso de obtención del bioplástico

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis para la presente investigación es el almidón. El cual será sometido a un proceso de caracterización para determinar sus propiedades, realizando pruebas como: humedad, cenizas, solubilidad, pH, gelatinización, viscosidad entre otras.

Posterior a ello se realizará algunas formulaciones al bioplástico. Una vez obtenido todos los datos necesarios experimentalmente, se comprobará cuál de los bioplásticos formados se asemejan a los plásticos convencionales. Finalmente se realizará la caracterización al bioplástico determinando las propiedades que posee el bioplástico formado.

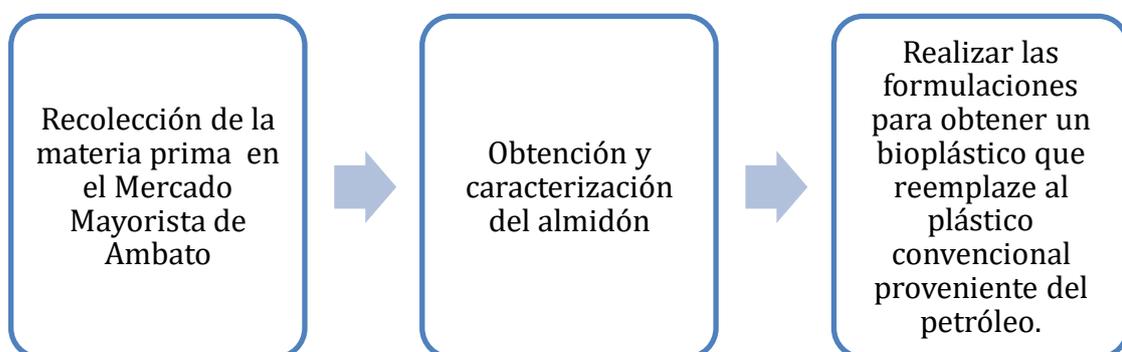
### 2.4 Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos al azar de papa Chaucha (*Solanum phureja*) que proviene de los establecimientos del Mercado Mayorista ubicado al sur de Ambato. Beneficiando de manera directa al estudio del GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO (GIADE) de la ESPOCH, en el proyecto de “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”, aportando con nuevos conocimientos para la sociedad.

### 2.5 Tamaño de Muestra

Para la determinación del tamaño de muestra se tomará un valor experimental de 1000 gr de almidón para realizar todas las caracterizaciones y además realizar las formulaciones de los bioplásticos.

### 2.6 Selección de muestra



**Figura 4-2:** Selección de muestras

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

## 2.7 Técnicas de Recolección de Datos

### 2.7.1 Prueba Ph

**Tabla 6-2:** Prueba pH

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE PH</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Balanza analítica</li><li>➤ Probeta</li><li>➤ Shaker</li><li>➤ pH metro</li></ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Agua destilada</li><li>➤ Almidón de papa</li></ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pesar 5gr de almidón con 25 ml de agua</li><li>➤ Dejar 30 min en Shaker para agitación</li><li>➤ Dejar reposar por 20 min hasta que sedimente</li><li>➤ Tomar el sobrenadante</li><li>➤ Medir el pH.</li></ul>
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.2 Prueba Densidad

**Tabla 7-2:** Prueba Densidad

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE DENSIDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Probeta (100ml)</li><li>➤ Balanza digital</li></ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Almidón de papa</li></ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Pesar la probeta vacía (100ml)</li></ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Añadir almidón sin compactar hasta los 100ml</li> <li>➤ Pesar la probeta con el almidón sin compactar</li> <li>➤ Compactar el almidón de la probeta</li> <li>➤ Pesar la probeta con el almidón compactado</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
$D = \frac{m - m_1}{a}$
m= Peso probeta más almidón compactado
m <sub>1</sub> = Peso probeta vacía
a= Volumen del almidón compactado

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.3 Prueba Humedad

**Tabla 8-2:** Prueba Humedad

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE HUMEDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crisoles</li> <li>➤ Desecador</li> <li>➤ Estufa</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Almidón de papa</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tarar los crisoles por 2 horas (3 crisoles)</li> <li>➤ Colocar en el desecador hasta enfriar</li> <li>➤ Pesar los crisoles vacíos y se añade 3 gr de almidón</li> <li>➤ Colocar nuevamente en la estufa hasta el siguiente día</li> <li>➤ Colocar en el desecador hasta enfriar</li> <li>➤ Pesar los crisoles con el almidón</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
$H = \frac{m - m_3}{m_3} \times 100$
H= pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa
m=masa de la cápsula con la muestra, antes del calentamiento en gr.
m <sub>3</sub> =masa de la cápsula con la muestra, después del calentamiento, en gr.

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.4 Prueba Ceniza

**Tabla 9-2:** Prueba Ceniza

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE CENIZA</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Crisoles</li> <li>➤ Mufla</li> <li>➤ Desecador</li> <li>➤ Balanza analítica</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Almidón de papa</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los crisoles que se obtuvieron al final de la prueba de humedad, colocar en la mufla por 24 horas</li> <li>➤ Sacar los crisoles y colocar en el desecador</li> <li>➤ Dejar enfriar por 30 minutos</li> <li>➤ Pesar</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
$C = \frac{m - m_3}{p} \times 100$
<p>m= masa del crisol con las cenizas en gramos  m<sub>3</sub>= masa del crisol vacío en gramos  p=masa de la muestra en gramos</p>

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.5 Prueba Gelatinización

**Tabla 10-2:** Prueba Gelatinización

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE GELATINIZACIÓN</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vaso (600ml)</li> <li>➤ Vaso (100ml)</li> <li>➤ Reverbero</li> <li>➤ Varilla de agitación</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Agua destilada</li> </ul>

➤ Almidón de papa
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Calentar agua en el reverbero en un vaso de 600 ml</li> <li>➤ Pesar 5 gr de almidón en un vaso de 100 ml y se añade 50 ml de H<sub>2</sub>O</li> <li>➤ Introducir la mezcla a baño maría y agitar hasta obtener un gel</li> <li>➤ Tomar la temperatura</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.6 Índice de Solubilidad

**Tabla 11-2:** Índice de Solubilidad

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE SOLUBILIDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tubos de plástico</li> <li>➤ Vasos de 25ml</li> <li>➤ Estufa</li> <li>➤ Desecador</li> <li>➤ Centrífuga</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Agua destilada</li> <li>➤ Almidón de papa</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Colocar en la estufa 3 tubos y 3 vasos de 25ml para tarar</li> <li>➤ Colocar los 3 tubos y 3 vasos en el desecador por 30 min hasta que se enfríe</li> <li>➤ Pesar los 3 tubos y los 3 vasos</li> <li>➤ Pesar 1.25 gr de almidón en cada tubo y añadir 30 ml de H<sub>2</sub>O</li> <li>➤ Colocar los 3 tubos a baño maría por 10 min, sacar y agitar dejando por 20 min mas</li> <li>➤ Centrifugar por 20 min a 3000 RPM</li> <li>➤ Recoger el sobrenadante 10 ml en cada vaso</li> <li>➤ Colocar los 3 vasos en la estufa por 24 horas</li> <li>➤ Colocar los 3 vasos en el desecador por 30 min</li> <li>➤ Pesar los 3 vasos</li> </ul>

<b>Cálculos</b>
$\% \text{ Solubilidad} = [ (\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}) / \text{peso inicial seco} ] * 100$

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.7 Prueba Viscosidad

**Tabla 12-2:** Prueba Viscosidad

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN DE VISCOSIDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vaso (600ml)</li> <li>➤ Balanza analítica</li> <li>➤ Reverbero</li> <li>➤ Viscosímetro</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Almidón de papa</li> <li>➤ Agua destilada</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Pesar 25 gr de almidón y añadir 500 ml de H<sub>2</sub>O</li> <li>➤ Colocar a baño maría en el reverbero hasta que hierva</li> <li>➤ Sacar la mezcla y dejar enfriar hasta 25°C</li> <li>➤ Medir la viscosidad (viscosímetro)</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.8 Pruebas Microbiológicas

**Tabla 13-2:** Pruebas Microbiológicas

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICAS</b>
<b>Procedimiento</b>
Estas pruebas se realizan en el laboratorio de aguas residuales de la Facultad de Ciencias
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.9 Prueba Amilosa y Amilopectina

**Tabla 14-2:** Prueba Amilosa y Amilopectina

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN AMILOSA Y AMILOPECTINA</b>
<b>Procedimiento</b>
Esta prueba se la envía al laboratorio de INIAP en la ciudad de Quito
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.10 Prueba de Fibra y Proteína

**Tabla 15-2:** Prueba de Fibra y Proteína

<b>MÉTODO DE EVALUACIÓN FIBRAS</b>
<b>Procedimiento</b>
Esta prueba se la realizó en el laboratorio de SAQMIC Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.11 Permeabilidad del bioplástico

**Tabla 16-2:** Permeabilidad del bioplástico

<b>MÉTODO DE PERMEABILIDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Tubos de ensayo</li><li>➤ Desecador</li><li>➤ Balanza analítica</li></ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sílice (activada)</li></ul>

<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Activar la sílice por una hora en la estufa a 105°C</li> <li>➤ Colocar en los tubos la sílice hasta <math>\frac{3}{4}</math></li> <li>➤ Recortar el bioplástico en cuadros de (3.5x3.5) y se pesa</li> <li>➤ Envolver la boquilla del tubo con los bioplásticos y asegurar con cinta adhesiva</li> <li>➤ Proceder a tomar el primer peso</li> <li>➤ Y finalmente tomar cada hora durante 6 horas el peso</li> </ul>
<b>Cálculos</b>
$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * pv * (\phi2 - \phi1)}$
<p>P2= Peso inicial  P1= peso final  e= espesor  t=tiempo  pv=presión de vapor a 25 celsius  (<math>\phi2-\phi1</math>)= humedad relativa</p>

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.12 Prueba De Biodegradabilidad

**Tabla 17-2:** Prueba de Biodegradabilidad

<b>BIODEGRADABILIDAD</b>
<b>Materiales y Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vasos de plástico</li> <li>➤ Balanza digital</li> <li>➤ Estufa</li> </ul>
<b>Reactivos y Sustancias</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Compost</li> <li>➤ Agua</li> </ul>
<b>Procedimiento</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recortar el bioplástico en cuadros de (2.5x2.5) y se pesa</li> <li>➤ Colocar en los respectivos vasos con compost, otros con agua y los demás al ambiente, esto se lo realiza para cada tratamiento</li> <li>➤ Cada 7 días pesamos los cuadros de bioplástico, esto por 28 días en total</li> </ul>

<b>Cálculos</b>
$\% \text{ Solubilidad} = \left[ \frac{(\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco})}{\text{peso inicial seco}} \right] * 100$

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 2.7.13 *Ensayo de tracción*

**Tabla 18-2:** Ensayo de tracción

<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>
<b>Procedimiento</b>
<p>Estas pruebas se realizan en el Laboratorio de Ciencias Pecuarias, se utilizó el equipo elastómero.</p>
<b>Cálculos</b>
Reportar el resultado obtenido

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

## CAPITULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

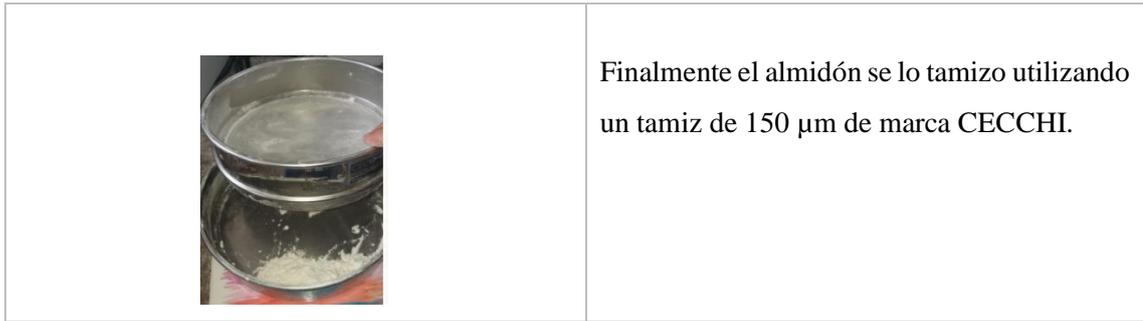
#### 3.1 Resultados

##### 3.1.1 Resultados de la caracterización del almidón

###### 3.1.1.1 Obtención del Almidón por método Húmedo

**Tabla 1-3:** Obtención del Almidón por Método Húmedo

IMÁGENES	RESULTADOS
	Se lavó la materia prima evitando la contaminación previa obtención del almidón.
	Se licuó la materia prima 200 gr de la misma con 200ml de agua, luego de ello se filtró utilizando una media nailon para separar el bagazo del almidón requerido.
	Cada tratamiento se realizó 4 repeticiones teniendo así 16 muestras las mismas que dejamos reposar el cual pasada las 24 horas sedimentó el almidón, el sobrenadante desechamos y finalmente el almidón que se encontraba en la base secamos al ambiente por unas cuantas horas



Finalmente el almidón se lo tamizo utilizando un tamiz de 150  $\mu\text{m}$  de marca CECCHI.

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

### 3.1.1.2 Rendimiento del Almidón

**Tabla 2-3:** Rendimiento del Almidón

	45 segundos		60 segundos	
	T1 Baja RPM	T2 Alta RPM	T3 Baja RPM	T4 Alta RPM
	16,42	12,97	15,87	16,56
	15,31	10,36	13,00	17,10
	15,52	15,05	14,63	16,65
	14,72	12,08	15,13	17,56
<b>PROMEDIO</b>	15,49	12,61	14,65	16,97

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

Se trabajó con dos tiempos el de 45 segundos y 60 segundos a dos revoluciones la baja (6800 RPM) y el alta (20000RPM) estas dos variables se intercalo para obtener cuatro tratamientos los mismos que arrojaron para el T1 un promedio de 15,49 el cual se trabajó con 45 segundos y una revolución baja, el T2 un promedio de 12,61 mismo que se trabajó con 45 segundos a una revolución alta, para el T3 un promedio de 14,65 se trabajó a 60 segundos con una revolución baja y finalmente para el T4 un promedio de 16,97 mismo que se trabajó a 60 segundos con una revolución alta, todo esto se lo realizo en base al método descrito por De la Vara Salazar, & Gutiérrez (2008), explica el metodo 2k para realizar varios tratamientos convinando dos variables.

**Tabla 3-3:** Análisis De Varianza De Un Factor

<b>Análisis de varianza de un factor</b>						
<b>Análisis de varianza de un factor</b>						
<b>RESUMEN</b>						
<b>Grupos</b>	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
<b>T1</b>	4	61,95	15,487	0,497		
<b>T2</b>	4	50,445	12,611	3,801		
<b>T3</b>	4	58,61	14,652	1,480		
<b>T4</b>	4	67,86	16,965	0,214		
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
<b>Origen de las variaciones</b>	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
<b>Entre grupos</b>	39,622	3	13,207	8,815	0,002	3,490
<b>Dentro de los grupos</b>	17,979	12	1,498			
<b>Total</b>	57,601	15				

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 3-3 se expresan los resultados para el análisis de varianza de un factor mediante el cual se realizó una analisis de ANOVA para un factor el cual nos permitio comparar las medias de los diferentes tratamientos una vez obtenido el análisis se observó la probabilidad la cual era de 0,0023 siendo menor a 0,5 valor de  $\alpha$ , con un nivel de significacion del 5%, dicha condicion corrobora la diferencia entre los cuatro tratamientos, al no cumplir con lo requerido es necesario interpretar los datos obtenidos con un Prueba de Tukey (Joaquín Amat, 2016).

**Tabla 4-3:** Prueba De Tukey

<b>HSD =</b>	<b>2,57</b>
<b>Multiplicador</b>	4,2
<b>=</b>	
<b>Mse =</b>	1,50
<b>n =</b>	4

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>T1</b>		-2,88	-0,84	1,48
<b>T2</b>			2,04	4,35
<b>T3</b>				2,31
<b>T4</b>				

Si hay diferencia significativa

No hay diferencia significativa

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 4-3 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple basado en las diferencias dadas entre cada par de medias. Para discriminar entre las medias se ha empleado la Diferencia Mínima Significativa (Frías, 2016 pág. 12). De acuerdo con esto los valores marcados de color rosado tienen un valor superior al HDS, sin depender si es positivo o negativo, existen una diferencia significativos en los dos tratamientos, con un nivel de confianza del 95%.

### 3.1.1.3 Prueba de Ph

**Tabla 5-3:** Prueba de pH

<b>PRUEBA 1</b>	<b>9,624</b>
<b>PRUEBA 2</b>	9,628
<b>PRUEBA 3</b>	9,601
<b>PROMEDIO</b>	9,62

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 5-3 se puede observar los resultados obtenidos de la prueba de pH, se realizó para tres muestras, se tomó como referencia la Norma INEN 1456:1986 misma que obtienen un pH de 7 para almidones (NTE INEN 1456, 2012). Determinado esto el valor obtenido mediante el pHmetro fue de 9,62. Es de conocimiento que los valores obtenidos no pueden estar estrechamente enlazados a la norma ya que cada almidón posee diferentes características.

### 3.1.1.4 Prueba de Densidad

**Tabla 6-3:** Prueba de Densidad

	<b>PESO PROBETA + ALMIDÓN COMPACTADO</b>	<b>PESO PROBETA VACIA</b>	<b>VOLUMEN (ml)</b>	<b>DENSIDAD</b>
<b>PRUEBA 1</b>	173,259	106,951	81	0,82
<b>PRUEBA 2</b>	175,387	106,949	82	0,83
<b>PRUEBA 3</b>	174,357	106,95	81	0,83
<b>PROMEDIO</b>				0,83

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 6-3 se muestran los valores de la densidad los cuales se realizaron mediante tres pruebas obteniendo un promedio de densidad de 0,83g/ml (Alvis , et al, 2008 pág. 65), basándonos en el valor de referencia el cual fue de 1,560 g/ml como lo mencionaba antes, este valor no puede ser exacta para el nuestro puesto que cada almidón posee diferentes características.

### 3.1.1.5 Prueba de Humedad

**Tabla 7-3:** Prueba de Humedad

	<b>Peso Crisol Vacío</b>	<b>Peso del Almidón</b>	<b>Peso luego de la Estufa</b>	<b>Almidón sin Humedad</b>	<b>HUMEDAD</b>
<b>PRUEBA 1</b>	24,991	3,041	27,441	2,45	19,43
<b>PRUEBA 2</b>	25,688	3,033	28,13	2,442	19,49
<b>PRUEBA 3</b>	25,234	3,054	27,666	2,432	20,37
<b>PROMEDIO</b>					19,76

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 7-3 se observa los valores porcentuales de la humedad, se trabajó con la Norma INEN 1462 para lo cual usamos tres muestras que se sometieron al mismo procedimiento para el

tratamiento 1 se obtuvo 19,43% de humedad, para la prueba 2 fue de 19,49% de humedad y finalmente para la prueba 3 una humedad de 20,37%; el promedio de las tres pruebas fue de 19,76.

### 3.1.1.6 Prueba de Ceniza

**Tabla 8-3:** Prueba de Ceniza

	<b>CRISOL CON CENIZAS</b>	<b>CRISOL VACIO</b>	<b>MUESTRA INICIAL</b>	<b>CENIZAS</b>
<b>PRUEBA 1</b>	25,004	24,991	3,041	0,427
<b>PRUEBA 2</b>	25,703	25,688	3,033	0,495
<b>PRUEBA 3</b>	25,246	25,234	3,054	0,393
<b>PROMEDIO</b>				0,438

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 8-3 se determinó los valores porcentuales de ceniza, se trabajó con la norma NMX-F-066-S-1978, para los cual se obtuvo 0,427 para la prueba 1, la segunda prueba con un valor de 0,495 y finalmente 0,393 para la tercer prueba obteniendo un promedio de 0,438 (NMX-F-066-S, 1978). Determinado estos valores tenemos  $< 0,12\%$  el valor de referencia dado que el almidón analizado presenta otras características.

### 3.1.1.7 Prueba de Gelatinización

**Tabla 9-3:** Prueba de Gelatinización

	<b>TEMPERATURA °C</b>
<b>PRUEBA 1</b>	64
<b>PRUEBA 2</b>	63
<b>PRUEBA 3</b>	64
<b>PROMEDIO</b>	63,67

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 9-3 se obtuvo los valores de temperatura de gelatinización, al ser insolubles en agua fría los gránulos de almidón, se calentó la solución hasta alcanzar ciertas temperaturas; basándonos en (Figuroa Flórez, et al, 2016), se realizó la prueba de gelatinización la misma que se repitió 3 veces obteniendo una temperatura de 64 para la prueba 1, una temperatura de 63 para la prueba 2 y para la prueba 3 una temperatura de 64°C obteniendo un promedio de 63,67°C.

### 3.1.1.8 Prueba Índice de Solubilidad

**Tabla 10-3:** Prueba Índice de Solubilidad

	<b>PESO DEL ALMIDÓN</b>	<b>VOLUMEN</b>	<b>PESO DEL VASO VACIO</b>	<b>PESO DEL VASO +LIQUIDO EVAPORADO</b>	<b>SOLUBILIDAD</b>
<b>PRUEBA 1</b>	1,257	26	18,038	18,066	15,058
<b>PRUEBA 2</b>	1,256	28	20,053	20,077	14,981
<b>PRUEBA 3</b>	1,255	26	17,989	18,027	20,469
<b>PROMEDIO</b>					16,836

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 10-3 se observa los valores de solubilidad (Alvis , y otros, 2008 pág. 73), al calentar la suspensión acuosa del almidón, los gránulos tienden a hincharse por una progresiva absorción aumentando su volumen. Se realizó tres pruebas las cuales se obtuvo para la prueba 1 una solubilidad de 15,058, así mismo para la prueba 2 una solubilidad de 14,981 finalmente para la prueba 3 presente una solubilidad de 20,469 obteniendo un promedio de 16,863.

### 3.1.1.9 Prueba de Viscosidad



**Fotografía 1-3:** Prueba de viscosidad

**Realizado por:** Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la fotografía 1-3 se observa el valor de la viscosidad (Alvis , et al, 2008 pág. 66), un gel de almidón obtenido por calentamiento indirecto, se midió con una fuerza de torsión sobre una aguja rodante. Luego de esto se determinó el valor de 15070 mPa.s, los valores de referencia oscilan entre 840-1500 cP.

### 3.1.1.10 Pruebas Microbiológicas

**Tabla 11-3:** Pruebas Microbiológicas

<b>Coliformes Fecales (Escherichia coli)</b>	UFC/g	<b>10</b>
<b>Levaduras y mohos</b>	UFC/g	Ausencia
<b>Coliformes totales</b>	UFC/g	1200

**Realizado por:** Laboratorio de aguas residuales. 2021.

En la tabla 11-3 se observa los valores de las pruebas microbiológicas realizadas en el laboratorio de aguas residuales. Este método es usado para determinar el número de células bacterianas viables en un almidón, basado en una presunción de que puede crecer en un medio sólido cada célula bacteriana (Alvis, et al, 2008 pág. 93). Estas pruebas se las realizó en el laboratorio de aguas residuales de la Facultad de Ciencias, las mismas que presentaron los siguientes resultados 10 para coliformes fecales, hubo ausencia de levaduras y mohos y 1200 coliformes totales. El valor de referencia permitidos para el recuento de bacterias oscila entre 200000-300000 UFC/g.

### 3.1.1.11 Pruebas de Amilosa y Amilopectina

**Tabla 12-3:** Pruebas de Amilosa y Amilopectina

<b>Amilosa</b>	<b>30,75%</b>
<b>Amilopectina</b>	<b>69,25%</b>

**Realizado por:** Laboratorio INIAP. 2021

En la tabla 12-3 se observa los valores porcentuales para amilosa y amilopectina. Para la prueba de amilosa se realizó en el laboratorio del INIAP en Quito, en las cuales se obtuvo para amilosa 30,75% y para amilopectina fue de 69,25%. Tomando un valor de referencia del almidón de yuca, el cual varía entre 17-24 para amilosa (Alvis, et al, 2008 pág. 81).

### 3.1.1.12 Prueba de Fibra y Proteína

**Tabla 13-3:** Prueba de Fibra y Proteína

	VALOR %
<b>FIBRA</b>	0,024
<b>PROTEÍNA</b>	0,174

Realizado por: Laboratorios de SAQMIC, 2021

En la tabla 13-3 se determinó los valores porcentuales para fibra y proteína. Se realizó las pruebas en el laboratorio de SAQMIC, en las cuales se obtuvo los siguientes resultados para fibra se alcanzó 0,024 % y para proteína 0,174%.

### 3.1.2 Resultados de la caracterización del Bioplástico

#### 3.1.2.1 Prueba de Humedad

**Tabla 14-3:** Prueba de Humedad

	PESO DEL CRISOL CON EL BIOPLÁSTICO	PESO DEL BIOPLÁSTICO	PESO CRISOL CON BIOPLASTICO SECO	BIOPLÁSTICO SECO	HUMEDAD
<b>TRATAMIENTO 1</b>					
PRUEBA 1	39,866	1,034	40,684	0,818	20,89
PRUEBA 2	36,929	1,065	37,791	0,862	19,06
PRUEBA 3	33,604	1,055	34,413	0,809	23,32
<b>PROMEDIO</b>					21,09
<b>TRATAMIENTO 2</b>					
PRUEBA 1	42,509	1,025	43,282	0,773	24,59
PRUEBA 2	35,609	1,044	36,43	0,821	21,36
PRUEBA 3	42,601	1,025	43,385	0,784	23,51
<b>PROMEDIO</b>					23,15
<b>TRATAMIENTO 3</b>					
PRUEBA 1	40,03	1,031	40,826	0,796	22,79
PRUEBA 2	45,32	1,071	46,142	0,822	23,25
PRUEBA 3	46,738	1,059	47,603	0,865	18,32
<b>PROMEDIO</b>					21,45

TRATAMIENTO 4					
PRUEBA 1	36,844	1,008	37,579	0,735	27,08
PRUEBA 2	37,958	1,057	38,735	0,777	26,49
PRUEBA 3	37,854	1,035	38,583	0,729	29,57
PROMEDIO					27,71

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 14-3 se observa los pesos de las películas cortadas de 2,5 x 2,5 cm para el análisis de humedad el cual se realizó por triplicado para cada tratamiento. Se basó en Charro (2015) pág. 38, para tomar valores de referencias los cuales oscilan entre 3 a 24% de humedad. Se obtuvo 4 tratamientos los mismo que se realizó los triplicados, para el tratamiento 1 se obtuvo un promedio de 26,79% de humedad, en el tratamiento 2 se obtuvo un promedio de 30,17% de humedad, para el tratamiento 3 se obtuvo un promedio de 27,41% de humedad finalmente para el tratamiento 4 se obtuvo un promedio de 38,38% de humedad.

### 3.1.2.2 Prueba de Solubilidad

**Tabla 15-3:** Prueba de Solubilidad

	PESO DEL BIOPLÁSTICO (2,5*2,5)	PESO DEL BIOPLÁSTICO SECO	SOLUBILIDAD %
TRATAMIENTO 1			
PRUEBA 1	0,125	0,061	51,20
PRUEBA 2	0,134	0,069	48,51
PRUEBA 3	0,134	0,07	47,76
PROMEDIO			49,16
TRATAMIENTO 2			
PRUEBA 1	0,067	0,04	40,30
PRUEBA 2	0,065	0,033	49,23
PRUEBA 3	0,047	0,026	44,68
PROMEDIO			44,74
TRATAMIENTO 3			
PRUEBA 1	0,079	0,045	43,04
PRUEBA 2	0,083	0,046	44,58
PRUEBA 3	0,048	0,026	45,83
PROMEDIO			44,48

TRATAMIENTO 4			
PRUEBA 1	0,082	0,034	58,54
PRUEBA 2	0,09	0,04	55,56
PRUEBA 3	0,089	0,04	55,06
PROMEDIO			56,38

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 15-3 se observa los valores porcentuales de solubilidad. Basándonos en Charro (2015) pág. 40, para realizar dichas pruebas. Se realizó la prueba de solubilidad para los tres tratamientos obteniendo para el tratamiento 1 un promedio de 49,16% de solubilidad, para el tratamiento 2 presento un promedio de 44,74% de solubilidad, así mismo para el tratamiento 3 presento un promedio de 44,48% de solubilidad y para el tratamiento 4 presento un promedio de 56,38% de solubilidad.

### 3.1.2.3 Prueba de Permeabilidad

**Tabla 16-3:** Prueba de Permeabilidad

Tiempo (horas)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.Mpa)			
	TP1	TP2	TP3	TP4
1	0,0029	0,0028	0,0034	0,0031
2	0,0014	0,0013	0,0010	0,0011
3	0,0007	0,0007	0,0014	0,0009
4	0,0091	0,0078	0,0054	0,0090
5	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002
6	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
PROMEDIO	0,0024	0,0022	0,0019	0,0024

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 16-3 se puede observar los valores de permeabilidad al vapor de agua, dicho ensayo se expuso a 6 horas en un ambiente húmedo para esto nos basamos en (Charro, 2015 pág. 46). Para la prueba de permeabilidad se trabajó con los 4 tratamientos por un lapso de 6 horas, aplicamos la fórmula de permeabilidad al vapor de agua se obtuvieron 6 datos correspondientes a cada hora finalmente se obtuvo un promedio para cada tratamiento, dando para el primer tratamiento un promedio de 0,0024% de permeabilidad, para el segundo tratamiento se obtuvo un promedio de 0,0022% de permeabilidad, para el tercer tratamiento se obtuvo un promedio de

0,0019% de permeabilidad y por ultimo para el tratamiento 4 un promedio de 0,0024% de permeabilidad.

### 3.1.2.4 Prueba de Biodegradabilidad

**Tabla 17-3:** Prueba de Biodegradabilidad para compostaje

<b>COMPOSTAJE</b>						
		<b>DIA 7</b>	<b>DIA14</b>	<b>DIA21</b>	<b>DIA28</b>	PROMEDIO
<b>TRATAMIENTO1</b>	PESO INICIAL	0,192	0,192	0,225	0,188	
	PESO FINAL	0,116	0,032	0,040	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		39,583	83,333	82,222	100,000	76,285
<b>TRATAMIENTO 2</b>	PESO INICIAL	0,088	0,036	0,052	0,061	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,068	0,000	0,000	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		22,727	100,000	100,000	100,000	80,682
<b>TRATAMIENTO 3</b>	PESO INICIAL	0,057	0,018	0,050	0,195	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,053	0,014	0,000	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		7,018	22,222	100,000	100,000	57,310
<b>TRATAMIENTO 4</b>	PESO INICIAL	0,052	0,060	0,090	0,069	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,047	0,000	0,000	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		9,615	100,000	100,000	100,000	77,404

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

**Tabla 18-3:** Prueba de Biodegradabilidad para agua

<b>AGUA</b>						
		<b>DIA7</b>	<b>DIA14</b>	<b>DIA21</b>	<b>DIA 28</b>	PROMEDIO
<b>TRATAMIENTO1</b>	PESO INICIAL	0,068	0,169	0,127	0,135	
	PESO FINAL	0,013	0,020	0,008	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		80,882	88,166	93,701	100,000	90,687
<b>TRATAMIENTO 2</b>	PESO INICIAL	0,030	0,052	0,033	0,067	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,014	0,000	0,000	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		53,333	100,000	100,000	100,000	88,333
<b>TRATAMIENTO 3</b>	PESO INICIAL	0,048	0,093	0,052	0,101	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,012	0,004	0,012	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		75,000	95,699	76,923	100,000	86,906
<b>TRATAMIENTO 4</b>	PESO INICIAL	0,047	0,058	0,097	0,051	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,020	0,000	0,000	0,000	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		57,447	100,000	100,000	100,000	89,3617021

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

**Tabla 19-3:** Prueba de Biodegradabilidad para Ambiente

AMBIENTE						
		DIA7	DIA14	DIA21	DIA28	PROMEDIO
<b>TRATAMIENTO1</b>	PESO INICIAL	0,064	0,115	0,172	0,093	
	PESO FINAL	0,059	0,104	0,162	0,09	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		7,81	9,57	5,81	3,23	6,60
<b>TRATAMIENTO 2</b>	PESO INICIAL	0,037	0,033	0,064	0,056	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,034	0,026	0,058	0,052	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		8,11	21,21	9,38	7,14	11,46
<b>TRATAMIENTO 3</b>	PESO INICIAL	0,081	0,069	0,153	0,087	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,08	0,058	0,144	0,082	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		1,23	15,94	5,88	5,75	7,20
<b>TRATAMIENTO 4</b>	PESO INICIAL	0,063	0,064	0,06	0,064	PROMEDIO
	PESO FINAL	0,06	0,056	0,056	0,056	
<b>% PERDIDA DE PESO</b>		4,76	12,50	6,67	12,50	9,11

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 17-3, 18-3, 19-3, se puede observar los porcentajes de pérdida de peso para compostaje, agua y ambiente respectivamente, para ello nos basamos en Charro (2015, págs. 41-45). Para la Biodegradabilidad se aplicó la fórmula pérdida de peso mediante la cual se obtuvo los siguientes valores para el compost se obtuvo una Biodegradabilidad del 100% en los 4 tratamientos, así mismo para el agua durante los 28 días se obtuvo una Biodegradabilidad del 100% para los 4 tratamientos y para el ambiente se obtuvo 3,23% para el primer tratamiento, así mismo se obtuvo 7,14% para el segundo tratamiento, se obtuvo 5,75% para el tercer tratamiento y por último 12,5% para el cuarto tratamiento.

### 3.1.2.5 Prueba Ensayo de Tracción

**Tabla 20-3:** Prueba de Tracción

TRATAMIENTO	FUERZA(N)	TENSIÓN (N/ cm <sup>2</sup> )	ELONGACIÓN CON MEDIDOR (m)			
			Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación de el Medidor	% Elongación
<b>1</b>	2,9	290,000	0,342	0,361	0,019	63,3
<b>2</b>	3,9	390,000	0,357	0,364	0,007	23,3
<b>3</b>	5,9	590,000	0,381	0,402	0,021	70,0
<b>4</b>	2,0	133,333	0,311	0,320	0,009	22,5

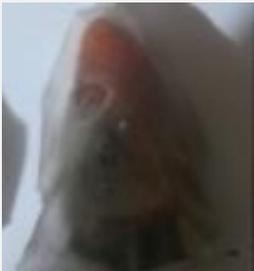
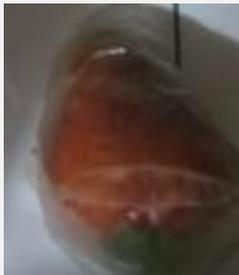
Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

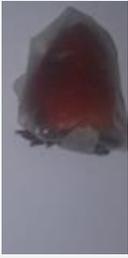
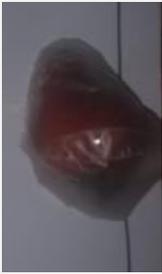
En la tabla 20-3 se puede observar los valores porcentuales de elongación, la tensión que presenta el bioplástico para ello nos basamos en Charro(2015, pág. 48). Mediante la prueba de tracción se determinó la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación, se realizó la prueba a los 4 tratamientos de los bioplásticos y es así que para el primer tratamiento se obtuvo una tensión de 290,0 (N/ cm<sup>2</sup>) y de elongación 63,3%, para el segundo tratamiento se obtuvo 390,0(N/ cm<sup>2</sup>) de tensión y de elongación 23,3%, para el tercer tratamiento se obtuvo 590,0 (N/ cm<sup>2</sup>) de tensión y de elongación 70,0%, para el cuarto y último tratamiento se obtuvo 133,3 (N/ cm<sup>2</sup>) de tensión y de elongación 22,5%. Para tomar los valores de referencia nos basamos en la Norma IUP 6.

### 3.1.2.6 Comportamiento De La Fruta Con Recubrimiento a(25°C) A Los 5 Días

**Tabla 21-3:** Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días.

INICIO			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>La fresa presentó un color rojo y un tanto verde al lado izquierdo.</p>	 <p>La fresa presentó un rojo solo en la parte superior y la parte inferior un color verde.</p>	 <p>La fresa presentó un color rojo-rosa en la parte superior y en la parte inferior un color verde.</p>	 <p>La fresa presentó un color rojo y un tanto verde al lado derecho.</p>
DIA 1			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>No presentó ningún cambio</p>	 <p>No presentó ningún cambio</p>	 <p>No presentó ningún cambio</p>	 <p>No presentó ningún cambio</p>

DIA 2			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>No presentó ningún cambio</p>	 <p>Empezó a descomponerse la fresa en el lado izquierdo.</p>	 <p>No presentó ningún cambio</p>	 <p>No presentó ningún cambio</p>
DIA 3			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>Su color rojizo aumento y empezó a descomponerse</p>	 <p>Su color rojizo aumento y la descomposición creció a la mitad.</p>	 <p>Su color rojizo aumento y no presento descomposición.</p>	 <p>Su color rojizo aumento y no presento descomposición.</p>

DIA 4			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>Aumentó su color rojizo y la descomposición creció.</p>	 <p>Aumentó su color rojizo y la descomposición creció en su mayoría</p>	 <p>Aumentó su color rojizo y no presentó un descomposición.</p>	 <p>Aumento su color rojizo y no presenta descomposición.</p>
DIA 5			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
 <p>Aumentó su color rojizo y la descomposición creció en su mayoría.</p>	 <p>Aumentó su color rojizo y la descomposición creció en su totalidad.</p>	 <p>Aumentó su color rojizo y no presentó descomposición.</p>	 <p>Aumento su color rojizo y presenta descomposición.</p>

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 21-3 se puede observar el comportamiento de la fruta al estar recubierto por el bioplástico, para ello nos basamos en Chapuel Tarapuez, et al (2019), el cual utiliza esta técnica para determinar el tiempo de duración al envoltorio de alimentos. Para la prueba de recubrimiento de alimentos se utilizó cuatro fresas las cuales se encontraban un tanto verdes, para el tratamiento 1 empezó a descomponerse en el día 3, para el tratamiento 2 su descomposición empezó en el día

2, para el tratamiento 3 no presento descomposición en ningún día y para el tratamiento 4 presentó descomposición en el día 5 solo aumentaba su color rojizo.

## **3.2 Pruebas de hipótesis**

### **3.2.1 Hipótesis general**

- A partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) se obtendrá un almidón mediante un método húmedo tendrá características necesarias para formar un bioplástico que será utilizado en recubrimientos de alimentos.

Tipo de hipótesis: experimental

- Una vez llevado a cabo las diferentes etapas de experimentación, análisis e interpretación de los resultados en la presente investigación, es apropiado decir que el método húmedo aplicado posee las características necesarias para formar el bioplástico y de esta manera utilizar en recubrimiento de alimentos. El almidón obtenido ayudó a formar estas biopelículas esto se debe gracias al porcentaje de amilosa que posee, ya que es el que le da el poder de gelatinización a la mezcla de las biopelículas.

### **3.2.2 Hipótesis específicas**

#### **3.2.2.1 Hipótesis I**

- El rendimiento que se obtendrá del almidón de papa Chaucha (*Solanum phureja*) a través del método húmedo indicará que el método de obtención es aceptable.

Tipo de hipótesis: experimental

El rendimiento se lo obtuvo luego que se aplicó las formulas necesarias para determinar este valor, el cual fue de 16,92% el cual fue el más alto así mismo se comprobó que el método húmedo es viable para la obtención de almidón, esto se comprobó mediante los pesos para cada tratamiento, dándonos al tratamiento 1 y 4 los más altos para la obtención de este almidón (Holguin, 2019).

### 3.2.2.2 Hipótesis II

- El porcentaje de amilopectina en el almidón de papa Chaucha (*Solanum phureja*) intervendrá en la formulación del bioplástico.

Tipo de investigación: experimental

Luego de revisar alguna información se obtuvo que la amilosa y amilopectina influye en la gelatinización la cual es necesaria al momento de formar el bioplástico, como se dijo antes son los responsables de formar el gel, dicho gel es indispensable para la mezcla homogénea necesaria para que no se cuarte el bioplástico, el porcentaje de amilopectina obtenido fue de 69,25% (Holguin, 2019).

### 3.2.2.3 Hipótesis III

- Las formulaciones de almidón y los aditivos establecerán las características del bioplástico.

Tipo de investigación: experimental

Luego de las cuatro formulaciones propuesta se determinó mediante la prueba de tracción que el tratamiento 3 posee la característica de elongación necesaria para un bioplástico esto se lo comparo con la norma IUP 6 aunque esta norma es específica de cueros se la utilizo debido a que no existe una norma definida para bioplásticos. Así mismo mediante la prueba de Biodegradabilidad se determinó que el tratamiento 3 posee las características adecuadas para recubrimiento de alimentos.

### 3.2.2.4 Hipótesis IV

- El bioplástico obtenido conservará sus propiedades organolépticas, su tiempo de degradación será reducido por lo cual podrá ser utilizado como alternativa para uso en alimentos

Tipo de investigación: experimental

Esta hipótesis se la determino visualmente ya que el tratamiento 3 luego de aplicar en la prueba de recubrimiento de alimentos conservo sus propiedades organolépticas además de eso conservo al alimento en buen estado, así mismo el tiempo de degradación fue del 100% para el compost y

el agua a diferencia del ambiente lo que vario fue su peso, el mismo que se redujo al pasar los días.

### 3.3 DISCUSIÓN

#### 3.3.1 *Análisis físico químico y microbiológico del almidón*

**Tabla 22-3:** Análisis Físico Químico y Microbiológico del Almidón

PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR
<b>Humedad</b>	%	24,63
<b>Ceniza</b>		0,44
<b>Solubilidad</b>	%	16,83
<b>Ph</b>		9,61
<b>Fibra</b>	%	0,02
<b>Proteína</b>	%	0,17
<b>Viscosidad</b>		15070,00
<b>Temperatura de gelatinización</b>	°C	63,66
<b>Carbohidratos Totales</b>	%	74,73
<b>Amilosa</b>	%	30,75
<b>Amilopectina</b>	%	69,25
<b>Coliformes Fecales (Eschericha coli)</b>	UFC/g	10
<b>Levaduras y mohos</b>	UFC/g	Ausencia
<b>Coliformes totales</b>	UFC/g	1200

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 22-3 se puede observar los valores del análisis físico químico y microbiológico del almidón. Se realizó todas las pruebas Físicas, Químicas y Microbiológicas del almidón las cuales, al comparar con Acosta, et al (2018), son valores similares a los establecidos por diferentes instituciones o normas en general, asi mismo nos basamos en algunas normas tecnicas para poder aplicar las formulas y obtener nuestros resultados, una de las normas utilizadas fueron la INEN 1456.

### 3.3.2 Propiedades del bioplástico

**Tabla 23-3:** Propiedades del Bioplástico

N o.	TRATAMIE NTO	HUMED AD (%)	SOLUBILI DAD (%)	PERMEABIL IDAD VAPOR AGUA	BIODEGRADABILIDA D (%)		
					Agu a 28 DI AS	Compos taje 28 DIAS	Ambie nte 28 DIAS
1	TP1	26,41	49,16	0,0024	100	100	3,3
2	TP2	32,43	44,74	0,0024	100	100	7,69
3	TP3	29,52	44,48	0,0019	100	100	6,1
4	TP4	37,14	56,38	0,0024	100	100	14,29

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 23-3 podemos observar 4 tratamientos con sus diferentes propiedades las cuales se obtuvieron por diferentes ensayos en cuanto a la humedad y la solubilidad presentan valores similares a los de Chapuel Tarapuez, et al (2019), el rango que se maneja el autor para la solubilidad es del 50-65% basado en una biopelícula de almidón de plátano y almidón de pepa de aguacate; nos basamos en estos datos para comprobar que puede ser un bioplástico de buena calidad. Para el estudio de Biodegradabilidad nos basamos en la investigación de Charro (2015), el cual utilizamos un compost, agua y al ambiente para lo cual transcurrido 28 días para el agua y el compost se degradaron en su totalidad y para el ambiente perdió un porcentaje de peso, pero no se degradó en su totalidad.

### 3.3.3 Ensayo de tracción del bioplástico

**Tabla 24-3:** Ensayo de Tracción del Bioplástico

T 1	T 2	T 3	T 4
			

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

**Tabla 25-3:** Resultados del ensayo de tracción

PRUEBA	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	NIVEL SUGERIDO
<b>Resistencia a la tensión (N/cm<sup>2</sup>)</b>	T1	<b>IUP6</b>	209	<b>800 a 1500</b>
	T2		390	
	T3		590	
	T4		133,33	
<b>Elongación (%)</b>	T1	<b>IUP6</b>	63,33	<b>40 a 80</b>
	T2		23,33	
	T3		70	
	<b>T4</b>		<b>22,5</b>	

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

Luego de las pruebas de tracción con un equipo de elastómero se utilizó una norma IUP 6 los cuales nos sirvió de referencia, mismos que para la resistencia a la tensión de obtuvo 209,0 (N/cm<sup>2</sup>) para el primer tratamiento, 390,0 (N/cm<sup>2</sup>) para el segundo tratamiento, 590,0 (N/cm<sup>2</sup>) para el tercer tratamiento, 133,33 (N/cm<sup>2</sup>) para el cuarto tratamiento; el rango que maneja esta norma es de 800 a 1500 como se puede observar en la tabla 25-3 ninguno de estos valores se encuentran dentro de este rango; para la elongación se obtuvieron los siguientes valores 63,33% para el primer tratamiento, 23,33% para el segundo tratamiento, 70,00% para el tercer tratamiento y 22,50% para el cuarto tratamiento; el rango establecido para la elongación según la norma IUP 6 es de 40 a 80% como se observa en la tabla 25-3 el tratamiento 1 y 3 se encuentra dentro de este rango.

### 3.3.4 Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días

**Tabla 26-3:** Comportamiento de la fruta con recubrimiento a (25°C) a los 5 días

DIA 5			
TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
			
Aumentó su color rojizo y la descomposición creció en su mayoría.	Aumentó su color rojizo y la descomposición creció en su totalidad.	Aumentó su color rojizo y no presentó descomposición.	Aumento su color rojizo y presentó descomposición.

Realizado por: Cárdenas Aldaz, Lorena. 2021

En la tabla 26-3 se puede observar el comportamiento de la fruta con el recubrimiento durante los 5 días. De los cuatro tratamientos obtenidos a simple vista se pudo determinar que el tratamiento 3 sería el más óptimo para recubrimiento de alimentos puesto que fue el que duro más tiempo sin presentar alguna descomposición basándonos en Cortés , et al (2009), el recubrimiento evita la permeabilidad de microorganismos que afecten directamente al fruto, ayudándonos así a la conservación del mismo.

## CONCLUSIONES

Se logró obtener almidón a partir de papa chaucha (*Solanum phureja*) mediante método húmedo, el cual fue de 16,97% para el tratamiento 4.

Se caracterizó el almidón obtenido mediante análisis fisicoquímicas, mediante las cuales se obtuvo 24,663% para humedad, 0,44 para ceniza, 16,83% de solubilidad, 9,61 para el pH, 0,02% de fibra, 0,17% de proteína, 15070 de viscosidad, 63,66°C para la temperatura de gelatinización, 74,73% de Carbohidratos totales, 30,75% de amilosa, 69,25% de amilopectina, para los análisis microbiológicos se obtuvo, 10 UPC/g de coliformes Fecales, ausencia de levaduras y mohos, para finalizar 1200 UPC/g para coliformes totales.

Se realizó formulaciones a base de almidón y aditivos para la obtención de biopelículas, obteniendo cuatro tratamientos, el primer tratamiento se utilizó 1gr de almidón y 0,5 de glicerina, el segundo tratamiento se utilizó 1gr de almidón y 0,75 de glicerina, para el tercer tratamiento se utilizó 2gr de almidón y 0,5 de glicerina, para el cuarto tratamiento se utilizó 2gr de almidón y 0,75 de glicerina.

Se comprobó la eficacia de la biopelícula en el recubrimiento de alimentos, después de 5 días se determinó el tercer tratamiento como el más óptimo para el objetivo planteado dado que no presentaba ninguna descomposición hasta el 5to día.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda estudiar más sobre los plastificantes que se puede utilizar para la elaboración de los bioplásticos, ya que nos brindarían mayor elasticidad.

Se recomienda utilizar solo la cascara de la papa para futuras investigación ya que el rendimiento obtenido no es muy representativo.

Se recomienda utilizar el método diseño de mezclas siendo también un método óptimo para la obtención de los bioplásticos.

Se recomienda investigar más sobre el tiempo de descomposición de las frutas.

Para mejor el porcentaje de amilosa se recomienda adicionar un proceso de modificación química como acetilación y oxidación, para aumentar el porcentaje del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acosta, J, y otros. 2018.** Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico. [En línea] 2018.
- Alvarez, Rafael. 2012.** *Formulación de recubrimiento para frutas cítricas estudio de impacto.* Universidad de Atioquia, Medellín : 2012.
- Alvis , Armando, y otros. 2008.** Analisis fisicoquimico del almidón. Chile : Scielo, 2008. Vol. 19, 1.
- Anchundia, Katherine, Santacruz, Stalin y Coloma, José. 2016.** Caracterización física de películas comestibles. Santiago de Chile : Scielo, 2016. Vol. 43, 4, págs. 394-399.
- Arevalo Niño, Katiushka. 1996.** *Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo.* Universidad Autonoma de Nuevo Leon, México : 1996.
- Bernal, Claudio, y otros. 2017.** Propiedades, modificaciones y usos de los almidones, con miras a la obtención de películas biodegradables. s.l. : Ediciones Universidad de América, 9 de Octubre de 2017. Vol. 10, 2, págs. 135-152.
- Cerón Lasso, María, y otros. 2018.** Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla ( *Solanum tuberosum* Grupo Phureja). Chile : Scielo, Junio de 2018. Vol. 29, 3, págs. 205-216.
- Chapuel Tarapuez, Andrea y Reyez Suárez, Jetzy. 2019.** *Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*Persea americana* Mill) y banano (*Musa acuminata* AAA) para el recubrimiento de papaya.* Universidad de Guayaquil, Guayaquil : 2019.
- Charro, Mónica. 2015.** *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón .* Universidad Central del Ecuador, Quito : 2015.
- Chávez Porras, Álvaro y Rodríguez González, Alejandra. 2016.** Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. Colombia : Academia & Virtualidad, 30 de Junio de 2016. Vol. 9, 2, págs. 90-107.
- Cortés , Misael, Restrepo, Ana Maria y Rojano, Benjamín. 2009.** *Shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) Fortified with vitamin e.* Universidad Nacional de Colombia, Colombia : 2009.
- CurioSfera. 2020.** Historia de la patata. 18 de Noviembre de 2020.
- De la Vara Salazar, Román y Gutiérrez Pulido, Humberto. 2008.** *Análisis y diseño de experimentación.* México : McGraw-Hill Interamericana, 2008. págs. 7-15.
- Figuroa Flórez, Jorge, Guadalupe Salcedo, Jairo y Rodriguez Lora, María. 2016.** *Acetilación del almidón nativo de batata (*Ipomeas batata* L).* Colombia : 2016.

- Frías, Dolores. 2016.** Diseño entre-grupos univariado unifactorial con  $A > 2$ . *Contraste de hipótesis específicas*. [En línea] 2016. [Citado el: 3 de 03 de 2021.] <https://www.uv.es/~friasnav/ANOVAycontrasEspecificos.pdf>.
- Galván, Gustavo. 2018.** Los bioplásticos, ¿qué son? y para que sirven. [En línea] 6 de Noviembre de 2018. <https://engimia.com/blog/los-bioplasticos-que-son-y-para-que-sirven>.
- Holguín, Juan. 2019.** *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa*. Fundación Universidad de América, Bogotá : 2019.
- Joaquín Amat, Rodrigo. 2016.** Cienciadatos.net. Enero de 2016.
- Mantilla Roldan, Jessica Mileni y Zavala Agreda, July Michel. 2018.** *Extracción y caracterización de almidón de las semillas de Persea americana Mill. (Palta) Var. Fuerte, Hass y Criolla*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú : 2018.
- Montes Hernández, Adriana Isabel, y otros. 2017.** Películas biodegradables con propiedades bioactivas. 2017. págs. 57-89.
- NMX-F-066-S, 1978. 1978.** Determinación de Cenizas en Alimentos. *NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS*. 1978.
- NTE INEN 1456, 1986. 2012.** Reactivos para Análisis. Almidón Soluble (Para Yodometría) Métodos de ensayo. Primera edición ANALYSIS REAGENTS. SOLUBLE STARCH (FOR IODOMETRY) 29 de 10 de 2012.
- Otálora , Nury, Ramirez, Laura y Zárate, Laura. 2011.** *Caracterización de almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (Solanum phureja) para su aplicación en un derivado cárnico*. . Universidad De La Salle Ciencia UNISALLE, BOGOTA : 2011.
- Perdomo, M y Guilberto, A. 2002.** Plásticos y Medio Ambiente. 2002. Vol. 3, págs. 1-13.
- Rojas Ubilla, Yanina Jessica. 2019.** *La Evolución de la Industria Plástica en el Ecuador periodo 2013-2017*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil : 2019.
- Santiago S, Maricela. 2015.** *Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado*. Universidad Veracruzana, VERACRUZ : 2015.
- Sherwood, Stephen y Pumisacho, Manuel. 2002.** *El cultivo de la papa en Ecuador*. QUITO : INIAP-CIP, 2002. págs. 21-23.
- Valero Valdivieso, Manuel Fernando, Ortégón, Yamileth y Uscategui, Yomaira. 2013.** Biopolímeros: Avances Y Perspectivas. 2013. págs. 171-180.
- Vásquez, Alethia, y otros. 2015.** Bioplásticos y Plásticos degradables. [En línea] 2015. <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/bioplasticos.pdf>.
- Vázquez Morillas, Alethia , y otros. 2018.** Bioplásticos y plásticos degradables. [En línea] 2018. <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/bioplasticos.pdf>.
- Zárate-Polanco, L.M., y otros. 2014.** Extracción y Caracterización De Almidón Nativo de Clones Promisorios De Papa Criolla (Solanum tuberosum, Grupo Phureja). Vol. 18, 1, pág. 24.

## ANEXOS

### ANEXO A: Análisis Microbiológicos de Muestra de Almidón

#### RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Cardena Aldaz Lorena Estefania
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Papa Chaucha ( <i>Solanum phureja</i> )
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-04-01
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-26-01

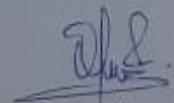
#### Examen Físico

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

#### Examen Microbiológico

Almidón de Papa Chaucha ( <i>Solanum phureja</i> )			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g		<1200
Coliformes Fecales ( <i>Escherichia coli</i> )	UFC/g	<10	10
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guia Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).



Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO

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

**ANEXO B: Análisis de Fibra y Proteína del Almidón**



Contactanos: 0998580374 - 032934322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

**RESULTADO DE ANALISIS DE MUESTRA DE ALMIDON**

<b>NOMBRE:</b> Lorena Estefania Cárdenas Aldaz
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de Papa Chaucha ( <i>Solanum phureja</i> )
<b>FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA:</b> 2021-04-01
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b> 2021-19-02

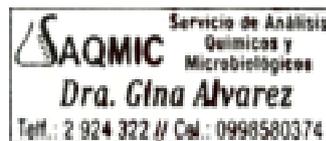
**Examen Físico**

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

**Examen de Caracterización del Almidón de Papa Chaucha (*Solanum phureja*)**

Determinaciones	Resultados
Porcentaje de Fibra	0.024%
Porcentaje de Proteína	0.174%

Atentamente



.....  
Dra. Gina Alvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.  
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada]

ANEXO C: Análisis de Amilosa del almidón

MO-LSAIA-2301-03



**INIAP**

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
 DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
 Pasamancara Sur Km. 1, Cudaligua Tba. 2002021-3207134, Fax 3207134  
 Casilla postal 17-01-349



**LSAIA/DNCE/ES**

**INFORME DE ENSAYO No: 21-036**

**NOMBRE PETICIONARIO:** Srta. Lorena Cárdenas Aldaz  
**DIRECCIÓN:** Ambato  
**FECHA DE EMISIÓN:** 8 de febrero de 2021  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 28 de enero al 8 de febrero de 2021

**Particular:** Srta. Lorena Cárdenas Aldaz  
**Fecha de Recepción:** 28/01/2021  
**Hora de Recepción:** 09H25  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA*	IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970		
UNIDAD	%	%	
21-0266	17.42	30.75	Almidón de papa chaulucha

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

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Iván Samiguel**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**RESPONSABLE CALIDAD**

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este como 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 D:** Pruebas de tensión en el laboratorio de pruebas físicas

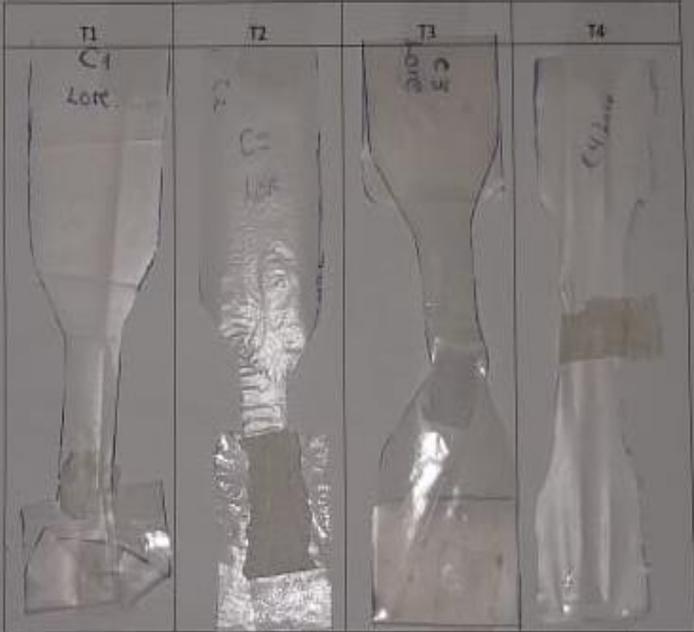


**LDPF**  
LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS



LABORATORIO DE CURTIEMBRE LOMAS  
ESPOCH - FCF

MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE PAPA CHAUCHA



HOJA TÉCNICA: MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE PAPA CHAUCHA

PRUEBA	UNIDAD	METODO DE ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	NIVEL SUGERIDO
Resistencia a la tensión (N/cm <sup>2</sup> )	T1	IUP6	209,0	800
	T2		390,0	a
	T3		590,0	1500
	T4		133,33	
Elongación (%)	T1	IUP6	63,33	40
	T2		23,33	
	T3		70,00	
	T4		22,50	

Panamericana Sur Km 1-½    Teléfono: 593(03)2998350 EXT: 350 Dec., 152 Vice.  
Mail: Laboratorio.lrtce@gmail.com



**ANEXO E:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	LORENA ESTEFANIA CARDENAS ALDAZ
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA CHAUCHA ( <i>Solanum phureja</i> ) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	342
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1,6
CARGA MÁXIMA (N)	2,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1,81
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	63,33

Aprobado por



*Julio Llerena*  
ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

**ANEXO F:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 2

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	LORENA ESTEFANIA CARDENAS ALDAZ
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA CHAUCHA ( <i>Solanum phureja</i> ) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	357
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1,8
CARGA MÁXIMA (N)	3,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,16
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	23,33

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

**ANEXO G:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 3

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	LORENA ESTEFANIA CARDENAS ALDAZ
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PAPA CHAUCHA ( <i>Solanum phureja</i> ) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LAMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	381
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	2,4
CARGA MÁXIMA (N)	5,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,45
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	70,0

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

**ANEXO H:** Resultados de la prueba de tensión del bioplástico para el tratamiento 4

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	LORENA ESTEFANIA CARDENAS ALDAZ
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA CHAUCHA ( <i>Solanum phureja</i> ) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLÁSTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	311
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	2,0
CARGA MÁXIMA (N)	6,1
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	3,05
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	22,50

Aprobado por



*Julió Llerena*  
ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALE

**ANEXO I: Fotografías-Parte experimental**



**Fotografía 2:** Lavado de la papa



**Fotografía 3:** Licuado de la papa



**Fotografía 4:** Tamizado del almidón



**Fotografía 5:** Pesaje del almidón

**ANEXO J: Fotografías-Elaboración del Bioplástico**



**Fotografía 6:** Elaboración de los bioplásticos

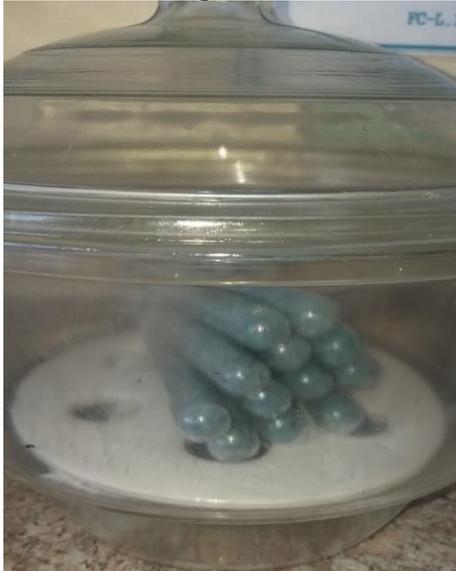


**Fotografía 7:** Secado bioplástico



**Fotografía 8:** Pesaje Bioplásticos

**ANEXO K: Fotografías-Pruebas del Bioplástico**



**Fotografía 9:** Prueba permeabilidad



**Fotografía 10:** Prueba de Tensión



**Fotografía 11:** Biodegradabilidad del plástico



**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:** 09 / 11 / 2021

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

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.11.09 12:05:45  
-0500'



0888-DBRAI-UTP-2021