



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE PAPA CHOLA  
(*SOLANUM TUBEROSUM*) Y ZANAHORIA BLANCA (*ARRACACIA  
XANTHORRHIZA*) PARA USO COMO ENVOLTURAS  
FARMACÉUTICAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO**

**AUTOR: JUAN DANIEL MORALES VINUEZA**

**DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES, Mgs.**

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Juan Daniel Morales Vinuesa**

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

Yo, MORALES VINUEZA JUAN DANIEL, declaro que el presente trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 20 de abril de 2022



**Juan Daniel Morales Vinueza**

**180447271-8**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Experimental, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE PAPA CHOLA (*SOLANUM TUBEROSUM*) Y ZANAHORIA BLANCA (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*) PARA USO COMO ENVOLTURAS FARMACÉUTICAS**, realizado por el señor: **JUAN DANIEL MORALES VINUEZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Galo Alberto Insuasti Castelo, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-04-20
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc. <b>DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-04-20
BQCL. Mishel Carolina Moreno Samaniego MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-04-20

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico con todo mi amor y cariño principalmente a mis padres Pablo Morales y Norma Vinuesa por ser mi guía, son aquellas personas que me han dado fuerza en cada momento de mi vida, por depositar en mi toda su confianza, haberme inculcado grandes valores y el ejemplo constante de superación, perseverancia y dedicación. A Dios por siempre guiarme por el camino del bien e iluminarme para poder realizar esta tesis. A toda mi familia por no dejarme desfallecer, siempre dibujar una sonrisa en mi rostro y el apoyo incondicional.

*Daniel*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por siempre haberme ayudado y orientado en esta etapa de mi vida, y también, a lo largo de toda mi universidad, agradezco a mis padres por haberme apoyado en las buenas y en las malas, a mi familia por brindarme ese cariño incondicional, a mis profesores, que sin ellos no podría haber adquirido los conocimientos, a mis compañeros y amigos por compartir sus conocimientos, alegrías y tristezas.

Gracias a todos.

*Daniel*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Papa.....	5
1.2.1. Origen.....	5
1.2.2. Variedad de papas en el Ecuador.....	5
1.3. Papa chola.....	6
1.4. Almidón.....	7
1.5. Zanahoria Blanca.....	8
1.6. Bioplásticos.....	13
1.7. Envases biodegradables.....	13

### CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	15
2.1. HIPOTESIS.....	15
2.2. Identificación de variables.....	15
2.3. Operacionalización de variables.....	16
2.4. Lugar de la investigación.....	17
2.5. Tipo de investigación.....	17
2.6. Población de estudio.....	17
2.7. Criterios de inclusión.....	17
2.8. Criterios de exclusión.....	17
2.9. Diseño experimental.....	17
2.10. Materiales reactivos y equipos.....	18

2.10.1.	<i>Reactivos</i> .....	18
2.10.2.	<i>Materiales</i> .....	18
2.10.3.	<i>Equipos</i> .....	19
2.11.	<b>Procedimiento experimental</b> .....	20
2.11.1.	<i>Obtención de almidón</i> .....	20
2.11.1.1.	<i>Extracción de almidón</i> .....	20
2.11.2.	<i>Rendimiento de almidón</i> .....	20
2.11.3.	<i>Medición de pH</i> .....	21
2.11.4.	<i>Prueba de almidón (Lugol)</i> .....	21
2.11.5.	<i>Contenido de materia seca (humedad)</i> .....	21
2.11.6.	<i>Cenizas</i> .....	22
2.11.7.	<i>Índice de solubilidad en agua</i> .....	22
2.11.8.	<i>Viscosidad Brookfield</i> .....	23
2.11.9.	<i>Temperatura de gelatinización</i> .....	23
2.11.11.	<i>Examen microbiológico de almidón</i> .....	24
2.11.12.	<i>Elaboración del bioplástico</i> .....	25
2.11.13.	<i>Análisis del bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa</i> .....	26
2.11.13.1.	<i>Humedad</i> .....	26
2.11.13.2.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i> .....	26
2.11.13.3.	<i>Solubilidad</i> .....	27
2.11.13.4.	<i>Microbiológico</i> .....	27

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	29
3.1.	<b>Análisis sensorial de papa y zanahoria blanca</b> .....	29
3.2.	<b>Prueba de lugol</b> .....	29
3.3.	<b>Extracción de almidón</b> .....	30
3.3.1.	<i>Rendimiento de extracción de almidón de papa</i> .....	30
3.3.2.	<i>Rendimiento de extracción de almidón de zanahoria blanca</i> .....	31
3.4.	<b>Análisis sensorial de almidón de papa y zanahoria blanca</b> .....	31
3.5.	<b>Ensayos físico químicos de los almidones</b> .....	32
3.5.1.	<i>Ensayos físico químico de los almidones de zanahoria blanca y papa</i> .....	32
3.6.	<b>Análisis microbiológico de los almidones de zanahoria blanca y papa</b> .....	34
3.6.1.	<i>Análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca</i> .....	34
3.6.2.	<i>Análisis microbiológico del almidón de papa</i> .....	34

<b>3.7.</b>	<b>Formulación del bioplástico.....</b>	<b>34</b>
<b>3.7.1.</b>	<i>Formulación del bioplástico a partir del almidón de papa.....</i>	<b>35</b>
<b>3.7.2.</b>	<i>Formulación del bioplástico a partir del almidón de zanahoria blanca.....</i>	<b>36</b>
<b>3.7.3.</b>	<i>Combinación de almidones para la elaboración del bioplástico.....</i>	<b>37</b>
<b>3.7.4.</b>	<i>Formulación de bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa.....</i>	<b>37</b>
<b>3.8.</b>	<b>Parámetros del bioplástico de zanahoria blanca y papa.....</b>	<b>38</b>
<b>3.9.</b>	<b>Ensayos fisicoquímicos del bioplástico de zanahoria blanca y papa.....</b>	<b>39</b>
<b>3.9.1.</b>	<i>Humedad.....</i>	<b>39</b>
<b>3.9.2.</b>	<i>Solubilidad.....</i>	<b>39</b>
<b>3.9.3.</b>	<i>Permeabilidad al vapor de agua.....</i>	<b>41</b>
<b>3.9.4.</b>	<i>Espesor.....</i>	<b>41</b>
<b>3.10.</b>	<b>Pruebas mecánicas de bioplástico de zanahoria blanca y papa.....</b>	<b>42</b>
<b>3.11.</b>	<b>Espectroscopía Infrarroja de bioplástico de papa y zanahoria blanca.....</b>	<b>43</b>
<b>3.12.</b>	<b>Análisis microbiológico del bioplástico de papa y zanahoria blanca.....</b>	<b>44</b>
<b>3.13.</b>	<b>Biodegradabilidad de bioplástico de zanahoria blanca y papa.....</b>	<b>44</b>
<b>3.13.1.</b>	<i>Biodegradabilidad del polímero al ambiente.....</i>	<b>45</b>
<b>3.13.2.</b>	<i>Degradabilidad de bioplástico en el agua.....</i>	<b>46</b>
<b>3.13.3.</b>	<i>Biodegradabilidad de bioplástico en suelo.....</i>	<b>46</b>
<b>3.14.</b>	<b>Aplicabilidad de bioplástico para envolturas farmacéuticas.....</b>	<b>47</b>
<b>3.15.</b>	<b>Análisis Estadístico Y Comprobación De Hipótesis.....</b>	<b>48</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Características taxonómicas de papa chola. ....	3
<b>Tabla 2-1:</b>	Composición química de papa. ....	4
<b>Tabla 3-1:</b>	Cantidad de almidón en diferentes papas. ....	4
<b>Tabla 4-1:</b>	Taxonomía de la Zanahoria Blanca. ....	6
<b>Tabla 5-1:</b>	Producción de zanahoria blanca en Ecuador. ....	7
<b>Tabla 6-1:</b>	Valor nutricional de la zanahoria en 100g de sustancia comestible. ....	8
<b>Tabla 7-1:</b>	Composición Físico- química de la zanahoria blanca. ....	9
<b>Tabla 1-2:</b>	Operacionalización de variables. ....	16
<b>Tabla 2-2:</b>	Extracción de almidón por el diseño experimental 2k. ....	17
<b>Tabla 3-2:</b>	Formulación de bioplástico de almidón de papa. ....	25
<b>Tabla 4-2:</b>	Formulación de bioplástico de almidón zanahoria blanca. ....	25
<b>Tabla 5-2:</b>	Formulación de bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa. ....	26
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis sensorial de la papa y zanahoria blanca. ....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Rendimiento de extracción del almidón de papa. ....	26
<b>Tabla 3-3:</b>	Rendimiento de extracción del almidón de zanahoria blanca. ....	26
<b>Tabla 4-3:</b>	Análisis sensorial de almidón de papa y zanahoria blanca. ....	27
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis físico químico del almidón de zanahoria blanca. ....	28
<b>Tabla 6-3:</b>	Análisis físico químico de almidón de papa. ....	28
<b>Tabla 7-3:</b>	Análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca. ....	29
<b>Tabla 8-3:</b>	Análisis microbiológico del almidón de papa. ....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Formulación para determinar las variables y constantes. ....	35
<b>Tabla 10-3:</b>	Formulación óptima del bioplástico de almidón de papa aplicando el diseño 2 <sup>2</sup> . ....	35
<b>Tabla 11-3:</b>	Formulación para determinar las variables y constantes. ....	36
<b>Tabla 12-3:</b>	Formulación óptima del bioplástico de almidón zanahoria blanca aplicando el diseño 2 <sup>2</sup> . ....	36
<b>Tabla 13-3:</b>	Combinación de almidones para la obtención de bioplástico de zanahoria blanca y papa. ....	37
<b>Tabla 14-3:</b>	Formulación óptima del bioplástico de la mezcla de almidones. ....	38
<b>Tabla 15-3:</b>	Parámetros del bioplástico de la mezcla de almidones. ....	38
<b>Tabla 16-3:</b>	Resultados de Humedad. ....	39
<b>Tabla 17-3:</b>	Resultados de solubilidad. ....	35
<b>Tabla 18-3:</b>	Resultados de Permeabilidad al vapor de agua de bioplástico de zanahoria blanca y papa. ....	36

<b>Tabla 19-3:</b>	Espesor de bioplástico de Papa y Zanahoria Blanca.....	37
<b>Tabla 20-3:</b>	Resultados del ensayo de tracción.....	37
<b>Tabla 21-3:</b>	Análisis microbiológico del bioplástico final .....	39
<b>Tabla 22-3:</b>	Biodegradabilidad de bioplásticos en el ambiente .....	45
<b>Tabla 23-3:</b>	Biodegradabilidad de bioplástico en agua al 100% .....	46
<b>Tabla 24-3:</b>	Biodegradabilidad de bioplástico en tierra al 100% .....	46
<b>Tabla 25-3:</b>	Biodegradabilidad de bioplástico en suelo .....	47
<b>Tabla 26-3:</b>	ANOVA para extracción de almidón de papa.....	48
<b>Tabla 27-3:</b>	ANOVA para extracción de almidón de zanahoria blanca.....	49
<b>Tabla 28-3:</b>	ANOVA para solubilidad de bioplástico.....	49
<b>Tabla 29-3:</b>	ANOVA para permeabilidad de bioplásticos, .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b> Papa Chola .....	7
<b>Figura 2-1:</b> Zanahoria blanca .....	9
<b>Figura 1-3:</b> Determinación de Almidón con Lugol .....	29
<b>Figura 2-3:</b> Biodegradabilidad de bioplástico final .....	44
<b>Figura 3-3:</b> Aplicabilidad de bioplástico .....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Variedad de papas mayormente empleadas en Ecuador .....	6
<b>Gráfica 2-1:</b>	Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa.....	8
<b>Gráfico 1-3:</b>	Ensayos de tracción .....	43
<b>Gráfico 2-3:</b>	Espectro IR de bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa .....	43

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y DE PAPA61
- ANEXO B:** PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS FINALES
- ANEXO C:** EXÁMEN MICROBIOLÓGICO DE ALMIDONES
- ANEXO D:** ANÁLISIS PROXIMAL DE ALMIDONES
- ANEXO E:** EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE BIOPLÁSTICO FINAL
- ANEXO F:** MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA
- ANEXO G:** ENSAYOS EN ALMIDONES
- ANEXO H:** BIOFILMS DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y PAPA
- ANEXO I:** ENSAYOS REALIZADOS A LOS BIOFILMS

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo realizar bioplásticos a partir del almidón de papa chola (*Solanum tuberosum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para uso como envolturas farmacéuticas. Se utilizó el almidón como materia prima, que, se extrajo por vía húmeda. Se obtuvo el mejor rendimiento en Z2 con 8.41% de almidón para zanahoria blanca y P2 con 13.33% de almidón para papa. Se utilizó el diseño factorial 2k, el cual proporciona 4 formulaciones con 2 niveles de concentraciones de 2 variables como son la cantidad de almidón y plastificante. Se realizó un experimento piloto para aplicar el bioplástico como blíster para medicamentos naturales. Las pruebas de biodegradabilidad se determinó en un periodo de 30 días, en donde, el mejor resultado fué el bioplástico con la formulación TM4 (1.8g de almidón, 0.8ml de glicerina, 2ml de ácido acético y 30 ml de agua) degradándose en menor proporción en el aire (20°C, 1atm) .Se realizó pruebas microbiológicas a todos los bioplásticos, con el fin de garantizar todas las características que deben tener las envolturas farmacéuticas, arrojando, ausencia de microorganismos como: coliformes totales, hongos y levaduras, así como poca presencia de aerobios mesófilos. Los mejores bioplásticos constituyeron TP3 para papa, TZ1 para zanahoria blanca y TM3 para la mezcla de ambos, éstos, arrojaron los mejores resultados en cuanto a elasticidad, dureza y fuerza, que son las principales propiedades de estos productos. Se concluyó que el bioplástico fue evaluado cualitativamente como un plan piloto para envolturas farmacéuticas, donde, mantuvo las características organolépticas del comprimido. Se recomienda aplicar un proceso de modificación a los almidones, alterando sus propiedades como: temperatura de formación, su carácter hidrofílico, para mejorar las propiedades mecánicas de los bioplásticos.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICOS>, <ALMIDÓN>, <PAPA (*Solanum tuberosum*)>, <FARMACÉUTICAS>, <BIODEGRADABILIDAD>, <ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*)>, <ENVOLTURAS>, <PLASTIFICANTE>.

LEONARDO  
FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN):  
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, i=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2022.04.25 09:01:07 -05'00'



0771-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of this research was to make bioplastics from chola potato starch (*Solanum tuberosum*) and white carrot or arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) to be used as pharmaceutical blisters. Starch was used as raw material, which was extracted by means of the wet method. The best yield was obtained in Z2 with 8.41% starch for white carrot and P2 with 13.33% of starch for potato. The 2k factorial design was used, which provides 4 formulations with 2 concentration levels of 2 variables such as the amount of starch and plasticizer. A pilot experiment was carried out in order to apply the bioplastic as a blister pack for natural medicines. The biodegradability tests were determined in a period of 30 days, where the best result was the bioplastic with the TM4 formulation (1.8g of starch, 0.8ml of glycerin, 2ml of acetic acid and 30 ml of water) with a lesser extent of degradation in the air (20°C, 1atm). Microbiological tests were carried out on all bioplastics in order to guarantee all the characteristics that pharmaceutical blisters should have, presenting, absence of microorganisms such as: total coliforms, fungi and yeasts, as well as little presence of mesophilic aerobes. The best bioplastics were TP3 for potatoes, TZ1 for white carrots and TM3 for the mixture of both, these showed the best results in terms of elasticity, hardness and strength, which are the main properties of these products. It was concluded that the bioplastic was qualitatively evaluated as a pilot plan for pharmaceutical blisters, where it maintained the organoleptic characteristics of the tablet. It is recommended to apply a modification process to starches, altering their properties such as: formation temperature, hydrophilic property, to improve the mechanical properties of bioplastics.

**Keywords:** <BIOPLASTICS>, <STARCH>, <POTATO (*Solanum tuberosum*)>, <PHARMACEUTICALS>, <BIODEGRADABILITY>, <WHITE CARROT (*Arracacia xanthorrhiza*)>, <BLISTERS>, <PLASTICIZER>.

EDISON  
HERNAN  
SALAZAR  
CALDER  
ON

Firmado digitalmente por EDISON HERNAN SALAZAR CALDERON  
Fecha: 2022.05.06 15:52:41 -05'00'

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se cultiva un coctel de alimentos, uno de ellos los tubérculos, los cuales, debido a su bajo precio y su mayor valor nutritivo, son grandes fuentes de alimentación en el mundo (Loza, 2019, p.2), pero, debido a su humedad y el activo metabolismo de los mismos, ha provocado el desinterés y la mínima importancia de esta materia prima con referencia a la alimentación, nutrición y como materia para una producción industrial (Palomino, Molina, y Pérez, 2010, p.1).

Los tubérculos están constituidos en su mayoría por almidón, el cual, es la mayor fuente de energía en las plantas. El almidón posee algunas aplicaciones como: textura y consistencia en alimentos, manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables. Debido a que el almidón es un material bastante utilizado como gelificante, espesante, estabilizante, es necesario renovar nuevas fuentes de obtención. El almidón es un polvo blanco, suave, inodoro y de sabor desagradable, el cual, es tomado en cuenta para aportar en características físicas de una variedad de alimentos, por sus cualidades que proporciona.

El almidón es el ingrediente que brinda la fuente de energía en la papa, y su obtención se refleja según el crecimiento de la planta, como fue su cultivo, y su peso. La estructura fisicoquímica de la papa como la del almidón varían según la familia y variedad a la cual pertenece, la zona en donde se desarrolló, su crecimiento, y su fertilización. En el almidón de papa, existe la amilopectina en un porcentaje de entre el 70% y 80%. Esta serie de cualidades, caracterizan al almidón de papa, de que sea la principal y gran fuente de biopolímeros y bioplásticos funcionales para la industria de alimentos y materiales (Pardo, Castañeda, y Ortiz, 2013, p.13).

En los últimos tiempos, muchos países han optado por buscar alternativas que reemplacen a los plásticos comunes, un claro ejemplo es USA, que ha realizado alianzas sobre realizar plásticos a partir de cultivos agrícolas, ya que éstos representan un costo menor que a los obtenidos de derivados de petróleo. Revisando la historia, el bioplástico inicial fue descubierto en 1925, que fue creado por microorganismos como reserva de carbono y energía, los cuales, al ser alejados de la célula brindan características muy parecidas a los creados con petróleo (Gonzales, 2018 p.55). Los bioplásticos son materiales que en la actualidad se utilizan en diversos campos como son: envases alimenticios, cosméticos, bolsas, bandejas, botellas; en el mercado del mundo de los bioplásticos se destacan los envases rígidos principalmente y en el ámbito de salud, no han sido muy utilizados. En la presente investigación, se pretende dar una nueva idea, para empaques farmacéuticos, que brinden las condiciones necesarias para medicina y también que ayude al medio ambiente con su fácil y rápida degradación.

Los plásticos conservan sus propiedades, pese a diversos factores del medio, su peso es menor, comparado a materiales utilizados en el mismo ámbito, además, su precio es bajo, debido a su alta producción en todo el mundo (Meneses, 2007 a: p.58). La industria del plástico data a mediados del

siglo XX y desde entonces el desarrollo de esta industria ha sido creciente, se ha producido alta variedad de plásticos de excelentes cualidades y precio accesible, éstos, han reemplazado elementos creados con materia prima similar, en un hogar doméstico o a nivel industrial, por ello su incremento ha sido descomunal ya que al momento de desecharlo se genera una gran problemática por sus costos y efectos adversos al ambiente.

En un artículo científico titulado "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón" en Colombia, los autores hacen referencia al proceso que se realiza en películas biodegradables, utilizando el almidón como material principal para realizar bioplástico de distintas formas: moldeado, prensado y por extrusión (más empleada), ya que admite distintas operaciones: compresión, mezclado, calentamiento, moldeo, soplado, etc. (Enríquez C., Velasco M, Ortiz G. 2012 a: p.19).

En un trabajo de titulación denominado "Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata" en Ecuador, hace referencia que los ensayos de biodegradabilidad arrojan resultados que indican que el bioplástico a medida que pasa el tiempo se descompone, y que este proceso se puede realizar en dos condiciones: anaerobia y aerobia, resultando entonces, que los bioplásticos se degradan rápidamente en condiciones aerobias, debido a su contacto con el aire y los microorganismos aerobios que realizan la degradación liberando CO<sub>2</sub>, al contrario de las condiciones anaerobias, que liberan metano en la degradación (Chano E. 2015 a: p.99).

En el proyecto de titulación "Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad" en Perú, expone que la formulación para elaborar bioplástico con alta resistencia, está compuesto por 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada a 150°C. Las investigaciones acotan que, la obtención de películas biodegradables a partir de almidón presenta un excelente resultado, debido a que la amilasa que contiene el almidón, presenta fuerzas polares que perfeccionan las características mecánicas y de barrera en los bioplásticos (Meza P, 2016 a: p.37).

El problema de la actualidad, está basado en que el plástico común y normal; una vez que cumplió su ocupación, se convierte en un riesgo en las playas, mares, así como el medio ambiente. Asimismo, favorece al calentamiento global por su composición y realización, es así que en la actualidad la utilización del plástico, se ha mutado en el principal origen de contaminación en lugares como: agua, aire y suelo. Por medio de la presente investigación se pretende mostrar nuevas alternativas de elaboración de plásticos mediante la implementación de los bioplásticos.

En consecuencia, la presente investigación se da a conocer como una contribución muy importante como avance, en el ámbito de la ingeniería de los plásticos biodegradables con miras a empaques farmacéuticos, utilizando el almidón de papa chola y zanahoria blanca, ya que con la aplicación de esta metodología, los beneficiados serán todos los seres vivos, al tener menos

contaminación en el ambiente, además que las inversiones en el proceso que sufren los desechos plásticos, se reducirán , con lo cual los productos a partir de estos materiales biodegradables lograran una mayor acogida, que engrandecerá su demanda, y aportaran a los almacenes comerciales, así como a las grandes farmacéuticas, aportando una imagen ecológica e innovadora resguardando la vida del medio ambiente (Ángeles, 2015 a: p.103).

Por tanto, la descomposición de un bioplástico en materia orgánica, enriquece a los compuestos orgánicos presentes en el suelo, transformándose en una fuente de energía para la tierra y plantas. La presente investigación ayuda a las grandes industrias farmacéuticas, que utilizan plásticos en sus presentaciones de empaques farmacéuticos, para que reduzcan la cantidad de residuos en la sociedad, utilizando almidón de papa y zanahoria para la obtención bioplástico. (Gaethe, 2011 a: p.53)

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo general**

Obtener bioplástico a partir de papa chola (*Solanum tuberosum*) y zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) para uso como envolturas farmacéuticas.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el almidón obtenido de la papa chola y zanahoria blanca mediante métodos químicos establecidos en normas de calidad.
- Diseñar la mejor formulación para la obtención del bioplástico para uso como envolturas farmacéuticas.
- Determinar la biodegradabilidad del bioplástico, evaluando sus características fisicoquímicas, mecánicas y microbiológicas.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

El problema que existe en la actualidad por el uso diario de cualquier plástico, se basa en el poco % de biodegradabilidad, y por ello, en su gran cantidad de residuos que genera. Los plásticos son tiene una gran resistencia a varias actividades en el ambiente, son livianos en comparación a otros utilizados en el mismo ámbito (Meneses et al., 2007a: p.56)

Los plásticos son materia que se utiliza para la elaboración de la mayoría de implementos necesarios para la humanidad, dentro de los cuales se pueden citar materiales de empaque utilizados en la industria alimenticia y farmacéutica. Al ser desechados todos estos insumos pasan a componer parte de rellenos sanitarios donde forman una gigante fuente de contaminación debido a que los plásticos son materiales compuestos de combustibles fósiles, los cuales son fuentes no renovables; y su uso da como resultado emisión de gases que contaminan la atmosfera y son tóxicos para la vida del ser humano. Una botella de plástico tiene una vida promedio de 200 años y, por lo tanto, los vertederos no podrán recibir una gran cantidad de estos desechos por mucho tiempo.

Aunque muchos plásticos pueden realizar un proceso de reciclado, un reciclaje completo del plástico no es posible. Debido a que en los últimos años a nivel mundial se habla de los bioplásticos, éstos son plásticos biodegradables que se obtienen a partir de polímeros que provienen de materias primas renovables y naturales. Una de las ventajas que existe en estos bioplásticos es que conservan fuentes de energía no renovables (petróleo) y reducen el problema cada vez más costoso del manejo de desechos (Alcázar S, 2010 a: p.26).

La industria del plástico data a mediados del siglo XX y desde entonces el desarrollo de esta industria ha sido creciente, se ha producido alta variedad de plásticos que tiene excelentes propiedades y precios accesibles, por lo que éstos, sustituyen a artículos con otra materia prima tanto a nivel doméstico como industrial, por ello, su incremento ha sido descomunal ya que al momento de desecharlo se genera una gran problemática por sus costos y efectos adversos al ambiente.

En los últimos tiempos, muchos países han optado por buscar alternativas que reemplacen a los plásticos comunes, un claro ejemplo es USA, que ha realizado alianzas sobre realizar plásticos a partir de cultivos agrícolas, ya que éstos representan un costo menor que a los obtenidos de derivados de petróleo. La utilización de material orgánico para la formación de bioplástico es algo nuevo, pues en un estudio denominado “Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón

de patata” realizado por Charro Margarita (2015 a: p.100) en Ecuador, menciona que, los ensayos de biodegradabilidad presentan curvas de pendiente ascendente que indican que la película se degrada con el tiempo estos se pueden realizar en dos condiciones anaerobia y aerobia.

En un trabajo denominado “Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad” en Perú en donde menciona que la metodología para elaborar el bioplástico más resistente está compuesto por 5 ml de glicerina, 3 ml de ácido acético, 10 g de almidón, 60 ml de agua destilada y se elabora a 150°C. A nivel mecánico, el bioplástico tuvo una afectación, debido al cambio de ácido acético y glicerol. Dicho material alcanza un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación máxima de 19.99% en el ensayo de tracción; además el ensayo de espectrofotometría mostró la formación de enlaces característicos de los bioplásticos (Meza P, 2016 a: p.86).

## **1.2. Papa**

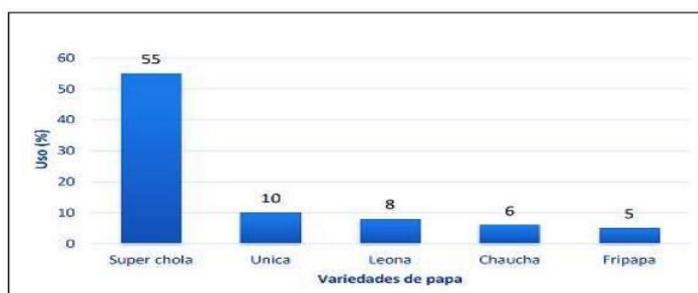
La papa es un tubérculo que se puede comer y posee un gran contenido de carbohidratos, se conoce a nivel mundial y se la puede consumir en distintas presentaciones. En estado fresco de cosecha, abarca un 80 % de agua y un 20 % de materia seca. En cuanto al contenido de almidón en materia seca esta entre el 60 al 80 por ciento (FAO, 2008 a: p.35).

### ***1.2.1. Origen***

La principal variedad de papa (*Solanum tuberosum L.*) se encuentra ubicada principalmente en los Andes de América del Sur. La principal narración investigada fue redactada por Pedro Cieza de León en 1538. El autor indagó los tubérculos que los indígenas los llamaban papas, donde, en un inicio se encontraron en el valle alto de Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador (González, 2014 a: p.36).

### ***1.2.2. Variedad de papas en el Ecuador***

De acuerdo con Barragán (2018 a: p.220), 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 chola con 55%.



**Gráfico 1-1:** Variedad de papas mayormente empleadas en Ecuador

Fuente: (Barragán, 2018 a: p 220).

### 1.3. Papa chola

#### 1.3.1. Origen genético de la variedad

Su nacimiento se dio gracias a Germán Bastidas en el año de 1984, y se generó producto del cruce entre las variedades Curipamba negra (*Solanum demissum*) y chola seleccionada (Pinango, 2016 a: p.110).

**Tabla 1-1:** Características taxonómicas de papa chola.

Categorías	Característica
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Subgénero	Potatoe
Sección	Petota
Serie	Tuberosa
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: (Charro, 2015 a: p.22)

Realizado por: Daniel Morales, 2021.

#### 1.3.2. Características morfológicas

La papa de variedad chola, es una planta que se desarrolla de forma perpendicular, posee varios tallos de color verde con tintes púrpura, donde, sus hojas y ramas crecen muy rápido y con mucha densidad que acapara adecuadamente todo el terreno, las hojas son de color verde y sus flores violetas. Para su estructura física, presenta una forma ovalada con formas de ojos exteriores, color rosado, y pulpa amarilla (Mastrocola, 2016 a: p.8).



**Figura 1-1:** Papa Chola

**Fuente:** (Tipan y Vallejo, 2016).

A continuación, en la Tabla 2-1 se muestra la composición química general de la papa.

**Tabla 2-1:** Composición química de papa.

Componente	Cantidad/100g
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	9,0 g
Fósforo	47,0 mg
Hierro	0,5mg
Tiamina	0,1 mg
Riboflavina	0,1 mg
Niacina	1,6 mg
Ácido Ascórbico Reducido	14,0 mg

**Fuente:** (Charro, 2015)

**Realizado por:** Daniel Morales, 2021.

#### 1.4. Almidón

Conocido como fécula, es un polímero de fuentes naturales constituido por gránulos que presentan una configuración organizada en capas, cuya particularidad de su porción, composición y apariencia, se basan directamente en el origen del cual proceden. El almidón es uno de los carbohidratos que posee mayor opulencia en toda la naturaleza, constituye la reserva de energía en vegetales y su obtención puede ser de: semillas de lentejas, frijoles, semillas de arroz, trigo y maíz, en el tallo de sagú, papa, hojas de tabaco, manzanas, guineos, y en tubérculos como la yuca y el camote (Aristizábal y Sánchez, 2007 p.33-49).

En la Tabla 3-1 se muestra el porcentaje de almidón en ciertas variedades de papa en el Ecuador.

**Tabla 3-1:** Cantidad de almidón en diferentes papas.

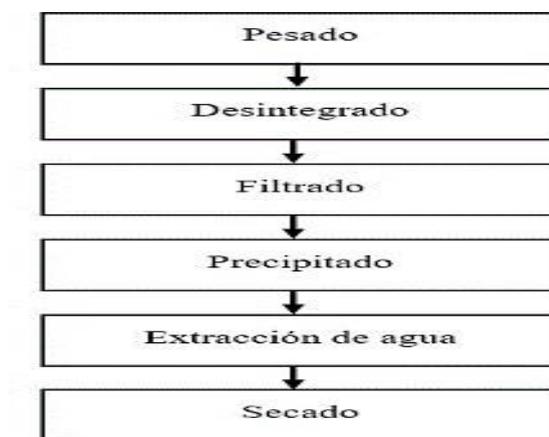
<b>Variedad de papa</b>	<b>Almidón base húmeda (%)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Almidón base seca (%)</b>
Superchola	19,41	74,41	75,87
Roja	14,69	79,42	71,39
Violeta	14,04	70,68	47,91
Esperanza	10,73	77,91	48,59
Capiro	15,11	78,90	71,55

**Fuente:** (Tipan y Vallejo, 2016 a: p.99)

**Realizado por:** Daniel Morales, 2021.

#### **1.4.1. Almidón de Papa**

La principal característica organoléptica del almidón de papa, es su polvo fino blanquecino de extraordinaria textura, inoloro y sin sabor, con una gran viscosidad, resaltando de los almidones de trigo y maíz, finalmente ayuda y facilita la creación de productos más apetecibles y de uso cotidiano (FAO, 2008 a: p.35). A continuación, en la Figura 3 se exhiben las etapas que integran el proceso general de obtención de almidón de papa.

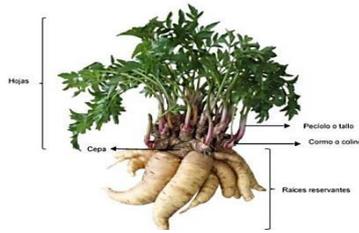


**Gráfica 2-1:** Diagrama de flujo de obtención de almidón de papa

**Fuente:** (Arroyo y Alarcón, 2014, p.3).

#### **1.5. Zanahoria Blanca**

Tubérculo que se cultiva en las regiones Andinas de Centroamérica, África y Brasil. En la historia, pertenece a los más antiguos en su especie, y su domesticación dió origen a la de la papa. Pertenece a los llamados "tubérculos andinos" como el camote (*Ipomoea batatas*), la oca (*Oxalis tuberosa*) y melloco (*Ullucus tuberosus*), que son utilizados en una dieta tradicional (Barrera,2004 a: p.102).



**Figura 2-1:** Zanahoria blanca  
**Fuente:** (Vizuete 2011, a: p.22)

### 1.5.1. Clasificación Taxonomía

La zanahoria blanca tiene la siguiente clasificación taxonómica:

**Tabla 4-1:** Taxonomía de la Zanahoria Blanca

1	<b>Reino</b>	Plantae
2	<b>División</b>	Spermatophyta
3	<b>Subdivisión</b>	Magnoliophyta (Angiospermae)
4	<b>Clase</b>	Magnoliatae (Dicotiledónea).
5	<b>Subclase</b>	Rosidae
6	<b>Orden</b>	Umbelales (Ariales)
7	<b>Familia</b>	Umbelliferae (Apiaceae).
8	<b>Subfamilia</b>	Apioideae
9	<b>Genero</b>	<i>Arracacia</i>
10	<b>Especie</b>	<i>A. Xanthorrhiza</i>
11	<b>Nombre Científico</b>	<i>Arracacia Xanthorrhiza</i>

**Fuente:** (Barrera, et al., 2003, p. 6)

**Realizado por:** Morales, Daniel.2021.

### 1.5.2. Generalidades

La zanahoria blanca es una planta herbácea, que mide entre 0,50 y 1,50m. Es una planta anual o bianual que se cosecha a los 12 meses antes de la floración.

- *Hojas*

Las hojas poseen fiolos laterales de 4 opuestos, pueden medir hasta 50cm, y su coloración puede variar de verde a rojo.

- *Tallo*

El tallo es en forma de un tronco vertical, corto y rizomatoso, mide 10 cm de alto que se divide en el lado superior. Posee una estructura llamada corona, la cual, divide a la planta en dos partes: las raíces tuberosas y la parte aérea. Posee ramificaciones en la parte superior llamados hijuelos, hijos o brotes.

- *Parte Tuberosa*

Las raíces predominan, en número aproximado de 4 a 10, las cuales, salen de la parte inferior de la corona. Las raíces son en forma de cono, con una longitud de 5 a 25 cm y un diámetro entre 3 a 8 cm. El color característico de los tubérculos es amarillo el cual, ayuda a que la planta tenga una mejor resistencia a diversos climas, al igual que posee un ciclo vegetativo largo (FAO, 2005 a: p.255). Los principales países productores de zanahoria en el mundo son: China, Estados Unidos, Federación de Rusia, Polonia, Reino Unido, Japón, Italia, Francia, Ucrania, Alemania, España, India, México, Indonesia, Canadá, Australia, Nigeria, Marruecos, Colombia, Chile.

Con respecto Ecuador la producción de zanahoria blanca se da a 1500 y 3300 msnm, en suelos fértiles que contengan materia orgánica y poseen un buen drenado, así como, un pH entre 5 y 6, el clima optima es templado sin la presencia de heladas, por lo cual, se lo cultiva en las partes bajas de las zonas agroecológicas. Con respecto a la temperatura para su cultivo, debe estar entre 14 y 21 °C, ya que, a temperaturas bajas, se retrasa la maduración de los tubérculos y a temperaturas altas reducen su tamaño (Pumisacho, m. y Sherwood.a:2002 pp. 21).

El cultivo de zanahoria está muy extendido en los valles de Machachi en la Provincia de Pichincha y de Pelileo en la Provincia del Tungurahua, siendo cultivado en pequeña escala en toda la serranía ecuatoriana. El cultivo es de clima templado localizado en las zonas interandinas, particularmente, en las provincias de Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha, y Tungurahua; cabe recalcar que este cultivo, ayuda a la producción en lugares no tan comunes, ya que, en mercados internacionales existe una demanda diversificada de “zanahoria” y en consecuencia se abre una nueva oportunidad de realizar comercio (Basantés R, 2015 a: p.106).

**Tabla 5-1.-** Producción de zanahoria blanca en Ecuador.

<b>Provincia</b>	<b>N° zanahorias</b>
Carchi	355
Imbabura	131
Pichincha	1425
Cotopaxi	3656
Tungurahua	2569
Chimborazo	9620
Cañar	225
Loja	956

Fuente: (INEN, 2010).

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

### ***1.5.3. Tipo de aprovechamiento***

Según la FAO las zanahorias se pueden consumir de muy diversas formas. Como se cita a continuación:

**Fruto fresco:** se puede consumir entero o en trozos. Se cocina para consumir sola, en ensaladas, sopas, postres y purés, se prepara en jugos caseros solo o mezclado.

**Fruto procesado:** se puede deshidratar, congelar, hacer encurtidos, envasarla o enlatarla al natural o en salmuera, Deshidratadas hace parte de alimentos precocidos como las sopas instantáneas.

**Medicinal:** Posee vitamina A, la cual, se puede extraer, así como también, carotenoides, los cuales, actúan como: pro vitamina A, son anticancerígenos, cicatrizantes intestinales y antioxidantes (Zeñano, 2008 a: p.77-91).

### ***1.5.4. Nutrición***

Desde el punto de vista nutricional es un alimento que brinda beneficios a los seres humanos, gracias a su contenido en vitaminas y minerales, está compuesto mayoritariamente por agua, seguido de los carbohidratos, los cuales, nos brindan energía. La zanahoria presenta un contenido en carbohidratos superiores a otras hortalizas. Al pertenecer al grupo de los tubérculos, absorbe los nutrientes y los digiere como azúcares, los cuales, disminuyen al ser cocidos y aumentan al ser madurados.

Su característico color naranja se debe a la presencia de carotenos, entre ellos el beta- caroteno o provitamina A, pigmento natural que el organismo transforma en vitamina A, conforme la necesita. Así mismo es fuente de vitamina E y vitaminas del grupo B y vitaminas B3 o niacina. Aporta gran cantidad de minerales, destacando el potasio, y en menores cantidades: magnesio, fósforo, yodo y calcio (Zeñano, 2008 a: p.77-91).

**Tabla 6-1.-** Valor nutricional de la zanahoria en 100g de sustancia comestible

<b>Componente</b>	<b>Cantidad/100g</b>
Lípidos (g)	0,20
Calorías (cal)	40,00
Vitaminas (U.I)	12.000,00
Vitamina B1 (mg)	0,13
Vitamina B2 (mg)	0,06
Vitamina B6 (mg)	0,10
Acido nicotínico (mg)	0,64
Potasio (mg)	0,10

Fuente: INEN, 2010

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

### 1.5.5. Características físico-químicas

**Tabla 7-1:** Composición físico- química de la zanahoria blanca

<b>N.º</b>	<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	<b>Humedad (%)</b>	81,19
2	<b>Ceniza (%)</b>	5,18
3	<b>Proteína (%)</b>	5,43
4	<b>Fibra (%)</b>	3,91
5	<b>Carbohidrato Total (%)</b>	84,33
6	<b>Ca (%)</b>	0,15
7	<b>P (%)</b>	0,17
8	<b>Mg (%)</b>	0,06
9	<b>Na (%)</b>	0,018
10	<b>K (%)</b>	1,30
11	<b>Cu(ppm)</b>	8,30
12	<b>Fe(ppm)</b>	139,5
13	<b>Mn(ppm)</b>	9,50
14	<b>Zn(ppm)</b>	9,10
15	<b>I(ppm)</b>	0,21
16	<b>Azúcar Total (%)</b>	6,91
17	<b>Azúcares Reductores (%)</b>	4,81
18	<b>Energía (kcal/100g)</b>	389,00
19	<b>Vitamina C (mg/100 g)</b>	13,94

Fuente: (Barrera, et al., 2003, p. 6)

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

## **1.6. Bioplásticos**

Son películas plásticas usadas como un sustituto a los plásticos derivados del petróleo o plásticos convencionales, el tiempo en que es degradado es menor a los que se usa diariamente. Esta formada principalmente por almidón, y se forma con la ayuda de plastificantes que coadyuvan con el fin de asimilar a los plásticos convencionales. Son bioplásticos o biofilms debido a que tienen un espesor menor a 1mm y se pueden utilizar para el recubrimiento de alimento o de medicamentos (LEIA, 2007 a: p.102).

La elaboración de los bioplásticos es a partir de material biodegradable, y se caracteriza por que no afecta a la humanidad, ya que, al contrario, tiene un valor energético, que puede ser consumido sin ningún peligro por seres vivos. Cabe señalar que, los productos bioplásticos comercializados tienen entre 30 y 100% de materiales renovables. Su uso como material renovable ayuda a refutar los cambios climáticos, sin embargo, los que proceden de combustibles fósiles generan gases efecto invernadero en mayor cantidad.

European Bioplastics empresa reconocida a nivel mundial, define a los bioplásticos como materiales que son, biodegradables, o que reúnen características en su constitución total proveniente de:

- Materia prima que sea de origen renovable pero biodegradable.
- Materia prima que sea de origen renovable y que no sea biodegradable.
- Materia prima que sea de origen petroquímico y que sea también biodegradable.

Los plásticos biodegradables satisfacen la norma internacional EN 13432 de biodegradabilidad, es así que los productos desechables de bioplásticos se degradan en menos de un año, y el residuo final genera CO<sub>2</sub>, y agua. Al contrario de los productos desechables plásticos (polietileno, polipropileno) y de poli estireno expandido (Espumaflex) que tardan hasta 1.200 años en degradarse, generando una contaminación acumulativa al ecosistema (LEIA, 2007 a: p.102).

## **1.7. Envases biodegradables**

Los envases biodegradables se pueden fabricar con recursos renovables, orgánicos o combustibles fósiles, ya que, el proceso de biodegradabilidad no es función de la materia prima de la cual es realizado, sino, de la estructura química que posee el plástico. Sin embargo, para que ocurra biodegradabilidad debe ocurrir varios eventos como: presencia de microorganismos que realicen biodegradabilidad, las condiciones ambientales requeridas, y su desarrollo. La mayoría de los envases biodegradables han sido diseñados para sufrir este proceso en un determinado espacio, haciéndolos aptos para los microorganismos presentes en la descomposición, los ambientes marinos o, en menos cantidad, ambientes sin oxígeno como los que se encuentran en los sistemas

de producción de biogás a partir de residuos.

Los envases biodegradables resultan de la mezcla de materiales que contribuyen de gran manera a la protección del ambiente, así como, al progreso y desarrollo de la producción de plástico propiamente, no obstante, se debe conocer sus propiedades y sus características, de forma que, el propósito por el cual fue fabricado, se beneficie completamente de las mismas. Actualmente, la humanidad se ha esmerado por distinguir entre los materiales biodegradables, de los no biodegradables, dada a la actual confusión existente al respecto (S. Prakash. 2013 a: p.15-18).

Según Andrady 2010 a: p.18), expresa que los plásticos usados en las industrias farmacéuticas han generado una cantidad masiva de desechos y una gran contaminación al medio ambiente en todo el mundo, además, que uno de los problemas más graves en la industria plástica farmacéutica , es la reacción entre el medicamento y el plástico empleado en el envase, y un mayor significado en el caso de las drogas que se incrustan y se encuentran a baja concentración, pues de esta manera puede reducirse un alto porcentaje de la sustancia y perder el medicamento sus propiedades terapéuticas, por lo que ve una alternativa en la síntesis de plásticos biodegradables en el uso farmacéutico en donde el bioplástico que vamos a obtener reduce la huella de carbono en el ambiente, reduce el uso de energía en su producción , disminuye los residuos no biodegradables que contaminan el medio ambiente y disminuyen notablemente los costos en las industrias farmacéuticas.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Hipótesis

##### **Rendimiento de extracción del almidón de papa**

**H<sub>0</sub>:** El método de extracción de almidón de papa no influye en el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

**H<sub>1</sub>:** El método de extracción de almidón de papa influye en el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

##### **Rendimiento de extracción del almidón de zanahoria blanca**

**H<sub>0</sub>:** Las variables revoluciones por minuto y tiempo de extracción no influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca.

**H<sub>1</sub>:** Las variables revoluciones por minuto y tiempo de extracción influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca.

##### **Propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos**

**H<sub>0</sub>:** Las formulaciones diseñadas no influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

**H<sub>1</sub>:** Las formulaciones diseñadas influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

#### 2.2. Identificación de variables

- **Variable independiente:** Bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa.
- **Variables dependientes:** Rendimiento, humedad, biodegradabilidad, permeabilidad y resistencia a la tracción.

### 2.3. Operacionalización de variables

**Tabla 1-2** Operacionalización de variables

Variables		Definición	Indicadores	Instrumento de medición
<b>Variables Dependientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendimiento</li> </ul>	Cantidad de almidón obtenido de la materia prima.	Método Húmedo.	Balanza analítica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humedad</li> </ul>	Cantidad de agua que posee el bioplástico.	Método gravimétrico por secado.	Termobalanza
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Permeabilidad al vapor de agua</li> </ul>	Cantidad de vapor (gramos) que pasa por unidad de superficie (m <sup>2</sup> ) de un material de espesor unitario (mm) por unidad de tiempo (h).	ASTM E96/ E 96M-05/Desecante	Balanza analítica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la tracción</li> </ul>	Determina cuando alcanza el punto final de la degradación.	NTE INEN 2637: Ensayo de tracción para determinar el punto final de la degradación.	Maquinaria de prueba del tipo <i>velocidad constante de movimiento de cruceta</i>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biodegradabilidad</li> </ul>	Descomposición de materia ocasionado por microorganismos naturales.	NTE INEN 2643: Especificaciones para plásticos compostables.	Balanza analítica
<b>Variable Independiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa.</li> </ul>	Combinación de los componentes a fin de obtener un producto con las mejores características.	Propiedades físicas, químicas, mecánicas y biodegradables.	Equipos de medición de los parámetros físicos, mecánicos y biodegradables.

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

#### **2.4. Lugar de la investigación**

Laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias ESPOCH.

#### **2.5. Tipo de investigación**

El estudio es de tipo cuantitativo ya que se realizarán análisis de laboratorio y ensayos para la obtención de bioplásticos, los cuales brindarán resultados verdaderos que permitirán establecer variables de procesamiento en la presente investigación.

#### **2.6. Población de estudio**

La población de estudio corresponde a muestreos de la papa chola (7 kg) y zanahoria blanca (10kg) adquiridas en el mercado Modelo de la Ciudad de Ambato, Provincia de Tungurahua. Constituyó un muestreo selectivo para seleccionar a los mejores ejemplares, tomando en cuenta sus propiedades organolépticas, así como el grado de madurez en el que se encuentran, libre de manchas de descomposición.

#### **2.7. Criterios de inclusión**

Para los criterios de inclusión en la selección de papa y zanahoria amarilla, se tuvo en cuenta el buen aspecto físico, buena conservación, frescas y homogéneas. Luego se procede a verificar que cumplan los criterios y se procede a quitar la tierra de las cáscaras de papa y zanahoria con la ayuda de agua.

#### **2.8. Criterios de exclusión**

Las papas y zanahorias que presenten daños por acción de animales, manipulación y unidades que presenten deterioro por agua o viento, productos que pase un proceso de putrefacción o con contaminación microbiológica, además aquellos que no correspondan a la especie (*Solanum tuberosum*) de papa y (*Arracacia xanthorrhiza*) de zanahoria.

#### **2.9. Diseño experimental**

El diseño es de tipo experimental, se debe establecer la mejor composición en la elaboración de bioplásticos para envolturas farmacéuticas, a partir de papa chola y zanahoria amarilla, un tema

poco estudiado a nivel nacional y principalmente a nivel farmacéutico, el cual, es muy novedoso desde el punto de vista ecológico, económico y biodegradable.

Se utilizó el diseño factorial  $2^k$ , un sistema factorial de dos factores a dos niveles, para establecer las formulaciones, y a partir de éstos, se elaborará bioplásticos similares que tengan todas las características necesarias para cumplir los estándares establecidos.

## **2.10 Materiales reactivos y equipos**

### **2.10.1 Reactivos**

- Sulfato de sodio
- Ácido bórico
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de sodio
- Agar dextrosa
- Agar PCA
- Agar CC
- Glicerina
- Ácido Acético
- Agua destilada
- Lugol
- Éter
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Ácido sulfúrico

### **2.10.2 Materiales**

- Crisol
- Desecador
- Frascos de orina
- Envases de centrifuga
- Tubos de ensayo
- Licuadora
- Tamiz
- Vaso de plástico 1L
- Cajas Petri

- Bases de vidrio: 6 cm x 11cm y 13 cm x 22cm
- Kitasato
- Papel filtro
- Bureta de 25ml
- Pinza para bureta
- Soporte universal
- Matraz Erlenmeyer 250ml
- Balón de digestión de Kjeldahl
- Probeta 100ml
- Termómetro de 360 °C
- Varilla de agitación
- Espátula
- Extractor de Soxhlet (condensador extractor, balón esmerilado)
- Mangueras de condensador
- Vasos de precipitación :100ml, 50ml, 25ml, 250ml, 500ml, 1000ml
- Balón volumétrico 500ml
- Pipeta graduada 10 ml

### ***2.10.3 Equipos***

- pH metro orión versastar pro
- Shaker
- Viscosímetro de brookfield
- Termobalanza
- Dosi- fiber
- Digestor y destilador microkjeldhal
- Centrífuga ortoaires
- Balanza analítica Explorer
- Estufa de desecación Memmert
- Mufla
- Reverbero
- Sorbona
- Espectrofotómetro Jasco

## 2.11. Procedimiento experimental

### 2.11.1. Obtención de almidón

#### 2.11.1.1. Extracción de almidón

- Pesar 200g de muestra homogénea y colocar en 500 ml de agua purificada.
- Colocar todo en la licuadora y licuar por determinado tiempo a revoluciones determinadas.
- Filtrar el licuado con una media nylon y un colador en un vaso.
- Dejar reposar lo filtrado en el vaso de 4 a 12 h.
- Vaciar el agua sobrenadante y utilizar el almidón que se queda en la base del vaso.
- Secar el material en la estufa a 50°C por 12h.
- Triturar el material seco lo más pequeño posible.
- Tamizar hasta que quede un polvo homogéneo.

### 2.11.2. Rendimiento de almidón

El rendimiento del almidón se determina de manera experimental utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

$$\%R = \frac{A}{B} \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

%R= Porcentaje de rendimiento.

A= Peso seco del almidón.

B = Peso de la materia prima.

**Tabla 2-2:** Extracción de almidón por el diseño experimental 2k

Producto	Tratamiento	RPM	Tiempo (s)	Producto	Tratamiento	RPM	Tiempo (s)
PAPA	1	6000	3	<b>ZANAHORIA BLANCA</b>	1	6000	30
	2	14000	3		2	14000	30
	3	6000	6		3	6000	60
	4	14000	6		4	14000	60

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

#### *2.11.2.1. Extracción de almidón*

- Pesar 200g de muestra homogénea y colocar en 500 ml de agua purificada.
- Colocar todo en la licuadora y licuar por tiempo bajo (30 segundos) o tiempo alto (60 segundos); y a revoluciones bajas (6000) o revoluciones altas (1200).
- Filtrar el licuado con una media nylon y un colador en un vaso.
- Dejar reposar lo filtrado en el vaso de 4 a 12 h
- Vaciar el agua sobrenadante y utilizar el almidón que se queda en la base del vaso.
- Secar el material en la estufa a 50°C por 12h
- Triturar el material seco lo más pequeño posible
- Tamizar hasta que quede un polvo homogéneo.

#### *2.11.3. Medición de pH*

- Pesar 5g de almidón y poner 25 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
- Poner en el “Shaker” por 15 minutos a 200RPM para su mezcla.
- Dejar reposar por 15 minutos.
- El sobrenadante pasar por el papel filtro en un tubo de ensayo.
- El líquido filtrado medirlo en el pH metro.

#### *2.11.4. Prueba de almidón (Lugol)*

- Pesar aproximadamente 2 g de almidón en un tubo de ensayo
- Colocar de dos a tres gotas de Lugol.
- Observar la reacción del Lugol con el almidón

#### *2.11.5. Contenido de materia seca (humedad)*

- Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C
- Pesar en el crisol vacío entre 20,0 – 30,0 g de la muestra de almidón
- Colocar el crisol con la muestra de almidón en un horno a 80 °C durante 24 horas.
- Enfriar los crisoles con el almidón seco en un desecador hasta obtener peso constante (30-45 minutos)
- Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca.

$$\%H = \frac{A-B}{A} \times 100 \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad.

A= Peso crisoles vacíos.

B = Peso de los crisoles con la muestra seca.

### **2.11.6. Cenizas**

- Poner a masa constante un crisol de porcelana, perfectamente limpio, introduciéndolo a la estufa a 25°C aproximadamente, durante una hora
- Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Determinar la masa del crisol en balanza analítica.
- Tomar una muestra de 2,0 g previamente secada (Humedad) y determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica.
- Incinere la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol estén blancas.
- Introducir el crisol, con la muestra seca, a la mufla a 500°C, durante 8-12 h.
- Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Determinar el peso del crisol y de la muestra final en la balanza.

$$\%C = \frac{M2 - M}{M1 - M} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

%C= Porcentaje de cenizas.

M= Peso del crisol vacío

M1= Peso del crisol con la muestra

M2= Peso del crisol con las cenizas

### **2.11.7. Índice de solubilidad en agua**

- Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C.
- Pesar en los tubos 1,2 g de almidón y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar.
- Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.

- Centrifugar a temperatura ambiente a 4 900 RPM durante 30 minutos.
- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.
- Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50,0 mL (previamente pesado).
- Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Pesar el tubo de centrífuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.

$$ISA = \frac{\text{Peso soluble (g)} * V * 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

(Ec.4)

Donde:

ISA: Índice de solubilidad en agua

#### **2.11.8. Viscosidad Brookfield**

- Pesar 25,0 g de almidón seco, diluir en agua destilada y llenar hasta 500 ml.
- Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000 ml y calentar con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos).
- Enfriar el gel hasta 25 °C y tomar una muestra de 15,0 ml.
- Medir la viscosidad a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM.

#### **2.11.9. Temperatura de gelatinización**

- Pesar 3,0 g de almidón en un vaso de precipitación de 600 ml y agregar 30 ml de agua destilada.
- Homogenizar la suspensión con un agitador mecánico a una velocidad de 200 RPM y mantener la suspensión a 27,5 °C en un baño de agua.
- Agregar 270 ml de la solución de hidróxido de sodio al 1 por ciento.
- Agitar durante tres minutos a 200 RPM desde el momento que se le agrega el hidróxido de sodio.
- Mantener la mezcla a 27,5 °C en un baño de agua durante 27 minutos.
- Agregar cuidadosamente la mezcla al viscosímetro y tomar el tiempo que demora el flujo de la solución en atravesar del aforo superior al aforo inferior.

### ***2.11.11. Examen microbiológico de almidón***

#### *2.11.11.1. Aerobios*

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Pesar 10g de muestra y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar PCA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución
- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h
- Contar las colonias y anotar resultados.

#### *2.11.11.2. Mohos y levaduras*

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Pesar 10g de muestra y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar DEXTROSA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución
- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h
- Contar las colonias y anotar resultados.

#### *2.11.11.3. Coliformes totales*

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Pesar 10g de muestra y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución.
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar CCA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución

- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h.
- Contar las colonias y anotar resultados.

### 2.11.12 Elaboración del bioplástico

- Colocar el almidón en un vaso de precipitación y disolver con agua destilada.
- Colocar a baño maría y agregar lentamente ácido acético y glicerina.
- Mezclar para evitar la formación de grumos hasta que esté cerca a la temperatura de gelatinización (el tiempo depende de cada almidón y su temperatura de gelatinización).
- Retirar al momento de haber conseguido una consistencia no tan espesa ni muy líquida.
- Verter 14ml de muestra caliente sobre 2 placas de vidrio de 6.5cmx 11cm.
- Dejar secar por 48 horas a 21°C.
- Desmoldar y caracterizar.

**Tabla 3-2:** Formulación de bioplástico de almidón de papa

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
TP1	2,0	1,5	2,0	30,0
TP2	1,8	1,5		
TP3	2,0	1,0		
TP4	1,8	1,0		

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**Tabla 4-2:** Formulación de bioplástico de almidón zanahoria blanca.

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
TZ1	2,0	2,0	1	30
TZ2	1,8	2,0		
TZ3	2,0	1,0		
TZ4	1,8	1,0		

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**Tabla 5-2:** Formulación de bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa.

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
TM1	2,0	1,0	2,0	30,0
TM2	1,8	1,0		
TM3	2,0	1,5		
TM4	1,8	1,5		

Realizado por: Morales, Juan ,2021.

### 2.11.13. Análisis del bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa

#### 2.11.13.1 Humedad

- Cortar las bioplásticos en dimensiones de 2.5 x 2.5 cm para cada muestra.
- Preparar la balanza de humedad para ser utilizada.
- Colocar en la balanza de humedad, una por una, cada muestra.
- Cerrar la tapa de la balanza y esperar unos segundos.
- Esperar de 2 a 5 minutos a que arroje el resultado la balanza.
- Anotar los resultados y realizar el mismo procedimiento para todas las muestras.

#### 2.11.13.2. Permeabilidad al vapor de agua

- Por método desecante, con el uso de gel de sílice activado a 105°C por 24h.
- Llenar las 3/4 partes de los tubos de ensayo, mezclar y pesar durante 6 horas.
- Medir en los tubos de ensayo la altura y el diámetro.
- Dividir los bioplásticos en dimensiones de 2.5 x 2.5 cm para cada muestra, y colocar en la boca de los tubos de ensayo y se sellar herméticamente.
- Después, son colocados en un desecador con humedad relativa (45%-52%) y al fondo del desecador se coloca solución llena de sal común a una temperatura de 20 -27°C, finalmente las muestras son pesadas durante 6 horas consecutivas.

$$PVA = \frac{(Q/t)}{A} * E$$

(Ec.5)

**Donde:**

PVA= Permeabilidad al vapor de agua expresado en (g x mm/h x m<sup>2</sup>)

Q=Peso ganado en gramos del desecante.

t= tiempo empleado en la prueba en horas.

A= área de la biopelícula

E= espesor de la biopelícula.

### 2.11.13.3. Solubilidad

- Secar tubos de centrifuga a 60°C y pesar
- Colocar 1,25g de almidón y agregar 30 ml de agua destilada
- Llevar a baño maría a 60°C por 30 minutos mezclando luego de 10 min
- Posterior llevar a la centrifuga por 30min a 2000 rpm
- Medir el volumen de sobrenadante y 10ml de ellos secar en estufa en un vaso de 50ml a 70°C por 24 horas
- Pesar el tubo con el gel
- Pesar el vaso con el líquido seco

$$\%S = \frac{A - B}{A} \times 100$$

(Ec.6)

Donde:

%S= Porcentaje de solubilidad.

A= Peso inicial seco.

B = Peso final seco.

### 2.11.13.4. Microbiológico

#### **AEROBIOS**

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Cortar los bioplásticos en dimensiones de 2.5 x 2.5 cm para cada muestra.
- Colocar los bioplásticos en cajas petri y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar PCA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución
- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h
- Contar las colonias y anotar resultados.

## **MOHOS Y LEVADURAS**

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Cortar las biopelículas en dimensiones de 2.5 x 2.5 cm para cada muestra.
- Colocar la biopelícula y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar DEXTROSA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución
- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h
- Contar las colonias y anotar resultados.

## **COLIFORMES TOTALES**

- Esterilizar todos los utensilios a utilizar.
- Cortar las biopelículas en dimensiones de 2.5 x 2.5 cm para cada muestra.
- Colocar la biopelícula y diluir en 90ml de agua de peptona
- Realizar diluciones en tubos de ensayo con 9ml de solución
- Depositar 1.0 ml de dilución en cada caja Petri.
- Preparar previamente el agar CCA.
- Adicionar de 15 a 20 ml de agar en cada placa.
- Homogeneizar la caja Petri con el agar y la dilución
- Incubar las cajas Petri en posición invertida en la estufa por 24 h
- Contar las colonias y anotar resultados.

## CAPÍTULO III

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

#### 3.1. Análisis sensorial de papa y zanahoria blanca

**Tabla 1-3:** Análisis sensorial de la papa y zanahoria blanca

<b>Papa</b>		<b>Zanahoria blanca</b>	
<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>	<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
<b>Olor</b>	Característico	<b>Olor</b>	Característico
<b>Sabor</b>	Dulce	<b>Sabor</b>	Dulce
<b>Color</b>	Amarillo pálido	<b>Color</b>	Blanco
<b>Textura interna</b>	Lisa	<b>Textura interna</b>	Dura
<b>Textura externa</b>	Dura	<b>Textura externa</b>	Dura

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 13-3 se puede apreciar el análisis sensorial realizado a las muestras de materia prima de papa y de zanahoria blanca, dando como resultado propiedades características de los productos. Montauto (2012), indica que los productos de los cuales se realiza la obtención de almidones, deben estar en perfectas condiciones, sin tener ninguna adulteración, putrefacción o descomposición.

#### 3.2. Prueba de lugol



**Figura 1-3:** Determinación de Almidón con Lugol

Fuente: Morales Daniel, 2021.

Este análisis de Lugol se realiza para confirmar que la sustancia analizada contiene almidón. Núñez, (2018, p. 6), afirma que la sustancia que tenga reacción entre el yodo (presente en el reactivo Lugol) y el almidón (presente en la sustancia), se torne de un color azul oscuro (púrpura) o negro, es realmente almidón, y como se observa en la figura 3-3, al momento de tener contacto el lugol con la materia prima y el almidón se tornó de un color negro, corroborando lo antes mencionado por el autor.

### 3.3. Extracción de almidón

La extracción del almidón fue mediante método húmedo, donde, se tiene 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, con un tiempo de secado max.72 horas a 50°C.

#### 3.3.1. Rendimiento de extracción de almidón de papa

**Tabla 2-3:** Rendimiento de extracción del almidón de papa

No.	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Peso (g)				Rendimiento (%)	
					Almidón	Almidón			R	Promedio
		RPM/t(seg)			Papa	R	Promedio	Total		
1	P1	6000/30	R1	500	200	24,570	25,323	101,290	12,285	12,661
2			R2			26,030			13,015	
3			R3			25,580			12,790	
4			R4			25,110			12,555	
5	P2	14000/30	R1			26,150	26,663	106,650	13,075	13,331
6			R2			27,090			13,545	
7			R3			26,550			13,275	
8			R4			26,860			13,430	
9	P3	6000/60	R1			26,020	24,383	97,530	13,010	12,191
10			R2			25,640			12,820	
11			R3			25,360			12,680	
12			R4			20,510			10,255	
13	P4	14000/60	R1			19,510	18,760	75,040	9,755	9,380
14			R2			20,440			10,220	
15			R3			17,510			8,755	
16			R4			17,580			8,790	

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

### 3.3.2. Rendimiento de extracción de almidón de zanahoria blanca

**Tabla 3-3:** Rendimiento de extracción del almidón de zanahoria blanca

No,	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Peso (g)			Rendimiento (%)		
					Z,B,	Almidón		R	Promedio	
		RPM/t(min)				R	Promedio			Total
1	Z1	6000/30	R1	500	200	14,720	16,783	67,130	7,360	8,391
2			R2			20,110			10,055	
3			R3			15,750			7,875	
4			R4			16,550			8,275	
5	Z2	14000/30	R1			18,330	16,820	67,280	9,165	8,410
6			R2			12,450			6,225	
7			R3			17,950			8,975	
8			R4			18,550			9,275	
9	Z3	6000/60	R1			9,290	9,520	38,080	4,645	4,760
10			R2			10,560			5,280	
11			R3			8,350			4,175	
12			R4			9,880			4,940	
13	Z4	14000/60	R1			11,190	10,825	43,300	5,595	5,413
14			R2			10,050			5,025	
15			R3			11,250			5,625	
16			R4			10,810			5,405	

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En las tablas 14-3 y 15-3 se muestra el porcentaje de rendimiento que se consiguió al extraer el almidón de papa y zanahoria blanca mediante el método húmedo, se obtuvo el mejor rendimiento (P2) de 13,33% en almidón de papa, y (Z2) de 8,41% en almidón de zanahoria blanca respectivamente, por ende, se utilizó los tratamientos mencionados para extraer más almidón y después realizar su caracterización y formular bioplástico.

### 3.4. Análisis sensorial de almidón de papa y zanahoria blanca

**Tabla 4-3:** Análisis sensorial de almidón de papa y zanahoria blanca

Almidón de papa		Almidón de zanahoria blanca	
Característica	Resultado	Característica	Resultado
Olor	Característico	Olor	Característico
Sabor	Dulce	Sabor	Dulce
Color	Blanco	Color	Blanco Huevo
Textura	Granular Fina	Textura	Granular

Realizado por: Morales, Juan, 2021

En la tabla 16-3 se observa el análisis sensorial realizado al almidón de papa y almidón de zanahoria blanca, dando como resultado características normales en cada caso. Según Ross y Scanlon (2014, p. 3) los productos de los cuales se obtiene almidones, deben estar en perfectas condiciones, sin tener ninguna adulteración, putrefacción o descomposición.

### 3.5. Ensayos físico químicos de los almidones

#### 3.5.1. Ensayos físico químico de los almidones de zanahoria blanca y papa

**Tabla 5-3:** Análisis físico químico del almidón de zanahoria blanca

No	Parámetros	Unidades	Valor	Valor referencial	Norma/ institución
1	Humedad	%	12,82	14,15 a 15,62	Diaz Barrera (2015)
2	Ceniza	%	0,125	≤0,44	AOAC (2000)
3	Solubilidad	%	12,96	0,27-12,52	INEN 1456
4	pH		6,65	6,00-7,00	INEN 1456
5	Grasa	%	0,14	<0,30	AOAC 991,36
6	Proteína	%	0,44	0,12 – 0,59	AOAC 781,10
7	Viscosidad	Cp	1571,30	840-1500 SP	ISI 17-1 (2002)
8	Temperatura de gelatinización	°C	69,00	62 ,00– 73,00	Aristizábal (2007)
9	Amilosa	%	38,38	--	INIAP
10	Amilopectina	%	60,81	--	INIAP

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**Tabla 6-3:** Análisis físico químico de almidón de papa

No	Parámetros	Unidades	Valor	Valor referencial	Norma/ institución
1	Humedad	%	15,13	14,15 a 15,62	Diaz Barrera (2015)
2	Ceniza	%	0,41	≤0,44	Mendoza (2008)
3	Solubilidad	%	12,61	0,27-12,52	INEN 1456
4	pH		6,42	6,00-7,00	Díaz (2015)
5	Grasa	%	0,058	<0,30	Vargas (2016)
6	Proteína	%	0,26	0,12 – 0,59	Melian (2010)
7	Viscosidad	Cp	4436,60	840-1500 SP	ISI 17-1 (2002)
8	Temperatura de gelatinización	°C	63,00	55,00-65,00	Mbofung, (2008)
9	Amilosa	%	24,50	--	INIAP
10	Amilopectina	%	74,85	--	INIAP

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En las tablas 17-3 y 18-3 se muestran los resultados de los ensayos fisicoquímicos realizados a los almidones de zanahoria blanca y papa, donde, el contenido de humedad en el almidón de papa fue de 15,13% y para almidón de zanahoria blanca fue de 12,82%, según Diaz Barrera, Y (2015, p. 33), menciona que, la humedad puede variar dependiendo el proceso que se utiliza para el secado del almidón, y puede ser de 14,15% a 15,62%.

El contenido de cenizas para el almidón de papa fue de 0,41% y almidón de zanahoria blanca fue de 0,125% los cuales están dentro de los resultados reportados tanto por Alvis, Vélez, Villada y Rada-Mendoza (2008, p.11) que fue de 0,44%, quienes manifiestan que el contenido de cenizas presentes en los almidones representa la cantidad de minerales y sales que quedaron producto de la extracción y presencia de minerales en la materia prima.

El contenido de grasa en el almidón de papa fue de 0,058% y almidón de zanahoria blanca fue 0,14% los cuales son menores a los reportados por Vargas, Martínez, y Velezmoro (2016, p.29) con un valor de 0,30%, el cual mantiene que, el contenido de grasa puede influir sobre el comportamiento reológico de los almidones y en consecuencia disminuye la viscosidad de la pasta y la fuerza del gel.

El contenido de proteína presente en el almidón, es de 0,26% en el almidón de papa y 0,44% en almidón de zanahoria blanca, resultados que se encuentran dentro de los valores reportados por investigaciones similares, como: Melian (2010, p. 33), donde menciona que el porcentaje de proteína en almidón puede ser de (0,12 – 0,59%) , así como los reportados por Vargas, Martínez, y Velezmoro (2016, p. 32), donde también hace referencia al porcentaje de proteína en almidón (0,40% y 0,54%); Peña (2017, p.13) afirma que, un contenido de 5% de proteína en almidón, no afecta a las cualidades térmicas de un almidón.

La temperatura de gelificación del almidón de papa fue de 63°C y del almidón de zanahoria blanca fue 69°C, según Aboubakar, Njintang, Scher, & Mbofung, (2008, p.12), la temperatura de gelificación para papa se encuentra dentro de un rango de 55 – 65 °C, lo que indica que la temperatura obtenida está dentro de los valores reportados por otras investigaciones, la papa al tener un gránulo pequeño, el agua ingresa con facilidad al calentarla, lo que genera un valor de temperatura de gelificación bajo, que a diferencia de la temperatura de gelatinización para zanahoria blanca es más alto y es de 62 – 73 °C según (Aristizábal et al., 2007, p. 69).

El valor de pH en el almidón de papa fue de 6,42 y de zanahoria blanca fue de 6,65 el cual está dentro de los rangos reportados por Díaz (2015, p.3) de 6 a 7, en almidones de cuatro variedades.

### 3.6. Análisis microbiológico de los almidones de zanahoria blanca y papa

#### 3.6.1. Análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca

**Tabla 7-3:** Análisis microbiológico del almidón de zanahoria blanca

Parámetros	Método	Estándar	Resultado
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	<10	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	1000-300000	150
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	1000-5000	Ausencia

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

#### 3.6.2. Análisis microbiológico del almidón de papa

**Tabla 8-3:** Análisis microbiológico del almidón de papa

Parámetros	Método	Estándar	Resultado
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	<10	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	1000-300000	300
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	1000-5000	Ausencia

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En las tablas 19-3 y 20-3 se observan los análisis microbiológicos realizados a los almidones de zanahoria blanca y papa, respectivamente, en ambos casos se tiene resultados que se encuentran dentro de lo establecido según Aristizabal (2007, p. 94), en el boletín de servicios de la FAO en donde menciona que la cantidad de *Escherichia coli* tiene que ser menor a 10 UFC/g, para aerobios mesófilos hasta 300000 UFC/g y para hongos y levaduras hasta 5000 UFC/g, teniendo así, que los resultados obtenidos, cumplen con lo establecido; además, que presentan ausencia en ambos casos tanto para E. Coli como para hongos y levaduras.

### 3.7. Formulación del bioplástico

Se realizó varias formulaciones con diferentes concentraciones de almidón (utilizando el tratamiento de extracción P2 para almidón de papa y el tratamiento de extracción Z2 para almidón de zanahoria blanca) y glicerina para determinar una concentración óptima, analizando las características organolépticas de los bioplásticos obtenidos, teniendo como constantes los volúmenes de ácido acético y agua.

### 3.7.1. Formulación del bioplástico a partir del almidón de papa

Se utilizó 30ml de agua para determinar las concentraciones de las variables y constantes.

**Tabla 9-3:** Formulación para determinar las variables y constantes

N°	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Estabilidad con ácido acético				Forma bioplástico
			2 ml	1,5 ml	1,3 ml	1 ml	
1	0,80	1	NO	NO	NO	NO	NO
2	1,50		NO	NO	NO	NO	SI
3	2,00		SI	SI	NO	NO	SI
4	0,80	2	NO	NO	NO	NO	NO
5	1,5		NO	NO	NO	NO	SI
6	2,00		NO	NO	NO	NO	SI
7	0,80	3	NO	NO	NO	NO	NO
8	1,50		NO	NO	NO	NO	NO
9	2,00		NO	NO	NO	NO	NO

Realizado por: Morales, Daniel, 2021.

En la tabla 21-3 se observa las formulaciones para sintetizar el posible mejor bioplástico con el almidón de papa, donde, la formulación que tuvo mejor estabilidad, y mejor formación de bioplástico, fue la N°3, en la que se utilizó 2g de almidón, 2ml de ácido acético, 1 ml de glicerina y 30 ml de agua, siendo éstas las variables que se manejaron para el diseño 2<sup>2</sup> en el cual se obtiene 4 tratamientos, utilizando como constantes el ácido acético y el agua.

**Tabla 10-3:** Formulación óptima del bioplástico de almidón de papa aplicando el diseño 2<sup>2</sup>

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
TP1	2,0	1,5	2,0	30,0
TP2	1,8	1,5		
TP3	2,0	1,0		
TP4	1,8	1,0		

Realizado por: Morales, Daniel, 2021.

### 3.7.2. Formulación del bioplástico a partir del almidón de zanahoria blanca

Se utilizó 30ml de agua para determinar las concentraciones de las variables y constantes, tomando en cuenta la formulación de almidón de zanahoria blanca

**Tabla 11-3:** Formulación para determinar las variables y constantes

N°	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Estabilidad con ácido acético				Forma Bioplástico
			2 ml	2,5 ml	3 ml	1 ml	
1	1,5	1	NO	NO	NO	NO	NO
2	2		NO	NO	NO	NO	SI
3	2,5		SI	NO	NO	SI	SI
4	1,5	2	NO	NO	NO	NO	NO
5	2		NO	NO	NO	NO	SI
6	2,5		NO	NO	NO	NO	SI
7	1,5	3	NO	NO	NO	NO	NO
8	2		NO	NO	NO	NO	NO
9	2,5		NO	NO	NO	NO	NO

Realizado por: Morales, Daniel ,2021.

En la tabla 23-3 se observa las formulaciones para determinar el posible mejor bioplástico con el almidón de papa, donde, la formulación que tuvo mejor estabilidad, y mejor formación de bioplástico, fue la N° 3 que posee: 2,5g de almidón, 2ml de ácido acético, 1ml de glicerina y 30 ml de agua, siendo éstas las variables que se manejaron para el diseño  $2^2$  en el cual se obtiene 4 tratamientos, utilizando como constantes el ácido acético y el agua.

**Tabla 12-3:** Formulación óptima del bioplástico de almidón zanahoria blanca aplicando el diseño  $2^2$

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
<b>TZ1</b>	2,50	2	1	30
<b>TZ2</b>	1,80	2		
<b>TZ3</b>	2,50	1		
<b>TZ4</b>	1,80	1		

Realizado por: Morales, Juan ,2021.

### 3.7.3. Combinación de almidones para la elaboración del bioplástico

**Tabla 13-3:** Combinación de almidones para la obtención de bioplástico de zanahoria blanca y papa

Número	Almidón de zanahoria blanca (%)	Almidón de papa (%)	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Ácido Acético (ml)	Forma bioplástico	Estabilidad
1	50	50	2 (1,00g AZ + 1,00g AP)	1,00	2,00	SI	NO
2	40	60	2 (0,80g AZ + 1,20g AP)	1,00	2,00	SI	NO
3	30	70	2 (0,60g AZ + 1,40g AP)	1,00	2,00	SI	NO
4	10	90	2 (0,20g AZ + 1,80g AP)	1,00	2,00	SI	SI

Realizado por: Morales Daniel ,2021.

En la tabla 25-3 se observa las distintas combinaciones realizadas para poder identificar las proporciones adecuadas entre almidones de papa y zanahoria blanca, teniendo así, que la mejor combinación fue la numero 4 con 90% de almidón de papa y 10% de almidón de zanahoria blanca, ya que fue la mejor en cuanto a estabilidad, además de una excelente forma de bioplástico. Se escogió estos porcentajes debido a que el almidón de papa presenta mejores características para formar un bioplástico según (Thieman,2010, p.13).

### 3.7.4. Formulación del bioplástico combinado entre almidón de zanahoria blanca y papa

Se utilizó 30ml de agua, ya que según Holguín (2019, p.4), se toma en cuenta las proporciones de cada almidón que se utiliza al mezclar los dos tipos de almidones, basándose en las formulaciones de los bioplásticos tanto de zanahoria blanca como de papa; también se tomó en cuenta la combinación óptima de los almidones (90% de almidón de papa y 10% de almidón de zanahoria blanca) basándose en las características que posee cada almidón para formar un bioplástico (Thieman,2010, p. 5) como se observa en la tabla 26-3.

**Tabla 14-3:** Formulación óptima del bioplástico de la mezcla de almidones

Tratamiento	Variables		Constantes	
	Almidón (g) (10% AZ Y 90% AP)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
TM1	2,00 (0,20 AZ y 1,80 AP )	1,0	2	30
TM2	1,80 (0,18 AZ y 1,62 AP)	1,0		
TM3	2,00 (0,20 AZ y 1,80 AP)	1,5		
TM4	1,80 (0,18 AZ y 1,62 AP)	1,5		

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

### 3.8. Parámetros del bioplástico de zanahoria blanca y papa

**Tabla 15-3:** Parámetros del bioplástico de la mezcla de almidones

No.	Tratamiento	Variable	Repetición	Peso (g)	Tiempo de Elaboración (min)	Temperatura de Gelatinización (°C)
1	TM1	A1: G1	R1	0,79	60	18
2			R2	0,85	58	21
3			R3	0,60	45	22
4			R4	0,60	50	21
5	TM2	A1: G2	R1	0,69	60	21
6			R2	0,78	55	20
7			R3	0,77	60	21
8			R4	0,61	50	21
9	TM3	A2: P1	R1	0,83	60	21
10			R2	0,77	55	21
11			R3	0,81	50	22
12			R4	0,80	60	20
13	TM4	A2: P2	R1	0,71	55	20
14			R2	0,75	60	22
15			R3	0,82	55	20
16			R4	0,82	60	22

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 27-3 se observa los parámetros de los bioplásticos como: temperatura de gelatinización, la cual se encuentra en el rango expresado por Ramírez (2013, p. 5) donde menciona que no debe exceder a 25°C, también se observa el peso de cada bioplástico, así como el tiempo en el que fue elaborado cada uno de los 4 tratamientos del bioplástico final con 4 repeticiones cada uno; el tiempo que se demora en realizarse es de 3 días, y el método de secado para todos fue al ambiente.

### 3.9. Ensayos fisicoquímicos del bioplástico de zanahoria blanca y papa.

#### 3.9.1. Humedad

**Tabla 16-3:** Resultados de Humedad

<b>Bioplástico</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>TM1</b>	19,16
<b>TM2</b>	22,77
<b>TM3</b>	15,22
<b>TM4</b>	17,91

**Realizado por:** Morales, Juan, 2021.

En la tabla 28-3 se observa el porcentaje de humedad que poseen los bioplásticos de la mezcla de almidones, en donde, TM2 es el bioplástico que más humedad posee, al contrario de TM4 que es el que menos humedad posee, según Rosales (2016, p.12), el porcentaje máximo de humedad para un bioplástico es de 22% para evitar un posible crecimiento de hongos, levaduras y deteriorar su composición, entonces, los valores obtenidos cumplen con el valor máximo permitido para una buena estabilidad.

#### 3.9.2. Solubilidad

Para este ensayo de los bioplásticos se tomó en cuenta la humedad y se hizo el ensayo por triplicado con el bioplástico de la mezcla de los almidones de zanahoria blanca y papa, obteniendo los siguientes resultados en porcentaje de masa seca:

**Tabla 17-3:** Resultados de solubilidad

<b>Tratamiento</b>	<b>Pi húmeda (g)</b>	<b>Pi seca (g)</b>	<b>Pf seco (g)</b>	<b>% Solubilidad</b>	<b>Promedio (%)</b>
TM1	0,12	0,10	0,06	34,95	28,16
	0,13	0,10	0,08	22,33	
	0,13	0,10	0,07	27,18	
TM2	0,12	0,10	0,06	37,14	39,61
	0,13	0,11	0,07	37,93	
	0,13	0,11	0,06	43,75	
TM3	0,11	0,10	0,06	33,33	34,19
	0,14	0,12	0,08	34,40	
	0,14	0,13	0,08	34,85	
TM4	0,10	0,08	0,05	31,40	31,78
	0,12	0,10	0,06	35,51	
	0,11	0,09	0,06	28,42	

**Realizado por:** Morales, Juan, 2021.

Como se describe en la tabla 29-3 la solubilidad de los 4 tratamientos está por debajo del 40%, que de acuerdo con Rivera (2019, p. 9), bioplásticos con una solubilidad menor a 40% son utilizados para envolturas duraderas y que estén en contacto con el ambiente, logrando mantener su estabilidad, es por ello que todos los resultados obtenidos demuestran que, si están aptos para ser utilizados para el plan piloto de envolturas farmacéuticas.

En el tratamiento TM2 existe un mayor porcentaje de solubilidad esto debido al gelificante utilizado, lo cual es mayor a los demás, según Pizá (2017, p. 7), la glicerina forma puentes de hidrogeno con el agua, facilitando así su solubilidad, por lo que TM1 es el que menor solubilidad posee en comparación a TM2 que es el que mayor porcentaje posee.

### 3.9.3. Permeabilidad al vapor de agua

**Tabla 18-3:** Resultados de Permeabilidad al vapor de agua de bioplástico de zanahoria blanca y papa

Tratamiento	1h	2h	3h	4h	5h	6h	PVA (g x mm/h x m <sup>2</sup> )	Promedio (PVA)
TM1	0,005	0,005	0,008	0,011	0,013	0,015	0,80	0,81
	0,007	0,008	0,01	0,011	0,012	0,014	0,74	
	0,008	0,008	0,011	0,014	0,016	0,017	0,90	
TM2	0,004	0,007	0,008	0,012	0,013	0,014	0,74	0,85
	0,006	0,009	0,012	0,014	0,016	0,016	0,85	
	0,009	0,012	0,014	0,015	0,018	0,018	0,95	
TM3	0,008	0,008	0,012	0,014	0,015	0,015	0,80	0,92
	0,009	0,011	0,014	0,017	0,018	0,019	1,01	
	0,008	0,009	0,011	0,014	0,017	0,018	0,95	
TM4	0,006	0,008	0,011	0,013	0,016	0,016	0,85	0,90
	0,008	0,009	0,011	0,014	0,015	0,018	0,95	
	0,008	0,011	0,012	0,014	0,015	0,017	0,90	

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 30-3 se observa la permeabilidad al vapor de agua de los 4 bioplásticos de la mezcla de almidón de zanahoria blanca y papa, en donde TM1 presenta la menor permeabilidad a vapor de agua, al contrario de TM3 que es el que mayor permeabilidad posee, entonces TM1 es el más idóneo ya que no permitirá el traspaso de vapor de agua hacia el interior y conservará de mejor manera el producto farmacéutico que lo recubra, comparando con otros resultados, descritos por Guamán (2019, p.34) en la Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de papa.

### 3.9.4. Espesor

**Tabla 19-3:** Espesor de bioplástico de Papa y Zanahoria Blanca

Formulación	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor promedio (mm)
TM1	0,10	0,11	0,10	0,10
TM2	0,12	0,11	0,13	0,12
TM3	0,11	0,12	0,11	0,11
TM4	0,11	0,10	0,10	0,10

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 31-3 se observa el análisis del espesor de los bioplásticos, donde, se puede evidenciar que las cuatro formulaciones están dentro del rango permisible de la norma (INEN 2542), la cual resalta que el espesor para laminas plásticas tienen un espesor máximo de 0,2 mm.

### 3.10. Pruebas mecánicas de bioplástico de zanahoria blanca y papa.

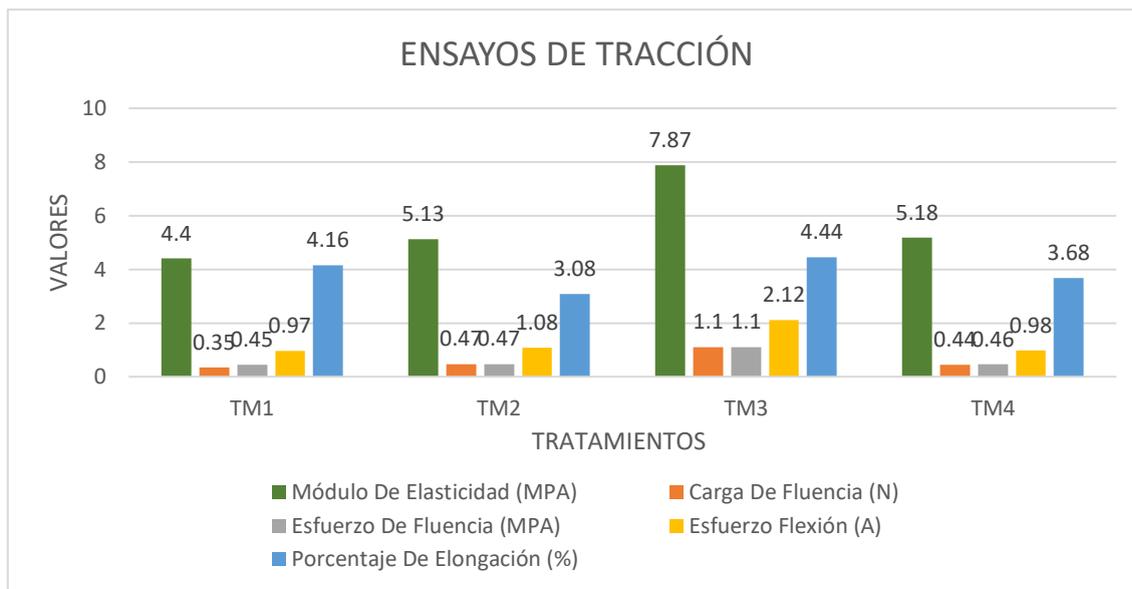
**Tabla 20-3:** Resultados del ensayo de tracción.

No	Tratamiento	Módulo De Elasticidad (MPA)	Carga De Fluencia (N)	Esfuerzo De Fluencia (MPA)	Esfuerzo Flexión (A)	Porcentaje De Elongación (%)
1	TM1	4,40	0,35	0,45	0,97	4,16
2	TM2	5,13	0,47	0,47	1,08	3,08
3	TM3	7,87	1,10	1,10	2,12	4,44
4	TM4	5,18	0,44	0,46	0,98	3,68

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

El ensayo de tracción es un parámetro principal que se evalúa en láminas plásticas, ya que valora las propiedades mecánicas que tiene el bioplástico hacia las fuerzas externas que los bioplásticos son sometidos. En la tabla 32-3 se observa las pruebas mecánicas que se realizaron a los bioplásticos de la mezcla de almidón de zanahoria blanca y papa, el tratamiento con mejor propiedad de tracción fue TM3 (tratamiento de la mezcla #3) ya que tiene un módulo de elasticidad de 7,87 MPa, de esfuerzo máximo 1,1 Mpa. Dichos ensayos se realizaron en base a lo establecido en la norma INEN2635 (Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas). En comparación con el estudio realizado por Charro (2015, p.26), llamado “Obtención de Plástico Biodegradable a partir de almidón de papa” donde sus resultados fueron, para el módulo de elasticidad 7,6 Mpa, 1,89 Mpa de esfuerzo máximo y resistencia de 3,09 Mpa: con lo anterior señalado y al tratarse de la misma gama de material biodegradable, concluimos que los bioplásticos realizados presentan buenas propiedades de tracción.

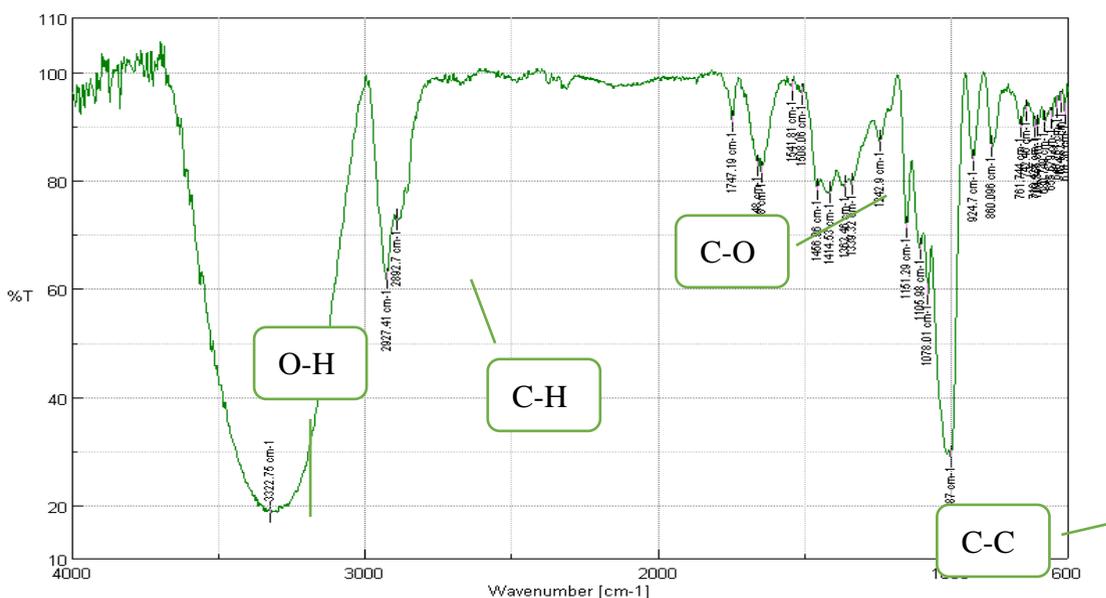
A continuación, se observa los resultados de los 4 tratamientos (TM1 TM2 TM3 Y TM4) en el ensayo de tracción, se representa mediante un gráfico de barras los parámetros realizados, como: Módulo De Elasticidad (MPA), Carga De Fluencia (N), Esfuerzo De Fluencia (MPA), Esfuerzo Flexión (A) y Porcentaje De Elongación (%).



**Gráfico 1-3:** Ensayos de tracción

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

### 3.11. Espectroscopía Infrarroja de bioplástico de papa y zanahoria blanca



**Gráfico 2-3** Espectro IR de bioplástico de almidón de zanahoria blanca y papa

Fuente: Morales Juan, 2021.

En el gráfico 4-3 se observa el Espectro IR del bioplástico de almidón de papa y zanahoria blanca, en donde, las curvas más representativas arrojan presencia de diferentes grupos de compuestos orgánicos como (O-H, C-H, C-O, C-C) según Mondragón (2017); a la altura de 2890 (cm-1) hay un grupo C-H; a la altura de 3200 (cm-1) hay un grupo alcohólico O-H; a la altura de 1020~1005 (cm-1) hay un enlace sencillo C-C con varios sustituyentes y a la altura de 1400 hay dos señales,

una ancha en 1320-1200, otra más débil en 1440-1390 correspondiente a la presencia de ácidos carboxílicos, los cuales están presentes en el espectro Infrarrojo del bioplástico de ambos almidones.

### 3.12. Análisis microbiológico del bioplástico de papa y zanahoria blanca

**Tabla 21-3:** Análisis microbiológico del bioplástico final

Parámetros	Método	Resultado
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 33-3 se detalla los exámenes microbiológicos ejecutados al bioplástico de papa y zanahoria blanca, dentro de lo establecido según Aristizabal (2007, p. 68), menciona que, para *Escherichia coli* tiene que ser menos a 10 UFC/g, para aerobios mesófilos hasta 300000 UFC/g y para mohos y levaduras hasta 5000 UFC/g, los resultados obtenidos cumplen con lo establecido, existe ausencia de E. coli, hongos y levaduras, y aerobios mesófilos, teniendo así que los valores se encuentran dentro del rango establecido.

### 3.13. Biodegradabilidad de bioplástico de zanahoria blanca y papa



**Figura 2-3:** Biodegradabilidad de bioplástico final

Fuente: Morales Daniel, 2021

El ensayo de biodegradabilidad del bioplástico final por triplicado se encuentra representado en la Figura 4-3, en el cual se puede analizar la descomposición de las láminas biodegradables conforme el tiempo transcurría y el pasar de los días, con los procesos acuoso, aerobio y anaerobio. En el tiempo de prueba, los bioplásticos se degradaron en un 50 % en 20 y 30 días, llevando a cabo lo establecido en la norma EN 13432, la cual manifiesta que, una materia

compostable debe degradarse durante 6 meses como mínimo el 90 % de su estructura física; y Según Meza (2019, p, 77), reporta datos de biodegradabilidad entre 50,6 – 64,21 %, realizando análisis en medio acuoso por alrededor de 60 días, entonces, relacionando los valores obtenidos con el estudio mencionado, se puede demostrar que los bioplásticos realizados con almidón de papa y zanahoria blanca son completamente biodegradables capaces de descomponerse en cualquier medio.

### 3.13.1. Biodegradabilidad del polímero al ambiente

Para los resultados de la biodegradabilidad al ambiente, los resultados se tomaron como porcentaje de biodegradación las áreas que se van perdiendo al pasar los días, con un intervalo de medición de cada 5 días. La biodegradabilidad del bioplástico de zanahoria blanca y papa es diferente con respecto al medio en el que fue puesto, es así que, en agua y tierra se desintegran más rápidamente a comparación con el ambiente.

**Tabla 22-3:** Biodegradabilidad de bioplásticos en el ambiente

Tratamiento		Día						
		0	15	30	45	60	75	90
TM1	Área no degradada (cm <sup>2</sup> )	9,00	8,55	8,36	7,74	7,47	7,02	5,85
	% degradado	0,00	5,00	7,12	14,00	17,00	22,00	35,00
TM2	Área no degradada (cm <sup>2</sup> )	9,00	8,73	8,46	8,23	7,74	7,29	6,75
	%	0,00	3,00	6,00	8,55	14,00	19,00	25,00
TM3	Área no degradada (cm <sup>2</sup> )	9,00	8,64	8,00	7,38	6,75	6,00	5,40
	%	0,00	4,00	11,11	18,00	25,00	33,33	40,00
M4	Área no degradada (cm <sup>2</sup> )	9,00	8,91	8,55	8,33	8,20	7,64	7,43
	%	0,00	1,00	5,01	7,45	8,85	15,15	17,44

Realizado por: Morales Juan, 2021

Para la biodegradabilidad en el ambiente, los bioplásticos se dejaron en la superficie a temperatura ambiente (20°C), donde, los 4 bioplásticos tuvieron distintos comportamientos, pero, el tratamiento que tuvo mayor degradabilidad fue el TM3 y el que mejor se mantuvo fue el TM4, cabe recalcar que ninguno de los bioplásticos obtenidos pudo biodegradarse más del 40%, teniendo así que existe un buen material para las distintas aplicaciones que se las pueda dar, principalmente las que sean en el medio ambiente, ya que sus características se mantienen.

### 3.13.2. Degradabilidad de bioplástico en el agua

**Tabla 23-3:** Biodegradabilidad de bioplástico en agua al 100%

<b>Tratamiento</b>	<b>Biodegradabilidad en Agua (días)</b>
<b>TM1</b>	41
<b>TM2</b>	44
<b>TM3</b>	42
<b>TM4</b>	40

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 35-3 se observa los días que se demoró en degradarse el bioplástico en agua, los bioplásticos se dejaron en agua mineral a una temperatura de 15°C y pH de 7, donde los 4 bioplásticos tuvieron distintos comportamientos, pero, el tratamiento que tuvo mayor degradabilidad fue el TM4 llegando a degradarse en porciones muy pequeñas en el lapso de 40 días y el que mejor se mantuvo fue el TM2 que se degradó por completo en el lapso de 44 días, teniendo así que todos los bioplásticos se degradaron en el agua, esto tiene relación a la solubilidad que presenta en la tabla 30-3, pues indica un porcentaje alto.

### 3.13.3. Biodegradabilidad de bioplástico en suelo

**Tabla 24-3:** Biodegradabilidad de bioplástico en tierra al 100%

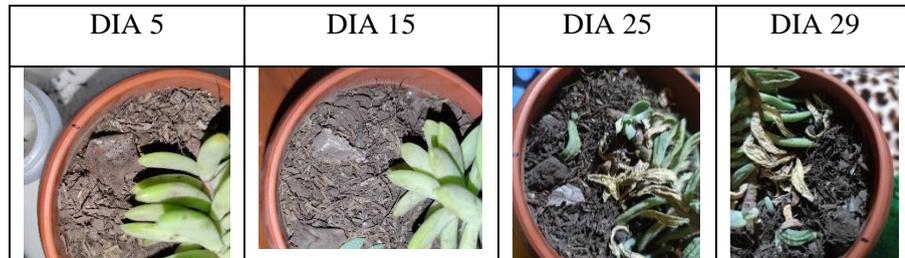
<b>Tratamiento</b>	<b>Biodegradabilidad en Tierra (días)</b>
<b>TM1</b>	29
<b>TM2</b>	24
<b>TM3</b>	21
<b>TM4</b>	25

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 36-3 se encuentra información sobre los días que se demoró en degradarse el bioplástico en el suelo, el bioplástico fue enterrado en suelo de una planta pequeña convencional (*Sedum morganianum*), a temperatura ambiente (20° C) en un cuarto con exposición a luz solar. El tratamiento que tuvo mayor degradabilidad fue el TM3 llegando a degradarse en porciones muy pequeñas en el lapso de 21 días, y, el que mejor se mantuvo fue el TM1 que se degradó en

el lapso de 29 días, el suelo en donde se efectuó la degradación se encontraba apto para cualquier actividad ya que contaba con minerales y un pH normal, condiciones que se comprobaron con la permanencia, normalidad y vida de la planta convencional en donde fue enterrado el bioplástico, teniendo así que, los bioplásticos se degradaron en el suelo.

**Tabla 25-3:** Biodegradabilidad de bioplástico en suelo



Realizado por: Morales, Juan, 2021.

En la tabla 37-3 se observa el comportamiento de los bioplásticos que tuvieron al pasar los días, mostrando fragilidad, contracción, así como agrietamientos y ruptura, y en algunos casos la biodegradabilidad del bioplástico en porciones pequeñas, las fotografías se realizaron en lapso de 5 y 10 días.

### 3.14. Aplicabilidad de bioplástico para envolturas farmacéuticas



**Figura 3-3:** Aplicabilidad de bioplástico

Fuente: Morales, Juan, 2021

Para la aplicación del presente bioplástico como empaque farmacéutico, se realizó una prueba piloto en donde se tomó como muestra control un blíster de medicamento natural, para a partir de él, comparar la vida útil del bioplástico como empaque farmacéutico, se realizó un prototipo de blíster utilizando papel aluminio como material base, y se recubrió todo el comprimido con el bioplástico final, asemejándose a un blíster que se encuentra comúnmente en la farmacia. Se realizó una comparación con un grupo control, teniendo, el blíster original con el comprimido y también el comprimido sin envase, frente al comprimido con el bioplástico realizado. Para poder

evidenciar los cambios que se den en el comprimido natural, se evaluó por un mes aproximadamente, en donde se obtuvieron resultados favorables, puesto que cumple con las características como: protección, estabilidad y seguridad, que debe cumplir un blíster con el comprimido (Noriega, 2001, p. 11).

### 3.15. Análisis Estadístico Y Comprobación De Hipótesis

- Rendimiento de extracción del almidón de papa.

**Tabla 26-3:** ANOVA para extracción de almidón de papa

Análisis De Varianza						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	6,28	3	2,09	4,01	0,03	4,86
Columnas	19,54	1	19,47	44,89	0,06	5,31
Interacción	13,99	3	4,66	10,70	0,04	4,06
Dentro del grupo	3,48	8	0,43			
Total	43,30	15				

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**H<sub>0</sub>:** El método de extracción de almidón de papa no influye en el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

**H<sub>1</sub>:** El método de extracción de almidón de papa influye en el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

Mediante el estadístico ANOVA se tiene que el valor  $p < 0.05$ , lo que significa que se acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto, el método de extracción de almidón de papa influye en el porcentaje de rendimiento del almidón de papa.

- Rendimiento de extracción del almidón de zanahoria blanca.

**Tabla 27-3:** ANOVA para extracción de almidón de zanahoria blanca

<b>Análisis De Varianza</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra	2,32	3	0,77	0,70	0,05	4,06
Columnas	43,94	1	43,94	40,13	0,01	5,31
Interacción	1,17	3	0,392	0,35	0,78	4,06
Dentro del grupo	8,75	8	1,09			
Total	56,20	15				

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**Ho:** Las variables: revoluciones por minuto y tiempo, no influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca.

**H1:** Las variables: revoluciones por minuto y tiempo, influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca.

Mediante el estadístico ANOVA se tiene que el valor  $p > 0,05$ , lo que significa que se acepta la hipótesis nula, por lo tanto, las variables: revoluciones por minuto y tiempo, no influyen en el porcentaje de rendimiento del almidón de zanahoria blanca.

- Propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos

**Tabla 28-3:** ANOVA para solubilidad de bioplástico

<b>Análisis de varianza</b>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	207,91	3	69,30	4,14	0,04	4,06
Dentro de los grupos	133,69	8	16,71			
Total	341,61	11				

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**H<sub>0</sub>:** Las formulaciones diseñadas no influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

**H<sub>1</sub>:** Las formulaciones diseñadas influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

Mediante el estadístico ANOVA se tiene que el valor  $p < 0,05$ , lo que significa que se acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto, las formulaciones diseñadas influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

- Permeabilidad de bioplásticos

**Tabla 29-3:** ANOVA para permeabilidad de bioplásticos,

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	Valor crítico para F
Entre grupos	0,02	3	0,07	0,86	0,049702288	4,06	5,14
Dentro de los grupos	0,06	8	0,08				4,75
Total	0,08	11					

Realizado por: Morales, Juan, 2021.

**H<sub>0</sub>:** Las formulaciones diseñadas no influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

**H<sub>1</sub>:** Las formulaciones diseñadas influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

Mediante el estadístico ANOVA se tiene que el valor  $p < 0,05$ , lo que significa que se acepta la hipótesis alternativa, por lo tanto, las formulaciones diseñadas influyen en las propiedades físico químicas y mecánicas de los bioplásticos de almidón de papa y zanahoria blanca.

## CONCLUSIONES

- Se obtuvo bioplástico a través de las extracciones de almidón de zanahoria blanca y papa chola con un diseño experimental 2k, utilizando como variables las RPM y tiempo, las cuales influyeron significativamente en el porcentaje de rendimiento. Se realizó una prueba piloto como empaque para envoltura farmacéutica, arrojando un impacto positivo, ya que conserva las características del comprimido.
- Se realizó la extracción del almidón en 4 tratamientos, y se analizó que el mejor rendimiento para almidón de papa fue P2 (13,33%), y para almidón de zanahoria blanca fue Z2 (8,41%). Posteriormente se caracterizó los almidones de zanahoria blanca y papa, mediante análisis fisicoquímicos, teniendo los siguientes resultados: los valores determinados de pH para el almidón de zanahoria blanca y de papa, fueron: 6,65 y 6,45; los valores de viscosidad obtenidos fueron de 1571,30 SP y de 4436,60 SP, ceniza se obtuvo un 0,125% y 0,41%, las temperaturas de gelatinización corresponden a 69°C y 63°C, la amilosa fue de 33,38 y 24,50; finalmente humedad 12,82% y 15,13% respectivamente.
- Se elaboró un bioplástico con una combinación 90:10 obteniendo cuatro tratamientos, La mejor formulación en base a pruebas mecánicas y fisicoquímicas para ser utilizada en envolturas farmacéuticas, fue TM3, la cual contiene 2g de almidón, 1ml de glicerina, 2ml de ácido acético y 30ml de agua, además fue la que no tuvo presencia de microorganismos como coliformes totales, hongos, levaduras y aerobios mesófilos, solubilidad y permeabilidad satisfactorios, y mantuvo las características del comprimido natural quedando así apto para ser utilizado en su destino.
- Se determinó la biodegradabilidad del bioplástico de zanahoria blanca y papa mediante tres medios: agua, tierra y aire; según norma INEN2643 (Especificaciones para Plásticos Compostables), en donde, el mejor medio para su descomposición fue el agua al cabo de 40 días con una temperatura ambiente de 15°C y un pH de 7. Las características físicas se obtuvieron mediante la estabilidad y espesor que da a conocer la norma NTE INEN 2542 (0.1 A 0.2 mm) en donde los bioplásticos realizados mantienen estabilidad y espesor adecuados.

## RECOMENDACIONES

- Para el tamizado se recomienda utilizar un tamiz #200 para obtener partículas más pequeñas y uniformes del almidón obtenido (polvo).
- Se recomienda utilizar un mezclador automatizado (licuadora) con la finalidad de que la mezcla de la materia prima con agua sea homogénea, evitando la formación de sólidos poco solubles.
- Luego del proceso de filtrado para la obtención de almidón se recomienda llevar a molienda para homogenizar el tamaño del gránulo y evitar así irregularidades en los biofilms,
- Para mejorar la propiedad de permeabilidad al vapor de agua y aumentar el tiempo de vida de los biofilms es necesario ensayar otros tipos de plastificantes siempre que los biofilms presenten propiedades de biodegradabilidad,
- Se recomienda aplicar un proceso de modificación a los almidones alterando sus propiedades como relación de sólido/viscosidad, temperatura de formación, aumentar o disminuir su carácter hidrofílico y así mejorar las propiedades mecánicas de los biofilms

## GLOSARIO

- **BIOPLÁSTICO:** material de origen biológico y/o biodegradable, materiales de origen biológico (procedentes de recursos renovables) y biodegradables, Materiales procedentes de recursos fósiles (petróleo) y biodegradables, (RAE)
- **ALMIDÓN:** hidrato de carbono complejo o de absorción lenta en la dieta humana, Se encuentra en legumbres, cereales y tubérculos, principalmente, Este almidón se digiere en nuestro intestino delgado y se absorbe para cumplir su función de aportar energía en forma de calorías, (RAE)
- **BIODEGRADABILIDAD:** capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos, (RAE)
- **RESIDUAL:** adjetivo que se emplea para hacer referencia a lo perteneciente o relativo al residuo, Un residuo **es** la parte o porción que queda o sobra de un todo, bien sea a causa de su descomposición o destrucción, bien porque su utilidad ya fue aprovechada, (RAE)
- **CARACTERIZAR:** se refiere al estudio de la composición, estructura y proporciones de las fases individuales presentes, la naturaleza y proporciones de los grupos funcionales que pueden estar presentes, (RAE)
- **FORMULACIÓN:** proceso en el que una variedad de sustancias diferentes se combina en proporciones precisas para crear un producto específico, Las proporciones de las distintas sustancias mezcladas en la receta de formulación se determinan en el proceso de desarrollo de la formulación, (RAE)
- **AMILOSA:** polisacárido constituyente del almidón, formado por moléculas de glucosa
- **DURABILIDAD:** hace referencia a la condición de duradero o durable: es decir, que puede durar una gran cantidad de tiempo, La durabilidad, por lo tanto, está vinculada a la duración (la permanencia, la subsistencia), (RAE)
- **ADITIVO:** dicho de una magnitud o propiedad, que, en una mezcla o combinación, aparece como la suma de las cuantías con que existe en los componentes, (RAE)
- **SOLUBILIDAD:** las sustancias no se disuelven en igual medida en un mismo disolvente, Con el fin de poder comparar la capacidad que tiene un disolvente para disolver un producto dado, se utiliza una magnitud que recibe el nombre de solubilidad, (RAE)
- **PERMEABILIDAD:** capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su composición, Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable, (RAE)

## BIBLIOGRAFÍA

- AKOETEY, W "et al."**. *Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes*, [En línea]. United States of America: Ciencia Rural, 2017. [Consulta: 03 de Abril 2021] Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cr/a/3VFDXZB89XWCwHHGwVV4KQp/?lang=en>
- ALCÁZAR-ALAY "et al."**. *Propiedades fisicoquímicas, modificaciones y aplicaciones de almidones de diferentes fuentes botánicas*, *Ciencia y tecnología de los alimentos*, [En línea] Hidalgo-México: Latinoamericana, 2017 [Consulta: 03 abril 2021]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6749>
- ALVIS, A "et al."**. *Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas*. Cali, Colombia: Información tecnológica, 2008, pp. 19-28.
- ANDRADY, A.** *Applications and societal benefits of plastics*, [En línea], United State of America: Philos, 2009 [Consulta: 03 de Abril 2021]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2873019/>
- ÁNGELES, P.** Diseño de un proceso industrial para obtener plástico biodegradable (TPS) a partir de almidón de zanahoria manihot sculenta [En línea] (Trabajo de titulación)(Doctorado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque (Perú). 2015. 100-110. [Consulta: 2021-04-06]. Disponible en: <https://docplayer.es/48129450-Diseno-de-un-proceso-industrial-para-obtener-plastico-biodegradable-tps-a-partir-de-almidon-de-yuca-manihot-sculenta.html>
- ARISTIZÁBAL, J.; & SÁNCHEZ, T.** "Guía técnica para producción y análisis de almidón de zanahoria". *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*, (2007),(Italia) pp. 33-49.
- ARROYO, A.; & ALARCÓN, H.** Obtención, caracterización y análisis comparativo de polímeros biodegradables a partir de la yuca, papa y maíz [En línea] (Trabajo de titulación) Instituto de Investigación Científica, Lima (Perú). 2014. 5-11. [Consulta: 2021-04-15]. Disponible en: [www.ulima.edu.pe/sites/default/files/research/files/presentacion\\_de\\_informe\\_final\\_34](http://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/research/files/presentacion_de_informe_final_34)

**BARRAGÁN, C.** Evaluación del uso de papas nativas con cáscara en dos procesos de transformación [En línea] (Trabajo de titulación)(Licenciatura) Universidad de las Américas. Quito (Ecuador). 2018. 18-35. [Consulta: 2021-04-27]. Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/9308>

**BARRERA V "et al."**. *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo*, Bolivia: Proinpa, 2004 [Consulta: 16 mayo 2021], Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=wu-,com>

**BASANTES MORALES, Emilia Rodrigo.** Manejo de cultivos andinos del Ecuador Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE [En línea] (Trabajo de titulación)(Licenciatura) Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga,(Ecuador). 2015. 90-110. [Consulta: 2021-04-13]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10163>

**BOURTOOM, T; & CHINNAN, M,** Preparation and properties of rice starch-chitosan blend biodegradable film,(Estados Unidos) Food Science and Technology, vol, 41 (2008), ISSN:00236438, pp,1633-1641.

**CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita; & DE LA ROSA MARTÍNEZ, Andrés Fernando.** Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata[En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad Central del Ecuador, Quito (Ecuador). 2015. 99-125. [Consulta: 2021-04-03]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>

**DIAZ BARRERA, Yasmine.** Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnológicas y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de *solanum tuberosum ssp. andigenum* (papa nativa), [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas (Perú). 2015. 55-91. [Consulta: 2021-04-12]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAJ\\_a5b4ddedee99b82375fb43a8bc066c50/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAJ_a5b4ddedee99b82375fb43a8bc066c50/Details)

**ENRÍQUEZ M "et al."**. Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol. 10, No, 1 (2016) (Ecuador) pp. 82 – 192.

**FAO.** "La papa, nutrición y alimentación". Año Internacional de la Papa [en línea], 2008, (Colombia) Vol.1, pp. 15-33 [Consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html>

**GAETHE CORAL , Héctor Raúl.** Estrategia de uso del almidón de papa en la industria de la panificación, [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Fuerzas Armadas Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga (Ecuador). 2011. 53-54. [Consulta: 2021-05-01]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/4532>

**GÓMEZ, S; & YORY, F.** "Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales". Ingenierías USBMed [En línea], 2018 (Colombia) vol (9), no, 1, pp, 69-74. [Consulta: 01 de Mayo 2021]. Disponible en: <http://revistas.usbbog.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/3008>

**GONZÁLEZ, B.** Determinación de las características físico químicas y funcionales de almidón de cuatro variedades de papa (Solana tuberosum) cultivadas en la Sábana de Bogotá para uso en alimentación humana. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia). 2018. 30-80. [Consulta: 2021-05-10]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81363>

**GUAMÁN BRAVO , Jenny Marcela.** Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias, , Riobamba (Ecuador). 2018. 25-110. [Consulta: 2021-06-20]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11069>

**HERRERA, M.** "Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domésticas" Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria. [En línea], 2015, (Colombia) Vol 13(2), pp.123-135. [Consulta: 05 de Junio 2021]. Disponible en: [https://redib.org/Record/oai\\_articulo3016792-evaluaci%C3%B3n-del-almid%C3%B3n-de-papa-como-floculante-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas](https://redib.org/Record/oai_articulo3016792-evaluaci%C3%B3n-del-almid%C3%B3n-de-papa-como-floculante-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas)

**HOLGUIN CARDONA , Juan Sebastián.** Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Química, Bogotá (Colombia). 2019. 17-96. [Consulta: 2021-06-25]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/7388>

**INEN NTE 340 348:78.** *Norma INEN de Hortalizas frescas para la Zanahoria Amarilla.*

**INEN NTE 2637:2012.** *Ensayo de tracción para determinar el punto. Final de la degradación de polietileno y. Polipropileno degradables.*

**INEN NTE 2643:2012.** *Especificación para plásticos compostables.*

**INEN NTE 1456:1986.** *Reactivos para análisis. almidón soluble.*

**INEN NTE 2542:2010.** *Láminas Plásticas.*

**INEN NTE 2635:2012.** *Método de ensayo para las propiedades de. tracción de láminas plásticas delgadas.*

**LEIA J "et al."** "Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca" Revista EIA. [En línea], 2007, (Colombia), Vol 2 (8), pp. 100-125. [Consulta: 11 mayo 2021]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372007000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006)

**LOYOLA L "et al."** Evaluación del contenido de almidón en papas (*solanum tuberosum* cv, Desirée), producidas en forma orgánica y convencional, en la provincia de Curicó, región del maule, Revista Idesia [En línea], 2010(Chile), Vol 28 (2), pp. 41-52 [Consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-34292010000200005&lng=es&nrm=iso](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292010000200005&lng=es&nrm=iso)

**MASTROCOLA, N "et al."** "Catálogo de variedades de papa del Ecuador INIAP-Estación Experimental" Santa Catalina [en línea], 2016, (Ecuador) Vol 1 (1), pp. 8-10. [Consulta: 14 de mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2748>.

- MELIAN, D.** Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales.[En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciado). Universidad Austral de Chile ,Escuela de Ingeniería de los Alimentos, Valdivia (Chile). 2010, 15-26. [Consulta: 2021-05-22]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fam522e/doc/fam522e.pdf>
- MENESES, J "et al."**. "Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca" Revista EIA [En línea], 2007, (Colombia) Vol 1 (8), pp. 57-67. [Consulta: 11 de Junio 2021]. ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a06.pdf>
- MEZA P, "et al."**. "Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio" Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM [En línea],2016, (Perú) Vol 22 (43), pp.37-40. [Consulta: 11 de Junio 2021]. ISSN 1561-0888. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691>
- MONDRAGÓN CORTÉZ, Pedro.** *Espectroscopia de infrarrojo para todos Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco* [blog]. [Consulta: 02 de Junio 2021]. Disponible en: <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/720/1/Infrarrojo%20Cap%201.pdf>
- NORIEGA, E.** *Análisis Químicos Farmacéuticos de Medicamentos* [En línea]. Guadalajara-México: Dominique, 2010. [Consulta: 14 de Julio 2021]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/analisis-quimicos-farmaceuticos-de-medicamentos/oclc/807846861>
- PALOMINO, C "et al."**. "Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de Colocasia esculenta (L.) Schott y Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott". Rev. Fac. Agron [En línea], 2010, (Venezuela) Vol 36 (2), pp. 58-66. [Consulta: 02 de Julio 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Elevina-Perez-2/publication/230800798\\_Physical\\_and\\_chemical\\_characterization\\_of\\_flour\\_and\\_starches\\_of\\_tubers\\_of\\_Colocasia\\_esculenta\\_L\\_Schott\\_and\\_Xanthosoma\\_sagittifolium\\_L\\_Schott/links/0fcfd5048b36e3c0fd000000/Physical-and-chemical-characterization-of-flour-and-starches-of-tubers-of-Colocasia-esculenta-L-Schott-and-Xanthosoma-sagittifolium-L-Schott.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Elevina-Perez-2/publication/230800798_Physical_and_chemical_characterization_of_flour_and_starches_of_tubers_of_Colocasia_esculenta_L_Schott_and_Xanthosoma_sagittifolium_L_Schott/links/0fcfd5048b36e3c0fd000000/Physical-and-chemical-characterization-of-flour-and-starches-of-tubers-of-Colocasia-esculenta-L-Schott-and-Xanthosoma-sagittifolium-L-Schott.pdf)

**PARDO, O "et al."**. "Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa" [En línea], 2013, (Colombia) Vol 62 (4), pp. 289-295. [Consulta: 02 de Julio 2021]. ISSN 0120-2812. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122013000400001&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122013000400001&script=sci_abstract&tlng=es)

**PEÑA CARRASCO, Elizabeth Fiorela**. Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de Llave (Puno) .[En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero).Universidad Nacional Agraria La Molina, (Lima-Perú). 2017. 25-45. [Consulta: 2021-07-10]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3013480>

**PINANGO ANDRANGO, Luis Hamilton**. Efecto de diferentes densidades de siembra y orígenes de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) en la tasa de extracción de tubérculo-semilla [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero). Universidad Central del Ecuador, (Quito- Ecuador). 2016. 116-120. [Consulta: 2021-06-28]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7989?mode=full>

**PIZÁ, H "et al."**. "Análisis Experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura" Repositorio Institucional Pirhua [En línea] , 2017, (Perú) Vol 1 (3), pp. 35-45. [Consulta: 10 de Junio 2021]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3224>

**PUMISACHO, M, y SHERWOOD, S**. *El cultivo de la papa en Ecuador* [En línea].Quito-Ecuador: Estación Experimental Santa Catalina/CIP , 2002. [Consulta: 28 de Junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2802>

**RAMÍREZ RUEDA, Jeferson Armando; & QUINETRO NOVOA, Daniel Felipe**. Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón de yuca [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero). Universidad de los Andes, (Bogotá-Colombia). 2013. 120-141. [Consulta: 2021-07-03]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1>

**RIVERA, C "et al."**. "Los Empaques Biodegradables, una respuesta a la consciencia ambiental de los Consumidores". *Realidad Empresarial* [En línea], 2019 (El Salvador) Vol 1 (7), pp. 5–8. [Consulta: 10 de Mayo 2021]. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/reuca.v0i7.7830>

**ROSALES AND J, SUAZO**, Obtención De Biopolímero Plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciado). Universidad nacional autónoma de Nicaragua, (Managua-Nicaragua). 2016. 8–9. . [Consulta: 2021-05-05]. Disponible en: <https://docplayer.es/48129407-Universidad-nacional-de-nicaragua-managua.html>

**THIEMAN, W.** *Introducción a la Biotecnología. 2ª ed. Madrid España: Pearson, 2010, pp. 245-259*

**TIPAN ANDRADE, Betty Amparo "et al."**. Proyecto de prefactibilidad para fabricar licor, en base a la oferta de papa de la provincia del Carchi [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniero). Universidad Central del Ecuador, (Quito-Ecuador), 2016. 70-100. . [Consulta: 2021-07-25]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/8742>

**VARGAS, G "et al."**. "Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación" .*Scientia Agropecuaria* [En línea], 2016, (Perú) Vol 7(SPE), pp. 223-230. [Consulta: 15 de Julio 2021]. ISSN 2077-9917. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2077-99172016000400009](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000400009)

**VIZUETE BARRENO, Verónica Cristina.** Determinación de parámetros físico-químicos de zanahoria blanca como base para el establecimiento de la Norma de requisitos [En línea] (Trabajo de titulación). (Bioquímico Farmacéutico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, (Riobamba-Ecuador), 2011. 4-27. [Consulta: 2021-07-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/204>

**ZÉÑANO, F.** "Como se cultivan las hortalizas de bulbo, raíz y tubérculos". *Revista Española* [En línea], 2008, (España) Vol 1 (5), pp. 77-91. [Consulta: 10 de Abril 2021]. Disponible en: [https://www.paho.org/uru/dmdocuments/alimentos\\_en\\_la\\_huerta.pdf](https://www.paho.org/uru/dmdocuments/alimentos_en_la_huerta.pdf)

# ANEXOS

## ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y DE PAPA

MC-LSAIA-2201-06



**INiAP**  
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA  
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD  
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS  
Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tifs. 2690691-3007134. Fax 3007134



**LSAIADNCFEESC**

Casilla postal 17-01-340

### INFORME DE ENSAYO No: 21-094

**NOMBRE PETICIONARIO:** Sr. José Daniel Morales  
**DIRECCION:** Riobamba  
**FECHA DE EMISION:** 01/06/2021  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 6 al 21 de mayo del 2021

**INSTITUCION:** Particular  
**ATENCIÓN:** Sr. José Daniel Morales  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 06/05/2021  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 11h45  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>Ω</sup>	IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0595	15,13	24,50	Almidón de papa
21-0596	12,82	38,38	Almidón de zanahoria blanca

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

### RESPONSABLES DEL INFORME



**Dr. Iván Samaniego**  
RESPONSABLE TÉCNICO



**Ing. Bladimir Ortiz**  
RESPONSABLE CALIDAD

## ANEXO B: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS FINALES



**LenMaV**  
LABORATORIO  
ENSAYO DE MATERIALES

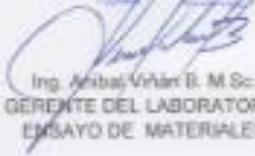
Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 03	
SOLICITADO POR:	Juan David Morales Vinasco
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE PAPA CHOLA (Solomon saboreado) Y ZANAHORIA (Araucaria sandorhiza) PARA ENVOLTURAS FARMACEUTICAS
DIRECCION:	UNPAH - FAC. DE CIENCIAS EXC. ING. DE QUIMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO A BASE DE ALMIDON DE PAPA Y ZANAHORIA BLANCA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	INAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-V-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T M-I
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.10
ANCHURA [mm]	7.80
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.78
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.400 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.35
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.45
CARGA MAXIMA [N]	0.76
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.07
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4.10
OBSERVACIONES:	



Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. MsC.  
GERENTE DEL LABORATORIO  
ENSAYO DE MATERIALES

Este documento valida únicamente con el sello de la Dirección. El laboratorio no es responsable por la reproducción o uso no autorizado de este documento.

1/1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 16 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Juan Daniel Morales Vinasco
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE PAPA CIROLA (Culcas tuberosus) Y ZANAHORIA (Actinacea satibonifera) PARA ENVOLUTURAS FARMACÉUTICAS
DIRECCIÓN:	UNPECI - FAC. DE CIENCIAS ENG. ENG. BIQUÍMICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA Y ZANAHORIA BLANCA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2615 012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW100B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-20165006-COD IDENT: M3
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T M-II
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.91
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.98
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.132.E+06
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.47
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.48
CARGA MAXIMA [N]	1.06
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.09
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1.08
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


**LenMaV**  
 LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Anibal Viñán B. MsC.  
 GERENTE DEL LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES

<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>	
Denominación: RG 10 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Juan Darcel Morales Vinasco
PROYECTO DE TESIS:	OBSTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE PAPA CHOLA Solanum tuberosum Y ZANAHORIA (Artaata satibentica) PARA ENVOLTURAS FARMACEUTICAS
DIRECCION:	USPACH - FAC. DE CIENCIAS EXC. ING. MECANICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO A BASE DE ALMORÓN DE PAPA Y ZANAHORIA BLANCA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLASTICO
FECHA DE FABRICACION:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2615 012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW500B
MARCA:	SHAN LIANGJING TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201510006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T M-III
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	8.31
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	1.00
MODELO DE ELASTICIDAD [MPa]	7.878 E+06
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.10
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.10
CARGA MAXIMA [N]	2.109
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	4.44
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



  
 LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Anibal Viñán B. MsC.  
 GERENTE DEL LABORATORIO  
 ENSAYO DE MATERIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RD-18-1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Juan David Morales Vivasin
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE PAPA CHIOLA (Solmsia tuberosa) Y ZANAHORIA (Arracacia xanthorrhiza) PARA ENVOLUPRAS FARMACÉUTICAS
DIRECCIÓN:	ESPECIE - FAC. DE CIENCIAS ENGEN. DE LA FÍSICA Y FARMACIA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO A BASE DE ALMIDÓN DE PAPA Y ZANAHORIA BLANCA
MATERIAL:	LAMINA DE BIOPLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 06
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	17-jun-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW100B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-20145006
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T M-IV
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	8.06
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	0.95
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.182 E+00
CARGA DE FLEUENCIA [N]	0.44
ESFUERZO DE FLEUENCIA [MPa]	0.46
CARGA MAXIMA [N]	0.932
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.98
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	3.68
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



**LenMaV**  
LABORATORIO  
ENSAYO DE MATERIALES

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

# ANEXO C: EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALMIDONES

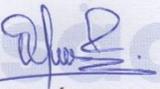


## EXAMEN MICROBIOLÓGICO

**saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 186-21**

<b>CLIENTE:</b> Daniel Morales		
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b> 0979256258
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de zanahoria blanca		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 28 de abril del 2021		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 28 de abril del 2021		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	150
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 28 de abril del 2021		
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 03 de mayo del 2021		
<b>RESPONSABLE:</b>		
		
		
<b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

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





## EXAMEN MICROBIOLÓGICO **saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 187-21**

<b>CLIENTE:</b> Daniel Morales		
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b> 0979256258
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de Papa		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 28 de abril del 2021		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 28 de abril del 2021		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	300
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 28 de abril del 2021		
<b>FECHA DE ENTREGA :</b> 03 de mayo del 2021		
<b>RESPONSABLE:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

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

**saqmic**

## ANEXO D: ANÁLISIS PROXIMAL DE ALMIDONES

### ANÁLISIS PROXIMAL



**saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 189-21**

<b>CLIENTE:</b> Daniel Morales		
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b> 0979256258
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de Zanahoria Blanca		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 08 de junio del 2021		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 08 de junio del 2021		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Fibra (%)	Método gravimétrico por Soxleth	0.23
Proteína (%)	Método gravimétrico por digestión ácido-base	0.44
Grasa (%)	Método volumétrico por Micro Kjeldahl	0.143
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 08 de junio del 2021		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 23 de junio del 2021		
<b>RESPONSABLE:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
		

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

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

**saqmic**

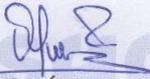
# ANÁLISIS PROXIMAL



**saqmic**

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

**CÓDIGO 188-21**

<b>CLIENTE:</b> Daniel Morales		
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b> 0979256258
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de Papa		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 08 de junio del 2021		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 08 de junio del 2021		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Fibra (%)	Método gravimétrico por Soxleth	0.33
Proteína (%)	Método gravimétrico por digestión ácido-base	0.26
Grasa (%)	Método volumétrico por Micro Kjeldahl	0.058
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 08 de junio del 2021		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 23 de junio del 2021		
<b>RESPONSABLE:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

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



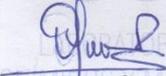
# ANEXO E: EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE BIOPLÁSTICO FINAL



**saqmic**

**EXAMEN MICROBIOLÓGICO** LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS  
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

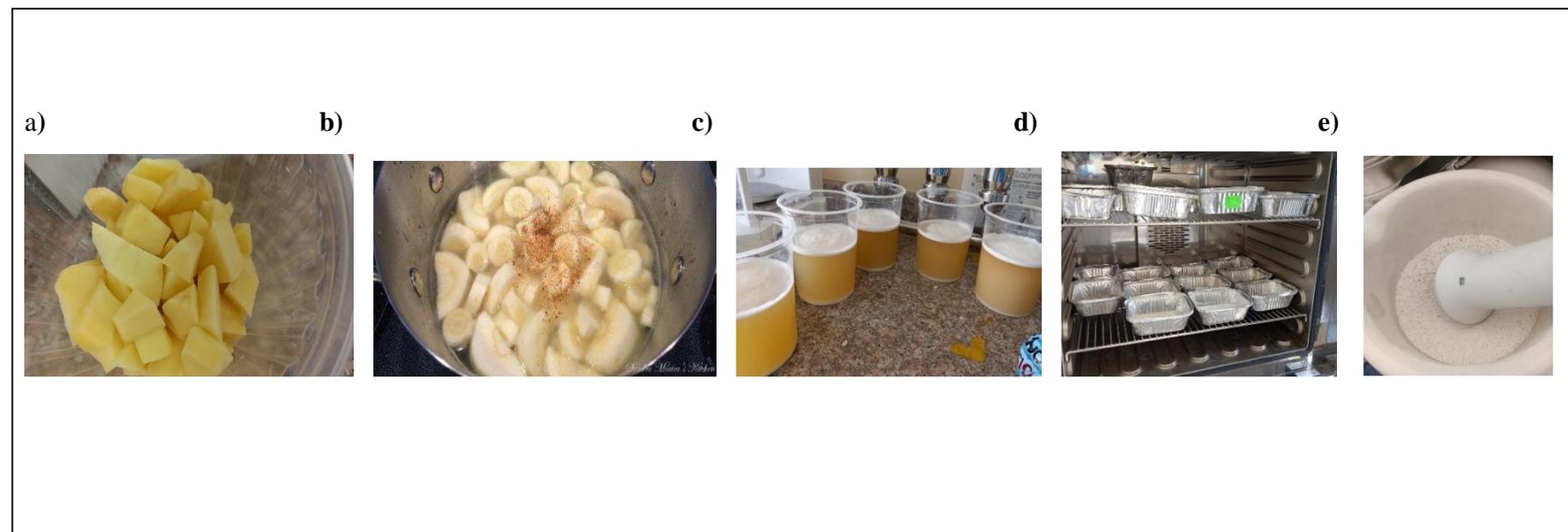
**CÓDIGO 198-21**

<b>CLIENTE:</b> Daniel Morales		
<b>DIRECCIÓN:</b> Riobamba		<b>TELÉFONO:</b> 0979256258
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Bioplástico final		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN:</b> 23 de junio del 2021		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 23 de junio del 2021		
<b>EXAMEN FISICO</b>		
COLOR: Característico		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Escherichia coli UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios mesófilos UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
<b>FECHA DE ANÁLISIS:</b> 23 de junio del 2021		
<b>FECHA DE ENTREGA:</b> 28 de junio del 2021		
<b>RESPONSABLE:</b>		
 <b>Dra. Gina Álvarez R.</b>		
 SAQMIC Servicio de Análisis Químicos y Microbiológicos <b>Dra. Gina Alvarez</b> Telf.: 2 924 322 // Cel.: 0998580374		
El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.		

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

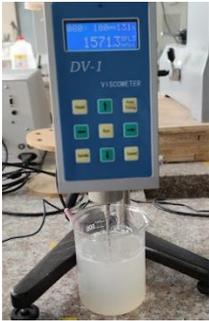
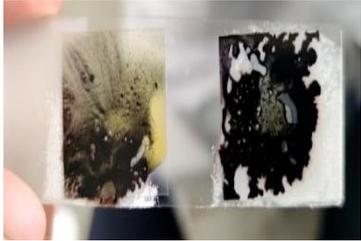
**saqmic**

**ANEXO F: MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA**

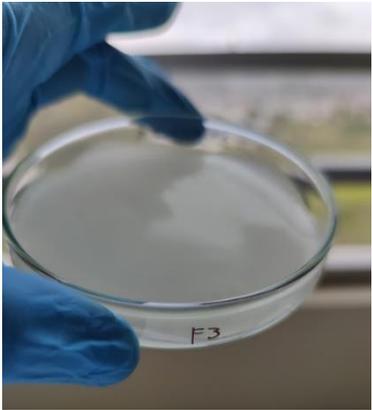


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA</b>                       Elaborado por: Daniel Morales                 </p>	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA											
a) Materia prima- papa			LÁMINA	ESCALA	FECHA									
b) Trituración c) Sedimentación d) Secado e) Molienda	<table border="1"> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>CERTIFICADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>APROBADO</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR APROBAR</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td>POR CALIFICAR</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>POR VERIFICAR</td></tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	1	1:1
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													

**ANEXO G: ENSAYOS EN ALMIDONES**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 	<p>e)</p> 										
<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA</b></p> <p>Elaborado por: Daniel Morales</p>	<p><b>ENSAYOS DE ALMIDONES</b></p>											
<p>a) Cenizas b) Prueba de solubilidad c) Temperatura de gelatinización d) Medición de pH e) Prueba de Lugol</p>	<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
		<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>02/06/2021</p>										

**ANEXO H: BIOFILMS DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y PAPA**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 	<p><b>d)</b></p> 											
<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA</b></p> <p>Elaborado por: Daniel Morales</p>	<p><b>BIOFILMS DE ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA Y PAPA</b></p>											
<p>a) Moldeo de los biofilms                  b) Secado de los biofilms                  c) Obtención de bioplástico                  d) Corte de Bioplástico</p>	<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO													
<input type="checkbox"/>	APROBADO													
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR													
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR													
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR													
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>04/06/2021</p>									

**ANEXO I: ENSAYOS REALIZADOS A LOS BIOFILMS**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 	<p>e)</p> 											
<p><b>NOTAS</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE</b></p>	<p><b>ENSAYOS REALIZADOS A LOS BIOFILMS</b></p>												
<p>a) Ensayo de solubilidad b) Ensayo de permeabilidad al vapor de agua. c) Ensayo de humedad. d) Ensayo de degradabilidad e) Pesado de almidón</p>	<table border="1"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>CERTIFICADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>APROBADO</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR APROBAR</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>POR CALIFICAR</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>POR VERIFICAR</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	<input type="checkbox"/>	APROBADO	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR	<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	<p><b>CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y</b> <b>FARMACIA</b></p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO														
<input type="checkbox"/>	APROBADO														
<input type="checkbox"/>	POR APROBAR														
<input checked="" type="checkbox"/>	POR CALIFICAR														
<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR														
		<p>Elaborado por: Daniel Morales</p>	<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>17/06/2021</p>										



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 26 / 04 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Juan Daniel Morales Vinueza</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Bioquímica y Farmacia</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Bioquímico Farmacéutico</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,  
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,  
serialNumber=0000621485,  
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.04.26 12:21:32 -05'00'



0771-DBRA-UTP-2022