



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR  
DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN  
INDUSTRIAL”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: JENNY MARCELA GUAMÁN BRAVO**

**DIRECTOR: ING. PAUL GUSTAVO PALMAY PAREDES, M.Sc.**

Riobamba – Ecuador

2019

© 2019, Jenny Marcela Guamán Bravo

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.

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que el trabajo de investigación: "OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL", de responsabilidad de la señorita JENNY MARCELA GUAMÁN BRAVO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

	FIRMA	FECHA
ING. Paul Gustavo Palmay Paredes, M.Sc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2019-05-29
BQF. Diego Renato Vinuesa Tapia, M.Sc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2019-05-29

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Jenny Marcela Guamán Bravo, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de investigación.

Riobamba, 29 de mayo de 2019



---

Jenny Marcela Guamán Bravo

150091501-0

## **DEDICATORIA**

A mis padres que gracias a su apoyo incondicional y esfuerzo han sido mi mayor motivación para enfrentar todo tipo de adversidades y poder cumplir una etapa de mi vida.

Jenny Guamán

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios por cuidarme siempre, por darme el coraje necesario para enfrentar cada uno de los obstáculos que la vida me puso.

A mis padres y hermano, por ayudarme y brindarme su apoyo incondicional.

Al Ing. Paul Palmay y al Bqf. Diego Vinueza por el asesoramiento en este trabajo de titulación, puesto que en base a sus conocimientos me han guiado a ser una persona con mejor pensamiento crítico.

Al Lic. Fausto Tapia por la ayuda brindada y la excelente colaboración en el desarrollo del trabajo de titulación.

Jenny Guamán

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Identificación del problema</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Justificación del proyecto</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3. Objetivos</b> .....	<b>4</b>
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Antecedentes de investigación</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Marco conceptual</b> .....	<b>7</b>
2.2.1 <i>Papa</i> .....	7
2.2.2 <i>Origen</i> .....	7
2.2.3 <i>Zonas productoras de papa en el Ecuador</i> .....	8
2.2.4 <i>Variedad de papas en el Ecuador</i> .....	9
2.2.5 <i>Papa Superchola</i> .....	9
2.2.6 <i>Almidón</i> .....	11
2.2.7 <i>Propiedades estructurales del almidón</i> .....	12
2.2.8 <i>Extracción de almidón</i> .....	14
2.2.9 <i>Almidón de Papa</i> .....	15
2.2.10 <i>Procesos de gelatinización y de retrogradación del almidón</i> .....	16
2.2.11 <i>Bioplásticos</i> .....	18
2.2.12 <i>Componentes para la elaboración de bioplásticos</i> .....	19
2.2.13 <i>Fundamentos para la caracterización del bioplástico</i> .....	21
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1 Hipótesis y especificación de las variables</b> .....	<b>24</b>
3.1.1 <i>Hipótesis General</i> .....	24
3.1.2 <i>Hipótesis Específicas</i> .....	24

3.1.3 Identificación de Variables .....	24
3.1.4 Matriz de Consistencia.....	25
<b>3.2 Tipo y Diseño de Investigación .....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Tipo de Investigación .....	26
3.2.2 Diseño de Investigación .....	26
<b>3.3 Población de Estudio .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Tamaño de Muestra .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Selección de muestra .....</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Técnicas de Recolección de Datos.....</b>	<b>28</b>
<b>3.8. Metodologías para la recolección de datos experimentales .....</b>	<b>28</b>
3.8.1 Lugar de realización .....	28
3.8.1.1 Materiales, equipos y reactivos.....	28
3.8.2 Fase de Laboratorio.....	30
3.8.2.1 Extracción de almidón a partir de cáscara de papa para su caracterización.....	30
3.8.2.2 Elaboración del bioplástico a partir de las formulaciones planteadas en base al diseño factorial 2 <sup>2</sup> .....	32
3.8.2.3 Caracterización del bioplástico: Determinación de parámetros físicos y mecánicos.....	34
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1. Resultados.....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Análisis químico proximal del almidón a partir de cáscara papa. ....	38
4.1.2 Determinación del tratamiento óptimo según el diseño experimental y evaluación sensorial del bioplástico. ....	38
4.1.3 Resultados de la caracterización del bioplástico: Ensayos físicos y mecánicos. ....	40
<b>4.2 Pruebas de hipótesis .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Discusión de resultados .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 Aplicación .....</b>	<b>50</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> Categorías taxonómicas de la papa superchola.....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Composición química en 100 gramos de papa.....	11
<b>Tabla 3-2:</b> Porcentaje de almidón en varios tipos de papa.....	12
<b>Tabla 4-2:</b> Porcentaje de amilosa y amilopectina en varios tipos de almidones.....	12
<b>Tabla 5-2:</b> Aplicaciones industriales del almidón de papa.....	16
<b>Tabla 6-2:</b> Propiedades de los gránulos de diversos almidones.....	17
<b>Tabla 7-2:</b> Aplicaciones industriales de los bioplásticos.....	19
<b>Tabla 1-3:</b> Matriz de consistencia orientado a la obtención de plásticos biodegradables.....	25
<b>Tabla 2-3:</b> Matriz de experimentos en base al diseño factorial 2 <sup>2</sup> .....	27
<b>Tabla 3-3:</b> Recursos para la recolección de datos.....	28
<b>Tabla 4-3:</b> Formulaciones planteadas en base al diseño factorial 2 <sup>2</sup> .....	32
<b>Tabla 5-3:</b> Esquemización del diseño experimental para el bioplástico.....	33
<b>Tabla 6-3:</b> Valoración para la evaluación sensorial en los bioplásticos.....	34
<b>Tabla 1-4:</b> Resultados del análisis químico proximal del almidón de cascaras de papa.....	38
<b>Tabla 2-4:</b> Resultados del análisis sensorial del bioplástico.....	38
<b>Tabla 3-4:</b> Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos BAE/BAC.....	40
<b>Tabla 4-4:</b> Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos BAE/BAC.....	41
<b>Tabla 5-4:</b> Resultados del ensayo de permeabilidad de los bioplásticos BAE/BAC.....	41
<b>Tabla 6-4:</b> Resultados de la apariencia de las láminas durante 30 días en medio anaeróbico.....	42
<b>Tabla 7-4:</b> Resultados del ensayo de biodegradabilidad aerobia de BAE/BAC en 30 días.....	42
<b>Tabla 8-4:</b> Resultados del ensayo de biodegradabilidad anaeróbica de BAE/BAC en 30 días.....	43
<b>Tabla 9-4:</b> Resultados de pérdida de peso de BAE/BAC para biodegradabilidad anaerobia.....	43

<b>Tabla 10-4:</b> Resultados de la pérdida de peso de BAE/BAC para biodegradabilidad aerobia.....	44
<b>Tabla 11-4:</b> Resultados del ensayo de tracción de las probetas BAE/BAC.....	45
<b>Tabla 12-4:</b> Estimación de valores ideales para maximizar el esfuerzo máximo.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Variedad de papas mayormente empleadas en Ecuador en el año 2016.....	9
<b>Figura 2-2:</b> Papa variedad Superchola.....	10
<b>Figura 3-2:</b> Segmento de una molécula de amilosa.....	13
<b>Figura 4-2:</b> Segmento de una molécula de amilopectina.....	14
<b>Figura 5-2:</b> Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa.....	15
<b>Figura 6-2:</b> Polímeros procedentes de fuentes renovables.....	18
<b>Figura 1-3:</b> Esquema del diseño factorial $2^2$ .....	27
<b>Figura 2-3:</b> Diagrama de flujo para el proceso de extracción.....	30
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bioplásticos.....	33
<b>Figura 1-4:</b> Prototipo de lámina bioplástica.....	51
<b>Figura 2-4:</b> Prototipo de sorbete grueso traslúcido.....	52

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4:</b> Resultados de la evaluación de los atributos del bioplástico.....	39
<b>Gráfico 2-4:</b> Biodegradación aerobia en tierra de las láminas BAE/BAC.....	44
<b>Gráfico 3-4:</b> Biodegradación anaerobia en tierra de las láminas BAE/BAC.....	45
<b>Gráfico 4-4:</b> Superficie de respuesta estimada para el esfuerzo máximo.....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Anexo A.** Extracción de almidón a partir de cáscara de papa variedad Superchola.

**Anexo B.** Caracterización del almidón extraído.

**Anexo C.** Preparación de láminas de bioplástico.

**Anexo D.** Caracterización de las láminas de bioplástico.

**Anexo E.** Informe de resultados del análisis químico del almidón.

**Anexo F.** Informe de resultados del ensayo de tracción.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en la elaboración de láminas de bioplástico a partir de almidón de cáscara de papa. La materia prima con la cual se trabajó fue con el almidón extraído a partir de cáscara de papa variedad Superchola, mediante el método de decantación natural. Posteriormente, se realizó la caracterización del almidón en un laboratorio externo, en el cual se determinó el porcentaje de almidón y de amilosa. Mientras que para la obtención del bioplástico se propusieron cinco formulaciones en base al diseño factorial  $2^2$  por medio del software Statgraphics Centurion XVI.I. Los bioplásticos resultantes fueron sometidos a un análisis sensorial que permitió estimar la formulación más óptima y a partir de la cual se trabajó durante todo el desarrollo de la investigación. En virtud de ello, se compararon los bioplásticos obtenidos en base al almidón extraído y al almidón comercial. Luego las láminas de bioplástico fueron evaluadas entorno a sus propiedades físicas como: el espesor, el contenido de humedad, la biodegradabilidad, la permeabilidad y su propiedad mecánica con el ensayo de tracción. Cabe señalar que, de las láminas de bioplástico de almidón extraído (BAE) y las láminas de bioplástico de almidón comercial (BAC), en la evaluación de los parámetros físicos presentaron resultados aproximados y satisfactorios en los ensayos de espesor, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad. En la evaluación mecánica las láminas de bioplástico BAE, en el ensayo de tracción, mostraron mejores resultados en el esfuerzo máximo con respecto a láminas de bioplástico BAC. Siendo todos estos parámetros los que contribuyeron para determinar las aplicaciones más apropiadas para este bioplástico BAE, las cuales fueron: como prototipo de lámina para la ventana de empaques y como sorbetes desechables ecológicos. En consecuencia, el bioplástico producido en el laboratorio exhibe propiedades físicas y mecánicas similares a los plásticos tradicionales.

**Palabras Clave:** <INGENIERÍA QUÍMICA>, <BIOPLÁSTICO>, <ALMIDÓN> <CÁSCARA DE PAPA>, <DECANTACIÓN>, <FORMULACIÓN>, <PROPIEDADES FÍSICAS>, <SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*)>.



## ABSTRACT

The present research work consisted in the elaboration of bio plastic sheets from potato husk starch. The raw material with which we worked was with the starch extracted from Superchola variety potato husk, by means of the natural decanting method. Subsequently, the starch characterization was carried out in an external laboratory, in which the starch and amylose percentage were determined. While to obtain the bio plastic, five formulations were proposed based on the factorial design  $2^2$  by means of the Statgraphics Centurion XVII software. The resulting bio plastics were subjected to a sensory analysis that allowed estimating the most optimal formulation and from which they worked throughout the development of the research. By virtue of this, the bio plastics obtained based on the extracted starch and the commercial starch were compared. Then the bio plastic sheets were evaluated according to their physical properties such as thickness, moisture content, biodegradability, permeability and mechanical property with the tensile test. It should be noted that, from the bio plastic sheets of extracted starch (BAE) and the commercial bio plastic starch sheets (BAC), in the evaluation of the physical parameters presented approximate and satisfactory results in the tests of thickness, humidity, permeability and biodegradability. In the mechanical evaluation, BAE bio plastic sheets, in the tensile test, showed better results in the maximum effort with respect to BAC bio plastic sheets. All these parameters were the ones that contributed to determine the most appropriate applications for this BAE bio plastic, which were: as a prototype of the packaging window film and as ecological disposable sorbets. Consequently, the bio plastic produced in the laboratory exhibits physical and mechanical properties similar to traditional plastics.

**Keyword:** <CHEMICAL ENGINEERING>, <BIO PLASTIC>, <STARCH>, <POTATO HUSK STARCH>, <DECANTATION>, <FORMULATION>, <PHYSICAL PROPERTIES>, <SUPERCHOLA (*Solanum tuberosum*)>.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

En un sondeo llevado a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos en el año 2017, con respecto a la organización de residuos por tipo, a nivel nacional, los desechos plásticos resultaron ser los primeros en clasificarse con 32.98 %, consecutivamente fueron los desperdicios orgánicos con 27.01 %, luego el papel-cartón con 21.37 % y por último el vidrio con 2.69 % (Benavides y Guallasamin, 2017).

La predisposición actual se centra en investigar fuentes no usuales como alternativas para extraer almidones que contengan varias características fisicoquímicas, funcionales y estructurales, que amplíen el compendio de aplicaciones en la industria. Siendo así que la fabricación y uso de plásticos biodegradables a base de almidón a partir de cáscara de papa, tendrían un beneficioso impacto ambiental para disminuir los problemas de contaminación y toxicidad causados por el plástico (Ríos y Zelada, 2017).

Entre las materias primas que pueden ser utilizadas como novedosas fuentes de extracción del polímero están los tubérculos, debido a que estos desempeñan un papel importante a nivel global en la alimentación y que además contribuyen con la demanda energética de más de 2.000.000 de individuos en los países en vías de progreso. Los cultivos más trascendentales de tubérculos y raíces a escala internacional son la papa, el camote y la yuca. En grupo, estos sembríos abarcan aproximadamente  $5 \times 10^7$  hectáreas en la tierra (Hernández et al. 2008).

Sobre este último punto las investigaciones sobre plásticos biodegradables se han dirigido a la introducción de nuevos compuestos que brinden nuevas propiedades y que además no sean perjudiciales para el medio ambiente, con el fin de crear formulaciones capaces de generar láminas cada vez más parecidas a las sintéticas (Enríquez et al. 2012).

## **1.1 Identificación del problema**

De acuerdo con las siguientes reseñas informativas con respecto al destino de los residuos plásticos, sus características y sus consecuencias a futuro se tiene que:

Durante el año 2015, se originaron alrededor de 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos, con lo cual, si persiste esta producción y gestión de residuos, para el año 2050 se tendrá una estimación de alrededor de 12.000 millones de toneladas de desechos plásticos en el medio ambiente o en los vertederos. No obstante, aproximadamente 10 millones de toneladas de plástico terminan en los océanos cada año (BBC Mundo, 2017).

Por lo cual estas proyecciones remarcan la necesidad de pensar de manera crítica con respecto a los materiales que se emplean y los procedimientos de disposición de los residuos, por ello Jenna Jambeck, profesora de ingeniería en la universidad de Georgia menciona que la mayoría de los plásticos comerciales no son biodegradables, debido a lo cual podrían estar cientos e incluso miles de años en el entorno (El Telégrafo, 2017).

De manera que, es necesario encontrar materiales preferiblemente renovables, biodegradables e inofensivos para el medio ambiente. Por tanto, la introducción del almidón en la obtención de plásticos biodegradables es de especial interés por ser un recurso renovable que puede sustituir a los recursos no renovables como el petróleo, del cual se fabrican un sin fin de polímeros sintéticos (Gómez y Yory, 2018).

Por esta razón, se sugiere a través de este trabajo de investigación el desarrollo de un plástico biodegradable cuya materia prima procede del almidón que se encuentra en los residuos de papa variedad superchola, dado que este no es aprovechado correctamente y el cual en su mayoría termina en los botaderos de basura.

## 1.2 Justificación del proyecto

La mayor parte de los polímeros sintéticos se fabrican a partir de una composición petroquímica y cuyos desechos subsisten en el medio ambiente generando un nivel elevado de contaminación con eventuales daños para la vida silvestre. Los residuos plásticos constituyen del 20% al 40% en tamaño de los desperdicios sólidos municipales en los países industrializados. La principal demanda de plásticos producidos se halla en el área de empaque, del cual se derivan como clientes recurrentes: el empaque para alimentos, luego está la industria farmacéutica y finalmente el empaque para cosméticos, por esta razón esta área de procesamiento presta total atención a los empaques biodegradables. (Ruíz, 2014a:p.56)

En consecuencia, a lo mencionado anteriormente, se justifica esta investigación como una contribución sustancial para la ingeniería y para el avance tecnológico en el ámbito de la ingeniería de los plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscara de papa. Debido a lo cual con la aplicación de esta metodología los beneficiados serán todos los seres vivos al tener menos contaminación en el ambiente. De manera que las inversiones en el tratamiento de los desechos sólidos plásticos serán menores, con lo cual los productos a partir de este material biodegradable lograrán una apreciación considerable que acrecentará su demanda, y que aportaran a los almacenes comerciales una imagen ecológica e innovadora debido a su tendencia por preservar el ecosistema. (Ángeles, 2015)

En base a la norma ASTM D5488-94d, que define a la biodegradabilidad como la “capacidad de un material de descomponerse en CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O y componentes orgánicos o biomasa, en el cual el mecanismo predominante es la acción enzimática de microorganismos”.

Por lo tanto, la descomposición del plástico biodegradable en materia orgánica enriquece a los desperdicios orgánicos convirtiéndose en una fuente energética para la tierra y de conveniencia para las plantas. Así pues, los agricultores tendrán la oportunidad de cultivar más papas para cubrir los requerimientos para la producción del almidón tanto de la papa entera como de su cáscara. Así como también esta investigación contribuye a que las industrias dedicadas al procesamiento de patatas chips quienes pueden evitar la generación de residuos orgánicos utilizando hasta la mínima parte de las cascaras de papa para la obtención de almidón, compost y etanol. (Gaethe, 2011)

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Obtener plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscara de papa para su aplicación industrial.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Extraer almidón a partir de la cáscara de papa de acuerdo a investigaciones enfocadas a este proceso.
- Plantear formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos.
- Comparar el bioplástico obtenido con la formulación a partir de almidón comercial de papa.
- Evaluar el bioplástico obtenido con respecto a parámetros físicos como: espesor de acuerdo a la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo a la norma INEN 2637.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

La presente investigación se basó en la revisión literaria de artículos científicos en inglés/español y trabajos relacionados con el desarrollo de películas biodegradables, que emplean polímeros derivados de recursos naturales renovables.

#### **Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales**

De acuerdo con Gómez y Yory (2018), la fabricación de plásticos a nivel mundial expone números alarmantes puesto que poseen aplicaciones en diversas áreas, como la medicina y la industria de los empaques. Indica que la desventaja originada por el plástico reside en su materia prima que resulta de fuentes fósiles, razón por la cual son considerados como los únicos causantes de la difusión del dióxido de carbono en la atmósfera y que además estos materiales al ser desechados estos demoran algunos años en descomponerse. Menciona también el problema dirigido a la agricultura que abarca los procedimientos que ocasionan residuos orgánicos tales como la industria del café y la azucarera, las cuales pueden contribuir a la contaminación del ecosistema si carece de tratamientos apropiados. Es así que este antecedente, enfatiza en el interés de sustituir los plásticos comunes por biomateriales de origen renovable y que además tengan la característica de ser biodegradables.

#### **Uso potencial de subproductos del cultivo y procesamiento de patata dulce**

De acuerdo con Akoetey et al. (2017), el cultivo y el procesamiento de patatas en una variedad de productos produce residuos orgánicos tanto sólidos como líquidos. Los residuos sólidos incluyen las peladuras, recortes de la raíz de patata y las hojas. Los residuos líquidos resultan de varios métodos de procesamiento y crean cantidades significativas de agua residual rica en nutrientes. Los materiales de desecho de la patata contienen carbohidratos, proteínas, compuestos fenólicos, macro y micronutrientes y pigmentos que tienen el potencial de ser extraídos o utilizados para diversos procesos y productos posteriores. Por tal razón, esta revisión examina muchas de las diferentes formas en que se pueden utilizar estos productos de desecho. Debido a que en el

procesamiento industrial de las patatas en productos como el almidón, la harina, productos enlatados y los purés se genera una cantidad extraordinaria de subproductos que tienen muy poca utilización en este momento.

### **Producción de etanol a partir de residuos de cáscara de patata (PPW)**

De acuerdo con Arapoglou et al. (2010), el problema de los desperdicios de cáscara de papa en las industrias de papa en Europa es considerable. Puesto que aún no se ha encontrado una solución integrada y respetuosa con el medio ambiente, y que actualmente se está investigando. Menciona además que la cáscara de papa es un residuo de valor cero producido por las plantas de procesamiento de papa. Sin embargo, el bioetanol producido a partir de desechos de papa tiene un gran mercado potencial. De modo que la cáscara de patata contiene cantidades suficientes de almidón, celulosa, hemicelulosa y azúcares fermentables que garantizan su uso como materia prima para el etanol. En este presente estudio, se hidrolizaron varios lotes de PPW con varias enzimas o ácidos, y se fermentaron con *Saccharomyces cerevisiae var. bayanus* para determinar la fermentabilidad y producción de etanol. A partir del cual los resultados demostraron que el PPW, un subproducto de la industria de la papa presenta un alto potencial para la producción de etanol.

### **Preparación y caracterización de películas activas basadas en quitosano incorporando té de polifenoles**

De acuerdo con Wang et al. (2013), se desarrollaron películas activas a base quitosano incorporando té de polifenoles con diferentes concentraciones. La espectrometría infrarroja por transformada de Fourier se utilizó para investigar la potencial interacción entre el quitosano y el té de polifenoles en las películas. Además, se evaluaron las propiedades físicas de las películas de quitosano incorporadas con te de polifenoles, cuyas propiedades incluyeron: la densidad, contenido de humedad, opacidad, color, solubilidad en agua y permeabilidad al vapor de agua. Los resultados indicaron que la incorporación de té de polifenoles causó interacciones con el quitosano lo que dio lugar a que las películas tuvieran un aspecto más oscuro. Después de la adición de té de polifenoles, las películas mostraron una mayor solubilidad en agua y una menor permeabilidad al vapor de agua.

## **Preparación y propiedades de la película biodegradable de mezcla almidón de arroz y quitosano**

De acuerdo con Bourtoom y Chinnan (2008), las películas de mezcla biodegradable a partir de almidón de arroz-quitosano se desarrollaron mediante la aplicación de una solución de película en bandejas niveladas. Se investigó además la influencia de la proporción de almidón y quitosano sobre las propiedades mecánicas, las propiedades de barrera del agua y la miscibilidad de las películas de mezcla biodegradable. La película de mezcla biodegradable de almidón de arroz-quitosano mostró un aumento en la resistencia a la tracción, la permeabilidad al vapor de agua (WVP), un color más claro y amarillento y una elongación decreciente en la rotura, y solubilidad de la película después de la incorporación de quitosano. De modo que esta investigación, señala en base a los resultados obtenidos que hay una miscibilidad molecular entre estos dos componentes. Puesto que se compararon las propiedades de la película de mezcla biodegradable de almidón de arroz-quitosano y las películas de polímeros sintéticos; los resultados demostraron que la película de mezcla biodegradable de almidón de arroz-quitosano tenía propiedades mecánicas similares a las otras películas de quitosano.

## **2.2 Marco conceptual**

### ***2.2.1 Papa***

La papa es un tubérculo comestible que posee un gran contenido de carbohidratos, es conocida en todo el mundo, se prepara y se ofrece en una gran diversidad de formas. En estado fresco de cosecha, abarca un 80 % de agua y un 20 % de materia seca. En cuanto al contenido de almidón en materia seca esta entre el 60 al 80 por ciento (FAO, 2008a).

### ***2.2.2 Origen***

La mayor variedad genética de la papa (*Solanum tuberosum L.*) sembrada y campestre se sitúa en los suelos altos de los Andes de América del Sur. La principal narración investigada que alude a la papa fue redactada por Pedro Cieza de León en 1538. El autor descubrió los tubérculos que los indígenas denominaban como papas, inicialmente se hallaron en la zona alta del valle del Cuzco, Perú y después en Quito, Ecuador (González, 2014).

Durante el año de 1994 se desarrolló una compilación de las papas plantadas en el Ecuador y se descubrieron más de 400 ejemplares distintos de especies *phureja* y *andigena*. Sin embargo, en el país habitualmente se siembran 30 cultivares, de los cuales las variedades Superchola e INIAP-Gabriela integran más de la mitad del área cultivada (Pumisacho y Sherwood, 2002a:p.21).

### ***2.2.3 Zonas productoras de papa en el Ecuador***

#### *2.2.3.1 Zona norte: Provincias de Carchi e Imbabura*

Esta zona posee la mayor producción de papa por área a nivel nacional. Con un rendimiento promedio de 21.7 t/ha. Pese a que Carchi solo se apodera del 25% de la superficie nacional destinada al cultivo de papa con 15.000 ha, la provincia produce el 40% de la cosecha anual del país. Carchi dispone de una diversidad de climas que permite cultivar desde papa en la parte alta, hasta frutales en la parte baja. El área papera de la provincia se distribuye a lo largo de las cordilleras oriental y occidental, entre los 2.800 hasta los 3.200 m.s.n.m. y con clima frío de alta montaña. (Pumisacho y Sherwood, 2002b:p.28)

#### *2.2.3.2 Zona centro: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo*

La provincia de Chimborazo posee la mayor extensión de tierra destinada al cultivo de papa a nivel nacional. No obstante, los rendimientos son parcialmente inferiores de 11 t/ha. Su clima es muy heterogéneo, debido a de fuertes variaciones de altitud que están entre 2.200 a 3.600 m.s.n.m., con temperaturas entre 6 y 15 °C. Se sitúan en esta provincia tres zonas generadoras de papa: cordillera central, occidente y nororiente. El sector de la cordillera central contiene al cantón Guano, en el cual es factible sembrar durante todo el año. La zona occidental contiene a los cantones Colta y Riobamba, en los cuales la siembra acontece entre los meses de octubre y diciembre. La región nororiental contiene al cantón Chambo, en el cual la siembra se da desde los meses de mayo a junio. (Pumisacho y Sherwood, 2002c:p.29)

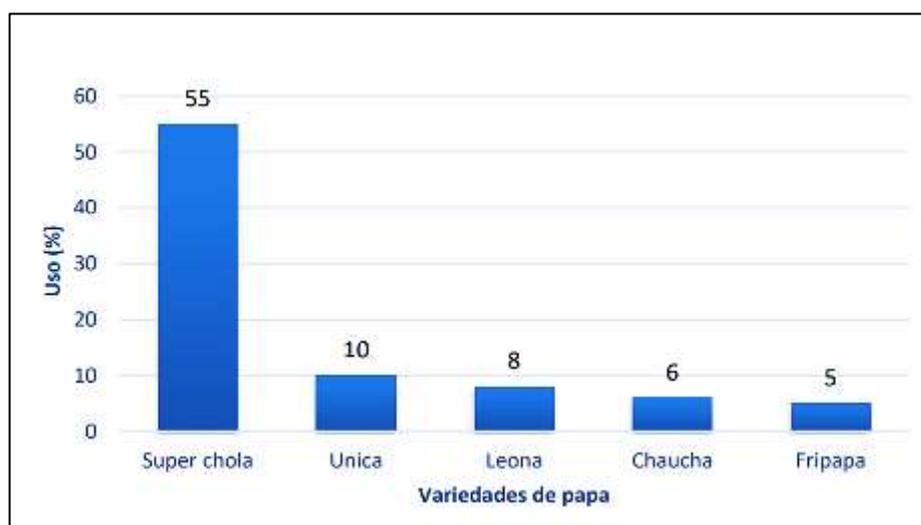
Cabe señalar que, los productores de la provincia de Chimborazo empezaron con el cultivo de semilla de papa súper chola certificada. A nivel nacional se plantaron en 630 ha en el 2016 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2016).

### 2.2.3.3 Zona sur: Provincias de Cañar, Loja y Azuay

En las provincias de Loja y Azuay, la generación de papa es escasa y el cultivo es de poco interés, precisamente a las bajas precipitaciones. En cuanto a la provincia de Cañar esta se caracteriza por ser papicultora, en la cual se sitúa el cultivo encima de los 2000 m.s.n.m. La producción de papa en este sector está entre las más bajas del país con un rendimiento de 8 a 10 t/ha. (Pumisacho y Sherwood, 2002d:p.30)

### 2.2.4 Variedad de papas en el Ecuador

De acuerdo con Barragán (2018), en el Ecuador se ubican alrededor de 400 diversidades de papas, a partir de las cuales las más usadas a nivel territorial están las siguientes: la fripapa con 5%, la chaucha con 6%, la leona con 8%, la única con 10% y la superchola con 55%, aquellas que a la vez les corresponden los siguientes rendimientos promedios de 19, 10, 9, 28 y 17 t/ha.



**Figura 1-2:** Variedad de papas mayormente empleadas en Ecuador en el año 2016.

Fuente: (Barragán, 2018)

### 2.2.5 Papa Superchola

#### 2.2.5.1 Origen genético de la variedad

Este tipo de variedad fue creada por el señor Germán Bastidas en 1984. Resulta de los cruzamientos llevados a cabo con las variedades [(Curipamba negra x *Solanum demissum*) x clon resistente con comida amarilla x chola seleccionada] (Pinango, 2016).

**Tabla 1-2:** Categorías taxonómicas de la papa superchola.

Descripción	Característica
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Serie	Tuberosa
Especie	Solanum tuberosum
Subespecie	Andígena

Fuente: (Charro, 2015)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 2.2.5.2 Características morfológicas

La papa de variedad superchola es una planta de desarrollo perpendicular con cuantiosos tallos de color verde con tintes púrpura. Cuyo follaje es denso de crecimiento breve que acapara adecuadamente el terreno, sus hojas son de un verde penetrante y sus flores son de color violeta. En cuanto al tubérculo, su estructura física es ovalada con ojos exteriores, de piel de color rosado; con color crema en torno a los ojos, y pulpa de color amarillo intenso. (Mastrocola et al. 2016a)



**Figura 2-2:** Papa variedad Superchola.

Fuente: (Tipan y Vallejo, 2016)

A continuación, en la Tabla 2-2, se muestra la composición química general de la papa.

**Tabla 2-2:** Composición química en 100 gramos de papa.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Agua	74,5	g
Proteína	2,1	g
Grasa	0,1	g
Carbohidrato	22,3	g
Fibra	0,6	g
Ceniza	1,1	g
Calcio	9	g
Fósforo	47	mg
Hierro	0,5	mg
Retinol	3	mg
Tiamina	0,09	mg
Riboflavina	0,09	mg
Niacina	1,67	mg
Ácido Ascórbico Reducido	14	mg

Fuente: (Charro, 2015)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### *2.2.5.3 Características agronómicas*

Las zonas recomendadas para su plantación son las zonas norte y centro, cuya altitud de cultivo comprende de los 2800 a 3400 m.s.n.m. Presenta un grado de maduración tardío de 180 a 210 días y un rendimiento de 20 a 30 t/ha (Mastrocola et al. 2016b).

#### *2.2.5.4 Usos*

Para consumo en estado fresco: de preferencia en sopas y en puré; para procesamiento industrial: como papas fritas en forma de hojuelas (chips), a la francesa, congeladas, prefritas y enlatadas (Mastrocola et al. 2016c).

#### **2.2.6 Almidón**

Denominado también como fécula es un polímero de fuentes naturales constituido por gránulos que presentan una configuración macromolecular organizada en capas cuya particularidad en relación a su porción, a su composición y a su apariencia dependen en gran medida de la fuente de la que procedan. El almidón es el carbohidrato de mayor opulencia vigente en la naturaleza y es una de las principales reservas de energía de las plantas y se encuentra en fuentes tan diversas como: en semillas de plantas leguminosas de lentejas y frijoles, en semillas de cereales como el arroz, el trigo y el maíz, en el tallo la palma de sagú, en tubérculos como la papa, en hojas como las del tabaco, en frutas como las manzanas y los guineos, y finalmente en raíces como el camote y la yuca. (Aristizábal y Sánchez, 2007a:p.33)

En la siguiente Tabla 3-2, se muestra el porcentaje de almidón en ciertas variedades de papa en el Ecuador.

**Tabla 3-2:** Porcentaje de almidón en varios tipos de papa.

<b>Variedad de papa</b>	<b>Almidón base húmeda (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Almidón base seca (%)</b>
Yema de huevo 1	13,99	74,80	55,51
Superchola	19,41	74,41	75,87
Roja	14,69	79,42	71,39
Violeta	14,04	70,68	47,91
Esperanza	10,73	77,91	48,59
Capiro	15,1	78,90	71,55

Fuente: (Tipan y Vallejo, 2016)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### 2.2.7 Propiedades estructurales del almidón

El almidón está formado por dos estructuras poliméricas diferentes: la amilosa y la amilopectina, constituidas por unidades de glucosa respectivamente. De manera que la amilosa es un polímero lineal en tanto que la amilopectina es un polímero ramificado. El vínculo entre la amilosa y la amilopectina es un factor importante para la elaboración de películas y tiene dominio en las propiedades mecánicas y físicas de éstas. (Domínguez y Jiménez, 2012)

Los almidones más frecuentes como el maíz y el trigo poseen cerca del 25 por ciento de amilosa y el 75 por ciento de amilopectina. Mientras que el almidón de papa contiene generalmente 20 por ciento de amilosa y 80 por ciento de amilopectina. (LEIA, 2007a:p.19)

En la Tabla 4-2, se muestra el contenido de amilosa y de amilopectina en almidones de distintas fuentes.

**Tabla 4-2:** Porcentaje de amilosa y amilopectina en varios tipos de almidones.

<b>Tipo de Almidón</b>	<b>Amilosa (%)</b>	<b>Amilopectina (%)</b>
Maíz	25	75
Mandioca	17	83
Papa	20	80
Trigo	25	75
Arroz	19	81
Maíz de alta amilosa	55	45-10
Céreo	<1	>99

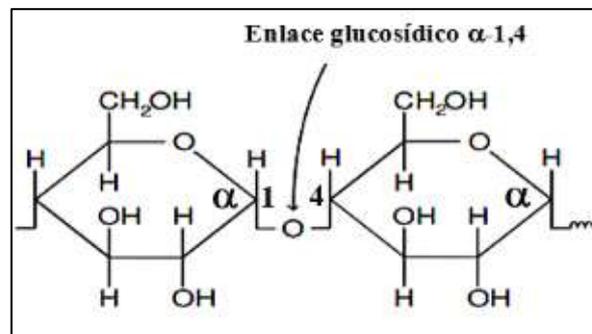
Fuente: (Charro, 2015)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

La propiedad de interés en el almidón natural radica en su semicristalinidad, por tal razón la amilopectina el elemento imperioso que coadyuva a la cristalización en la mayoría de los almidones. Las propiedades comercialmente significativas del almidón, que hacen referencia a su flexibilidad y a su resistencia mecánica, aquellas que se rigen en la fuerza y en la naturaleza de la zona cristalina, y además del nexo entre la amilopectina y la amilosa, del mismo modo se contempla la clase de planta, el nivel de ramificación, la fracción del peso molecular y el procedimiento de estructuración de los tipos de componentes en el polímero. (García, 2015a:p.15)

### 2.2.7.1 Amilosa

Polímero de unidades de D-glucosa. Las moléculas de amilosa situadas en las capas internas están constituidas alrededor de 200 a 20.000 moléculas de glucosa asociadas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,4 (Figura 3-2), básicamente lineal, las ramificaciones se encuentran en un rango intermedio entre cortas y largas, y se hallan desacopladas por amplias distancias, facultando a la molécula a desempeñarse como un polímero lineal. (Ruíz, 2014b:p.57)



**Figura 3-2:** Segmento de una molécula de amilosa.

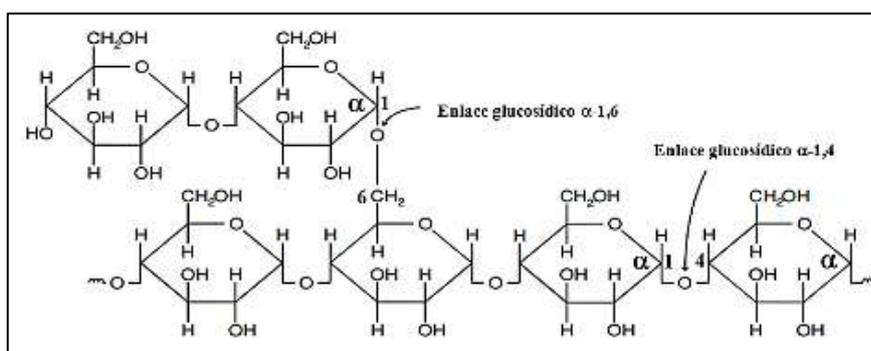
Fuente: (Ruiz, 2014)

Los almidones ricos en amilosa (sustancia soluble en agua) preservan su estructura en el momento que se moldean y gelifican, entretanto los almidones carentes de amilosa se espesan, pero no gelifican. Las partículas de amilosa son alrededor de la cuarta parte del almidón (Rodríguez, 2008).

### 2.2.7.2 Amilopectina

La estructura de la amilopectina, ubicada en la capa exterior, es distinta a la de la amilosa. Está constituida por cadenas de glucosa anexadas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,4. A diferencia de la amilosa, en la amilopectina a cada 15 a 30 unidades hay una ramificación las cuales se deben a los enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,6 con otras moléculas de glucosa como se observa en la Figura 4-2. Las ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa. (Ruiz, 2014c:p.58)

Las moléculas de amilopectina son relativamente de mayor tamaño en comparación con las moléculas de amilosa, un grupo de ellas poseen entre 10.000 y 20 millones de unidades de glucosa. El peso molecular de la amilosa está entre 50.000 a 200.000 g/mol. Y el de la amilopectina está entre 1.000000 a varios millones. Cuya susceptibilidad a retrogradación en la amilosa es alta a diferencia de la amilopectina que es baja. (Durán et al. 2005)



**Figura 4-2:** Segmento de una molécula de amilopectina.

Fuente: (Ruiz, 2014)

### 2.2.8 Extracción de almidón

Los métodos de extracción de almidón a partir de surtidas fuentes naturales son diversos. Los métodos de extracción de almidones por decantación usando como disolvente al agua destilada o una base son considerados como procesos de elevado rendimiento y económicos (Medina et al. 2010).

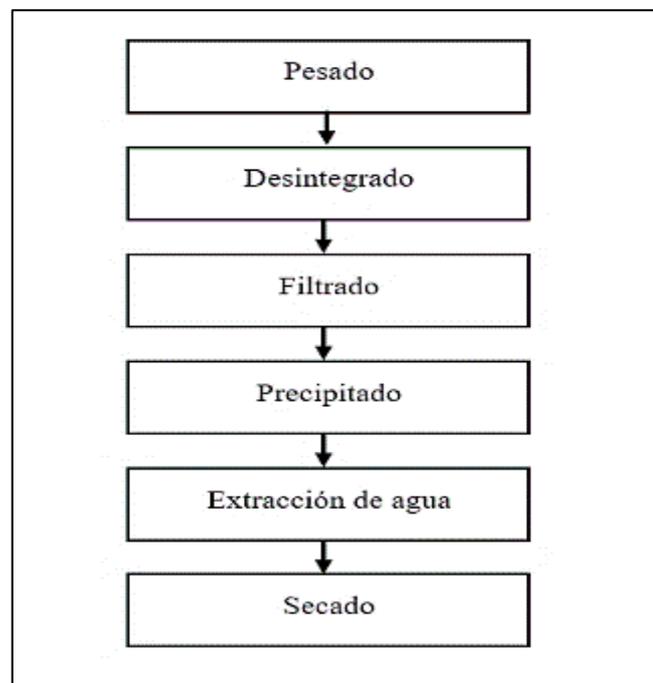
En el boletín de servicios agrícolas de la FAO, el método de extracción de almidón de yuca comprende básicamente las siguientes etapas: recolección de las raíces, enjuagado y trasquilado de las raíces, rallado, extracción, sedimentación, secado y adecuación (incluye los procesos de trituración, tamizado y de embalaje). (Aristizábal y Sánchez, 2007b:p.49)

Según Melian (2010), hay otra manera de extraer el almidón por medio del método de decantación natural. Este proceso consta de dos etapas de decantación, cada una de ellas con un tiempo de 6h. Se añade una disolución de hidróxido de sodio al 0,02% de p/v, con la finalidad de volver insoluble a las proteínas. Luego se ajusta el pH de la disolución hasta llegar a 7. Por último, la muestra filtrada que corresponde al almidón resultante es secado en una estufa a una temperatura de  $45 \pm 2$  °C por 24h. Pasado un tiempo determinado, el almidón se somete a molienda para su posterior envasado.

### 2.2.9 Almidón de Papa

El almidón de papa se caracteriza por ser un polvo fino blanquecino de extraordinaria textura, sin sabor y sin olor, el cual brinda una mayor viscosidad en comparación con los almidones de maíz y de trigo, además de posibilitar y facilitar la elaboración de productos más apetecibles (FAO, 2008b).

A continuación, en la Figura 5-2 se exhiben las etapas que integran el proceso general de obtención de almidón de papa.



**Figura 5-2:** Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa.

**Fuente:** (Arroyo y Alarcón, 2014)

Por otro lado, en la Tabla 5-2 se describen las aplicaciones en la industria del almidón de papa.

**Tabla 5-2:** Aplicaciones industriales del almidón de papa.

Industria	Aplicaciones
Alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricación de edulcorantes (fructuosa y glucosa).</li> <li>• Pastelería y repostería como suplente de la harina de trigo.</li> <li>• Estabilizante o espesante de helados, sopas, salsas y gelatinas.</li> <li>• Panadería en productos horneados el almidón incrementa la esponjosidad y quebrabilidad en galletería.</li> <li>• Bebidas alcohólicas el almidón se fermenta y se destila para producir el vodka y el aguardiente.</li> </ul>
Farmacéutica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de dextrosa a partir de almidón, para comprimidos, tabletas y pastillas.</li> </ul>
Textil y Papel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tintorería, a partir del almidón se crea una pasta para planchar la ropa y para confeccionar varios tipos de papel, como el kraft conocido como papel de madera y cartones.</li> </ul>
Minera y Petrolera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metalurgia, actúa como floculante selectivo y como agente floculante en minas de potasio.</li> <li>• Se emplea también en sistemas de tratamiento de aguas.</li> </ul>
Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la fabricación de pegamentos y espumas de poliuretano.</li> </ul>
Plásticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para procesamiento de productos desechables como platos, cuchillos y para vajillas. Actúa como sustituto cien por ciento biodegradable del poliestireno y otros plásticos.</li> </ul>

Fuente: (Pochteca, 2015)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

## ***2.2.10 Procesos de gelatinización y de retrogradación del almidón***

### *2.2.10.1 Gelatinización*

Es el proceso en el cual los gránulos de almidón que son insolubles en agua fría a causa de su estructura altamente sistematizada, se caldean a temperaturas de 60°C a 70°C en donde inicia un proceso lento de absorción de agua en las regiones intermicelares deformes escasamente organizadas y asequibles. Conforme se eleva la temperatura, se recolecta más agua con lo cual el granulo comienza a ensancharse aumentando su volumen. El intervalo de temperatura en el que

se da el hinchamiento de la mayoría de los gránulos se define como rango de gelatinización, el mismo que es propio de la variedad del almidón que se está estudiando. De manera que, si se prosigue suministrando calor a los gránulos ensanchados, estos se quebrarán parcialmente de modo que la amilosa y la amilopectina se distribuirán en la matriz de la disolución. Al terminar dicho proceso se forma una pasta o gel. (AMYD, 2013a)

**Tabla 6-2:** Propiedades de los gránulos de diversos almidones.

Almidón	Tipo	Morfología	Diámetro (µm)	Contenido de amilosa (%)	Temperatura gelatinización (°C)	Propiedad de cocción
Maíz	Cereal	Redondo poligonal	5-30	25	62-72	Gel opaco
Yuca	Raíz	Ovalado truncado	4-35	17	62-73	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Papa	Tubérculo	Ovalado esférico	5-100	20	59-68	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Trigo	Cereal	Redondo lenticular	1-45	25	58-64	Gel opaco

FUENTE: (Aristizábal y Sánchez, 2007)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

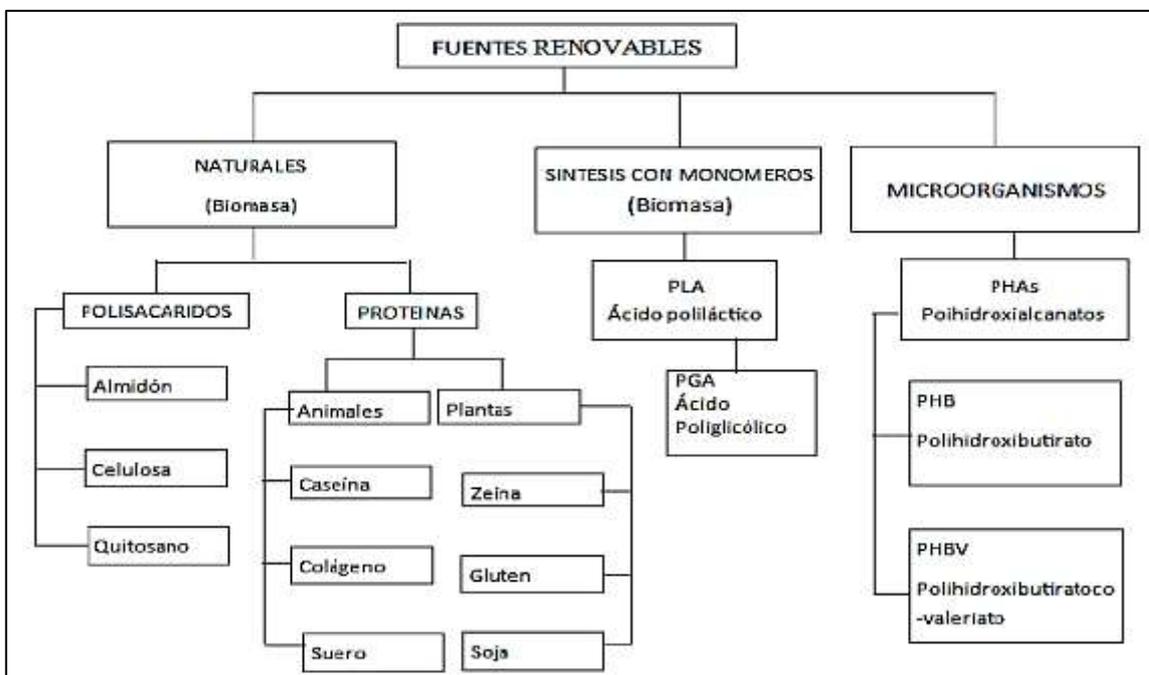
### 2.2.10.2 Retrogradación

Es la insolubilización y precipitación voluntaria de las moléculas de amilosa, puesto que sus cadenas lineales se ordenan análogamente por medio de puentes de hidrogeno. Cada ejemplar de almidón posee una predisposición distinta ante la retrogradación la cual está vinculada de acuerdo al contenido de amilosa. Existen dos vías a través de las cuales se puede realizar la retrogradación, las mismas que se rigen en base a la concentración y a la temperatura del sistema: esta la vía rápida, cuando se calienta una disolución condensada de amilosa y la cual se orea velozmente a temperatura ambiente, formándose un gel endurecido y transformable. Y la vía lenta, en la que una disolución diluida se convierte en opaca y la cual se precipita luego de caldearse, dejándose enfriar paulatinamente a temperatura ambiente. (AMYD, 2013b)

### 2.2.11 Bioplásticos

Según “European Bioplastics”, la federación europea que personifica a fabricantes, industrias procesadoras y clientes de productos bioplásticos biodegradables, razón por la cual estos bioplásticos se designan como “polímeros basados en recursos renovables” (LEIA, 2007b:p.14).

El bioplástico es “un plástico de origen natural producido por un organismo vivo y con carácter biodegradable, sintetizado a partir de fuentes de energía renovables, por lo que apenas produce contaminación” (López, 2009).



**Figura 6-2:** Polímeros procedentes de fuentes renovables.

Fuente: (LEIA, 2007)

#### 2.2.11.1 Generalidades

Los bioplásticos fabricados con material biodegradable como el almidón (maíz, yuca, papa), este no es perjudicial para el ser humano, puesto que posee un alto contenido energético. De manera que el producto es asimilable sin ningún peligro por organismos vivos. Cabe señalar que, los productos bioplásticos comercializados tienen entre 30 y 100% de materiales renovables. El uso de biomasa renovable ayuda a combatir el cambio climático, sin embargo, el uso de plásticos provenientes de combustibles fósiles genera cantidades masivas de gases efecto invernadero. (Ambienta, 2007a)

Los plásticos biodegradables procedentes del petróleo no satisfacen la norma internacional EN 13432 de biodegradabilidad, mientras que los bioplásticos si lo hacen, es así que los productos desechables de bioplásticos se degradan en un periodo menor a un año, donde el residuo final del proceso es la generación de CO<sub>2</sub>, agua y biomasa. Al contrario de los productos desechables plásticos (polietileno, polipropileno) y de poliestireno expandido (Espumaflex) que tardan hasta 1.200 años en degradarse, generando una contaminación acumulativa al ecosistema.(García, 2015b:p.20)

A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones de los plásticos biodegradables en la industria.

**Tabla 7-2:** Aplicaciones industriales de los bioplásticos.

<b>Industria</b>	<b>Aplicaciones</b>
Alimentaria	Para la producción de empaques biodegradables, envolturas comestibles para la preservación de las frutas, pescados, carnes entre otros.
Envases	Para la producción de envases, que se derivan en mercados de envases flexibles como son las bolsas y los films; envases rígidos como las bandejas, vasos y botellas.
Química	Para la producción de artículos de higiene, en espumas, para juguetes amigables con el medio ambiente y para llantas de vehículos.
Electrónica	Carcasa para walkman y cubiertas para teléfonos móviles que tienen la característica de ser reutilizadas a través del compostaje.

FUENTE: (NaturePlast, 2016)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### ***2.2.12 Componentes para la elaboración de bioplásticos***

Para hacer posible la elaboración de un bioplástico a partir de almidón, se requiere la adición de ciertos reactivos en la mezcla que aseguren las condiciones necesarias para su obtención. Por esta razón los bioplásticos precisan de componentes que proporcionen características de plasticidad, humectación, espesantes, resistencia, lubricación y desmoldantes. (Meneses et al. 2007)

### *2.2.12.1 Plastificante*

De acuerdo con la norma ASTM D883, “un plastificante es un material que se incorpora a un plástico para facilitar su procesamiento y mejorar su flexibilidad o distensibilidad”.

#### *2.2.12.1.1 Agua destilada*

Es el agua resultante de un proceso minucioso de destilación de la cual fue sujeto con la finalidad de suprimir las impurezas. Por medio de la destilación se consigue un agua carente de cloruros, calcio, fluoruros y magnesio. Su fórmula química es H<sub>2</sub>O. Este tipo de agua es usada como un plastificador para alcanzar la desintegración estructural del almidón durante la preparación de la mezcla para generar un almidón termoplástico, el cual se emplea con la intención de conseguir propiedades mecánicas, así como también propiedades de barrera optimas, teniendo en cuenta una vez más que el agua es el plastificador más cuantioso aparte de ser económico. (Quimipedia, 2017)

#### *2.2.12.1.2 Glicerina*

Es una sustancia viscosa, incolora, de sabor dulce y de olor característico, compuesta principalmente por alcohol el cual dispone de tres grupos hidroxilos (OH) y cuya fórmula molecular es C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>. Esta sustancia no es tóxica, presenta solubilidad en agua y además se deshace en hervor. De igual manera que el agua destilada el glicerol también es considerado como un plastificador, el cual proporciona suavidad y humectación al almidón. Este compuesto es de gran importancia para la retrogradación de artículos termoplastificados, asimismo su comportamiento como lubricante suministra la movilidad necesaria para las cadenas poliméricas correspondientes al almidón. (Méndez, 2010)

#### *2.2.12.2 Modificador químico*

Según Peñaranda et al. (2008), la transformación química que sufre el almidón está de primera mano afín con la reacción que padece el grupo funcional hidroxilo del polímero en cuestión. De este modo las siguientes determinaciones como: la oxidación, la configuración de ésteres, la hidrólisis del grupo hidroxilo y la reacción vía éter, son ciertas transformaciones químicas acoplables al almidón. Usualmente la esterificación del polisacárido con el ácido orgánico es una de las modificaciones más veleidosa para de este biopolímero.

#### *2.2.12.2.1 Ácido acético*

Es un líquido incoloro de olor distintivo que presenta solubilidad en agua. Se denomina también como ácido etanoico, se caracteriza por ser un ácido orgánico que se presencia principalmente en el vinagre el cual le brinda ese sabor avinagrado. Su fórmula molecular es (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>). Se trata de un aditivo sugerido que actúa como modificador químico, debido a que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, otorgándole particularidades hidrofóbicas a dicho material con cual se trabaje. (Rosales, 2016)

#### *2.2.12.3 Desmoldante*

Es fundamental que el material bioplástico no se aglutine a la máquina de producción durante su procesamiento de forma que se puedan separar con simplicidad del molde los objetos moldeados. Motivo por el cual se consideran los siguientes lubricantes que actúan como desmoldantes, aquellos que son: sales sódicas del ácido esteárico, aceites, ceras, entre otros. Es así que una vez que se extraen los productos del molde, los lubricantes pueden exudar desde el bioplástico y evitar que estos se adhieran entre sí, proporcionando características antiadherentes y de deslizamiento a la superficie plástica. Suelen ser productos específicos para cada polímero a transformar. (García y Huerta, 2013)

### **2.2.13 Fundamentos para la caracterización del bioplástico**

#### *2.2.13.1 Determinación de Humedad*

Se define a la humedad como el agua que se dispersa en una pequeña cantidad en forma de vapor, dentro de un sólido o condensado en una superficie (Oxford, 2019).

Los procedimientos de secado son los más recurrentes para estimar la cantidad de humedad en determinados productos, estos se llevan a cabo por calentamiento y en base a normas establecidas. La cuantificación de la cantidad de humedad ejerce una función esencial que permite certificar la calidad de dicho producto a escala industrial. (Mettler Toledo, 2019)

La medición de la humedad por medio del método de secado por estufa, implica la disminución del peso de la muestra a través de la evaporación del agua. Por tanto, esta metodología se sustenta en la estufa y en la báscula analítica, la cual radica en el acondicionamiento de la muestra, pesaje, secado, enfriado y pesaje hasta valor constante. (UNAM, 2008)

### *2.2.13.2 Determinación del Espesor*

Se define espesor como el grosor de un elemento, es decir, que tan grueso o ancho es una capa de material. En ingeniería el espesor define la resistencia o elasticidad de un material y este se puede determinado por medición directa con micrómetro (Sánchez, 2017).

En la industria de los revestimientos, la medida más crítica es la del espesor de la película seca, ya que brinda un reporte esencial con respecto a la vida útil del material, la competencia del producto acorde a los objetivos previstos y el aspecto que presenta, aparte de garantizar la certificación de estatutos internacionales. (Elcometer, 2016)

### *2.2.13.3 Determinación del ensayo de resistencia a la tracción*

De acuerdo con la norma INEN 2637, el ensayo de tracción permite la determinación de un punto final de la degradación, es decir el un punto frágil para películas y láminas de polietileno/polipropileno degradable. La propiedad de alargamiento por tracción puede variar con el espesor de la probeta, el método de preparación, la velocidad de ensayo, el tipo de mordazas empleadas, y la forma de medir la extensión de ensayo. Por lo tanto, este ensayo muestra la resistencia a la tracción y la deformación a la rotura que el material en cuestión tiene la capacidad soportar.

### *2.2.13.4 Determinación de la permeabilidad al vapor de agua*

Se define permeabilidad al vapor de agua como la velocidad de transmisión de vapor de agua por unidad de área del material y por unidad de diferencia de presión entre dos superficies específicas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad (Escobar et al. 2009).

La ASTM E96 “Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials”, esta norma indica que, por medio de aparatos simples, se puede obtener valores fiables de transferencia de vapor de agua a través de materiales permeables y semipermeables.

Dichos valores son para el uso en el diseño, fabricación y comercialización de materiales, las condiciones de prueba deben seleccionarse según las circunstancias de uso que más se acerquen a la utilidad, ya que el vapor de agua es importante como en el papel, material plástico y lámina (Chicaiza, 2019).

### 2.2.13.5 Determinación de la biodegradabilidad

La norma ASTM D-5488-94d define “biodegradable” como “capaz de sufrir descomposición a dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo predominante la acción enzimática de microorganismos, que puede medirse mediante ensayos estándar, en un periodo especificado de tiempo, que refleja las condiciones de eliminación disponibles”.

La compostabilidad se define como la biodegradabilidad del material en condiciones establecidas utilizando un medio de compost. De manera que la compostabilidad según a lo establecido anteriormente por la norma ASTM, requiere que el plástico se descomponga en biomasa, CO<sub>2</sub> y agua. Esto conduce a un cambio significativo en la estructura química del material. (Ipsita y Visakh, 2015)

La norma europea EN 13432, define que los productos finales de las reacciones en presencia de oxígeno y sin oxígeno son las siguientes:

Descomposición aeróbica (con oxígeno): CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + biomasa.

Descomposición anaeróbica (sin oxígeno): CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> + biomasa.

Cabe señalar que los nuevos materiales bioplásticos desarrollados por las industrias de productos desechables como las fundas a base almidón son biodegradables, desintegrantes y carecen por completo de ecotoxicidad, debido a que pueden ser incineradas, porque el CO<sub>2</sub> producido por la incineración es equivalente al que anteriormente fue absorbido por las plantas utilizadas para su fabricación durante su crecimiento. Estos productos cumplen con la norma europea EN 13432, cuyo umbral de biodegradabilidad exigido por la norma es del 90% y un máximo de seis meses y en cuanto a la desintegración, y cuyo material debe quedar fragmentado en segmentos pequeños transcurridas las 12 semanas. (Ambienta, 2007b)

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Hipótesis y especificación de las variables

##### *3.1.1 Hipótesis General*

Al procesar el almidón procedente de las cascara de papa variando las condiciones con reactivos que cumplen la función de plastificantes, humectantes, espesantes y desmoldantes, se obtendrán láminas de bioplástico que posean características similares a los plásticos tradicionales en base a las normativas planteadas.

##### *3.1.2 Hipótesis Específicas*

- El bioplástico obtenido se degrada en menor tiempo que plástico tradicional lo cual contribuye a disminuir la contaminación ambiental.
- Dicho material bioplástico puede ser utilizado en la industria para diversas aplicaciones.

##### *3.1.3 Identificación de Variables*

###### *3.1.3.1 Variable independiente*

- Combinación de aditivos

###### *3.1.3.2 Variables dependientes*

- Espesor
- Humedad
- Permeabilidad
- Resistencia
- Biodegradabilidad

### 3.1.4 Matriz de Consistencia

**Tabla 1-3:** Matriz de consistencia orientado a la obtención de plásticos biodegradables.

<b>ASPECTOS GENERALES</b>	<b>Problema general</b>	La mayoría de los plásticos no son biodegradables, lo cual genera una contaminación progresiva.
	<b>Objetivo general</b>	Obtener plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscara de papa para su aplicación industrial.
	<b>Hipótesis general</b>	Al procesar el almidón procedente de las cascara de papa variando las condiciones con reactivos que cumplen la función de plastificantes, humectantes, espesantes y desmoldantes, se obtendrán láminas de bioplástico que posean características similares a los plásticos tradicionales en base a las normativas planteadas.
<b>ASPECTOS ESPECÍFICOS</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraer almidón a partir de la cáscara de papa de acuerdo a investigaciones enfocadas a este proceso.</li> <li>• Plantear formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos.</li> <li>• Comparar el bioplástico obtenido con la formulación a partir de almidón comercial de papa.</li> <li>• Evaluar el bioplástico obtenido con respecto a parámetros físicos como: espesor de acuerdo a la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo a la norma INEN 2637.</li> </ul>
	<b>Hipótesis específicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El bioplástico obtenido se degrada en menor tiempo que plástico tradicional lo cual contribuye a disminuir la contaminación ambiental.</li> <li>• Dicho material bioplástico puede ser utilizado en la industria para diversas aplicaciones.</li> </ul>
	<b>Variables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable independiente: Combinación de aditivos.</li> <li>• Variables dependientes: espesor, humedad, permeabilidad, resistencia y biodegradabilidad.</li> </ul>
	<b>Técnicas de recolección de datos para cada una de las variables</b>	Fuentes bibliográficas; Tratamiento de datos y análisis de resultados mediante el uso del programa Excel y Statgraphics Centurion XVI.I.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

## **3.2 Tipo y Diseño de Investigación**

### ***3.2.1 Tipo de Investigación***

La investigación es de tipo exploratoria puesto que se realiza con el propósito de obtener datos fieles y seguros que sirvan de base en estudios futuros (García, 2015c:p.24).

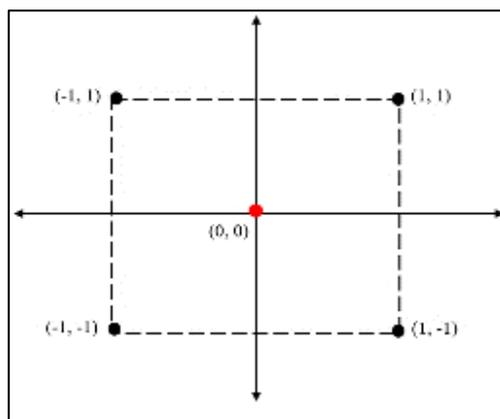
Es un estudio exploratorio, debido a que el tema seleccionado busca explorar en el uso del almidón a partir de cáscara de papa para su aplicación en bioplásticos siendo este un argumento poco estudiado a nivel nacional y cual es muy novedoso desde el punto de vista ecológico.

### ***3.2.2 Diseño de Investigación***

En cuanto al diseño de investigación este es experimental y retrospectivo por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales en condiciones controladas. El cual resulta útil para evaluar qué modelo de pronóstico debería considerarse más preciso para esta investigación. (Vermorel, 2013)

En base a Ferré (2002), el “diseño factorial  $2^k$  tiene k factores cada uno a 2 niveles, cuyos niveles pueden ser cuantitativos o cualitativos”.

Se utilizó la metodología impartida por Charro (2015), con algunas adaptaciones, puesto que se trabajó con el diseño factorial  $2^2$  con un punto central y cuatro puntos factoriales, el cual estudia el efecto de dos factores/aditivos (glicerina y ácido acético) considerando dos niveles (nivel bajo (-) y nivel alto (+)) en cada uno. Para determinar las combinaciones de los aditivos se empleó el programa Statgraphics Centurion XVI.I que generó 5 combinaciones o tratamientos, y cuyo esquema se exhibe en la Figura 1-3 y la Tabla 2-3.



**Figura 1-3:** Esquema del diseño factorial  $2^2$ .

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

En la siguiente Tabla 2-3, se tienen los factores con sus respectivos niveles, nivel bajo (-) y nivel alto (+).

**Tabla 2-3:** Matriz de experimentos en base al diseño factorial  $2^2$ .

Tratamientos	Valor de los niveles	Factores	
		% Glicerina	% Ácido Acético
1	[ -1 ; -1 ]	3,95	3,95
2	[ -1 ; 1 ]	3,66	10,98
3	[ 1 ; -1 ]	6,41	3,85
4	[ 1 ; 1 ]	5,95	10,71
5	[ 0 ; 0 ]	5,00	7,50

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### 3.3 Población de Estudio

La población considerada para el presente estudio fue la cáscara de papa superchola que provino del mercado San Alfonso de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

### 3.4 Tamaño de Muestra

Se trabajó con 7 kg como muestra de cáscara de papa.

### 3.5 Selección de muestra

La muestra seleccionada es una muestra no probabilística. Puesto que 582g de almidón a partir de cáscara de papa fue obtenido mediante el proceso de extracción por decantación natural, para el correspondiente análisis.

### 3.6 Técnicas de Recolección de Datos

Se tiene a continuación una tabla descriptiva de las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos concernientes a este trabajo de investigación.

**Tabla 3-3:** Recursos para la recolección de datos.

Técnicas de recolección de datos	Instrumento
Recolección de información	<ul style="list-style-type: none"><li>Fuentes Bibliográficas: internet, libros electrónicos, artículos científicos, boletines y revistas científicas.</li></ul>
Tratamiento de datos y análisis de resultados	Programas: <ul style="list-style-type: none"><li>Statgraphics Centurion XVI.I.</li><li>Excel</li></ul>

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### 3.8. Metodologías para la recolección de datos experimentales

#### 3.8.1 Lugar de realización

- El tema de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Instrumental de la Facultad Ciencias de la ESPOCH.

##### 3.8.1.1 Materiales, equipos y reactivos

#### Materia Prima

- Almidón a partir de cáscara de papa

## **Reactivos**

- Agua destilada
- Glicerina
- Ácido acético

## **Materiales**

- Beaker de 100 ml
- Varilla de agitación
- Probeta de 50 ml
- Espátula
- Placas de petri de vidrio
- Bandeja de Vidrio
- Cernidor plástico
- Recipientes plásticos con tapa hermética
- Papel Aluminio
- Mortero de porcelana con pistilo

## **Equipos**

- Hot plate
- Licuadora
- Desecador
- Cronómetro
- Micrómetro
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica
- Termómetro digital
- Estufa con circulación de aire forzada
- Maquina universal de ensayo de materiales

### 3.8.2 Fase de Laboratorio

Para el correcto desarrollo de la presente investigación se siguieron las etapas que se detallan a continuación:

3.8.2.1 Extracción de almidón a partir de cáscara de papa para su posterior caracterización.

3.8.2.2 Elaboración del bioplástico a partir de las formulaciones planteadas en base al diseño factorial  $2^2$ .

3.8.2.3 Caracterización del bioplástico, determinación de parámetros físicos: espesor, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos: ensayo de resistencia a la tracción.

3.8.2.1 Extracción de almidón a partir de cáscara de papa para su caracterización.



**Figura 2-3:** Diagrama de flujo para el proceso de extracción.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

Se siguió el método de extracción por decantación natural descrito por Melian (2010) con ciertas modificaciones basadas en Aristizábal y Sánchez (2007) y Moreno et al. (2017). Se describe a continuación el proceso realizado.

- **Selección de la variedad de papa.** En base a una revisión previa de fuentes bibliográficas relacionadas con el contenido de almidón presente en distintas variedades de papa en el Ecuador como el que consta en la Tabla 3-2, se elijé a la papa superchola por ser la que tiene un porcentaje superior de almidón.
- **Clasificación de la cáscara de papa y lavado.** Los criterios de inclusión para la selección de las cascaras de papa son aquellas con buena apariencia física y homogéneas. Luego se quita la tierra de las cascaras de papa con la ayuda de un estropajo y agua.
- **Secado y pesado.** Posteriormente se deja secar las cascaras de papa a temperatura ambiente para luego ser pesadas hasta obtener 7 kilogramos.
- **Triturado.** Se trituran las cascaras de papa junto con el agua con la ayuda de una licuadora y se filtran a través de un cernidor plástico.
- **Lavado y filtrado.** El sobrante de la muestra triturada se coloca en el colador filtrante, y se realiza varios lavados con agua hasta observar que el agua de lavado sea transparente.
- **Decantado.** Se recoge el agua de lavado y se ubica en un recipiente con tapa hermética y se dejar decantar por 12 horas, para luego eliminar el agua sobrenadante.
- **Secado.** Se recoge el sedimentado (almidón) en bandejas de vidrio y se deja secar en la estufa a 50 °C por un tiempo de 14 horas.
- **Acondicionamiento.** Finalmente se empaca el almidón obtenido y se deposita en un lugar fresco.

En cuanto a la caracterización del almidón, este se realizó en los siguientes Laboratorios.

- **Porcentaje de Humedad.** Se realizó en el Laboratorio de Química Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- **Porcentaje de Almidón y Porcentaje de Amilosa.** Se realizó en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

### 3.8.2.2 Elaboración del bioplástico a partir de las formulaciones planteadas en base al diseño factorial 2<sup>2</sup>.

#### 3.8.2.2.1 Formulaciones

Teniendo como referencia a trabajos de investigación como el realizado por García (2015) y Bejarano (2018), para la obtención de bioplásticos, se tiene a continuación las formulaciones planteadas al en base al diseño factorial 2<sup>2</sup>.

**Tabla 4-3:** Formulaciones planteadas en base al diseño factorial 2<sup>2</sup>.

Formulación	Porcentaje Peso a Peso			
	Glicerina	Ácido Acético	Almidón	Agua Destilada
1	3,95	3,95	13,16	78,95
2	3,66	10,98	12,20	73,17
3	6,41	3,85	12,82	76,92
4	5,95	10,71	11,90	71,43
5	5,00	7,50	12,50	75,00

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

Se generaron 5 tipos de formulaciones, considerando como factores variables a la cantidad de glicerina y ácido acético puesto que éstos contribuyen de cierto modo con la elasticidad y firmeza del material resultante. Con respecto a la cantidad de agua destilada y de almidón procesado a partir de la cascara de papa, estos fueron factores que se tomaron de las referencias previamente citadas. (Meza, 2016)

En la Tabla 5-3, se muestra el esquema del diseño experimental para el bioplástico, en el que se consideraron tres replicas para cada formulación dando un total de 15 unidades experimentales.

**Tabla 5-3:** Esquematación del diseño experimental para el bioplástico.

Formulaciones														
F1			F2			F3			F4			F5		
R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3

Leyenda:

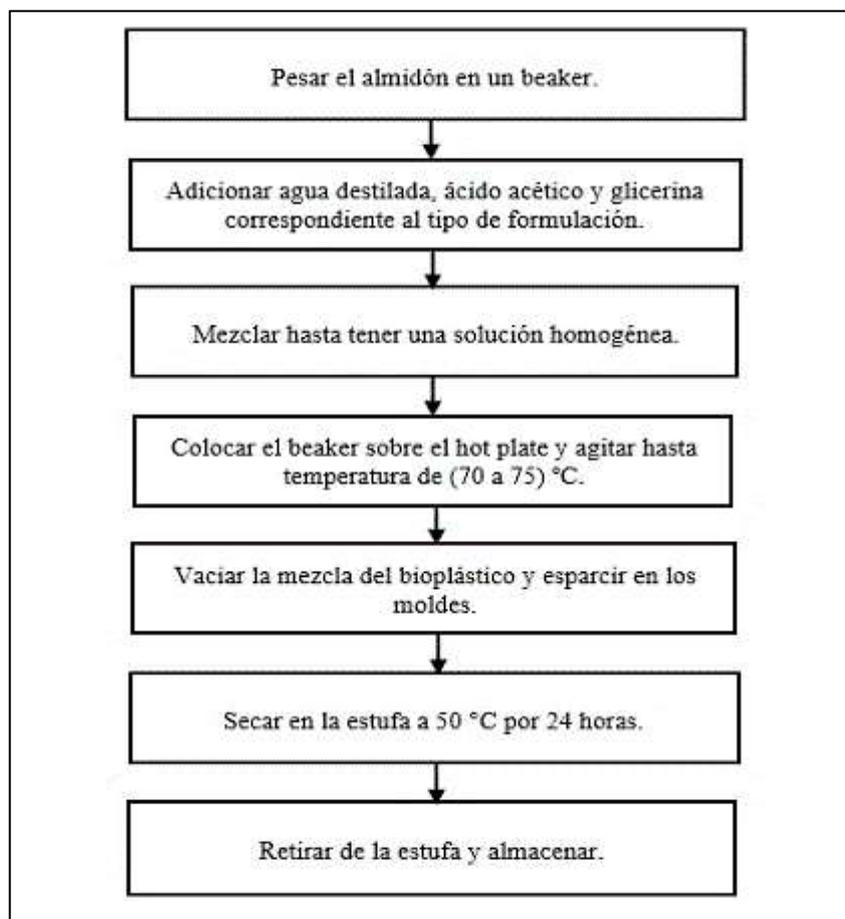
F1, F2, F3, F4 y F5 = Formulaciones.

R = Replicas.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### 3.8.2.2.2 Elaboración del bioplástico

Se siguió el procedimiento para la elaboración del bioplástico descrito por Meza (2016) con ciertas modificaciones basadas en Terrazas et al. (2015) y, así como por Versino y García (2018). Se describe a continuación el proceso realizado.



**Figura 3-3:** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de bioplásticos.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

### 3.8.2.3 Caracterización del bioplástico: Determinación de parámetros físicos y mecánicos.

#### 3.8.2.3.1 Análisis Sensorial

Este análisis permite estimar la formulación que presente las mejores características con respecto a parámetros organolépticos que serán evaluados en el material de estudio. De modo que se busca seleccionar un bioplástico que sea catalogado como aceptable y con características similares al plástico tradicional. Razón por la cual se consideró medir los atributos organolépticos más importantes como el aspecto, la textura, la flexibilidad y la resistencia. (Tubón, 2013)

La valoración de los atributos de las láminas de bioplástico en base a su respectiva formulación en la evaluación sensorial, se realizó mediante una tabla de puntuación estructurada con una calificación de 1 y 5 es decir, de una menor puntuación (inaceptable) a mayor puntuación (aceptable), según la apreciación del tacto y la vista ante los parámetros organolépticos. (Loyola et al. 2010)

**Tabla 6-3:** Valoración para la evaluación sensorial en los bioplásticos.

Atributos organolépticos				Puntos
Opaco	Áspera	Poco Flexible	Débil	1
Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte	5

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 3.8.2.3.2 Determinación del espesor

Este análisis se basó en la norma técnica ecuatoriana INEN 2542 y la norma española UNE-ISO 4593. El procedimiento para la determinación del espesor por medición directa con micrómetro es el siguiente:

Se midió con un micrómetro digital (Jiuliang), entre 0 y 25mm con una exactitud de 0.001mm. El proceso inició con la recepción de las láminas de bioplástico acondicionadas para este ensayo, se realizaron 10 mediciones en puntos uniformemente espaciados a lo largo de la lámina seleccionada. Finalmente, el resultado del ensayo se expresó como el promedio de las mediciones.

### 3.8.2.3.3 Determinación del contenido de humedad

Se utilizó el protocolo desarrollado por Hernández (2018), mediante el cual se determinó el contenido de humedad de las láminas de bioplástico al ser sometidas a un proceso de secado en una estufa Memmert a  $105 \pm 1$  °C durante 24 h. Y cuyo valor se obtuvo midiendo la pérdida de peso de las láminas. Este ensayo fue efectuado por triplicado y sus resultados fueron promediados.

La ecuación utilizada para esta prueba es la siguiente:

$$\text{Contenido de Humedad (\%)} = \frac{(M_w - M_d)}{M_w} \times 100\%$$

Donde:

$M_w$  = peso de las láminas acondicionadas a 75% HR.

$M_d$  = peso seco de las láminas.

### 3.8.2.3.4 Determinación de la permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua de las láminas se determinó gravimétricamente de acuerdo con el método estándar GB1037-88 (similar al método ASTM) descrito por Wang et al. (2013). Se utilizó una copa de aluminio con las siguientes dimensiones: 3.5 cm de diámetro interno, 6 cm de diámetro externo cuya área expuesta es de 28.27 cm<sup>2</sup> y con una profundidad de 7.5 cm.

La copa se llenó con 2 g de CaCl<sub>2</sub> para proporcionar 0%HR y se selló con la lámina, posteriormente se ubicó la copa en el desecador a temperatura ambiente junto con una solución saturada de KNO<sub>3</sub> para alcanzar el 95% HR. La copa se pesó reiteradamente cada 2 horas por un tiempo de 18 horas, empleando una balanza analítica con una precisión de 0.1 mg (Ohaus Explorer® Analytical).

La WVTR, velocidad de transmisión de vapor de agua de las láminas se estableció por medio de la gráfica del peso ganado en función del tiempo. Donde la pendiente de la porción lineal en esta gráfica simboliza la cantidad de vapor de agua en estado estacionario que se propaga a través de la lámina por unidad de tiempo. La WVTR se expresó en unidades de gramo, por metro cuadrado, por día. Se trabajó con tres muestras por cada lámina.

El WVP de las láminas se calculó multiplicando el WVTR por el espesor de la lámina y dividiéndolo por la diferencia de presión de vapor de agua entre las láminas. La WVTR y WVP se determinaron mediante la siguiente ecuación de (Srinivasa et al., 2007).

$$WVTR = \frac{\text{pendiente}}{A}$$
$$WVP = \frac{WVTR \times d}{p \times (R_1 - R_2)}$$

Donde:

WVP = expresada en (g mm m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup>).

A = área expuesta.

d = espesor de lámina.

p = saturación de presión de vapor de agua a la temperatura de análisis (25 °C).

R<sub>1</sub> = humedad relativa en el desecador.

R<sub>2</sub> = humedad relativa dentro de la copa de aluminio.

#### 3.8.2.3.5 Determinación del ensayo de resistencia a la tracción

Para este ensayo de tracción se utilizó el protocolo establecido por la norma INEN 2637, con algunas modificaciones. El procedimiento es el siguiente:

Se trabajó con tres muestras para cada probeta de bioplástico, acondicionadas y con las siguientes dimensiones: ancho de 13 a 25.80 mm y longitud de 152 mm. Luego se midió el espesor de las probetas para este ensayo con un micrómetro digital. Cabe señalar que este ensayo de tracción se realizó en un laboratorio externo. Posteriormente se estableció la velocidad de separación de las mordazas para una velocidad de deformación inicial de 0.1mm/mm x min. A continuación, se colocó la probeta en las mordazas de la máquina universal de ensayo hasta alinear el eje longitudinal de la probeta con una línea imaginaria que una los puntos de anclaje de las mordazas a la máquina. Finalmente se apretó las mordazas uniforme y firmemente para minimizar el deslizamiento de la probeta durante el ensayo. El esfuerzo máximo se determinó mediante la siguiente ecuación de Tubón (2013).

$$\sigma = \frac{f}{a}$$

Donde:

$\sigma$  = esfuerzo máximo (kg/cm<sup>2</sup>) o (MPa)

f: fuerza (Kg)

a: área (cm<sup>2</sup>)

#### 3.8.2.3.6 Determinación de la biodegradabilidad

Este análisis de biodegradabilidad se basó en la metodología descrita por López et al. (2010) y por Versino y García (2018). Con algunas modificaciones. El procedimiento es el siguiente:

Las muestras de láminas de bioplástico con distinto almidón de papa (extraído y comercial) fueron cortadas en cuadrados de 3x3cm y enterradas en recipientes a una cierta profundidad desde la superficie, con el fin de asegurar las condiciones de degradación aeróbica a temperatura ambiente y condición anaeróbica, por un tiempo de exposición de 30 días durante el mes de marzo en el Laboratorio de Química Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH perteneciente a la Ciudad de Riobamba.

Se utilizó la propia microflora presente en la tierra agrícola procedente de terrenos cercanos al lugar de experimentación, la cual presentaba las siguientes características: pH de 6.22 y un color oscuro que de acuerdo con Zapata (2015), este tipo de suelos poseen un alto contenido de materia orgánica lo cual lo hace idóneo para este ensayo. Se evaluó la pérdida de peso cada 5 días en condiciones de simulación de medio aeróbico y medio anaeróbico. Se consideraron tres muestras para cada lamina de bioplástico. El porcentaje de pérdida de peso se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100\%$$

Donde:

P<sub>i</sub> = peso inicial de la lámina de bioplástico.

P<sub>f</sub> = peso final de la lámina de bioplástico.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1 Análisis químico proximal del almidón a partir de cáscara papa.

Una vez realizados los diferentes ensayos al almidón se tienen los siguientes resultados.

**Tabla 1-4:** Resultados del análisis químico proximal del almidón de cascaras de papa.

Parámetro	Método de Referencia	Resultado	Límites de referencia
Contenido de humedad	Analizador Radwag-PMC50	11,56%	11-13% (Aristizábal y Sánchez, 2007)
Rendimiento del almidón	Extracción por decantación natural	8,31%	8.2-10.7% (González, 2007)
Contenido de almidón	Polarimétrico	73,56%	60-80% (FAO, 2008)
Contenido de amilosa	Morrison y Laignelet	20,80%	17-28,3% (Hernández et al. 2008)

Realizado por: Jenny Guamán, 2019

##### 4.1.2 Determinación del tratamiento óptimo según el diseño experimental y evaluación sensorial del bioplástico.

En base a los resultados indicados en la Tabla 2-4, se tiene que las formulaciones uno y cinco presentaron características sobresalientes, puesto que eran de aspecto traslúcido y de textura lisa, pero de ellas se eligió a la primera de acuerdo a lo señalado por Tubón (2013), debido que al tratarse de láminas de bioplástico para su aplicación industrial, se prefiere que tengan una buena flexibilidad y resistencia fuerte.

**Tabla 2-4:** Resultados del análisis sensorial del bioplástico.

Formulación	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
1	Traslúcido	Lisa	Flexible	Fuerte
2	Opaco	Áspera	Poco Flexible	Débil
3	Opaco	Áspera	Flexible	Débil
4	Opaco	Lisa	Flexible	Débil
5	Traslúcido	Lisa	Poco Flexible	Fuerte

Leyenda:

T, L, F, Fu= 5

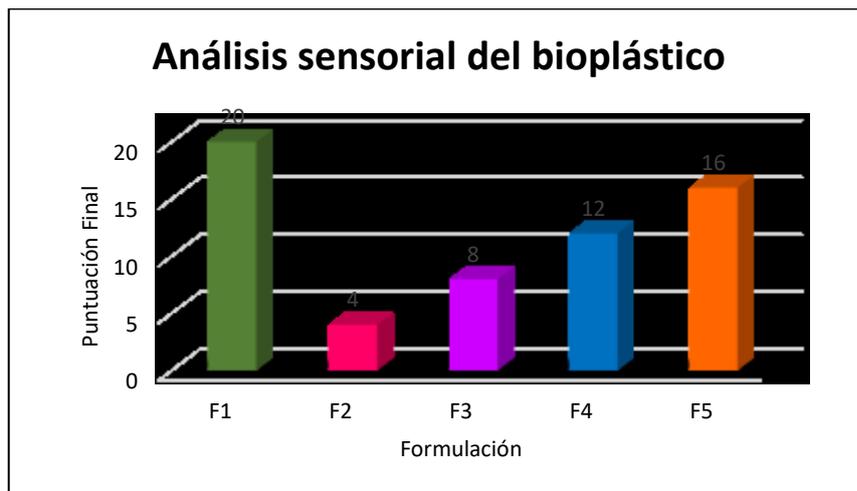
O, A, PF, D =1

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

Las formulaciones dos y tres, se las descartó de modo que tenían resistencia débil, la textura era áspera y su aspecto era opaco. No obstante, la tercera formulación presentó buena flexibilidad.

En la formulación 4, se quiso comprobar el poder plastificante de la glicerina por ello se tomó en conjunto proporciones considerables de glicerina y de ácido acético, lo cual dio como resultado bioplásticos que fueron de resistencia débil, flexible y quebradizo, pero sin embargo presentó una textura lisa y un aspecto ligeramente opaco.

En la Gráfica 1-4, se tiene la puntuación final promedio del análisis sensorial efectuado en las 15 unidades experimentales, donde se estableció una calificación de los atributos de 1 a 5 para cada parámetro evaluado en cada una de las cinco formulaciones propuestas (Tabla 2-4). Estos resultados se representaron gráficamente donde se evidencia que la Formulación 1 es la mejor puntuada. Siendo este resultado el que se consideró para la posterior elaboración de las láminas de bioplástico para su respectiva caracterización.



**Gráfico 1-4:** Resultados de la evaluación de los atributos del bioplástico.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 4.1.3 Resultados de la caracterización del bioplástico: Ensayos físicos y mecánicos.

Estos ensayos se los llevó a cabo considerando la formulación con mejor puntuación del análisis sensorial, a partir del cual se prepararon nuevas unidades experimentales tanto con el almidón elaborado de las cascaras de papa como con el almidón comercial. Sirviendo de base este último para la comparación en cada proceso analizado.

##### 4.1.3.1 Espesor

**Tabla 3-4:** Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos BAE/BAC.

Bioplástico	Réplicas	Espesor (mm) Promedio	Límites de referencia
BAE	1	0,110	0,120 ± 0,010 mm (Escobar et al. 2009)
	2	0,115	
	3	0,120	
	4	0,111	
	5	0,125	
	6	0,113	
	7	0,130	
	8	0,112	
	9	0,123	
	10	0,114	
	11	0,117	
	12	0,121	
BAC		0,118	0,2 mm (INEN 2542)
	1	0,113	
	2	0,124	
	3	0,129	
	4	0,115	
	5	0,118	
	6	0,122	
	7	0,127	
	8	0,130	
	9	0,128	
	10	0,126	
	11	0,110	
12	0,116		
		0,122	

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 4.1.3.2 Contenido de Humedad

**Tabla 4-4:** Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos BAE/BAC.

Bioplástico	Réplicas	Humedad (%)	Humedad Promedio	Límites de referencia
BAE	1	20,16	20,82%	19,3-22,1% (Escobar et al. 2009)
	2	19,55		
	3	22,75		
BAC	1	24,88	21,33%	25,95- 42,71% (Wang et al. 2013)
	2	20,67		
	3	18,45		

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 4.1.3.3 Permeabilidad al vapor de agua

**Tabla 5-4:** Resultados del ensayo de permeabilidad de los bioplásticos BAE/BAC.

Bioplásticos	Réplicas	WVP (g.mm/(m <sup>2</sup> .dia.kPa))	Permeabilidad Promedio	Límite de permeabilidad
BAE	1	0,152	0,145	5,77 (Wang et al. 2013)
	2	0,146		
	3	0,137		
BAC	1	0,162	0,149	4,11-7,80 (Bourtoom y Chinnan, 2008)
	2	0,144		
	3	0,141		

Realizado por: Jenny Guamán, 2019

#### 4.1.3.4 Biodegradabilidad

El proceso de biodegradación de las láminas BAE/BAC se centró en la determinación de los criterios de pérdida de masa y de la apariencia que adquirieron las muestras ensayadas (López et al. 2010).

Teniendo siempre presente lo dictado por la Norma EN 13432 sobre los criterios de biodegradabilidad y compostabilidad de un envase plástico. Por lo que se desarrolló en un tiempo de exposición de 30 días en recipientes que se encargaron de simular condiciones aerobias y anaerobias respectivamente.

La Tabla 6-4, muestra la apariencia de las láminas BAE/BAC degradadas en la tierra agrícola en medio anaeróbico, donde se puede apreciar que la biodegradabilidad es bastante agresiva.

**Tabla 6-4:** Resultados de la apariencia de las láminas durante 30 días en medio aeróbico.

Biodegradación en medio aerobio							
Día	0	5	10	15	20	25	30
BAE							
BAC							

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

Una vez que las muestras fueron desenterradas, se limpiaron cuidadosamente para no dañar su estructura, y finalmente fueron pesadas hasta obtener un peso constante. Los resultados de la biodegradabilidad en medio anaerobio y medio aerobio se resumen en las siguientes tablas.

**Tabla 7-4:** Resultados del ensayo de biodegradabilidad aerobia de BAE/BAC en 30 días.

Día	Análisis en medio aerobio					
	% Pérdida peso					
	BAE1	BAE2	BAE3	BAC1	BAC2	BAC3
0	0,16	0,18	0,09	0,15	0,14	0,12
5	0,31	0,44	2,12	2,53	0,50	0,16
10	4,65	3,27	8,27	6,33	7,18	7,89
15	13,37	12,74	18,32	14,27	15,23	15,93
20	47,90	51,52	69,72	48,93	53,30	68,78
25	76,15	84,76	90,95	75,60	82,04	91,54
30	84,31	91,97	99,89	83,60	90,66	98,05

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

**Tabla 8-4:** Resultados del ensayo de biodegradabilidad anaeróbica de BAE/BAC en 30 días.

Día	Análisis en medio anaeróbico					
	% Pérdida peso					
	BAE4	BAE5	BAE6	BAC4	BAC5	BAC6
0	0,1818	0,2211	0,2213	0,2316	0,2576	0,2079
5	20,52	19,58	23,58	21,16	27,67	29,84
10	63,34	65,22	60,42	59,09	69,89	61,38
15	70,34	69,52	73,36	66,06	78,90	72,44
20	86,55	89,42	84,75	80,40	88,51	88,79
25	97,80	96,65	90,15	91,62	97,57	88,89
30	98,35	99,37	95,41	99,05	99,61	90,09

Realizado por: Jenny Guamán, 2019

A continuación, se tienen los resultados promedios de la pérdida de peso obtenidos del ensayo de la biodegradabilidad en medio aerobio y anaerobio, con sus respectivas gráficas.

**Tabla 9-4:** Resultados de pérdida de peso de BAE/BAC para biodegradabilidad anaerobia.

Bioplástico	Día	% Pérdida de peso Promedio
BAE	0	0,21
	5	21,23
	10	62,99
	15	71,07
	20	86,91
	25	94,87
	30	97,71
BAC	0	0,23
	5	26,22
	10	63,45
	15	72,47
	20	85,90
	25	92,69
	30	96,25

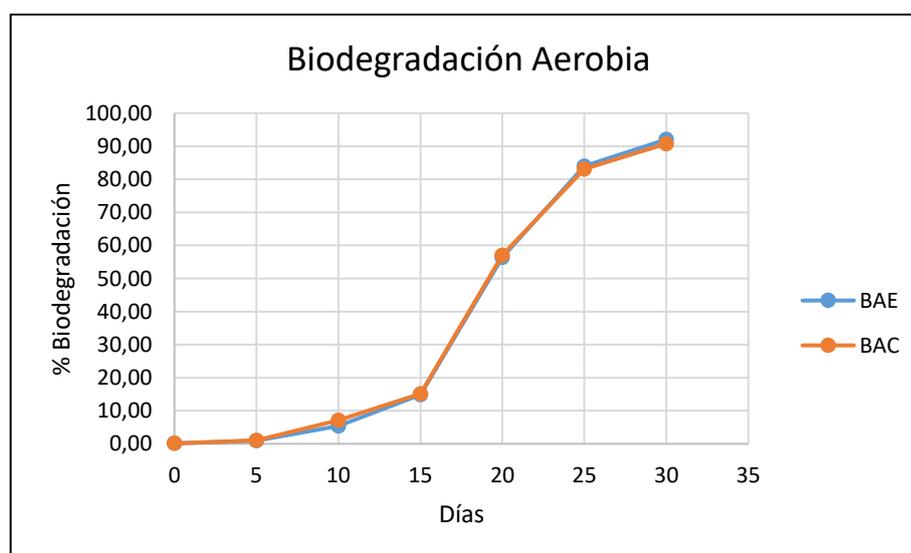
Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

**Tabla 10-4:** Resultados de la pérdida de peso de BAE/BAC para biodegradabilidad aerobia.

Bioplástico	Día	% Pérdida de peso Promedio	Límites de referencia
BAE	0	0,14	33,2-40,4% (López et al. 2010)
	5	0,96	
	10	5,39	
	15	14,81	
	20	56,38	
	25	83,95	
	30	92,05	
BAC	0	0,14	21,66-50% (Versino y García, 2018)
	5	1,07	
	10	7,13	
	15	15,14	
	20	57,01	
	25	83,06	
	30	90,77	

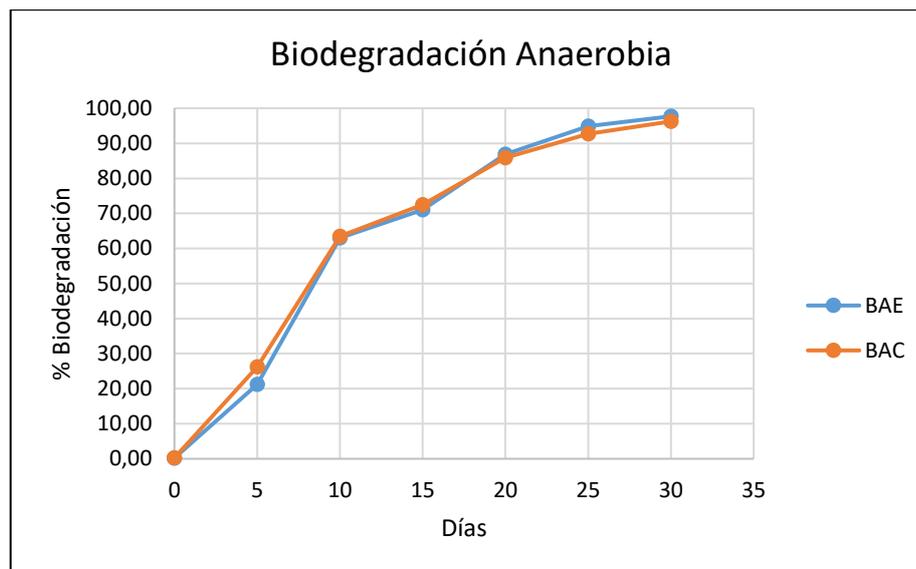
Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

Se presentan a continuación en las Gráfica 3-4 y la Gráfica 4-4, los datos de la biodegradación en tierra de las láminas de almidón BAE/BAC.



**Gráfico 2-4:** Biodegradación aerobia en tierra de las láminas BAE/BAC.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.



**Gráfico 3-4:** Biodegradación anaerobia en tierra de las láminas BAE/BAC.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 4.1.3.5 Ensayo de tracción

**Tabla 11-4:** Resultados del ensayo de tracción de las probetas BAE/BAC.

Bioplásticos	Probetas	Elongación Máxima (%)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Límites de referencia
BAE	1	18,47	11,25	2,66-12,36 MPa; 16,41-65,64 % (Arroyo y Alarcón, 2014)
	2	12,73	19,42	
	3	30,67	13,06	
Promedio		20,62	14,58	13,4 MPa; 5,4 % (Enríquez et al. 2012)
BAC	1	29,13	7,00	
	2	22,6	5,56	
	3	22,17	5,45	
Promedio		24,63	6,00	

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

#### 4.1.3.6 Optimización del ensayo de tracción.

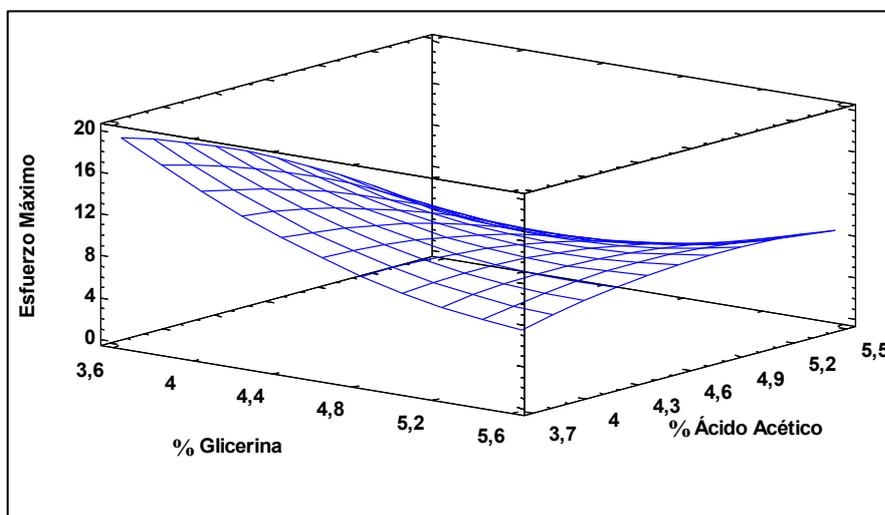
Luego de examinar los resultados obtenidos en la caracterización de los bioplásticos BAE y bioplásticos BAC en las pruebas físicas, se observó que no existían diferencias considerables en los resultados de espesor, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad.

No obstante, se evidenció diferencias considerables en los resultados del ensayo de tracción, específicamente en el esfuerzo máximo, entre las probetas de ensayo del bioplástico BAE en comparación con las probetas del bioplástico BAC. Razón por la cual se muestra la optimización y el gráfico de superficie de respuesta Charro (2015), para el esfuerzo máximo efectuado a través del software Statgraphics Centurion XVI.I.

**Tabla 12-4:** Estimación de valores ideales para maximizar el esfuerzo máximo.

Meta	Factor	Valor Óptimo	Resistencia (MPa)
Maximizar	% Glicerina	3,67041	18,429
	% Ácido Acético	3,71183	

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.



**Gráfico 4-4:** Superficie de respuesta estimada para el esfuerzo máximo.

Realizado por: Jenny Guamán, 2019.

## **4.2 Pruebas de hipótesis**

### **Determinación de la formulación óptima según el diseño factorial para la caracterización del bioplástico.**

Según el diseño factorial  $2^2$  de 5 tratamientos con 3 repeticiones propuesta para esta investigación, se obtuvo la formulación uno como la más óptima en base al análisis sensorial aplicado a las muestras de las láminas de bioplástico elaboradas a partir del almidón procedente de la cáscara de papa. De igual forma se verificó dicha afirmación, sobre la formulación en la optimización de los valores para maximizar el esfuerzo máximo en las láminas de bioplástico mediante la superficie de respuesta.

Por lo que en base a las propiedades mecánicas que presentaron las láminas de bioplástico BAE y que además cumplieron con el rango de 14 a 140 MPa establecido por la norma ASTM D 638 para las propiedades de tracción de los plásticos, se tiene que el bioplástico producido posee características físicas similares a los plásticos tradicionales con la diferencia que estos son biodegradables. Existiendo suficiente evidencia estadística para afirmar que esta prueba satisface la hipótesis general.

### **Determinación de la aplicación y biodegradabilidad del bioplástico producido.**

El bioplástico obtenido fue sometido a un ensayo de simulación de medio en condiciones aerobias y anaerobias respectivamente para comprobar su biodegradabilidad, dichos resultados arrojaron que las láminas de bioplástico BAE se biodegradaron en un 92% de su totalidad en 30 días, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental. Lo cual además refleja que se encuentra dentro del rango de tiempo establecido por la norma EN 13432 para los criterios de biodegradabilidad de un envase plástico. Considerándose una alternativa sustentable ante el plástico tradicional que tarda entre 100 y 1000 años en descomponerse. En conformidad, a la evidencia fotográfica que respalda a esta prueba se confirma una de las hipótesis específicas.

El bioplástico obtenido BAE, exhibe propiedades similares al plástico tradicional, lo cual se constató en la hipótesis general. De modo que este material bioplástico puede ser utilizado en la industria para aplicaciones en áreas: de empaques y como productos desechables específicamente como sorbetes.

### **4.3 Discusión de resultados**

#### ***4.3.1 Análisis de resultados de la composición química del almidón obtenido.***

En general, el contenido de almidón extraído a partir de la cáscara de papa variedad superchola de 73,56% estuvo en el rango normal de almidón de 60-80% según lo establecido por FAO (2008). El mismo que fue satisfactorio en comparación con el obtenido por Tipan y Vallejo (2016) cuyo valor de almidón de papa variedad superchola fue de 75,87%, puesto que contenidos menores no la harían recomendable para la extracción de almidón.

De acuerdo con Arapoglou et al. (2010), la cáscara de papa posee un alto contenido de humedad de 85,06%, está constituida principalmente por almidón y en menor proporción por proteína, azúcar, nitrógeno, grasa, ceniza y otros compuestos.

La composición química del almidón de papa difiere según la variedad, características del suelo, forma de cultivo, estado de madurez, condiciones climáticas y ambientales (Landa, 2014).

El contenido de amilosa en el almidón a partir de cáscara de papa fue de 20,80%, el cual resultó ser un valor favorable al ser comparado con el contenido de amilosa que posee el almidón de camote, el cuyo valor próximo fue 19,6% (Hernández et al. 2008).

Con respecto al contenido de humedad, el almidón obtenido a partir de la cáscara de papa presentó una humedad de 11,56%, el cual fue un resultado conforme al rango establecido por Aristizábal y Sánchez (2007), puesto que este parámetro de control determina la condición idónea para que el producto se mantenga estable y no desarrolle hongos durante su almacenamiento.

En cuanto al rendimiento de extracción del almidón resultante fue de 8,31%, un resultado conforme al indicado por González (2007), el cual fue similar al establecido para la variedad Única con 8.2% de rendimiento.

### ***4.3.2 Análisis de resultados de la caracterización de las láminas de bioplástico BAE/BAC.***

#### *4.3.2.1 Espesor*

De acuerdo con Escobar et al. (2009), las láminas de bioplástico deben contener un espesor entre  $0,120 \pm 0,010$  mm. Por lo tanto, el espesor obtenido en las láminas de bioplástico BAE/BAC fue un resultado conforme a este parámetro de control. Aunque la norma INEN 2542, permite hasta un máximo de 0,2 mm. Siendo así que este parámetro fue uno de los que se consideraron para determinar la aplicación de las láminas de bioplástico BAE.

#### *4.3.2.2 Humedad*

De acuerdo con Escobar et al. (2009), las láminas de bioplástico deben contener una humedad de 19,3 a 22,1 %. Por lo tanto, en las láminas de bioplástico BAE/BAC los valores del contenido de humedad estuvieron dentro del rango mencionado. Aunque Wang et al. (2013), permite hasta un máximo de 25,95 a 42,71%.

Las diferencias en cuanto a los valores de humedad pueden estar relacionadas a partir de la materia prima con la cual se elaboraron las láminas siendo estas: para películas biodegradables desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo y films a base de quitosano incorporando té de polifenoles.

#### *4.3.2.3 Ensayo de Permeabilidad al vapor de agua.*

De acuerdo con Bourtoom y Chinnan (2008), la función principal de una película biodegradable o comestible es a menudo impedir la transferencia de humedad entre los alimentos y la atmósfera circundante, por lo tanto, la permeabilidad al vapor de agua debe ser lo más baja posible.

El WVP de las láminas BAE/BAC cuya mezcla de bioplástico integrada con diferentes almidones como el extraído a partir de la cáscara de papa y el almidón comercial de papa, de los cuales BAE con 0,145 y BAC con 0,149, fueron resultados satisfactorios, en comparación con el obtenido por Wang et al. (2013) y, así como por Bourtoom y Chinnan (2008). Cuyos valores en ambos casos denotan una mayor permeabilidad al vapor de agua en los films.

#### *4.3.2.4 Biodegradabilidad*

Se demostró que las láminas de bioplástico BAE/BAC requirieron de 30 días en medio aerobio en tierra agrícola para su biodegradación de 92, 05% y 90, 77% respectivamente, y de cuyos resultados el porcentaje de pérdida de peso de BAE fue un valor superior y notable en la apariencia física que presentaron las láminas con respecto al determinado por López et al. (2010), cuyos datos de biodegradación en 10 días fue de 33,2 a 40,4% y, así como por Versino y García (2018), en 43 días de 21,66 a 50%.

#### *4.3.2.5 Ensayo de tracción*

Se demostró que en el ensayo de tracción efectuado de acuerdo a la norma INEN 2637, de las probetas de bioplástico BAE/BAC ensayadas, las probetas BAE presentaron un esfuerzo máximo promedio de 14,58 MPa, mientras que la elongación máxima fue de 20,62 para BAE y 24,63 para BAC, cuyos valores son superiores al establecido por Enríquez et al. (2012). De modo que este resultado de esfuerzo máximo fue de igual manera superior al descrito por Arroyo y Alarcón (2014), además de que los valores de elongación se encontraron dentro del rango de establecido.

### **4.4 Aplicación**

En base a los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos descritos, se considera como principal parámetro al esfuerzo máximo cuyo resultado alcanzado por el bioplástico BAE permite determinar la aplicación más idónea en la cual puede incursionar.

Se tiene a continuación una prueba piloto para la aplicación del bioplástico obtenido, de manera que se desarrollaron dos prototipos: un prototipo de lámina bioplástica que simula ser una lámina de plástico tradicional, para la ventana de una funda de papel para empaque. Otro prototipo son los sorbetes de material bioplástico que simulan la apariencia y estructura física de los ya conocidos sorbetes plásticos comerciales.

- **Empaque**



**Figura 1-4:** Prototipo de lámina bioplástica.

**Realizado por:** Jenny Guamán, 2019.

Uso: las láminas de bioplástico pueden ser utilizadas en reemplazo a la ventana plástica en empaques para confitería, productos cosméticos, artesanías o simplemente en cajas de regalo.

De manera que, en conjunto, las fundas de papel con ventana bioplástica son productos biodegradables, es decir, que, si por alguna razón este material se encontrara en un área de campo o zona de cultivo, este se desintegraría en poco tiempo llegando a convertirse en material de abono. Por lo cual, las consecuencias en el ecosistema serían mínimas, siendo este un argumento vasto que los consumidores agradecerán y los cuales a su vez estarán seguros de que este nuevo envoltorio no resultará ser perjudicial para ellos y para sus familias. (Bolsalea, 2018)

- **Producto Desechable**



**Figura 2-4:** Prototipo de sorbete grueso translúcido.

**Realizado por:** Jenny Guamán, 2019.

Uso: las láminas de bioplástico pueden ser moldeadas y adquirir el aspecto de un sorbete tradicional de plástico, con la diferencia que este es biodegradable y cuyo producto es destinado para la industria de Foodservice, como las cadenas de comida rápida, hoteles entre otros.

Teniendo como dato informativo que los refrescos, los jugos de frutas ácidas, el champán, el vino blanco y las bebidas energéticas, son corrosivos para el esmalte de los dientes, debido a sus propiedades de adhesividad, composición, consistencia y tamaño de sus partículas, incrementan la posibilidad de la formación de caries. De forma que esto se puede evitar al ingerir las bebidas con sorbetes, generando un contacto nulo entre las bebidas y los dientes. (Castellanos, 2018)

Por tal motivo, se busca impulsar al cambio mediante el reemplazo de plásticos tradicionales por plásticos biodegradables, que actúen de manera respetuosa con el medio ambiente, planteándose esta aplicación en base a los resultados obtenidos, teniendo un producto biodegradable, compostable, renovable, saludable, sostenible y ecológico.

## CONCLUSIONES

- La extracción de almidón a partir de la cáscara de papa variedad superchola se realizó siguiendo el método de extracción por decantación natural descrito por Melian (2010) con ciertas modificaciones basadas en Aristizábal y Sánchez (2007) y Moreno et al. (2017). Con un rendimiento de extracción de almidón de 8,31% el cual fue un resultado satisfactorio.
- Las formulaciones para la elaboración del bioplástico, fueron generadas mediante el diseño factorial  $2^2$  por el software Statgraphics Centurion XVI.I., el cual proporcionó cinco formulaciones, de las cuales en base al análisis sensorial realizado en los bioplásticos se determinó la formulación óptima siendo esta la formulación número uno, cuyo valor de combinación de los aditivos de glicerina y ácido acético fueron de 3,95%. No obstante, esta afirmación fue constatada en la optimización realizada a través de la superficie de respuesta a los valores resultantes del esfuerzo máximo, que propiciaron los siguientes valores de glicerina y ácido acético de 3,67% y 3,71% respectivamente, siendo estos valores aproximados a la formulación seleccionada.
- El bioplástico obtenido con mejor puntuación en el análisis sensorial fue aquel elaborado a partir de la formulación número uno cuyos valores son: 3,95% de glicerina y ácido acético, 13,16% de almidón y 78,95% de agua destilada. De modo que para la caracterización de las láminas se realizaron las muestras necesarias que posteriormente fueron comparadas dependiendo del tipo de almidón utilizado en esta formulación base. Se trabajó con el almidón extraído por decantación natural y el almidón comercial en presentaciones de 582g y 500g respectivamente.
- La evaluación de los parámetros físicos en las láminas de bioplástico obtenidas a partir del almidón extraído y almidón comercial respectivamente, arrojaron resultados satisfactorios y aproximados en los ensayos de espesor, humedad, permeabilidad, y biodegradabilidad. Sin embargo, en cuanto al parámetro mecánico, en el ensayo de tracción en base a la norma INEN 2637, de las probetas BAE y BAC, BAE presentó el mayor esfuerzo máximo promedio de 14,58 MPa y 6,00 MPa para BAC. En el caso de BAE, los valores cumplen la norma ASTM D 638 para la propiedad de tracción en plásticos cuyo rango va de 14 a 140 MPa. Lo cual lleva a concluir que las propiedades físicas del bioplástico producido en el laboratorio son similares en comparación con los plásticos comerciales, diferenciándose en la biodegradabilidad.

- Se demostró la biodegradabilidad del material desarrollado, de acuerdo a la Norma EN 13432, en donde estas láminas de bioplástico cumplieron con las características de degradación física, cuyo material se desintegró en un 92 % de su totalidad en fragmentos pequeños y dentro del plazo determinado por la norma.

## **RECOMENDACIONES**

- Para la fabricación de las láminas de plástico biodegradable, es recomendable disponer de una extrusora de laboratorio. Lo que contribuirá aún más en la investigación de polímeros orgánicos de fuentes renovables, que fomentarán la disminución del uso de plásticos tradicionales.

## BIBLIOGRAFÍA

**AKOETEY, W., BRITAIN, M. y MORAWICKI, R.** Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. *Ciência Rural*, vol. 47, no. 5, pp. 2-5. 2017.

**AMBIENTA.** *Bolsas de Plástico 100% Biodegradables* [en línea]. 2007 [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.sphere-spain.es/node/59>.

**ASTM D5488-94d.** *Standard Terminology of Environmental Labeling of Packaging Materials and Packages.*

**ASTM D638-14.** *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.*

**ASTM D883-11.** *Standard Terminology Relating to Plastics.*

**ASTM E96/E96M-16.** *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials.*

**AMYD.** Seminario Gelatinización y Retrogradación. En: J. GALINDO MURILLO, RODRIGO; GRACIA MORA (ed.). S.I.: Administración de Manuales y documentos de la Facultad de Química. UNAM., p.1. 2013.

**ÁNGELES, P.** Diseño de un proceso industrial para obtener plástico biodegradable (TPS) a partir de almidón de yuca *manihot sculenta*. (Tesis) (Doctorado). [En línea] Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 2015. [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Pedro\\_Angeles\\_Chero/publication/](https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Angeles_Chero/publication/).

**ARAPOGLOU, D., et al.** Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*, vol. 30, pp. 1898-1902. 2010. ISSN: 0956053X.

**ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T.** Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Roma: *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*, pp. 33-49. 2007.

**ARROYO, A. y ALARCÓN, H.** Obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz. Lima: *Instituto de Investigación Científica*, pp. 5-11. 2014.

- BARRAGÁN, C.** *Evaluación del uso de papas nativas con cáscara en dos procesos de transformación*. S.l.: Universidad de las Américas. 2018.
- BBC MUNDO.** 5 gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta. [en línea]. News Mundo, 2017 [Consulta: 20 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>.
- BEJARANO, N.** *Estudio de las propiedades mecánicas de un biopolímero a partir del contenido de almidón de cáscara de plátano*. S.l.: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2018.
- BENAVIDES, R. y GUALLASAMIN, K.** Módulo de Información Ambiental en Hogares. Documento Técnico. *Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos*, pp. 5-6. 2017.
- BOLSALEA.** Ventajas de las bolsas de papel. [en línea]. Tienda online de bolsas y guardatrajés, 2018 [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.bolsalea.com/blog/2011/10/ventajas-de-las-bolsas-de-papel/>.
- BOURTOOM, T. y CHINNAN, M.** Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 41, pp. 1633-1641. 2008. ISSN: 00236438.
- CASTELLANOS, C.** 8 cosas que debes de saber sobre beber con sorbetes. [en línea]. *Revista Mia*, 2018 [Consulta: 14 octubre 2018]. Disponible en: <http://arbok.com.pe/8-cosas-que-debes-de-saber-sobre-beber-con-sorbetes/>.
- CHARRO, M.** *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. S.l.: Universidad Central del Ecuador. 2015.
- CHICAIZA, R.** *Desarrollo de un material compuesto con base en los polímeros polidimetilsiloxano y politetrafluoruro de etileno para su uso en recubrimientos de prótesis humanas*. S.l.: Universidad de las Fuerzas Armadas. 2019.
- DOMÍNGUEZ, M. y JIMÉNEZ, M.** Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, vol. 6, no. 2, pp. 110-121. 2012.

- DURÁN, J. A., MORALES, M. A. y YUSTI, R.** Formulación para la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, variedad MBRA 383. *Guillermo de Ockham*, vol. 3, no. 2, pp. 127-133. 2005.
- EL TELÉGRAFO.** Miles de millones de toneladas de basura plástica se acumulan en la Tierra. [en línea]. Agencia AFP, 2017 [Consulta: 21 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.letelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/miles-de-millones-de-toneladas-de-basura-plastica-se-acumulan-en-la-tierra>.
- ELCOMETER.** Espesor de película seca. [en línea]. Inspección Revestimientos, 2016 [Consulta: 28 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/espesor-de-pelcula-seca.html>.
- EN 13432-02.** *Requisitos para los envases valorizables mediante compostaje y biodegradación. Esquema de pruebas y criterios de evaluación para la aceptación final de los envases.*
- ENRÍQUEZ, M., VELASCO, R. y ORTIZ, V.** Composición y Procesamiento de Películas Biodegradables Basadas en Almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 10, no. 1, pp. 182-192. 2012.
- ESCOBAR, D., et al.** Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, no. 4, pp. 33-35. 2009.
- FAO.** La papa, nutrición y alimentación. [en línea]. Año Internacional de la Papa, 2008 [Consulta: 17 octubre 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>.
- FERRÉ, J.** El diseño factorial completo. *Tarragona: Grupo de Quimiometría y Cualimetría*, pp. 2-8. 2002.
- GAETHE, H.** *Estrategia de uso del almidón de papa en la industria de la panificación*. S.l.: Universidad de las Fuerzas Armadas. 2011.
- GARCÍA, A.** Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. *Santa Tecla: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE*, pp. 15-24. 2015.

- GARCÍA, I., CLAUDIO, C. y HERNÁNDEZ, L.** Ventajas, usos y aplicaciones de los almidones. *Industrias Alimenticias Fabp, S.A. de C.V.*, pp. 22-23. 2005.
- GARCÍA, L. y HUERTA, L.** Insumos Modificadores de las propiedades de los Materiales Poliméricos Aditivos. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, pp. 4-13. 2013.
- GÓMEZ, S. y YORY, F.** Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. *Ingenierías USBMed*, vol. 9, no. 1, pp. 69-74. 2018.
- GONZÁLEZ, B.W.O.** *Determinación de las características físico químicas y funcionales del almidón de cuatro variedades de papa (Solanum tuberosum) cultivadas en la Sábana de Bogotá para uso en alimentación humana.* S.l.: Universidad Nacional de Colombia. 2007.
- GONZÁLEZ MANTILLA, A.S.** Zonificación agroecológica económica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*) en el Ecuador continental. *Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, pp. 1-4. 2014.
- HERNÁNDEZ MANZANO, A.S.** *Preparación de films a base de quitosano enriquecido con flavonoides totales de Ñachak (Bidens andicola).* S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2018.
- HERNÁNDEZ, M., et al.** Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, vol. 28, no. 3, pp. 718-726. 2008.
- INEN 2542.** *Láminas plásticas. Requisitos.*
- INEN 2637.** *Ensayo de tracción para determinar el punto final de la degradación de polietileno y polipropileno degradables.*
- IPSITA, R. y VISAKH, P.** Polyhydroxyalkanoate (PHA) based Blends, Composites and Nanocomposites. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2015. pp. 231. ISBN: 1757-7039.
- LANDA, F.** *Evaluación de tres niveles de almidón de papa en la alimentación de pollos parrilleros.* S.l.: Universidad Técnica de Ambato. 2014.
- LEIA.** Bioplásticos. *Centro de Desarrollo Tecnológico*, pp. 14-19. 2007.

- LÓPEZ POZAS, L.E.** Perdigones 100% biodegradables y aparato para su elaboración. *Oficina Española de Patentes y Marcas*, pp. 2-4. 2009.
- LÓPEZ, A., et al.** Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de camarón (*L.vannamei*). *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 25, no. 2, pp. 133-143. 2010.
- LOYOLA, N., OYARCE, E. y ACUÑA, C.** Evaluación del Contenido de Almidón en Papas (*Solanum tuberosum*, *Sp. Tuberosum Cv. Desirée*), producidas en forma orgánica y convencional en la provincia de Curicó, Región del Maule. *Idesia*, vol. 28, no. 2, pp. 41-52. 2010. ISSN: 1878-5905.
- MASTROCOLA, N., et al.** Catálogo de variedades de papa del Ecuador. *Quito: INIAP-Estación Experimental Santa Catalina*, p.8. 2016.
- MELIAN, D.** *Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chiloé y dos variedades comerciales*. S.l.: Universidad Austral de Chile. 2010.
- MÉNDEZ, A.** Glicerol. [en línea]. La Guía de Química , 2010 [Consulta: 21 septiembre 2018]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/glicerol>.
- MENESES, J., CORRALES, C. y VALENCIA, M.** Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista EIA*, no. 8, pp. 57-67. 2007. ISSN: 1794-1237.
- METTLER TOLEDO.** Determinación del contenido de humedad. [en línea]. 2019 [Consulta: 18 noviembre 2018]. Disponible en: [https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Laboratory\\_weighing/moisture-content-determination.html](https://www.mt.com/mx/es/home/applications/Laboratory_weighing/moisture-content-determination.html).
- MEZA, P.** *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio*. S.l.: Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. ECUADOR.** Chimborazo inicia la cosecha de papa súper chola certificada. [en línea]. 2016 [Consulta: 19 octubre 2018]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/chimborazo-inicia-la-cosecha-de-papa-super-chola-certificada/>.
- MORENO, A., et al.** Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. *Ra Ximhai*, vol. 13, no. 3, pp. 365-382. 2017. ISSN: 1665-0441.
- NATUREPLAST.** Aplicaciones industriales de los bioplásticos. [en línea]. 2016 [Consulta: 27 septiembre 2018]. Disponible en: <http://natureplast.eu/es/aplicaciones-de-los-bioplasticos/>.
- OXFORD.** Moisture. [en línea]. Oxford University Press, 2019 [Consulta: 28 septiembre 2018]. Disponible en: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/moisture>.
- PEÑARANDA, O., PERILLA, J. y ALGECIRA, N.** Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Ingeniería e Investigación*, vol. 28, no. 3, pp. 47-52. 2008.
- PINANGO, L.** *Efecto de diferentes densidades de siembra y orígenes de semilla de papa (Solanum tuberosum) en la tasa de extracción de tubérculo-semilla*. S.l.: Universidad Central del Ecuador. 2016.
- POCHTECA.** Fécula de papa. [en línea]. 2015 [Consulta: 26 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.pochteca.com.mx/productosmp/fecula-de-papa/>.
- PUMISACHO, M. y SHERWOOD, S.** El cultivo de la papa en Ecuador. *Quito: INIAP-CIP*, pp. 21-30. 2002.
- QUIMIPEDIA.** Agua destilada. [en línea]. Vade Qupimica, 2017 [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.vadequimica.com/quimipedia/a/agua-destilada/>.
- RÍOS, E. y ZELADA, H.** *Determinación del rendimiento de glucosa por hidrólisis enzimática de almidones de yuca (Manihot esculenta), camote (Ipomoea batatas) y papa (solanum tuberosum)*. S.l.: Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. 2017.

- RODRÍGUEZ AGUILAR, D.** *Efecto de la concentración de almidones resistentes de la papa común (*Solanum tuberosum*) y criolla (*Solanum phureja*) sobre la digestibilidad de nutrientes, energía metabolizable e integridad del tracto gastrointestinal de pollos de engorde.* S.l.: Universidad Nacional de Colombia. 2013.
- RODRIGUEZ LOPEZ, E.** Almidones en los alimentos primera parte. [en línea]. 2008 [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en: <https://chefemigdio.blogspot.com/2008/03/almidones-en-los-alimentos-primera.html>.
- ROSALES, A.** *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua.* S.l.: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2016.
- RUIZ, G.** Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista de Ingeniería de la USIL*, vol. 1, no. 1, pp. 56-58. 2014.
- SÁNCHEZ, D.** What's the difference between «espesor» and «grosor» in Spanish? [en línea]. Quora, 2017 [Consulta: 26 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.quora.com/Whats-the-difference-between-espesor-and-grosor-in-Spanish>.
- SRINIVASA, P., RAMESH, M. y THARANATHAN, R.** Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, vol. 21, no. 7, pp. 1113-1122. 2007.
- TERRAZAS, J., et al.** Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón de la raíz tuberizada de la planta del chayote (*Sechium edule Sw*), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa. [en línea]. Boletín Científico UAEH, 2015 [Consulta: 15 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icap/n2/a1.html>.
- TIPAN, B. y VALLEJO, F.** *Proyecto de prefactibilidad para fabricar licor, en base a la oferta de papa de la provincia del Carchi.* S.l.: Universidad Central del Ecuador. 2016.
- TUBÓN, I.** *Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina.* S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2013.

**UNE-ISO 4593-10.** *Plásticos. Películas y hojas de plástico. Determinación del espesor por medición directa con micrómetro.*

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM).** Fundamentos y Técnicas de análisis de alimentos. *Departamento de alimentos y biotecnología*, pp. 2-6. 2008.

**VERMOREL, J.** Definición de análisis retrospectivo (Pronóstico de demanda). [en línea]. Lokad Quantitative Supply Chain, 2013 [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.lokad.com/es/definicion-analisis-retrospectivo>.

**VERSINO, F. y GARCÍA, M.** Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas. *Matéria (Rio de Janeiro)*, vol. 23, no. 4, pp. 3-9. ISSN: 1517-7076. 2018.

**WANG, L., et al.** Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. *Food Hydrocolloids*, vol. 32, pp. 35-41. ISSN: 0268005X. 2013.

**ZAPATA, R.** Análisis de suelos. [en línea]. Universidad Nacional, 2015 [Consulta: 11 octubre 2018]. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=86NOG\\_cJhac](https://www.youtube.com/watch?v=86NOG_cJhac).

## ANEXOS

### Anexo A. Extracción de almidón a partir de cáscara de papa variedad Superchola.

a)



b)



c)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE CÁSCARA DE PAPA		
<p>a. Recepción de la cáscara de papa.</p> <p>b. Licuado y filtrado del extracto.</p> <p>c. Obtención del almidón.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Aprobado</li> <li>◦ Certificado</li> <li>◦ Por Aprobar</li> <li>◦ Por Calificar</li> <li>◦ Por Verificar</li> </ul>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		1	1:1	2018/11/13	

**Anexo B.** Caracterización del almidón extraído.

a)



b)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Analizador de humedad. b. Muestra analizada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Aprobado</li> <li>◦ Certificado</li> <li>◦ Por Aprobar</li> <li>◦ Por Calificar</li> <li>◦ Por Verificar</li> </ul>	Elaborado Por:  Jenny Marcela Guamán	2	1:1	2018/11/22

**Anexo C. Preparación de láminas de bioplástico.**

a)



b)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA	PREPARACIÓN DE LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO		
a. Mezcla de los componentes. b. Secado del bioplástico.	<input type="radio"/> Aprobado <input type="radio"/> Certificado <input type="radio"/> Por Aprobar <input type="radio"/> Por Calificar <input type="radio"/> Por Verificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
				Elaborado Por:  Jenny Marcela Guamán	3

**Anexo D.** Caracterización de las láminas de bioplástico.

a)



b)



c)



d)



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>a. Medición del espesor.                      b. Prueba de biodegradabilidad.                      c. Prueba de permeabilidad.                      d. Máquina universal de ensayos.</p>	<p>◦ Aprobado                      ◦ Certificado                      ◦ Por Aprobar                      ◦ Por Calificar                      ◦ Por Verificar</p>	<p>Elaborado Por:                      Jenny Marcela Guamán</p>	4	1:1	2019/03/15

**Anexo E. Informe de resultados del análisis químico del almidón.**

MC-LSAIA-2201-04



**INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**  
**ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA**  
**DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD**  
**LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS**  
Paramecana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlts. 2690691-3007134. Fax 3007134  
Casilla postal 17-01-340



**INFORME DE ENSAYO No: 18-191**

<b>NOMBRE PETICIONARIO:</b> Jenny Marcela Guamán Bravo	<b>INSTITUCION:</b> ESPOCH	
<b>DIRECCION:</b> Rafael Ferrer y Feliciano Checa	<b>ATENCION:</b> Jenny Guamán	
<b>FECHA DE EMISION:</b> 10.12.2018	<b>FECHA DE RECEPCION:</b> 04.12.2018	
<b>FECHA DE ANALISIS:</b> Del 4 al 10 de diciembre de 2018	<b>HORA DE RECEPCION:</b> 15h00	
	<b>ANALISIS SOLICITADO:</b> Almidón, amilosa	

ANALISIS	ALMIDÓN	AMILOSA				IDENTIFICACIÓN
<b>METODO</b>		MO-LSAIA-04				
<b>METODO REF.</b>	Polarimétrico	Morrison y Laignelet, 1983				
<b>UNIDAD</b>	%	%				
18-1259	73,56	20,60				Almidón de cáscara de papa

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



**Dr. Iván Samaniego**  
RESPONSABLE TÉCNICO



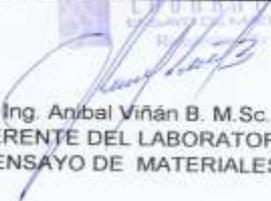
**RESPONSABLES DEL INFORME**  
INIAP  
LSAIA  
D.N.C.  
EST. SANTA CATALINA



**Ing. Bladimir Ortiz**  
RESPONSABLE CALIDAD

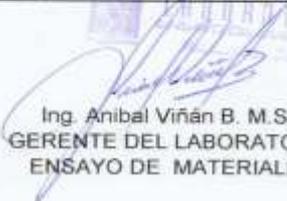
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.  
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.  
**NOTA DE DESCARGO:** La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**Anexo F.** Informe de resultados del ensayo de tracción.

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	
<b>Denominación:</b> RG 18 - 1	
Nº 04	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Jenny Guamán
<b>DIRECCION:</b>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - ESC. INGENIERÍA QUÍMICA
<b>PROYECTO - TESIS</b>	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ELABORADO
<b>MATERIAL:</b>	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	2019 - 03
<b>NORMA UTILIZADA:</b>	NTE INEN 2637
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15-mar-19
<b>EQUIPO UTILIZADO:</b> MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
<b>MARCA:</b> JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
<b>SERIE:</b> 7136	<b>CERTIFICADO:</b> LNM-F-201616500064D
<b>CÓD IDENT:</b> M2	
<b>DESIGNACIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>PE4</b>
<b>CARACTERÍSTICA</b>	LÁMINA
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.2
<b>ANCHURA [mm]</b>	24.00
<b>SECCION TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	4.80
<b>CARGA MAXIMA [N]</b>	93.20
<b>ESFUERZO MAXIMO [MPa]</b>	19.42
<b>ELONGACIÓN MÁXIMA [%]</b>	12.73
<b>OBSERVACIONES:</b>	
  <b>Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.</b> <b>GERENTE DEL LABORATORIO</b> <b>ENSAYO DE MATERIALES</b>	
<p style="font-size: small; color: red;">Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.</p>	

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	
<b>Denominación:</b> RG 18 - 1	
N° 06	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Jenny Guamán
<b>DIRECCION:</b>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - ESC. INGENIERÍA QUÍMICA
<b>PROYECTO - TESIS</b>	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ELABORADO
<b>MATERIAL:</b>	PLASTICO BIODEGRADABLE
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	2019 - 03
<b>NORMA UTILIZADA:</b>	NTE INEN 2637
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15-mar-19
<b>EQUIPO UTILIZADO:</b> MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
<b>MARCA:</b> JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
<b>SERIE:</b> 7136	<b>CERTIFICADO:</b> LNM-F-201616500064D
<b>CÓD IDENT:</b> M2	
<b>DESIGNACIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>PE6</b>
<b>CARACTERÍSTICA</b>	LÁMINA
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.2
<b>ANCHURA [mm]</b>	18.40
<b>SECCION TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	3.68
<b>CARGA MAXIMA [N]</b>	48.07
<b>ESFUERZO MAXIMO [MPa]</b>	13.06
<b>ELONGACIÓN MÁXIMA [%]</b>	30.67
<b>OBSERVACIONES:</b>	

Aprobado por:

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

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Jenny Guzmán
DIRECCIÓN:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - ESC. INGENIERÍA QUÍMICA
PROYECTO - TESIS	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
TIPO DE MATERIAL:	ELABORADO
MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2637
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-19
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW100B	
MARCAS: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-20161650064D
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	PE2
CARACTERÍSTICA	LAMINA
ESPESOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	24.70
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	7.41
CARGA MÁXIMA [N]	83.39
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	11.25
ELONGACIÓN MÁXIMA [%]	18.47
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

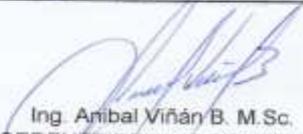
  
 Ing. Anibal Viquez B. M.Sc.  
 GERENTE DEL LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES

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

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 05	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Jenny Guamán
<b>DIRECCION:</b>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - ESC. INGENIERÍA QUÍMICA
<b>PROYECTO - TESIS</b>	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	COMERCIAL
<b>MATERIAL:</b>	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
<b>FECHA DE FABRICACIÓN:</b>	2019 - 03
<b>NORMA UTILIZADA:</b>	NTE INEN 2637
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	15-mar-19
<b>EQUIPO UTILIZADO:</b> MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
<b>MARCA:</b> JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
<b>SERIE:</b> 7136	<b>CERTIFICADO:</b> LNM-F-201616500064D
	<b>CÓD IDENT:</b> M2
<b>DESIGNACIÓN DEL MATERIAL</b>	<b>PC5</b>
<b>CARACTERÍSTICA</b>	LÁMINA
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.2
<b>ANCHURA [mm]</b>	23.80
<b>SECCION TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	4.76
<b>CARGA MAXIMA [N]</b>	26.49
<b>ESFUERZO MAXIMO [MPa]</b>	5.56
<b>ELONGACIÓN MÁXIMA [%]</b>	22.60
<b>OBSERVACIONES:</b>	



Aprobado por:

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Amey Guaman
DIRECCIÓN:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - ESC. INGENIERÍA QUÍMICA
PROYECTO - TESIS	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
TIPO DE MATERIAL:	COMERCIAL
MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTC ENEN 2637
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-19
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - SAWATCH	
MARC A: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7130	CERTIFICADO: LNM F-2016105000643
CÓDIGO IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	PC4
CARACTERÍSTICA	LÁMINA
ESPESOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	24.30
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	7.29
CARGA MÁXIMA [N]	51.01
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	7.00
ELONGACIÓN MÁXIMA [%]	29.13
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

  
 Ing. Apolai Viana B. M.Sc.  
 GERENTE DEL LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RIG 10 - 1	
N° 00	
SOLICITADO POR:	Arroyo Guzman
DIRECCION:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FAC. DE CIENCIAS - E.S.P. INGENIERÍA QUÍMICA
PROYECTO - TESIS:	OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES
TIPO DE MATERIAL:	COMERCIAL
MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
FECHA DE FABRICACIÓN:	2019 - 03
NORMA UTILIZADA:	NTE ENEN 2017
FECHA DE ENSAYO:	15-mar-19
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WARWICK	
MARC A: JINAN LIANGGANG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: UNALF-20190300040 COD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	PC6
CARACTERÍSTICA:	LAMINA
ESPESOR [mm]	0.3
ANCHURA [mm]	25.80
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	7.74
CARGA MÁXIMA [N]	42.18
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	5.45
ELONGACIÓN MÁXIMA [%]	22.17
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

  
  
 Ing. Arbal Wñán B. M.Sc.  
 GERENTE DEL LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES