



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**“VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE VICIA FABA (HABA)  
PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO  
BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS”**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR:** ALEXIS PATRICIO MALDONADO BRAVO

**DIRECTOR:** Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOÍNA Ph.D..

Riobamba - Ecuador

2021

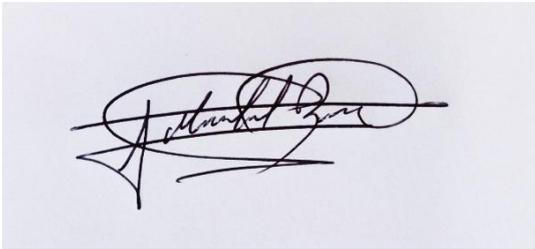
**©2021, Alexis Patricio Maldonado Bravo**

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

Yo, Alexis Patricio Maldonado Bravo , declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 04 de agosto del 2021

A handwritten signature in black ink on a light blue background. The signature is stylized and appears to read 'Alexis Patricio Maldonado Bravo'.

**Alexis Patricio Maldonado Bravo**

**060396150-9**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE VICIA FABA (HABA) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS**”, realizado por el señor: **ALEXIS PATRICIO MALDONADO BRAVO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés Ph.D.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

FIRMA



Firmado electrónicamente por:  
**FAUSTO MANOLO  
YAULEMA GARCÉS**

FECHA

04 de agosto de 2021

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina Ph.D.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**



04 de agosto de 2021

Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes MsC.  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL GUSTAVO  
PALMAY PAREDES**

04 de agosto de 2021

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación quiero dedicarlo a mis abuelos: Jorge Bravo y Cira Cevallos quienes han sido mis segundos padres y desde pequeño me supieron acompañar y guiar con buenos consejos, y son mi ejemplo de vida.

Alexis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Patricio y Gloria por ser mi apoyo a lo largo de mi carrera y por haber hecho todo lo posible para que tenga la mejor educación.

A mi maestro y director de tesis el Ing. Hannibal Brito por darme el apoyo y ayuda necesaria durante mi trabajo de titulación.

Al Dr. Mauricio Álvarez por su ayuda y predisposición en las horas de laboratorio.

A mis amigos, Kathy, Dayaneth, Edwin, Gio, Romario, Edgar, Oscar, Carolina, Karina, Steven Valeria, Katherine, Evelyn por su apoyo incondicional.

Alexis

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xiii
SUMMARY .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	17
1.1. Antecedentes.....	17
1.2. Residuo .....	18
1.2.1. <i>Residuo Sólido</i> .....	18
1.2.2. <i>Residuo Orgánico</i> .....	18
1.2.3. <i>Almidón</i> .....	19
1.2.3.1. <i>Amilosa</i> .....	19
1.2.3.2. <i>Amilopectina</i> .....	20
1.2.4. <i>Análisis fisicoquímico del Almidón</i> .....	20
1.2.4.1. <i>Temperatura de gelatinización</i> .....	20
1.2.4.2. <i>Densidad Aparente</i> .....	20
1.2.4.3. <i>Ph</i> .....	20
1.2.4.4. <i>Contenido de cenizas</i> .....	21
1.3. Legumbres.....	21
1.3.1. <i>Haba (Vicia faba)</i> .....	21
1.3.1.1. <i>Origen y Taxonomía</i> .....	21
1.3.1.2. <i>Morfología</i> .....	22
1.3.1.3. <i>Variedades</i> .....	22
1.3.1.4. <i>Requerimientos edafoclimáticos</i> .....	23
1.3.1.5. <i>Tipo de semilla y siembra</i> .....	23
1.4. Plástico.....	23
1.4.1. <i>Plástico Sintético</i> .....	23
1.4.2. <i>Biofilm o Biopelícula</i> .....	23

1.4.3.	<i>Plastificante</i> .....	24
1.4.3.1.	<i>Glicerol</i> .....	24
1.4.3.2.	<i>Ácido Acético</i> .....	25
1.4.3.3.	<i>Agua Destilada</i> .....	25

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	26
2.1.	<b>Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	26
2.1.1.	<i>Tipo de Investigación</i> .....	26
2.1.2.	<i>Diseño de la Investigación</i> .....	26
2.2.	<b>Población de Estudio</b> .....	26
2.3.	<b>Localización del Estudio</b> .....	26
2.4.	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b> .....	27
2.4.1.	<i>Extracción de Almidón</i> .....	27
2.4.1.1.	<i>Técnica de Extracción de almidón de cáscara de haba (Vicia faba)</i> .....	27
2.4.1.2.	<i>Análisis para la caracterización de almidón</i> .....	28
2.4.2.	<i>Obtención de Biofilm</i> .....	29
2.4.2.1.	<i>Técnica de obtención de biofilm</i> .....	30
2.4.2.2.	<i>Análisis para la caracterización de biofilm</i> .....	30

## CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	33
3.1.	<b>Datos obtenidos de los ensayos realizados</b> .....	33
3.1.1.	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda</i> .....	33
3.2.	<b>Pruebas para la elaboración de biofilms</b> .....	34
3.2.1.	<i>Datos y nomenclatura para la obtención de biofilms</i> .....	34
3.3.	<b>Datos para determinas las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables de los biofilms de almidón de cáscara de Haba</b> .....	35
3.3.1.	<i>Datos de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	35
3.3.2.	<i>Datos obtenidos de la prueba de humedad de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	36
3.3.3.	<i>Datos obtenidos de la prueba de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	36

3.3.4.	<i>Datos obtenidos de la prueba de Grado de transmisión de vapor de agua de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	36
3.3.5.	<i>Datos bibliográficos de las propiedades mecánicas de investigaciones relacionadas</i> .....	37
3.3.6.	<i>Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	37
3.4.	<b>Cálculos</b> .....	37
3.4.1.	<i>Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de Haba</i> .....	37
3.4.2.	<i>Cálculos para las pruebas físicas realizadas a los biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	37
3.4.2.1.	<i>Cálculo del porcentaje de humedad</i> .....	37
3.4.2.2.	<i>Cálculo del porcentaje de solubilidad</i> .....	38
3.4.2.3.	<i>Cálculo del grado de transmisión de vapor de agua (TVA)</i> .....	38
3.5.	<b>Resultados</b> .....	38
3.5.1.	<i>Resultados del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de Haba</i> .....	38
3.5.2.	<i>Resultados de las pruebas fisicoquímicas del almidón</i> .....	39
3.5.3.	<i>Resultados de las pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	40
3.5.3.1.	<i>Resultados de la prueba de espesor realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	40
3.5.3.2.	<i>Resultados de la prueba de humedad realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	41
3.5.3.3.	<i>Resultados de la prueba de solubilidad realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	41
3.5.3.4.	<i>Resultado de la prueba de Grado de transmisión de vapor de agua de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	41
3.5.3.5.	<i>Resultados de las pruebas mecánicas realizadas a biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	42
3.5.3.6.	<i>Resultados de la prueba de biodegradabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba</i> .....	42
3.5.4.	<b>Resultados de biodegradabilidad en Agua</b> .....	42
3.5.4.1.	<i>Resultado de biodegradabilidad en Suelo</i> .....	43
3.5.4.2.	<i>Resultados de biodegradabilidad en Aire</i> .....	44
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	45

<b>RECOMENDACIONES</b> .....	46
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Estudios realizados sobre la obtención y estudio de películas biodegradables a partir de almidón .....	17
<b>Tabla 2-1:</b> Taxonomía de la Haba .....	21
<b>Tabla 1-2:</b> Técnica de extracción de almidón de cáscara de Haba por vía húmeda.....	27
<b>Tabla 2-2:</b> Análisis para la caracterización de almidón de cáscara de Haba .....	28
<b>Tabla 3-2:</b> Técnica utilizada para la obtención de biofilm.....	30
<b>Tabla 4-2:</b> Análisis para la caracterización de biofilms .....	31
<b>Tabla 1-3.</b> Datos obtenidos de la materia prima (cáscara de Haba).....	33
<b>Tabla 2-3.</b> Datos obtenidos de la extracción de almidón de cáscara de Haba.....	33
<b>Tabla 3-3.</b> Composición de los tratamientos para la obtención de biofilms de almidón de cáscara de Haba .....	34
<b>Tabla 4-3.</b> Datos de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	35
<b>Tabla 5-3.</b> Datos de humedad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	36
<b>Tabla 6-3:</b> Datos de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	36
<b>Tabla 7-3:</b> Datos de permeabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	36
<b>Tabla 8-3:</b> Datos obtenidos por revisión bibliográfica .....	37
<b>Tabla 9-3.</b> Resultados de rendimiento en la obtención de almidón de cáscara de Haba .....	38
<b>Tabla 10-3.</b> Resultados de las pruebas físico químicas realizadas al almidón .....	39
<b>Tabla 11-3.</b> Resultados de las pruebas de amilosa y amilopectina realizadas en INAP .....	40
<b>Tabla 12-3.</b> Resultados de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	40
<b>Tabla 13-3:</b> Resultados de humedad de biofilms de cáscara de Haba .....	41
<b>Tabla 14-3:</b> Resultados de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba .....	41
<b>Tabla 15-3:</b> Resultados de permeabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.....	41
<b>Tabla 16-3:</b> Resultados de pruebas mecánicas de biofilms de almidón de cáscara de Haba .....	42
<b>Tabla 17-3:</b> Biodegradabilidad de biofilms en Agua .....	42
<b>Tabla 18-3:</b> Biodegradabilidad de biofilms en suelo .....	43
<b>Tabla 19-3:</b> Biodegradabilidad de biofilms en Aire.....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Estructura de la amilosa.....	19
<b>Figura 2-1:</b> Estructura del glicerol .....	24
<b>Figura 1-3:</b> Cáscara de Haba obtenida .....	33
<b>Figura 2-3:</b> Proceso de biodegradabilidad de biofilms en Suelo.....	43
<b>Figura 3-3:</b> Proceso de biodegradabilidad de biofilms en Aire.....	44

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** AVAL DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO DE LA ESPOCH (GIADE)

**ANEXO B:** RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRA DE ALMIDÓN DE CASCARA DE VICIA FABA (HABA)

**ANEXO C:** PROPIEDADES MECÁNICAS DE BIOFILMS DE ALMIDÓN DE CASCARA DE HABA

**ANEXO D:** MÉTODO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA

**ANEXO E:** PRUEBAS FISICOQUÍMICAS REALIZADAS AL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA

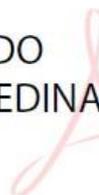
**ANEXO F:** PRUEBAS REALIZADAS A BIOFILMS DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA

## RESUMEN

En la presente investigación se estudia la elaboración de un bioplástico a partir del almidón de la cáscara de Haba (*Vicia faba*) que al igual que otras legumbres posee un determinado porcentaje de almidón en su composición. Para realizar dicho estudio se debe partir de la caracterización de la materia prima y la extracción del almidón por vía húmeda, el siguiente paso es determinar si el producto extraído es óptimo para la elaboración de los biofilms, esto se lo hace mediante pruebas físicas, químicas y microbiológicas. Una vez realizadas las pruebas correspondientes al almidón se procede a la elaboración de las láminas de bioplástico, para ello se trabajó con glicerina (plastificante), ácido acético, agua purificada y el almidón. Para establecer el tiempo y porcentaje de degradabilidad de las láminas obtenidas se sometieron las mismas a tres elementos los cuales fueron agua, aire y suelo, esto va de la mano con las propiedades mecánicas y de tracción que presenta el bioplástico. Como resultado del proceso de degradabilidad se encontró una mayor incidencia en agua, seguido de suelo y en menor porcentaje en aire ambiente; las pruebas mecánicas variaron dependiendo del tratamiento y cantidad de plastificante que se utiliza por lo que se recomienda utilizar una baja cantidad de plastificante ya que de lo contrario se obtendrán laminas muy viscosas y débiles.

**Palabras clave:** <BIOFILM>, <ALMIDÓN>, <HABA (*Vicia faba*)>, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <PROPIEDADES DE TRACCIÓN >.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE



Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.09.27  
11:11:49 -05'00'



1829-DBRA-UTP-2021

## SUMMARY

The current research studies the elaboration of bioplastic from (*Vicia faba*) bean hull starch; this, like other legumes, has a certain percentage of starch in its composition. To carry out this study, it is necessary to start with the characterization of the raw material and the extraction of the starch through the wet method, the next step is to determine if the extracted product is optimal for the elaboration of biofilms, this is carried out through physical, chemical and microbiological tests. Once the starch tests were carried out, the bioplastic sheets were elaborated; for this it was necessary to use glycerin (plasticizer), acetic acid, purified water and starch. To establish the time and percentage of degradability, the sheets were exposed to three elements which were: water, air and soil, together with the mechanical and traction properties reflected by the bioplastic. As a result of the degradability process, a higher incidence was found in the water exposure process, followed by soil and the lowest percentage was found when exposed to room air; The mechanical tests varied depending on the treatment as well as the amount of plasticizer used, so it is recommended to use a small amount of plasticizer since otherwise very viscous and weak bioplastic sheets will be obtained.

**Keywords:** <BIOFILM>, <STARCH>, <BEAN (*Vicia faba*)>, <AMYLOSE>, <AMYLOPECTIN>, <TRACTION PROPERTIES>.

## INTRODUCCIÓN

El uso del plástico se inició a mediados del siglo XX y a partir de entonces su producción ha crecido de forma exponencial, ha reemplazado a otro tipo de materiales en ámbitos como el doméstico, comercial e industrial, etc (Charro, 2015, p.17). Con el avance de la industria, se han desarrollado plásticos sintéticos con buenas características y bajos costos, se estima que cada año se producen más de 400 millones de toneladas de plástico en el mundo (ONU,2018, p.1). Sin embargo, luego de su uso, el desecho plástico es descargado, contaminando en gran medida al ambiente, aproximadamente el 79% de la basura generada del plástico se encuentra en vertederos, mares u océanos; el 9% se recicla y el 12% es incinerada. Todos los plásticos que son desechados de una manera u otra terminan en el océano afectando diferentes tipos de ecosistemas ya que, por su composición, es un producto que tarda cientos de años en degradarse. En Ecuador, la industria del plástico produce alrededor de 500 000 toneladas de este material anualmente. Hoy en día, esta industria provee a diversos sectores como el automotriz, comercio, agrícola y bananero, alimentos, entre otros. También se exporta a Colombia, Perú, Bolivia, varios países de Centro América y EE. UU, principalmente en los productos que acompañan racimos de banano, films tanto de leche como de detergente, fundas tipo camiseta y empaques de alimentos (Lideres, 2018, p.1). La industria presenta dificultades, especialmente relacionadas a la falta de políticas ambientales y económicas. En el primer caso, existe una ausencia de claridad en la normativa relacionada con el ambiente, esto da pie a que los municipios entablen iniciativas de ordenanzas sin un sustento técnico. Otra debilidad proviene de una falta de política que promueva e incentive la economía circular, el sistema de economía que se maneja en el país (extracción, fabricación, utilización y eliminación) ha alcanzado sus límites. Como consecuencia de ello se empieza a observar el agotamiento de una serie de recursos naturales y de combustibles fósiles. La economía circular plantea un nuevo modelo de sociedad basado en el uso y optimización de los “stocks” y los flujos de materiales, energía y residuos (Lideres, 2018, p.1).

En lo referente al sector alimentos, el principal problema que se evidencia es la falta de incorporación de materiales reciclados o de nuevas tecnologías para los procesos de producción del plástico, que tiene como principal componente el polietileno.

El polietileno es el material sintético de uso común para la fabricación de películas de empaque de alimentos. Se utilizan como empaques de un solo uso y, aunque ofrecen una buena barrera al oxígeno, dióxido de carbono, contaminación e insectos, su uso prolongado ha generado problemas serios para su adecuada gestión posterior al uso.

El mayor problema con este material es que es poco amigable con el ambiente pues tardan hasta 500 años en degradarse (Almeida, 2017, p.2).

La presente investigación se enfocó en la elaboración de un bioplástico a partir del almidón de la cáscara de Haba (*Vicia faba*) para ser usado en el embalaje de alimentos, todo ello a partir de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima cumpliendo con los estándares de las normas establecidas, de igual manera, en la obtención del biopolímero los ensayos realizados cumplen con las normas de calidad establecidas, por otro lado, en lo referente a la biodegradabilidad, esta se la determino sometiendo las láminas a tres elementos: agua, aire ambiente y suelo, y se verificó con el pasar de los días el porcentaje de degradación que presenta cada biofilm en los diferentes elementos (Chuiza y Brito 2020, p.43).

Se escogió como materia prima a la cáscara de Haba porque representa una solución nueva e innovadora a la contaminación ambiental que esta presenta, ya que, luego de desgranar la vaina para obtener las habas, estas se desechan y no son aprovechadas para nada, es por ello que se realizó este estudio, para determinar si el almidón presente en la cáscara de esta legumbre tiene la calidad necesaria para la obtención de biofilms biodegradables para el uso en alimentos

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar la valoración de la cáscara de *Vicia faba* (haba) para obtener una lámina de plástico biodegradable para el uso en alimentos

### **Específicos**

- Efectuar la caracterización física, química, microbiológica de la cáscara de haba y del almidón obtenido de la misma.
- Identificar el tiempo de degradación de la lámina biodegradable.
- Determinar la elasticidad de la lámina de plástico obtenida.
- Utilizar la lámina biodegradable en el embalaje de alimentos.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

La contaminación causada por películas de plástico en ecosistemas tanto terrestres como marinos es un problema que, con el pasar de los años, se ha ido agudizando cada vez más, pero esto se lograría reducir si estos fueran biodegradables. En los últimos años varios países han estado buscando alternativas para reemplazar los materiales plásticos, un ejemplo es Estados Unidos, que ha realizado convenios para la producción de plásticos a base de cultivos agrícolas representando así un costo menor en comparación con los plásticos tradicionales obtenidos de derivados del petróleo.

La aplicación de material orgánico como base para la elaboración de biopelículas es una técnica relativamente reciente. El primer biopolímero polihidroxialcanoato (PHA) fue descubierto en 1925 mismo que fue sintetizado de forma intracelular por algunos microorganismos que lo utilizaron como reserva de carbono y energía que, una vez extraídos de la célula, presentaron propiedades físicas similares a plásticos convencionales derivados de petróleo (González et al. 2013, p.77).

Se han realizado varios estudios relacionados a la obtención de biopelículas o biofilms a partir de almidón que presentan características similares o en algunos casos iguales a las películas sintéticas, se mencionan algunos a continuación.

**Tabla 1-1:** Estudios realizados sobre la obtención y estudio de películas biodegradables a partir de almidón.

N°	Año	Tipo	Nombre de la Investigación	Autor(es)	Lugar
1	2008	Artículo científico	Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México	Marilyn Hernández Medina; Juan Gabriel Torruco Uco; Luis Chel Guerrero; David Betancur Ancona	México
2	2011	Tesis	Desarrollo de un material para empaques de alimentos a partir de harina de yuca y fibra de fique	Diana Paola Navia Porras	Colombia
3	2012	Artículo científico	Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón	Mario Enríquez C., Reinaldo Velasco M., Vicente Ortiz G.	Colombia
4	2013	Tesis	Estudio comparativo en la elaboración de biofilm a partir de almidón de maíz ( <i>Zea Mays</i> ) y proteína de leche con adición de glicerina como agente plastificante	Moreno García, Alan Jymm	Perú

5	2015	Tesis	Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata	Mónica Margarita Charro Espinosa	Ecuador
6	2015	Tesis	Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá ( <i>Passiflora edulis spp.</i> )	Jimmy Alcides Chari Guamán Chanatasig	Honduras
7	2016	Tesis	Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio	Meza Ramos Paola Nathali	Perú

**Fuente:** (Parra 2019, p.6).

**Realizado por:** Maldonado, Alexis, 2021.

## 1.2. Residuo

Se define como cualquier objeto, material, sustancia o elemento en estado sólido que no presenta características de peligrosidad en base al código C.R.T.I.B, como resultado del consumo o uso de un bien ya sea en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, además de no poseer valor para quien lo genera, pero que es apto para ser aprovechado y posteriormente transformado en un nuevo bien como un valor económico agregado (Mendoza, 2019, p.8).

### 1.2.1. Residuo Sólido

Aquellos componentes producidos o procedentes de un proceso que pueden estar en estado sólido o semisólido donde su propietario o quién lo genera lo designa al abandono, pero estos tiene la cualidad de ser reaprovechados para fijarles un nuevo proceso y así otorgarles una aplicación en el futuro (Mendoza, 2019, p.9).

### 1.2.2. Residuo Orgánico

Son residuos biodegradables, su descomposición es natural y una característica favorable es que se degradan rápidamente convirtiéndose así en materia orgánica. Dentro de este grupo se encuentran los residuos alimenticios, heces fecales y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aerobias. Cuando estos desechos se encuentran en exceso tienen un

impacto ambiental significativo, contaminando agua, suelo y aire tanto superficialmente como en la parte subterránea debido al gran contenido de materia orgánica y minerales que la constituyen (Mendoza, 2019, p.10).

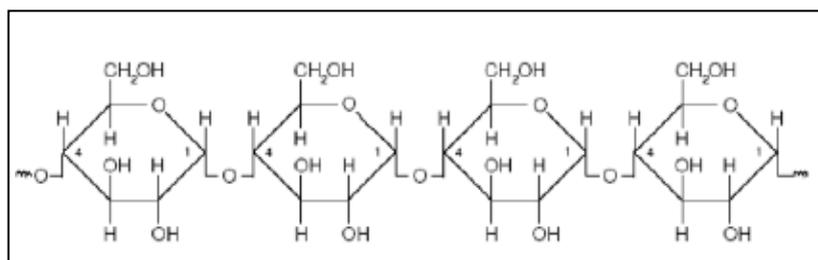
### 1.2.3. Almidón

Constituye la reserva de carbohidratos más abundante en las plantas y se encuentra en varias partes de la misma como en las hojas, flores, frutos, semillas, diferentes tipos de tallos y raíces. Las plantas lo utilizan como fuente de carbono y energía (Smith, 2001). Se almacena y moviliza de forma cíclica durante los procesos de germinación de las semillas, maduración de los frutos y brote de tubérculos (Starch production and industrial use, 1999). Existen varias fuentes de almidón, entre las principales se encuentran los cereales (40 a 90%), raíces (30 a 70 %), tubérculos (65 a 85%), legumbres (25 a 50%), y algunas frutas inmaduras como los plátanos, mangos, que contienen aproximadamente un 70% de almidón por peso seco (Santana y Meireles, 2014, p.23).

El almidón es la segunda biomasa más grande producida en la tierra, sus principales componentes son amilosa y amilopectina. El almidón que en su estructura presenta un alto contenido de amilosa produce películas fuertes y es idóneo para la elaboración de plásticos biodegradables, y el almidón de gránulo pequeño sirve de relleno en películas de polietileno aceptables (Perilla, 2008, p.47).

#### 1.2.3.1. Amilosa

Se trata de un polímero de unidades de D-glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos, especialmente lineal, no obstante, muchas de sus moléculas muestran pocas ramificaciones  $\alpha$ -1,6. Dichas ramificaciones suelen ser o muy cortas o largas y están separadas por distancias amplias, lo cual permite a la molécula actuar como un polímero lineal (Poton 2018, p.8). Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldean, es decir, gelifican, mientras que los almidones con poca amilosa o que carecen de la misma espesan, pero no gelifican. La amilosa puede llegar a formar hasta una cuarta parte del gránulo del almidón.



**Figura 1-1:** Estructura de la amilosa.

**Fuente:**(Meneses et al., 2007).

**Realizado por:** Maldonado, Alexis, 2021.

### *1.2.3.2. Amilopectina*

La amilopectina generalmente constituye en 80% de la composición del almidón y está formado por cadenas de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -1,4 glucosídicos. Al contrario de la amilosa, en la amilopectina se dan ramificaciones que le dan una apariencia semejante a la de un árbol, dichas ramificaciones están situadas cada 25-30 unidades de glucosa por enlaces  $\alpha$ -D-1,6 y su función es lograr que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa y, por ende, tenga un peso molecular alto, se habla de hasta 200 millones de dáltones (Ribeiro, 2014, p.14).

## *1.2.4. Análisis fisicoquímico del Almidón*

### *1.2.4.1. Temperatura de gelatinización*

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, cuando éstos se calientan en solución a temperaturas elevadas alcanzan una temperatura específica en la que se inicia el hinchamiento de los gránulos y la solución toma una consistencia viscosa o de “gel”. A esta temperatura se la denomina temperatura de gelatinización (FAO, 2007, p.72).

### *1.2.4.2. Densidad Aparente*

Se puede determinar utilizando la relación entre el peso del almidón que ocupa un volumen conocido. Existen dos formas para su determinación: con el almidón empacado o con el almidón suelto (FAO, 2007, p.65).

### *1.2.4.3. pH*

El valor de pH es una medida que relaciona la acidez o la alcalinidad de una muestra determinada, existen varios medidores de pH, entre los cuales están: la tira reactiva, estas dan una medida muy genérica y no tan exacta ya que se mide por el color de la tira; otro método es por medio del pH metro, este en cambio es más exacto en sus resultados y es el que más se usa a nivel de laboratorio (FAO, 2007, p.89).

#### 1.2.4.4. Contenido de cenizas

Este método analítico proporciona una proporción de la cantidad de material mineral presente en una muestra de almidón, esto incluye: metales, sales y trazas de elementos; se utiliza la pérdida gravimétrica por calentamiento (FAO, 2007, p.91).

### 1.3. Legumbres

Se las define como una variedad de leguminosas que se cosechan con el fin de obtener la semilla seca. Entre las legumbres más importantes se encuentran los frijoles secos, garbanzos, habas, La cáscara de la mayoría de estas leguminosas están compuestas de elementos que pueden ser extraídos y reutilizados, un ejemplo claro es el almidón, presente en mayor porcentaje en varias legumbres. Las legumbres son cultivos importantes porque pueden ayudar a mitigar el cambio climático reduciendo de forma considerable el uso de fertilizantes sintéticos para brindar nitrógeno al suelo, esto se logra debido a que las legumbres fijan el nitrógeno atmosférico en el suelo en que son cultivadas, liberando fósforo y dotando de propiedades al suelo para evitar su erosión (FAO, 2015, p.1).

#### 1.3.1. Haba (*Vicia faba*)

##### 1.3.1.1. Origen y Taxonomía

Tiene su origen en oriente medio y de forma inmediata se extendió por toda la cuenca mediterránea junto con el comienzo de la agricultura. Los romanos fueron quienes seleccionaron el tipo de haba de grano grande y aplanado que se utiliza hoy en día, extendiéndose a través de la ruta de la seda hasta China e introducida en América en las zonas andinas de países como Ecuador, Perú, Bolivia, México.

**Tabla 2-1:** Taxonomía de la Haba

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Tracheophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Genero</b>	Vicia

<b>Especie</b>	<i>Vicia faba</i>
----------------	-------------------

**Realizado por:** Maldonado, Alexis, 2021.

### *1.3.1.2. Morfología*

El haba es un cultivo anual, el tallo presenta principalmente una forma cuadrada con aristas y una coloración verde en la base y violáceo en el ápice, el número de tallos dependerá del ahijamiento de la planta. La planta puede alcanzar una altura entre 1,4-1,6 metros, posee una raíz pivotante, el follaje presenta una coloración verde pálido, sus hojas son de forma ovalada y están compuestas de 2 o 4 folíolos. Las flores están agrupadas en racimos cortos de 2 a 8 flores y presentan un color blanco con alas negras o violetas en la base. Los granos están dentro de las vainas, mismas que contienen de 1 a 4 granos, son de tamaño medio y semiformes, de color verde claro o crema, esto dependerá si el grano está tierno o seco. En cuestiones de peso, los 100 granos tiernos poseen un peso de entre 200 a 230 gramos, mientras que el peso de 100 granos secos oscila de 120 a 130 gramos.

### *1.3.1.3. Variedades*

Las variedades más cultivadas son:

**Aguadulce o Sevillana:** Se trata de una variedad precoz. Sus matas alcanzan una altura de 80 a 100 cm, con tendencia al ahijamiento, poseen tallos robustos y carecen de ramificaciones. Las hojas tienen los folíolos de color verde-grisáceo en el envés, las vainas son de gran tamaño, pueden alcanzar los 30 cm de longitud. Tienen de 5 a 9 granos por vaina. Su ciclo vegetativo por lo general se encuentra entre los 200-220 días.

**Granadina:** Esta variedad está destinada a consumo en verde y también para grano, sus semillas son bastante grandes y de coloración clara. Su producción es más limitada que el resto, pero es la que mejor resiste al frío.

**Mahon Blanca y Morada:** Es la más resistente a la sequía, pero a su vez, es la más sensible al frío. Designada tanto para consumo humano como para el ganado. En presencia de buenas condiciones de humedad y suelo pueden alcanzar hasta 110 cm de altura. Tiene poca tendencia al ahijamiento, sus vainas son semi-erguidas, estrechas y con 5 a 6 granos.

**Muchamiel:** Es la variedad que más se cultiva en la zona mediterránea, es de las variedades de haba más precoz, es por ello que se destina al verdeo. Son plantas altas, con flores blancas y con una mancha negra, sus vainas no muy largas entre 15-20 cm, de 3 a 7 granos por vaina, transcurridos cuarenta días están aptas para el consumo. Su ciclo vegetativo normal hasta la maduración de la semilla está entre 190 y 200 días (INFOAGRO, 2007, p.5).

#### *1.3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos*

El cultivo de haba se ha adaptado de buena manera a las condiciones climáticas de la Sierra Ecuatoriana, principalmente a alturas comprendidas entre los 2600 y 3500 m.s.n.m., y zonas con precipitaciones entre los 700 a 1000 mm. Además, este cultivo soporta temperaturas bajas entre los 7 y 14 °C. Se adapta bien a varios tipos de suelos, sin embargo, prefiere los suelos de tipo franco-arcilloso con un buen contenido de materia orgánica y pH entre 5,5 a 7,5.

#### *1.3.1.5. Tipo de semilla y siembra*

Las semillas que se utilizan en la siembra deben tener granos de buen tamaño, uniformes, bien formados, sin daños de tipo mecánico, no deben tener manchas, para así garantizar altos rendimientos. La siembra se realiza en surcos con espacios de 80 cm entre ellos, a una profundidad de 6 cm. La época más recomendable para la siembra esta entre los meses de septiembre a enero. Debe evitarse sembrar cerca de árboles donde la sombra afecte al crecimiento del cultivo, además que dichos arboles absorberán agua y nutrientes. Para el cultivo de una hectárea se necesitan alrededor de 75 a 90 Kg de semilla (Perugachi 2017, p.4).

### **1.4. Plástico**

#### *1.4.1. Plástico Sintético*

Son materiales de procedencia orgánica que han sido elaborados de manera artificial a partir de productos derivados del petróleo en su mayoría, pero también de carbón, gas natural, entre otros, hoy en día su variedad es tan amplia y cada una de ellas posee propiedades y finalidades diferentes. Los más utilizados en la actualidad son: poliestireno, resinas fenólicas, resinas úricas, polipropileno (Hervás, 2014).

#### *1.4.2. Biofilm o Biopelícula*

Son láminas plásticas cuya función principal es sustituir a los plásticos derivados del petróleo, su tiempo de degradación es notoriamente menor a las películas convencionales o a las que se usan diariamente. Están compuestos por sustancias orgánicas como almidones en su mayoría y plastificantes los cuales interactúan para dar un aspecto similar a los plásticos comerciales. Se

denominan biopelículas o biofilms debido a que su espesor es de 1mm y pueden ser utilizadas para el revestimiento ya sea de alimentos, medicamentos (Parra, 2019, p.12).

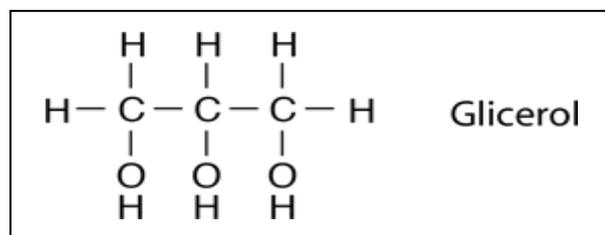
### 1.4.3. *Plastificante*

Es una sustancia inodora, incolora, de baja volatilidad utilizada en la producción de plásticos para aumentar su flexibilidad y alargamiento. Al añadir un plastificante a otro tipo de sustancia altera sus propiedades físicas y mecánicas. Son eficientes por su capacidad al momento de minimizar los enlaces de hidrógeno internos y aumentar los espacios intermoleculares, entre los plastificantes más comunes se encuentran: sorbitol, polietileno, glicerol, siendo este último el más eficaz debido a que favorece la movilidad de las cadenas de almidón poliméricas como acción lubricante. Estos evitan que las láminas se destruyan durante la manipulación o almacenamiento, pero puede afectar a la permeabilidad de vapor (Parra 2019, p.15).

El efecto de los plastificantes se expresa mediante la tecnología de lubricación de gel y de volumen libre. La primera señala que los plastificantes actúan como lubricantes internos y que permiten que las cadenas poliméricas se deslicen entre sí. La teoría del gel, aplicada generalmente a los polímeros amorfos, propone que un polímero como el PVC tiene mucha fuerza de atracción intermolecular (Charro, 2015, p.17).

#### 1.4.3.1. *Glicerol*

El glicerol ( $C_3H_8O_3$ ) llamado también 1, 2,3-trihidroxiopropano o 1, 2,3-propanotriol, es un alcohol que en su estructura posee tres grupos hidroxilo (-OH) y que comercialmente se conoce como glicerina. Es un compuesto en estado líquido a temperatura ambiente, de consistencia viscosa, incoloro, inodoro y ligeramente dulce. La presencia de estos grupos hidroxilo lo hace fácilmente soluble en agua y alcoholes, ligeramente soluble en disolventes orgánicos como éteres y dioxanos, e insoluble en hidrocarburos (Lafuente 2017, p.6).



**Figura 2-1:** Estructura del glicerol

**Fuente:** (Olmo, 2017).

#### *1.4.3.2. Ácido Acético*

Es un líquido incoloro que posee un olor particular y que es soluble en agua. También conocido como ácido etanoico, caracterizado por ser un ácido orgánico presente principalmente en el vinagre, mismo que le da ese sabor peculiar. Su fórmula molecular es ( $C_2H_4O_2$ ), es un aditivo que funciona como modificador químico, esto se da porque reduce la naturaleza hidrofílica del almidón, brindándole características hidrofóbicas a dicho material o a cualquiera con el que se desee trabajar (Veletanga, 2017, p.21).

#### *1.4.3.3. Agua Destilada*

Se trata de agua que a través del proceso de destilación se desprende de iones e impurezas, obteniéndose así un producto libre de cloruros, fluoruros, calcio, magnesio, entre otros. Dado que se encuentra libre de contaminantes, el agua destilada es muy cotizada en varias industrias como: alimentos, cosméticos, aseo, de igual manera es muy utilizada en hospitales y laboratorios.

También es utilizada como plastificante para la desestructuración del almidón en las diferentes mezclas que se hacen al momento de obtener un almidón termoplástico. El principal objetivo de su uso es lograr mejores propiedades mecánicas y de barrera. La principal ventaja es su abundancia y costo (Veletanga, 2017, p.23).

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

##### 2.1.1. Tipo de Investigación

El presente estudio es mixto (cualitativo y cuantitativo) debido a que se realizaron análisis y pruebas de laboratorio, además de ensayos para lograr la obtención de biofilm, mismos que brindaron resultados que permitieron establecer variables de procesamiento en el presente trabajo.

##### 2.1.2. Diseño de la Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, para lograr determinar la composición adecuada para la obtención de biofilm a partir del almidón del haba (*Vicia faba*) y las diferentes características que estos poseen para lo cual se trabajó con un diseño factorial  $2^k$  (donde: 2= Concentración de almidón y plastificante; k= número de repeticiones) con puntos axiales que es un diseño que estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles o límites en cada uno (límite bajo y límite alto) y así poder determinar la combinación de niveles de factores que afecten a la formación de la biopelícula.

#### 2.2. Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos de haba (*Vicia faba*) que se realizaron en lugares comunes como los principales mercados de la ciudad de Riobamba, dichos muestreos se efectuaron con la finalidad de seleccionar a los mejores ejemplares para un resultado óptimo.

#### 2.3. Localización del Estudio

En lo referente a la parte experimental y de análisis, el presente estudio se realizó en la ciudad de Riobamba, ubicada en región interandina de la Sierra Ecuatoriana, ubicada a 2754 m.s.n.m., siendo específicos en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la panamericana Sur km 1 ½.

## 2.4. Técnicas de Recolección de Datos

### 2.4.1. Extracción de Almidón

#### 2.4.1.1. Técnica de Extracción de almidón de cáscara de haba (Vicia faba)

**Tabla 3-2:** Técnica de extracción de almidón de cáscara de Haba por vía húmeda

Nº	Método	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Método o Técnica de Ensayo
1	Vía Húmeda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licuadora</li> <li>• Cuchillos</li> <li>• Guantes</li> <li>• Espátula</li> <li>• Balanza</li> <li>• Cronometro</li> <li>• Recipiente plástico</li> <li>• Papel aluminio</li> <li>• Tela filtrante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Cáscara de haba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavar, pelar, trocear la cáscara de haba</li> <li>• Pesar 200 gramos de cáscara de haba y colocarlos en la licuadora.</li> <li>• Añadir 500 mL de agua destilada a la licuadora con la cáscara de haba</li> <li>• Licuar hasta obtener una mezcla homogénea</li> <li>• Filtrar para separar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión.</li> <li>• Colocar el filtrado en recipientes plásticos</li> <li>• Dejar reposar la suspensión por 24 horas para que se forme un sedimento.</li> <li>• Retirar el exceso de agua.</li> <li>• Secar el sedimento (almidón húmedo).</li> </ul>	(Charro,2015)

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

2.4.1.2. Análisis para la caracterización de almidón

**Tabla 4-2:** Análisis para la caracterización de almidón de cáscara de Haba

Nº	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Forma de calculo	Técnica
1	Temperatura de Gelatinización	- Reverbero - Balanza analítica - Vaso de precipitación de 100 mL - Vaso de precipitación de 500 mL - Espátula - Varilla de agitación - Termómetro graduado de 0 a 100 °C.	- Agua destilada - Almidón de cáscara de haba	- Pesar 10 g de almidón y colocar en 50 mL de agua destilada. - Disolver hasta obtener una mezcla homogénea. - Colocar la mezcla en baño maría con una temperatura de 85 °C. - Agitar constantemente hasta que forme un gel. - Leer la temperatura de gelatinización directamente del termómetro	Medición directa	(FAO,2007)
2	Densidad aparente	- Balanza analítica - Probeta de 25 mL - Espátula - Embudo	- Almidón de cáscara de haba	- Pesar la probeta vacía - Colocar cuidadosamente el almidón en la probeta utilizando el embudo hasta que el volumen total sea libremente completado. - Pesar la probeta con el almidón	$\frac{(\quad)}{\quad}$	(FAO,2007)
3	Solubilidad	- Vaso de precipitación - Reverbero - Varilla de agitación	- Agua destilada - Almidón de cáscara de haba	- Pesar tubos de centrifuga secos a 60°C. - Pesar en los tubos 1,25g de almidón (bs) y agregar exactamente 30mL de agua destilada precalentada a 60°C durante 30 minutos, agitar la suspensión a los minutos de haber iniciado el calentamiento. - Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM por 30 minutos.	Índice de solubilidad en agua (ISA) $\frac{(\quad)}{(\quad)}$	FAO 2002

				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen.</li> <li>- Tomar 10ml de sobrenadante y colocar en un vaso de precipitación de 50ml.</li> <li>- Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70°C.</li> <li>- Pesar el tubo de centrifuga con gel.</li> <li>- Pesar el vaso de precipitación con los insolubles.</li> </ul>		
4	pH	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pH-metro</li> <li>- Vaso de precipitación</li> <li>- Termómetro</li> </ul>	- Solución utilizada en el análisis de solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sumergir los electrodos en solución tampón con pH=7, y ajustar el control a 25°C.'</li> <li>- Sumergir el electrodo en la solución antes utilizada</li> </ul>	Medición directa	INEN 1456
5	Viscosidad de Brookfield	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vaso de precipitación</li> <li>- Varilla de agitación</li> <li>- Reverbero</li> <li>- Viscosímetro de Brookfield</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> <li>- Almidón de cáscara de haba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar 25g de almidón, disolver en agua destilada hasta completar 500mL.</li> <li>- Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000mL hasta ebullición por aproximadamente 15 minutos.</li> <li>- Finalmente enfriar el gel hasta los 25°C</li> <li>- Leer directamente la viscosidad de un viscosímetro de Brookfield.</li> </ul>	Medición directa	(ISO, 2002)
6	Contenido de ceniza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crisoles</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Mufla</li> <li>- Desecador</li> </ul>	Almidón de cáscara de haba	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesar 1g de almidón en un crisol de porcelana previamente tarado</li> <li>- Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C por tres horas y media, enfriar el crisol y las cenizas en el desecador</li> <li>- Pesar el crisol que contiene la ceniza y calcular la cantidad de ceniza</li> <li>- Expresar el resultado como porcentaje de cenizas totales</li> </ul>	$\frac{(\quad)}{(\quad)}$	(AOAC,2000)

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

#### 2.4.2. Obtención de Biofilm

2.4.2.1. Técnica de obtención de biofilm

**Tabla 5-2:** Técnica utilizada para la obtención de biofilm

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Técnica
<b>Obtención de Biofilm</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverbero</li> <li>• Malla metálica</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Vasos de precipitación de 250, 500 mL</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Probetas de 25, 100 mL</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Papel aluminio</li> <li>• Espátula</li> <li>• Cajas Petri de vidrio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Almidón de cáscara de haba</li> <li>• Ácido acético (CH<sub>3</sub>-COOH)</li> <li>• Glicerol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En un vaso de precipitación preparar una solución de almidón con agua destilada.</li> <li>• Colocar la solución sobre un reverbero protegido con una malla metálica</li> <li>• Agitar dicha solución de manera constante y moderada hasta alcanzar la temperatura de gelatinización.</li> <li>• Agregar cuidadosamente el glicerol y el ácido acético y agitar hasta homogenizar la mezcla.</li> <li>• Verter la mezcla en la caja Petri y dejar secar al ambiente por 24 horas o hasta que la mezcla se seque por completo.</li> </ul>	(Charro, 2015)

**Realizado por:** Maldonado Alexis, 2021.

2.4.2.2. Análisis para la caracterización de biofilm

**Tabla 6-2:** Análisis para la caracterización de biofilms

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Formula de calculo	Técnica
1	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pie de rey</li> <li>• Láminas de biofilm</li> <li>• Regla y tijeras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilms a analizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar 10 películas con medidas de 2,5cm x 2,5cm de cada una de las muestras.</li> <li>• Medir con el pie de rey, mismo que debe tener una resolución de 0,002cm.</li> <li>• Realizar el promedio de las mediciones obtenidas.</li> </ul>	Medición directa	Laboratorio Tecnológico de Uruguay No 4-2009-INNTEC-33
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Estufa</li> <li>• Crisoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilms a analizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar cada una de las muestras.</li> <li>• Colocar cada muestra en un crisol previamente tarado.</li> <li>• Colocar los crisoles en la estufa a temperatura de 105°C por 24 horas.</li> <li>• Poner a enfriar en el desecador.</li> <li>• Tomar el peso de las muestras finales.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">_____</p> Dónde: P1= Peso inicial de biofilm (g). P2= Peso final seco de biofilm (g).	Método gravimétrico
3	Solubilidad en agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipientes de recolección de orina</li> <li>• Probetas</li> <li>• Papel filtro</li> <li>• Balanza analítica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Biofilms a analizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar las películas en los recipientes de recolección de orina con 30mL de agua destilada.</li> <li>• Llevar a agitación de 100 rpm durante 1 hora.</li> <li>• Filtrar y colocar en el papel filtro</li> <li>• Colocar en la estufa a 40°C hasta que no quede residuos de agua.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">_____</p> Dónde: P1= Peso inicial seco de biofilm (g) P2= Peso final seco de biofilm (g)	Laboratorio Tecnológico de Uruguay No 4-2009-INNTEC-33

4	Grado de transmisión de vapor de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Cinta scotch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilms a analizar</li> <li>• Silica</li> <li>• Cloruro de sodio(sal)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar la silica en la estufa a 105°C para activarla 24 horas antes de realizar el análisis.</li> <li>• Colocar la silica ya activada en los tubos de ensayo hasta las ¾ partes del mismo.</li> <li>• Tapar con las películas y ajustarlas con la cinta scotch</li> <li>• Colocar los tubos en el desecador con una base de solución salina a temperatura constante y bien sellada.</li> <li>• Pesar cada 24 horas por 5 días</li> </ul>	<p style="text-align: center;">—</p> <p>Dónde:</p> <p style="text-align: center;">( )</p> <p>t= Tiempo entre lecturas (h)  A= Área de las muestras  ε= espesor de los films (mm).</p>	ASTM D165393: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico
5	Propiedades mecánicas de biofilms	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maquina Universal de Pruebas de Tracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilms a analizar</li> </ul>	El equipo que se describe en la norma técnica se trata de una máquina de prueba del tipo velocidad constante de movimiento de cruceta que comprende una parte fija que lleva una mordaza y una parte móvil que lleva una segunda mordaza.	Las pruebas se realizaron en el laboratorio LenMav	INEN 2635: Método de ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas
6	Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recipientes herméticos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biofilms a analizar</li> <li>• Tierra orgánica</li> <li>• Agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar el biofilm en cuadros de 2cm x 2cm</li> <li>• Colocarlas en los recipientes herméticos y en estos colocar 12 cm de tierra y en otros 12 cm de agua y los últimos dejarlos al aire libre</li> <li>• Revisar cada 7 días para verificar la presencia de las laminas</li> </ul>	Para verificar el porcentaje de biodegradabilidad se utilizara el programa IMAGEJ	INEN 2643: Especificaciones para Plásticos Compostables

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Datos obtenidos de los ensayos realizados



**Figura 3-3:** Cáscara de Haba obtenida

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

**Tabla 7-3:** Datos obtenidos de la materia prima (cáscara de Haba)

No.	CÁSCARA DE HABA	
	PESO (g)	LONGITUD (cm)
1	7,357	12,60
2	6,412	11,35
3	6,659	12,60
4	7,594	13,40
5	7,736	14,75
<b>PROMEDIO</b>	7,152	12,94

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

#### 3.1.1. Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

**Tabla 8-3:** Datos obtenidos de la extracción de almidón de cáscara de Haba

No	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen Agua (mL)	Peso (G)			
					Producto	ALMIDÓN		
						R	Promedio	Total
1	T1	RPM 1 : t 1	R1	500	200	5,4	6,35	25,4
2			R2			5,7		
3			R3			7,2		

4			R4			7,1		
5	T2	RPM 1 : t 2	R1			17	15,5	62
6			R2			15		
7			R3			16		
8			R4			14		
9	T3	RPM 2 : t 1	R1			45	43,75	175
10			R2			41		
11			R3			47		
12			R4			42		
13	T4	RPM 2 : t 2	R1			67	67,5	270
14			R2			66		
15			R3			68		
16			R4			69		

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.2. Pruebas para la elaboración de biofilms

#### 3.2.1. Datos y nomenclatura para la obtención de biofilms

**Tabla 9-3:** Composición de los tratamientos para la obtención de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

Tratamiento	Composición	Repeticiones
T1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1g almidón</li> <li>• 0,5mL glicerina</li> <li>• 25mL H<sub>2</sub>O</li> <li>• 5mL ácido acético</li> </ul>	R1
		R2
		R3
		R4
T2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1g almidón</li> <li>• 1mL glicerina</li> <li>• 25mL H<sub>2</sub>O</li> <li>• 5mL ácido acético</li> </ul>	R1
		R2
		R3
		R4
T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2g almidón</li> <li>• 0,5mL glicerina</li> <li>• 25mL H<sub>2</sub>O</li> <li>• 5mL ácido acético</li> </ul>	R1
		R2
		R3
		R4
T4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2g almidón</li> <li>• 1mL glicerina</li> <li>• 25mL H<sub>2</sub>O</li> <li>• 5mL ácido acético</li> </ul>	R1
		R2
		R3
		R4

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3. Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables de los biofilms de almidón de cáscara de Haba

Al igual que en las pruebas de almidón de la cáscara de Haba, todas las pruebas de biofilms se realizaron por triplicado y los datos que se verán a continuación resultan de los promedios de dichos datos, a excepción de la prueba de espesor, en la cual se realizaron 4 repeticiones.

#### 3.3.1. Datos de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Se tomaron diez mediciones por cada una de las muestras de biofilm, el espesor se lo midió en milímetros (mm).

**Tabla 10-3:** Datos de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

Nº	Muestra	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor 4 (mm)	Espesor 5 (mm)	Espesor 6 (mm)	Espesor 7 (mm)	Espesor 8 (mm)	Espesor 9 (mm)	Espesor 10 (mm)
1	T1R1	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	T1R2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2
3	T1R3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4	T1R4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
5	T2R1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3
6	T2R2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
7	T2R3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
8	T2R4	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
9	T3R1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
10	T3R2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
11	T3R3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
12	T3R4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
13	T4R1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
14	T4R2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
15	T4R3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
16	T4R4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3.2. Datos obtenidos de la prueba de humedad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

**Tabla 11-3:** Datos de humedad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

Nº	Tratamiento	Peso inicial biofilm (g)	Peso final seco biofilm (g)
1	T1	26,633	24,151
2	T2	26,856	23,507
3	T3	30,180	25,409
4	T4	27,695	22,718

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3.3. Datos obtenidos de la prueba de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

**Tabla 12-3:** Datos de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Nº	Tratamiento	Peso inicial biofilm(g)	Peso final seco biofilm (g)
1	T1	0,266	0,261
2	T2	0,212	0,198
3	T3	0,358	0,200
4	T4	0,083	0,050

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3.4. Datos obtenidos de la prueba de Grado de transmisión de vapor de agua de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

**Tabla 13-3:** Datos de permeabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Nº	Tratamiento	Diámetro (mm)	Radio (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)
1	T1	16,2	8,1	$2,06119 \times 10^{-4}$	29,182	29,194	29,206	29,268	29,317
2	T2	16,2	8,1	$2,06119 \times 10^{-4}$	29,323	29,333	29,342	29,350	29,358
3	T3	16,2	8,1	$2,06119 \times 10^{-4}$	28,717	28,720	28,722	28,723	28,725
4	T4	16,2	8,1	$2,06119 \times 10^{-4}$	29,120	29,122	29,124	29,126	29,128

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3.5. Datos bibliográficos de las propiedades mecánicas de investigaciones relacionadas

**Tabla 14-3:** Datos obtenidos por revisión bibliográfica

Estudio realizado	Módulo de Elasticidad (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo de Fluencia (MPa)
“Obtención de bioplásticos a partir de almidón de papa”	7,6	3,09	-

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.3.6. Datos obtenidos de la prueba de biodegradabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

Los datos para la prueba de biodegradabilidad se obtendrán por medición directa del programa IMAGEJ y arrojarán los resultados directamente.

## 3.4. Cálculos

### 3.4.1. Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de Haba

Se realizaron 4 repeticiones de la prueba para cada tratamiento, por ende, se calculó el rendimiento de cada repetición y luego se determinó la media o promedio, así para cada tratamiento.

$$\frac{\quad}{\quad} \frac{(\quad)}{(\quad)}$$

### 3.4.2. Cálculos para las pruebas físicas realizadas a los biofilms de almidón de cáscara de Haba

#### 3.4.2.1. Cálculo del porcentaje de humedad

$$\frac{\quad}{\quad}$$

3.4.2.2. Cálculo del porcentaje de solubilidad

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

3.4.2.3. Cálculo del grado de transmisión de vapor de agua (TVA)

$$\frac{\left( \frac{\text{---}}{\text{---}} \right)}{\left( \text{---} \right)} \left( \text{---} \right)$$

**3.5. Resultados**

**3.5.1. Resultados del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de Haba**

**Tabla 15-3:** Resultados de rendimiento en la obtención de almidón de cáscara de Haba

N°	Tratamiento	Rendimiento (%)	
		R	Promedio
1	T1	2,7	3,175
		2,85	
		3,6	
		3,55	
2	T2	8,5	7,750
		7,5	
		8	
		7	
3	T3	22,5	21,875
		20,5	
		23,5	
		21	
4	T4	33,5	33,750
		33	
		34	
		34,5	

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

El rendimiento más óptimo fue el tratamiento 4 (RPM2:t2) ya que a la mayor velocidad y tiempo se obtiene una mezcla fina y más líquida lo cual facilita el proceso de filtrado y es más fácil lograr que sedimente el almidón, cosa que no ocurre con las otras repeticiones, debido a que se obtuvo una mezcla con trazos de cáscara y fue más difícil tanto la filtración como la sedimentación del producto obtenido.

### 3.5.2. Resultados de las pruebas fisicoquímicas del almidón

**Tabla 16-3:** Resultados de las pruebas físico químicas realizadas al almidón

Nº	Análisis	Almidón de cáscara de Haba	Estándar	Norma/Institución
1	Temperatura de gelatinización	73,33°C	65-85°C	INEN 1456
2	Densidad aparente	1,449 g/ml	1,560 g/ml	FAO
3	Solubilidad	8,47%	0,27%-12,32%	FAO
4	pH	5,84	5,5-6,5	INEN 1456
5	Viscosidad	3277,1 SP	840-1500 SP	ISI 17-1
6	Contenido de cenizas	0,63%	< 0,12%	AOAC

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

Resultó ser un almidón de buena calidad, así lo demuestran los diferentes análisis fisicoquímicos que se realizaron, se obtuvieron valores que estaban dentro de las referencias que dictan las normas que se tienen de referencia, la primera prueba que fue la temperatura de gelatinización arrojó un resultado de 73,33°C el cual está dentro del rango establecido por la norma INEN –NTE 1456, la cual establece valores comprendidos entre los 60-85 °C, esta prueba fue fundamental ya que de no darse la gelatinización del almidón no se podría continuar con las demás pruebas. Otra prueba decisiva fue la de amilosa y amilopectina, misma que resultó con un porcentaje de amilosa de 21,65%, que está dentro del rango de 17% a 24% regido por la norma ISO del año 1987, las demás pruebas resultaron muy favorables en cuanto a valores y rangos establecidos, incluso los análisis microbiológicos demostraron tanto una buena obtención de almidón como su secado, esto se vio reflejado en la ausencia de hongos, levaduras, mohos y Coliformes totales, cuyos rangos oscilan las 1000-5000 UFC/g (Unidades Formadoras de Colonias por Gramo de muestra), así no se corría el riesgo de degradabilidad temprana y contaminación del biofilm lo cual sería grave al momento del embalaje de alimentos ya que podría contaminar los mismos y causar daños a la salud de los consumidores.

**Tabla 17-3:** Resultados de las pruebas de amilosa y amilopectina realizadas en INAP

Nº	Análisis	Almidón de cáscara de Haba	Institución
1	Amilosa	21,65%	INIAP
2	Amilopectina	78,35%	INIAP

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

**3.5.3. Resultados de las pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba**

**3.5.3.1. Resultados de la prueba de espesor realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba**

**Tabla 18-3:** Resultados de espesor de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Nº	Tratamiento	Muestra	Espesor (mm)	
			E	Promedio
1	T1	R1	0,22	0,302
		R2	0,27	
		R3	0,39	
		R4	0,33	
2	T2	R1	0,33	0,237
		R2	0,37	
		R3	0,10	
		R4	0,15	
3	T3	R1	0,11	0,102
		R2	0,10	
		R3	0,10	
		R4	0,10	
4	T4	R1	0,29	0,225
		R2	0,20	
		R3	0,19	
		R4	0,22	

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

3.5.3.2. *Resultados de la prueba de humedad realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba*

**Tabla 19-3:** Resultados de humedad de biofilms de cáscara de Haba.

Nº	Tratamiento	Humedad (%)
1	T1	9,319
2	T2	12,470
3	T3	15,808
4	T4	17,971

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

3.5.3.3. *Resultados de la prueba de solubilidad realizada a biofilms de almidón de cáscara de Haba*

**Tabla 20-3:** Resultados de solubilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Nº	Tratamiento	Solubilidad (%)
1	T1	1,879
2	T2	6,603
3	T3	44,134
4	T4	39,759

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

3.5.3.4. *Resultado de la prueba de Grado de trasmisión de vapor de agua de biofilms de almidón de cáscara de Haba*

**Tabla 21-3:** Resultados de permeabilidad de biofilms de almidón de cáscara de Haba

Nº	Tratamiento	TVA(—)
1	T1	8,241
2	T2	1,670
3	T3	0,164
4	T4	0,363

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

3.5.3.5. *Resultados de las pruebas mecánicas realizadas a biofilms de almidón de cáscara de Haba*

**Tabla 22-3:** Resultados de pruebas mecánicas de biofilms de almidón de cáscara de Haba.

Nº	Tratamiento	Módulo de Elasticidad (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo de Fluencia (MPa)
1	T1	3,704.E+00	1,39	1,22
2	T2	1,55.E+01	1,80	1,40
3	T3	9,052.E+00	2,33	2,20
4	T4	7,504.E+00	2,11	2,00

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

3.5.4. *Resultados de biodegradabilidad en Agua*

**Tabla 23-3:** Biodegradabilidad de biofilms en Agua

Nº	Tratamiento	Semana	Biodegradabilidad	
			Área (cm <sup>2</sup> )	%
1	T1	0	9	0
		1	2,773	69,189
		2	0,341	96,211
		3	-	-
		4	-	-
2	T2	0	9	0
		1	6,521	27,544
		2	1,349	85,012
		3	0,504	94,400
		4	-	-
3	T3	0	9	0
		1	7,126	20,823
		2	2,917	67,589
		3	1,111	87,656
		4	0,392	95,645
4	T4	0	9	0
		1	5,828	35,245
		2	2,319	74,234
		3	0,823	90,856
		4	-	-

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.5.4.1. Resultado de biodegradabilidad en Suelo

**Tabla 24-3:** Biodegradabilidad de biofilms en suelo

N°	Tratamiento	Semana	Biodegradabilidad	
			Área (cm <sup>2</sup> )	%
1	T1	0	9	0
		1	6,843	23,967
		2	4,978	44,689
		3	4,107	54,367
		4	3,471	61,434
		5	2,622	70,867
		6	1,003	88,856
2	T2	0	9	0
		1	6,125	31,945
		2	5,260	41,856
		3	3,746	58,377
		4	3,016	66,488
		5	2,843	69,411
		6	2,169	75,900
3	T3	0	9	0
		1	7,419	17,566
		2	6,803	24,111
		3	6,097	32,255
		4	4,701	47,767
		5	3,974	55,843
		6	2,917	65,856
4	T4	0	9	0
		1	7,160	20,445
		2	6,318	29,800
		3	4,820	46,444
		4	3,942	56,200
		5	3,237	64,033
		6	2,320	74,222

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.



**Figura 4-3:** Proceso de biodegradabilidad de biofilms en Suelo

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

### 3.5.4.2. Resultados de biodegradabilidad en Aire

**Tabla 25-3:** Biodegradabilidad de biofilms en Aire

Nº	Tratamiento	Semana	Biodegradabilidad	
			Área (cm <sup>2</sup> )	%
1	T1	0	9	0
		1	8,810	2,111
		2	8,751	2,766
		3	8,012	1,977
		4	7,733	1,077
		5	6,664	25,955
		6	5,705	36,611
2	T2	0	9	0
		1	8,576	4,711
		2	6,837	24,033
		3	6,358	29,356
		4	5,989	33,455
		5	4,800	46,666
		6	4,641	48,433
3	T3	0	9	0
		1	8,862	1,533
		2	8,843	1,744
		3	7,784	13,511
		4	7,145	20,611
		5	6,936	22,933
		6	5,807	35,477
4	T4	0	9	0
		1	8,678	3,577
		2	8,029	10,788
		3	7,510	16,555
		4	6,751	24,988
		5	5,832	35,200
		6	5,033	44,077

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.



**Figura 5-3:** Proceso de biodegradabilidad de biofilms en Aire

Realizado por: Maldonado, Alexis, 2021.

Para la elaboración de los biofilms no se necesitó de mucho plastificante (glicerina) así lo demuestra tratamiento 3 (T3) que resultó ser el mejor en cuanto a composición: 2g almidón, 0,5ml glicerina, 25ml H<sub>2</sub>O, 5ml ácido acético (vinagre), esto se comprobó en las pruebas físicas, mecánicas y de biodegradabilidad efectuadas. El tema del plastificante es muy importante ya que influye directamente en las propiedades de los biofilms, esto además asegura que no haya

ningún problema si una película presenta buenas condiciones de permeabilidad y ocurre lo contrario en los valores de las pruebas mecánicas. La buena calidad de los biofilms del tratamiento 3(T3) se notó desde la prueba de espesor, misma que determino un espesor promedio de 0,102 mm, el cual es idóneo para el uso en alimentos, así también en la prueba de solubilidad con un valor de 44,134% lo cual ingresa dentro del rango menor al 60% establecido para el uso en alimentos, en realidad todos los tratamientos obtuvieron valores inferiores al de referencia; la prueba de permeabilidad tuvo como mejor resultado nuevamente al T3 con un valor de 0,164 — , ligeramente encima del rango de referencia, esto se da por el poder hidrofílico del plastificante (glicerina), por lo que deja espacios intermoleculares que son ocupados por las moléculas de agua.

Las pruebas mecánicas fueron determinantes para saber si los biofilms serían resistentes al moldeo y estiramiento para el uso en alimentos, y los resultados fueron muy buenos en lo que se refiere a esfuerzo máximo, módulo de elasticidad y esfuerzo de fluencia, aquí los valores variaron entre tratamientos, pero se debe a lo explicado anteriormente con el uso del plastificante.

## **CONCLUSIONES**

La caracterización fisicoquímica y microbiológica realizada a la materia prima, en este caso la cáscara de *Vicia faba* (Haba) dio resultados favorables dentro de los rangos establecidos por las diferentes normas, obteniéndose un 45,43% de amilosa, 27% de humedad, 9% de carbohidratos totales, entre otros; estos datos concluyen una materia prima rica en almidón para ser extraído.

En lo referente al almidón extraído de la cáscara de Haba, se dio la ausencia de hongos, levaduras y mohos, también se dio un porcentaje de humedad del 12,41% el cual está dentro del rango establecido por la FAO, también posee un pH de 5,84 el cual se acerca al neutro.

Las pruebas mecánicas realizadas en la maquina universal de ensayos-WAW600B del laboratorio de ensayos de materiales LenMav dio como resultado un módulo de elasticidad de 9,052.E+00 MPa para el mejor tratamiento que fue el denominado T3.

El valor obtenido en el módulo de elasticidad guarda congruencia con el porcentaje de elongación del 69,82 %, los demás tratamientos poseen valores diferentes algunos mayores y otros menores en comparación al T3, pero esto se debe a la acción del plastificante.

Los biofilms obtenidos en cada uno de los tratamientos pueden ser utilizados para el embalaje de alimento debido a que el porcentaje de solubilidad es menor al 70% establecido para el uso en alimentos, porcentajes mayores a este valor se usan para medicamentos debido a su fácil solubilidad.

El tiempo de biodegradabilidad de los biofilms fue menor en agua, las láminas del tratamiento 3 fueron las que más tardaron en degradarse, con un tiempo de 4 semanas, las láminas del tratamiento 1 fueron las que se degradaron en el menor tiempo con 2 semanas.

En lo referente a suelo y aire, todos los tratamientos tardaron en degradarse, con un promedio de 6 semanas, el porcentaje de degradación fue variando, dependiendo del medio y del tratamiento, siendo el tratamiento 3(T3) el que menor índice de degradación presentó y conservando su forma inicial (cuadrada), las demás fueron perdiendo esa forma con el pasar del tiempo.

## **RECOMENDACIONES**

Si no se cuenta con una licuadora industrial para la extracción del almidón por vía húmeda, es recomendable no colocar mucha materia prima ni agua para no sabotear la licuadora y que así se obtenga una mejor mezcla para el proceso de filtración y sedimentación.

Al momento de licuar la materia prima utilizar agua pura, puede ser agua de botellón, no se recomienda utilizar agua de la llave ya que esta viene con algunos minerales y es muy clorada.

Para el proceso de secado, hacerlo en la estufa de 105°C en el laboratorio, así se eliminan los hongos, mohos y levaduras y se obtendrá un almidón de buena calidad y, por ende, biofilms de buena calidad.

El secado de los biofilms debe ser en un lugar limpio y que no sea en áreas de mucho acceso público ya que se pueden producir accidentes y mover los moldes y dañar las películas.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALMEIDA.** *Empaques , películas y recubrimientos* [en línea], España: 2017. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://tuinterfaz.mx/articulos/12/92/empaques-peliculas-y-recubrimientos/>.

**CHARRO, M.** Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Ecuador: 2015. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>.

**CHUIZA, M., RODRÍGUEZ, A. y BRITO, H.** "Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza". *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, (Ecuador) 6 (2), pp. 81. [Consulta: 29 octubre 2021]. ISSN 2477-8818. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343005745\\_Produccion\\_de\\_laminas\\_de\\_plastico\\_biodegradables\\_a\\_partir\\_del\\_almidon\\_de\\_arracacia\\_xanthorrhiza](https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza).

**FAO.** *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca boletín de servicios agrícolas de la FAO* [en línea], 2007. [Consulta: 26 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

**FAO.** *¿Qué son las legumbres? FAO* [en línea], 2015 [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/pulses-2016/news/news-detail/es/c/337279/>.

**GONZÁLEZ, Y., MEZA, J.C., GONZÁLEZ, O. y CÓRDOVA, J.A.** 2013. "Síntesis y biodegradación de polihidroxialcanoatos: Plásticos de origen microbiano". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2013, (Colombia) 29 (1), pp. 77-115. [Consulta: 29 octubre 2021]. ISSN 01884999. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992013000100007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000100007).

**HERVÁS, J.** *Materiales Sintéticos | Elementos Amovibles y fijos no estructurales.* [en línea], Chile: 2014. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://llavi1992.wordpress.com/2014/01/13/materiales-sinteticos/>.

**INFOAGRO.** *Agricultura. El cultivo de la haba* [en línea], Colombia: 2007. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/haba.htm>.

**LAFUENTE, G.** *Glicerol: síntesis y aplicaciones* [en línea], Madrid: 2017. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: [http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente\\_Aranda\\_Gustavo\\_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf).

**LIDERES.** *La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas* [en línea], Ecuador: 2018. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>.

**MENDOZA, J.** *Diseño de un proceso para la elaboración de un abono orgánico para cacao a partir de los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI ubicada en el cantón La Concordia Parroquia Las Villegas* [en línea], Ecuador: 2019. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13961>. -

**MENESES, J., CORRALES, C. y VALENCIA, M.** "Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca." *Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca* [en línea], 2007, (Colombia) 4(8), pp. 57-67. [Consulta: 29 octubre 2021]. ISSN 1794-1237. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/237024766\\_sintesis\\_y\\_caracterizacion\\_de\\_un\\_polimero\\_biodegradable\\_a\\_partir\\_del\\_almidon\\_de\\_yuca](https://www.researchgate.net/publication/237024766_sintesis_y_caracterizacion_de_un_polimero_biodegradable_a_partir_del_almidon_de_yuca).

**OLMO.** *Glycerol* [en línea], Bolivia: 2017. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Organic/glycerol.html>.

**ONU.** *La ONU advierte de que sólo el 9 % del plástico usado en el mundo se recicla* / *Sociedad Agencia EFE. Agencia EFE* [en línea], 2018. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.efe.com/efe/espana/sociedad/la-onu-advierte-de-que-solo-el-9-del-plastico-usado-en-mundo-se-recicla/10004-3638488>.

**PARRA, J.** *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de camote (ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo* [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2019. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>

**PERILLA, J.** *Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos* [en línea], Colombia: 2008 [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <https://www>.

researchgate.net/publication/28268326\_Revision\_de\_la\_modificacion\_quimica\_del\_almidon\_c  
on\_acidos\_organicos.

**PERUGACHI, F.** *Análisis de la sustitución de proteína animal por concentrado proteínico de haba (vicia faba) en salchichas tipo vienesa proyecto previo a la obtención del título de ingeniera AGR.* [en línea], Ecuador: 2017. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17044>.

**POTON, A.** Glúcidos, concepto y clasificación [en línea], Perú: 2018[Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.bionova.org.es/biocast/tema07.htm>.

**RIBEIRO, R.** *Movilización de almacenamiento durante la germinación y establecimiento de plántulas de *Macrolobium acaciifolium* Benth. (Leguminosae) y su papel en la adaptación a los pulsos de inundación en la Amazonía* [en línea], Brasil: 2014. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-11072014-095300/>.

**SANTANA, Á. y ANGELA A. MEIRELES, M.** "Los nuevos almidones son la tendencia para las aplicaciones industriales: una revisión". *Alimentación y salud pública* [en línea], 2014, (Brasil) 4(5), pp. 229-241 [Consulta: 29 octubre 2021]. ISSN 2134-8780. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.fph.20140405.04.html>

**VELETANGA, F.** *Estudio de la Huella Ecológica de Plástico PET (Tereftalato de polietileno) del barrio Nueva Aurora en la parroquia de Guamaní en el Distrito Metropolitano de Quito* [en línea], Ecuador: 2017. [Consulta: 29 octubre 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10338>.

## ANEXOS

### ANEXO A: AVAL DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO DE LA ESPOCH (GIADE)



# ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



**GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO DE LA ESPOCH (GIADE)**

*Of. No.101-GIADE-ESPOCH.2020*  
*Riobamba a. 14 de agosto de 2020*

*Doctor*  
*Fausto Yaulema*  
**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR SUBROGANTE**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**  
*Presente. -*

*De mi consideración:*

*Luego de expresar un cordial saludo, me remito a usted para hacerle llegar el AVAL para el trabajo de Integración Curricular con el título "VALORACION DE LA CASCARA DE VICIA FABA (HABA) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS", tema que se incluirá en el proyecto de investigación: "OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR", aprobado con resolución administrativa No. 002-ESPOCH-2020 del Plan Operativo Anual de la ESPOCH, con fecha de inicio del 2020/01/07 y fecha de finalización 2022/11/04, mismo que se encuentra a cargo del grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE). El trabajo de Integración Curricular es presentado por el Sr. ALEXIS PATRICIO MALDONADO BRAVO con CC: 060396150-9, egresado de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental y se integra desde el 2020/08/24, con un tiempo de dedicación semanal de 10 horas.*

*Particular que comunico para fines pertinentes.*

*Atentamente,*  
*"Sabes para Ser"*



*Ing. Hannibal Brito M. Ph.D. GIADE*  
**COORDINADOR GIADE**

Sciences Faculty – Research Laboratory – Address: Panamericana sur km. 1 ½ - Phone: 033029161  
[giaide@esPOCH.edu.ec](mailto:giaide@esPOCH.edu.ec)  
Riobamba – Ecuador

**ANEXO B: RESULTADO DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MUESTRA DE  
ALMIDÓN DE CASCARA DE VICIA FABA (HABA)**

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

<b>NOMBRE:</b> Alexis Patricio Maldonado Bravo.
<b>TIPO DE MUESTRA:</b> Almidón de cáscara de Haba.
<b>FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA:</b> 2020-11-12
<b>FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS:</b> 2020-11-20

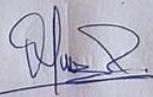
**Examen Físico**

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

**Examen Microbiológico**

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

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



Dra. Gina Álvarez R.  
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

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

ANEXO C: PROPIEDADES MECÁNICAS DE BIOFILMS DE ALMIDÓN DE CASCARA DE HABA



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° OS	
SOLICITADO POR:	Alexis Patricio Maldonado Bravo
PROYECTO DE TESIS:	"VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE VICIA FABA (HABA) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - CÁSCARA DE VICIA FABA
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 12
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	27-dic-20
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TR4 - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.46
ANCHURA [mm]	9.05
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	4.16
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	3.704 E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	5.08
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.22
CARGA MAXIMA [N]	5.80
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.39
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	85.65
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

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

1/1

**INFORME DE RESULTADOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN** | Denominación: RG 18 - 1

**PROYECTO DE TESIS:** VALORACION DE LA CASCARA DE VICIA FABA (HABA) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS.  
**DIRECCION:** ILOPOLH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA  
**TIPO DE MATERIAL:** PLÁSTICO BIODEGRADABLE - CASCARA DE VICIA FABA  
**MATERIAL:** LÁMINA DE PLÁSTICO

**NORMA UTILIZADA:** NTE INEN 2625.012

**EQUIPO UTILIZADO:** MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS WAW600R

<b>DESIGNACIÓN DEL MATERIAL</b>	TR3 - 1
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.2
	8.89
<b>LONGITUD INICIAL [mm]</b>	25.00
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	1.78
<b>MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]</b>	1.155.E+01
<b>CARGA DE FLUENCIA [N]</b>	2.49
*M. . OUE#LMN' Cpt;Mrq	
<b>CARGA MAXIMA [N]</b>	3.20
<b>ESFUERZO MAXIMO [MPa]</b>	1.80

**OBSERVACIONES:**

Aprobado por:



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

Logo de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza

pendiente de ser revisado



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Alevis Patricia Maldonado P.
PROYECTO DE TESIS:	VALORACION DE LA CASCARA DE VILVA FABA (HABA) PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS"
DIRECCION:	INSTITUTO VECERARIO DE INVESTIGACIONES TECNOLÓGICAS
TIPO DE MATERIAL:	PLÁSTICO BIODEGRADABLE - CASCARA DE VILVA FABA
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	09/09/2022
NORMA UTILIZADA:	INTE. INEN 635.002
MARCA: INVENTANGONCO CONSULTING TECHNOLOGY CO. LTD	
CARACTERÍSTICA	TRANSPAREN
ANCHURA [mm]	8.41
SECCION TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	239
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9.052.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	V0
CARGA MAXIMA [N]	5.09
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	233

Viñán B. MsC.

L. ENSEÑADOR  
GIER EN8A DE MATERIALES



n bv  
 uoeooooioozo  
 sncovoocmoim ° °c

Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18-1	
SUBJUNTO POR:	Alejo Pineda Maldonado Bravo
PROYECTO DE TESIS:	VALORACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE TIPO FARMACIA PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS
CASCARA DE VICIA PABA	
BOAW U1 DyjciE .CSo • <2	
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARC A. INANVIANONUTEC SING (TECHNOLOGY) CO., LTD	
SERIE: 116 CERTIFICADO ENM-4-201651006 CODIGO: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TR3 - 3
ESPEJOR [mm]	0.43
ANCHURA [mm]	
LONGITUD INICIAL [mm]	
p•u, oozriab* - ^t gt	7.504.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	7.89
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	2.00
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.  
 GERENT ENSA RIG  
 ENSA IS

ADVERTENCIA: Este documento es una copia de un documento original. El contenido es el mismo que el original.  
 parcial o total de este documento

**ANEXO D: MÉTODO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar         </p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ING BIOTENCLOGIA AMBIENTAL</p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Alexis Maldonado</p>	<p><b>MÉTODO DE OBTENCIÓN DE ALMIDÓN POR VÍA HÚMEDA</b></p>		
<p>a. Recepción y lavado de la materia prima  b. Triturado por vía húmeda  c. Sedimentación del almidón obtenido</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>7</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/06/21</p>

**ANEXO E: PRUEBAS FISICOQUÍMICAS REALIZADAS AL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar         </p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ING BIOTENCOLOGIA AMBIENTAL</b></p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Alexis Maldonado</p>	<p><b>PRUEBAS FISICOQUÍMICAS REALIZADAS AL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA</b></p>		
<p>a. Prueba de gelatinización. b. Prueba de densidad aparente c. Prueba de viscosidad</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>7</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/06/21</p>

**ANEXO F: PRUEBAS REALIZADAS A BIOFILMS DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar         </p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>ING BIOTENCOLOGIA AMBIENTAL</b></p> <p>ELABORADO POR:</p> <p>Alexis Maldonado</p>	<p><b>PRUEBAS REALIZADAS A BIOFILMS DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE HABA</b></p>		
<p>a. Maquina utilizada para las pruebas mecánicas</p> <p>b. Prueba de esfuerzo máximo</p> <p>c. Prueba de biodegradabilidad</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>7</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/06/21</p>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

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

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

**Fecha de entrega:** 22 / 11 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Alexis Patricio Maldonado Bravo</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</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  
Fecha: 2021.11.22  
09:39:07 -05'00'



**1829-DBRA-UTP-  
2021**