



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE CIENCIAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

#### **“OBTENCION DE UN BIOFIL A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLE (*pleurotus ostreatus*)”.**

##### **Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

##### **INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** CARMEN ALEXANDRA VILLAGRÁN AYALA

**DIRECTOR:** Dr. EDGAR IVÁN RAMOS SEVILLA PhD

Riobamba – Ecuador

2021

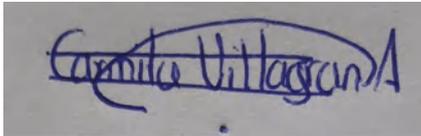
© 2021, Carmen Alexandra Villagrán Ayala

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 del Autor.

Yo, Carmen Alexandra Villagrán Ayala, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 17 de septiembre de 2021



**Carmen Alexandra Villagrán Ayala**

**060581975-4**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; Tipo: Proyecto de Investigación “**OBTENCIÓN DE UN BIOFILM A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO HONGO COMESTIBLE (PLEUROTUS OSTREATUS)**”, realizado por la señorita: **CARMEN ALEXANDRA VILLAGRÁN AYALA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Luis Santiago Carrera Almendáriz MSc <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>LUIS SANTIAGO CARRERA ALMENDARIZ</b>	2021-09-17
Dr. Edgar Iván Ramos Sevilla PhD <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	<b>EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA</b> Firmado digitalmente por EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, I=RIOBAMBA, serialNumber=0601497233, cn=EDGAR IVAN RAMOS SEVILLA Fecha: 2021.11.04 07:08:34 -05'00'	2021-09-17
Dr. Celso Guillermo Recalde Moreno PhD <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	<b>CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO</b> Firmado digitalmente por CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO Fecha: 2021.11.04 21:04:55 -05'00'	2021-09-17

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación le dedico especialmente a Dios, por ser mi inspiración y fortaleza para poder llegar a culminar mi proyecto. A mi madre Teresa Ayala quien ha sido una mujer importante, que ha luchado día tras día para forjarme en tener un futuro próspero, y brindarme su amor, cariño y respeto incondicional. A mi padre Gonzalo Villagrán por brindarme su sacrificio y apoyo incondicional en los momentos que más lo necesitaba para poder culminar esta etapa muy importante de mi vida. A mis hermanos Mónica, Mayte, Pepe y Paty, gracias por estar presentes no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona. A mis sobrinitas Lucianita, Tefita y Sofita quienes con sus sonrisas, ocurrencias y alegrías me motivaban para concluir con mi proyecto de tesis.

*Carmita.*

## AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme salud y vida para poder culminar con uno de mis sueños anhelados.

A mis queridos padres Teresa Ayala y Gonzalo Villagrán, mis hermanos Mónica, Mayte, Pepe y Paty, mis sobrinitas Lucianita, Tefita y Sofí, porque me han brindado su apoyo incondicional y compartieron conmigo en momentos buenos y malos.

Agradezco a mis queridos docentes al Doctor Iván Ramos director del presente trabajo de titulación y al Doctor Celso Recalde asesor del mismo, que aportaron en conocimiento y tiempo para la elaboración del presente trabajo de investigación, infinitas gracias.

A mi novio Bladi ya que su ayuda ha sido muy importante, ha estado a mi lado inclusive en los momentos más difíciles, siempre motivándome y ayudándome hasta donde lo era posible, incluso más que eso, muchas gracias amor.

*Carmita.*

## TABLA DE CONTENIDOS

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 TEORICO REFERENCIAL.....	2
1.1.	Identificación del Problema.....	2
1.2.	Justificación de la investigación.....	2
1.3.	Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1.	Objetivo General.....	3
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	3

### CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	4
2.1.	Antecedentes.....	4
2.2.	Marco Conceptual o Glosario.....	6
2.2.1.	<i>Hongo</i> .....	6
2.2.2.	<i>Historia del cultivo de Hongos Comestible</i> .....	6
2.2.3.	<i>Hongo Pleurotus ostreatus</i> .....	6
2.2.4.	<i>Crecimiento y desarrollo del Pleurotus ostreatus</i> .....	8
2.2.5.	<i>Residuos Agroindustriales</i> .....	9
2.2.6.	<i>Aprovechamiento biotecnológico de los residuos</i> .....	10
2.2.7.	<i>Biofilm</i> .....	11
2.2.8.	<i>Propiedades del Biofilm</i> .....	11
2.2.9.	<i>Aplicaciones del Biofilm</i> .....	12
2.2.10.	<i>Mecanismos de formación de la película</i> .....	12
2.2.11.	<i>Componentes de los biofilm</i> .....	13

2.2.12.	<i>Métodos de Obtención de las biopelículas</i> .....	16
2.3.	<b>Planteamiento de la Hipótesis</b> .....	17
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i> .....	17
2.3.2.	<i>Hipótesis Especificas</i> .....	17
2.4.	<b>Identificación de Variables</b> .....	17
2.5.	<b>Operacionalización de Variable</b> .....	18
2.6.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	19
2.7.	<b>Tipo y diseño de la investigación</b> .....	21
2.7.1.	<i>El Método Cuantitativo</i> .....	21
2.7.2.	<i>El Método Deductivo</i> .....	21
2.7.3.	<i>El Método Inductivo</i> .....	21
2.7.4.	<i>El Método Experimental</i> .....	21
2.8.	<b>Unidad de análisis</b> .....	22
2.9.	<b>Población de estudio</b> .....	22
2.10.	<b>Tamaño de Muestra</b> .....	22
2.11.	<b>Selección de muestra</b> .....	22
2.12.	<b>Técnicas de Recolección de Datos</b> .....	22
2.12.1.	<i>Preparación del medio de cultivo</i> .....	22
2.12.2.	<i>Obtención del Inóculo del Pleurotus ostreatus</i> .....	24
2.12.3.	<i>Extracción del micelio del hongo Pleurotus ostreatus</i> .....	25
2.12.4.	<i>Caracterización del micelio del hongo Pleurotus ostreatus</i> .....	29
2.12.5.	<i>Obtención del Biofilm</i> .....	34
2.12.6.	<i>Caracterización del biofilm</i> .....	37
 <b>CAPÍTULO III</b> .....		 42
3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	42
3.1.	<b>Datos físicos químicos obtenidos del micelio del hongo</b> .....	42
3.1.1.	<i>Datos recolectados del proceso de extracción del micelio por vía húmeda</i> .....	42
3.1.2.	<i>Cantidad de humedad y materia seca del micelio hongo Pleurotus ostreatus</i> .....	45
3.1.3.	<i>Contenido de ceniza</i> .....	45
3.1.4.	<i>Solubilidad</i> .....	45
3.1.5.	<i>Viscosidad</i> .....	46
3.1.6.	<i>pH</i> .....	46
3.1.7.	<i>Temperatura de Gelatinización</i> .....	46

3.1.8.	<i>Granulometría del micelio</i> .....	47
3.1.9.	<i>Porcentaje de Amilosa y Amilopectina del micelio</i> .....	47
3.1.10.	<i>Análisis Microbiológicos del micelio</i> .....	47
3.1.11.	<i>Parámetros físico-químicos y microbiológicos para el micelio</i> .....	48
3.2.	<b>Resultados obtenidos de la elaboración del biofilm</b> .....	49
3.2.1.	<i>Análisis sensorial del biofilm</i> .....	52
3.2.2.	<i>Cálculos de la caracterización físico-químico del biofilm del micelio del hongo</i> .52	
3.2.3.	<i>Resultados de la caracterización del biofilm</i> .....	55
3.3.	<b>Prueba de hipótesis</b> .....	66
3.3.1.	<i>Hipótesis 1</i> .....	66
3.3.2.	<i>Hipótesis 2</i> .....	66
3.3.3.	<i>Hipótesis 3</i> .....	66
3.3.4.	<i>Hipótesis 4</i> .....	66
3.4.	<b>Discusión</b> .....	67
<b>CONCLUSIONES</b> .....		71
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		72
<b>GLOSARIO</b>		
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Clasificación taxonómica del <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Propiedades Nutricionales del hongo.....	8
<b>Tabla 3-2:</b> Características agronómicas de variedades del trigo por el INIAP.....	10
<b>Tabla 4-2:</b> Propiedades de los componentes del almidón .....	14
<b>Tabla 5-2:</b> Identificación de las Variables .....	17
<b>Tabla 6-2:</b> Operacionalización de variable.....	18
<b>Tabla 7-2:</b> Matriz de consistencia .....	19
<b>Tabla 8-2:</b> Preparación del medio de cultivo.....	23
<b>Tabla 9-2:</b> Obtención del Inóculo.....	24
<b>Tabla 10-2:</b> Obtención del micelio aplicando el diseño factorial $2k$ .....	26
<b>Tabla 11-2:</b> Técnica de extracción del micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	27
<b>Tabla 12-2:</b> Caracterización del micelio del hongo.....	29
<b>Tabla 13-2:</b> Obtención del biofilm a partir del diseño factorial $2k$ .....	35
<b>Tabla 14-2:</b> Variables y Constantes para la producción del biofilm del hongo .....	35
<b>Tabla 15-2:</b> Obtención del Biofilm .....	36
<b>Tabla 16-2:</b> Caracterización del biofilm.....	37
<b>Tabla 1-3:</b> Características organolépticas del micelio del hongo.....	42
<b>Tabla 2-3:</b> Características Organolépticas de la extracción del micelio .....	42
<b>Tabla 3-3:</b> Resultados del rendimiento en la extracción del micelio del hongo .....	43
<b>Tabla 4-3:</b> Resultados de humedad y materia seca .....	45
<b>Tabla 5-3:</b> Resultados de ceniza .....	45
<b>Tabla 6-3:</b> Resultados de solubilidad .....	45
<b>Tabla 7-3:</b> Resultados de Viscosidad .....	46
<b>Tabla 8-3:</b> Resultados de pH.....	46
<b>Tabla 9-3:</b> Resultados de Temperatura de Gelatinización .....	46
<b>Tabla 10-3:</b> Resultado de la granulometría.....	47
<b>Tabla 11-3:</b> Datos del porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón.....	47
<b>Tabla 12-3:</b> Resultados Análisis Microbiológicos.....	47
<b>Tabla 13-3:</b> Datos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del micelio del hongo ..	48
<b>Tabla 14-3:</b> Ensayos preliminares para la producción del biofilm.....	49
<b>Tabla 15-3:</b> Resultados de la elaboración del biofilm mediante el método diseño factorial $2k$ .....	50
<b>Tabla 16-3:</b> Resultados del análisis sensorial del biofilm.....	52
<b>Tabla 17-3:</b> Resultados de la tasa de transmisión de vapor del biofilm .....	53

<b>Tabla 18-3:</b> Resultados del ensayo de espesor del biofilm .....	55
<b>Tabla 19-3:</b> Resultados del ensayo de humedad del biofilm .....	56
<b>Tabla 20-3:</b> Resultados de análisis de Solubilidad en el biofilm .....	57
<b>Tabla 21-3:</b> Datos para calcular la permeabilidad del biofilm.....	59
<b>Tabla 22-3:</b> Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor del agua para el biofilm.....	61
<b>Tabla 23-3:</b> Resultados del análisis de tracción.....	62
<b>Tabla 24-3:</b> Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Agua.....	62
<b>Tabla 25-3:</b> Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Aire .....	63
<b>Tabla 26-3:</b> Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Tierra.....	64
<b>Tabla 27-3:</b> Tiempos de las etapas de producción del micelio del hongo .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Capacidad de producción global de bioplástico 2016.....	12
<b>Figura 2-2:</b> Estructura molecular de la amilosa.....	14
<b>Figura 3-2:</b> Estructura molecular de la glicerina .....	15
<b>Figura 4-2:</b> Estructura Molecular del ácido Acético.....	16
<b>Figura 5-2:</b> Pesado del Agar Sabouraud.....	23
<b>Figura 6-2:</b> Medio de cultivo .....	23
<b>Figura 7-2:</b> Obtención de las cepas del hongo.....	24
<b>Figura 8-2:</b> Siembra de la semilla del hongo en frascos de vidrio .....	25
<b>Figura 9-2:</b> Obtención de la semilla del hongo .....	25
<b>Figura 12-2:</b> Peso del micelio .....	27
<b>Figura 13-2:</b> Licuado del micelio .....	28
<b>Figura 14-2:</b> Precipitado del micelio .....	28
<b>Figura 15-2:</b> Preparación del biofilm. ....	36
<b>Figura 16-2:</b> Biofilm en cajas petri. ....	37

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b> Diagrama de Flujo para la obtención del micelio.....	25
<b>Gráfico 2-2:</b> Diseño factorial $2k$ para la producción del micelio. ....	26
<b>Gráfico 3-2:</b> Diagrama de Flujo de extracción del micelio del Hongo .....	28
<b>Gráfico 4-2:</b> Diseño experimental factorial $2k$ para la elaboración del biofilm .....	34
<b>Gráfico 5-2:</b> Diagrama de flujo de elaboración de biofilm.....	37
<b>Gráfico 1-3:</b> Análisis del espesor de los biofilm.....	56
<b>Gráfico 2-3:</b> Análisis de la humedad de los biofilm .....	57
<b>Gráfico 3-3:</b> Análisis de solubilidad del biofilm .....	58
<b>Gráfico 4-3:</b> Análisis de permeabilidad del biofilm .....	61
<b>Gráfico 5-3:</b> Análisis de elongación del biofilm.....	62
<b>Gráfico 6-3:</b> Análisis Biodegradabilidad en Agua.....	63
<b>Gráfico 7-3:</b> Análisis Biodegradabilidad en Aire .....	64
<b>Gráfico 8-3:</b> Análisis Biodegradabilidad en suelo. ....	65
<b>Gráfico 9-3:</b> Análisis Biodegradabilidad en suelo. ....	67
<b>Gráfico 10-3:</b> Espesor del biofilm .....	68
<b>Gráfico 11-3:</b> Humedad del biofilm. ....	69
<b>Gráfico 12-3:</b> Solubilidad del biofilm. ....	69

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL MICELIO.

**ANEXO B:** EXTRACCIÓN DEL MICELIO.

**ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL MICELIO.

**ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DEL MICELIO.

**ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOFILM

**ANEXO F:** ELABORACIÓN DEL BIOFILM

**ANEXO G:** DESMOLDADO DEL BIOFILM

**ANEXO H:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOFILM

**ANEXO I:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOFILM

**ANEXO J:** PRUEBA DE AMILOSA

**ANEXO K:** RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

**ANEXO L:** ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 1

**ANEXO M:** ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 2

**ANEXO N:** ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 3

**ANEXO O:** ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 4

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en la obtención de biofilm a partir del micelio del hongo (*Pleurotus ostreatus*), con la selección de trigo residual para su crecimiento y una cepa comercial del hongo para el uso de envolturas y recubrimientos de alimentos. Se extrajo el micelio por la vía húmeda y el diseño factorial 2k utilizando dos variables de proceso tiempo (30, 45 y 60 segundos) y RPM (alta 20000 y baja 6800) realizando seis tratamientos con cuatro repeticiones, dando un mejor resultado el tercer tratamiento (TA3) obteniendo un rendimiento de 12,74%; luego, se realizó la caracterización físicoquímica y microbiológica del micelio obteniendo resultados que se encuentran dentro de la norma establecida con un porcentaje de amilosa (21,81%) y amilopectina de (62,4%), posteriormente se realizaron diferentes formulaciones para determinar la mezcla idónea para la elaboración del biofilm por el diseño factorial 2k obteniendo 16 pruebas de cuatro tratamientos; se utilizaron dos variables de proceso: la concentración del plastificante (glicerina) y la cantidad de micelio del hongo. El biofilm con mejores características fue obtenido aplicando en segundo tratamiento (TA2) con una concentración de micelio de 2g, glicerina 0,5ml, agua destilada 30ml y ácido acético 4ml, presentando las mejores características físicoquímicas y mecánicas; se obtuvieron resultados favorables para humedad de (21,12%), solubilidad (41,084%), un espesor de (0,10mm), para el ensayo de tracción se obtuvo un esfuerzo máximo (2,6 MPa). Finalmente, la prueba de biodegradabilidad se realizó en agua, aire y tierra durante 28 días, donde se obtuvo un porcentaje de degradación en agua del (83,206%), en aire del (35,897%) y en suelo del (91,463%). Se recomienda replicar los resultados de la investigación con empresas agrícolas, impulsando el aprovechamiento económico, social y ambiental del trigo en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA QUÍMICA>, <BIOFILM>, <MICELIO>, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <BIODEGRADABILIDAD>, <TRACCIÓN>, <HONGO (*Pleurotus ostreatus*)>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.10.21  
09:27:43 -05'00'



1937-DBRA-UTP-2021

## ABSTRACT

The present research work consisted of obtaining biofilm from the mycelium of the fungus (*Pleurotus ostreatus*), with the selection of residual wheat for its growth and a commercial strain of the fungus for use in food wrappings and coatings. The mycelium was extracted by the wet method and the 2k factorial design using two process variables, time (30, 45 and 60 seconds) and RPM (high 20000 and low 6800), performing six treatments with four replications, giving a better result in the third treatment (TA3) obtaining a yield of 12.74%. Then, the physicochemical and microbiological characterization of the mycelium was carried out, obtaining results that are within the established norm with a percentage of amylose (21.81%) and amylopectin (62.4%), then different formulations were made to determine the ideal mixture for the elaboration of the biofilm by the 2k factorial design, obtaining 16 tests of four treatments; two process variables were used: the concentration of the plasticizer (glycerin) and the amount of fungal mycelium. The biofilm with the best characteristics was obtained by applying the second treatment (TA2) with a mycelium concentration of 2g, glycerin 0.5ml, distilled water 30ml and acetic acid 4ml, presenting the best physical-chemical and mechanical characteristics; favorable results were obtained for moisture (21.12%), solubility (41.084%), a thickness of (0.10mm), for the tensile test of maximum stress (2.6 MPa). Finally, the biodegradability test was carried out in water, air and soil for 28 days, where a percentage of degradation was obtained in water (83.206%), in air (35.897%) and soil (91.463%). It is recommended to replicate the results of the research with agricultural companies, promoting the economic, social and environmental use of wheat in the production of the fungus *Pleurotus ostreatus*.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING>, <BIOFILM>, <MICELLAR>, <AMYLOSE>, <AMYLOPECTIN>, <BIODEGRADABILITY>, <TRACTION>, <FUNGI (*Pleurotus ostreatus*)>.

## INTRODUCCIÓN

El uso y manejo del plástico en el entorno ha producido desechos difíciles de manipular, ya que este no es biodegradable el cual una vez desechados se descompondrá después de un largo tiempo dependerá del tipo y estructura química que estén elaborados. Los biopolímeros están basados en recursos renovables o biodegradables los cuales se han desarrollado hace varias décadas, estos están creando una utilidad no solo en la industria de los plásticos sino también en la sociedad en general. La cantidad de residuos ha ido incrementando año tras año, generando un problema ambiental.

La inconsecuencia de este material ha originado un aumento excesivo para su consumo produciendo contaminación a nivel mundial. De acuerdo con los informes se dice que el mundo consume un millón de bolsas plásticas por cada minuto, se afirma que son más de 500 billones al año de residuo plástico. Los bioplásticos se han transformado como una alternativa sostenible e ira aumentando en los campos de las industrias.

Se debe conceptuar que en el Ecuador siendo un país con un elevado movimiento agrícola, por lo cual sería de interés el utilizar los desechos agroindustriales para la obtención de un producto que certifique ganancias para el productor y también que evite la contaminación.

En el Capítulo I abarca el marco referencial, los antecedentes como también la identificación del problema, justificación los cuales están basados en los trabajos de investigación acordes al tema y por último los objetivos propuestos para así lograr en el desarrollo experimental del Trabajo de Integración Curricular.

El Capítulo II trata sobre las bases teóricas y conceptuales que debemos tomar en cuenta para la realización correcta de este trabajo de titulación bajo las recomendaciones dadas por estudios previos en el desarrollo del hongo *Pleurotus* y en la realización del biofilm mediante el residuo.

El Capítulo III se describe la metodología utilizada para la elaboración del hongo *Pleurotus ostreatus*, extracción del almidón del residuo, caracterización del almidón y la elaboración de la película biodegradable para posterior su caracterización.

Finalmente, en el Capítulo IV, muestra los resultados obtenidos de la caracterización del almidón y la caracterización del biofilm.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

### 1.1. Identificación del Problema

En el siglo XX se inició con el uso del plástico y hasta la actualidad la producción va en aumento y no ha dejado de crecer, debido a su bajo costo y a su versatilidad, teniendo en cuenta que es un problema de contaminación ambiental ya que el plástico tarda en degradarse en un periodo máximo de 300 años o más dependiendo de su composición, además afectar a diversos ecosistemas ya que terminan en el océano (Charro, 2015, p.1).

A nivel mundial el volumen del plástico rodea los 3000 millones de toneladas de los cuales el 79% se encuentran en la naturaleza y el resto son residuos. Existen escasas investigaciones acerca de la producción de biofilm en el Ecuador a partir de residuos agroindustriales como el hongo *Pleurotus Ostreatus* de manera que se presenten metodologías variadas para el aprovechamiento de dicho residuo.

### 1.2. Justificación de la investigación

El impacto medioambiental del plástico es uno de los principales contribuyentes para que exista una gran contaminación en el mundo, el polímero ya no sería una elección única para la sociedad, debido a nuevos estudios referentes a biopelículas que fácilmente son degradados en un corto tiempo debido a que posee características orgánicas derivadas del sustrato del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*; así ayudando a que los productores reduzcan la fabricación de plásticos de un solo uso, además, el sustrato del hongo en este caso el trigo posee características elevadas de almidón el cual hace factible la producción de nuestro bioplástico amigable con el medio ambiente.

Utilizando el almidón como base para nuestro biofilm, ayudara a controlar el desarrollo de microorganismos mejorando así las propiedades organolépticas de los alimentos sin cambios físicos, químicos e intercambio gaseoso (Solano, Alamilla y Jiménez, 2018, p.6).

La factibilidad de conseguir el sustrato del hongo hace posible la creación de nuestra biopelícula, gracias a su bajo costo de producción y su facilidad de conseguir la materia prima ya que contamos con una elevada producción en nuestra región interandina, finalmente, la reutilización de dicho sustrato ya que por lo general son desechados a la basura y no utilizados como abono o material reutilizable el cual se realizara en la presente investigación.

### **1.3. Objetivos de la Investigación**

#### **1.3.1. *Objetivo General***

Obtener biofilm a partir del residual del micelio del Hongo (*Pleurotus ostreatus*).

#### **1.3.2. *Objetivos Específicos***

- Cultivar el micelio hongo (*Pleurotus ostreatus*) con el residuo agroindustrial del trigo.
- Extraer el micelio del hongo comestible (*Pleurotus ostreatus*).
- Realizar análisis físico químicos y microbiológicos del micelio extraído del hongo.
- Caracterizar el biofilm mediante métodos de ensayo en el laboratorio.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Antecedentes

En el Laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se realizó la investigación de extracción de biofilm mediante almidones de zanahoria blanca y camote, mediante dos técnicas se extrajo el almidón de las hortalizas por vía húmeda y seca, se realizó la caracterización de los almidones mediante pruebas de solubilidad, pH, temperatura de gelatinización, viscosidad y contenido de ceniza. La cantidad de almidón se da por la relación del porcentaje de amilosa presente. Para la producción de biofilm se colocó en un vaso de precipitación la solución almidón-agua destilada para el camote se necesitó de 10-30% del almidón y un 8% de plastificante, para la zanahoria se requiere de 20-40% del almidón y un 12% de plastificante, revolvió para formar la gelatinización, colocando glicerol y ácido acético hasta obtener una homogenización, colocó en un molde de acrílico en un secador de bandejas por 3 horas a una temperatura de 60°C (Parra, 2019, p.25).

En el 2015, En el Laboratorio de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador se realizó la caracterización de una película biodegradable a base del almidón de la papa, Se extrajo el almidón de la papa mediante técnicas de lavado, filtrado, secado y molienda para posterior su almacenamiento a una temperatura de 22°C, efectuó la caracterización de la materia prima en humedad y porcentaje de amilosa con el método AOC 925.10 posterior elaboro las biopelículas el cual fue mezclado con diferentes plastificantes a distintas concentraciones, con glicerina, bórax y alcohol polivinílico, dando como un resultado eficiente al trabajar con la glicerina se le adiciono la melamina para disminuir la capacidad higroscópica ya que esta presenta una fuerte afinidad para receptar agua del medio ambiente. Los biofilm obtenidos realizo las propiedades de espesor, solubilidad, biodegradabilidad, humedad, permeabilidad y tracción, concluyendo con resultados en el ensayo de espesor la película debe ser delgada y con una facilidad de manipulación teniendo la más optima la muestra correspondiente a las composiciones con la glicerina 6,6% y la melamina de 1.8%. Con respecto al ensayo de solubilidad ya que permite que la biopelícula se use como cubierta comestible o en recubrimiento en las pastillas teniendo en cuenta la necesidad que se disuelva con facilidad la película más apta fue con las siguientes concentraciones: glicerina 6.1% y melamina 10.2%. Mediante el ensayo de biodegradabilidad muestran curvas teniendo pendientes ascendentes indicando la biopelícula se degrada al pasar el tiempo realizando en condiciones anaerobia y aerobias, concluyendo que las películas que se degradan con facilidad son las aeróbicas ya que tiene contacto directo con el aire y gracias a los microorganismos degradan fácilmente con la liberación del dióxido de carbono las películas anaeróbicas son liberadas el gas

metano para su degradación. Concluyendo que dependerá las características de los biofilm dependiendo de las concentraciones del plastificante (Charro, 2015, p.17).

En el Laboratorio de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional de Chimborazo en el año 2020 se investigó la Comparación de la solubilidad y la elasticidad en biofilm producidas por harina, almidón tanto de banano y maíz morado, para elaborar nuevos empaques o para el recubrimiento en los alimentos con las biopelículas biodegradables, para la preparación de este biofilm se estudió la técnica de casting, posterior se diseñó biopelículas las cuales están combinadas de harina, almidón: de banano y maíz morado preparadas a diferentes concentraciones (25%, 50%, 75% y 100%). Obteniendo cinco formulaciones de 3 repeticiones en cada tratamiento, presentando resultados favorables con unas biopelículas muy elásticas, transparentes y muy homogéneas, se ejecutó las propiedades físico químicas y mecánicas de las biopelículas como es la humedad, pH, espesor y la solubilidad en el agua, se eligió el tratamiento T5 es muy óptimo presentado características de resistencia al agua en un tiempo determinado de 72 horas, se presentó un porcentaje en la humedad de 0.13% con un pH de 6.66 en una solución ácido comparando con las normas NTE INEN 1462 y NTE INEN 526, el espesor se presentó con un valor de 0.19 mm cumpliendo dentro de la norma, estas biopelículas para su proceso de deshidratación de debe sobrepasar a una temperatura de 50°C por un tiempo de 6 horas para que no se produzca un cuarteamiento (Ocaña, 2020, p.19).

En el año 2020, En el laboratorio de Investigación de la Universidad Central del Ecuador se investigó la obtención de una película biodegradable a partir del mucílago de las semillas de la chía, para la obtención del mucílago se ocupó diferentes procesos: hidratación, filtración, y secado, se caracterizó el porcentaje de cenizas, densidad, humedad, índice de refracción y viscosidad; para la producción de las películas se empleó la técnica de casting compuesta por una mezcla de biomoléculas, y agua que luego serán secadas en un molde a temperatura controlado en la estufa, se colocó 0,5 g de mucílago en polvo aforando con agua destilada en la solución preparada se colocó ácido nítrico e hidróxido de sodio; colocó 10 g de glicerina y 1 g de pectina, para la preparación del plastificante teniendo diferentes concentraciones del mucílago, plastificante y reticulante; las mezclas fueron agitadas por 15 minutos a 100 rpm a una temperatura de 40°C. Mediante la caracterización de las biopelículas del mucílago de chía se presenta un porcentaje en la humedad del 12,53% encontrándose en el rango establecido en diferentes investigaciones, su pH se encuentra en los rangos de 5,735 el cual puede ser utilizado para recubrimiento en alimentos por sus propiedades de ser espesante muy estabilizante y gelificante en su estructura, en la biodegradabilidad de las biopelículas se presentó una pérdida de peso en un tiempo estimado de 14 días en las condiciones anaeróbicas el biofilm formado por 40% de glicerina, 52% de mucílago y por 8% de pectina presentó una pérdida de su peso de 86,58% siendo este el material más eficiente y muy degradable (Peralta, 2020, p.16).

## **2.2. Marco Conceptual o Glosario**

### **2.2.1. Hongo**

Los hongos son un grupo distinto de organismos que presentan especies con diferentes cuerpos fructíferos visibles y grandes, denominado macrofungi, un ejemplo principal tenemos las setas, las cuales exhiben un sombrero y tallo y se les encuentran principalmente en los bosques, estos no producen su propio alimento, necesitan de compuestos como: sustratos para alimentarse (parásitos o saprófitos), tienen hifas estas son pequeñas protuberancias en manera de hilos originándose de las esporas quienes se desarrollan y maduran para formar la masa blanca (micelio); en cambio las estructuras desarrolladas en el sustrato son los cuerpos fructíferos, las cuales emanan esporas que se esparceran en el ambiente, finalmente, tiene la capacidad de mantenerse en el sustrato por varios años, en cambio los cuerpos fructíferos son estacionales (Jaramillo, 2013, p.6).

### **2.2.2. Historia del cultivo de Hongos Comestible**

El consumo de hongos comestibles sucedió en la prehistoria, esto es en el periodo de caza y de recolección, se recolectaban en un periodo largo de tiempo. Inclusive en la actualidad se cultivan pocas especies de hongos en relación con la cantidad de especies comestibles.

En Asia se ha empleado los hongos comestibles con el propósito medicinal durante miles de años. Hoy en día a nivel mundial la variedad más aceptada que representa un 40% de los hongos es el *Agaricus bisporus* conocido normalmente como el Champiñón con su producción en 2009 aproximado de 4 millones de toneladas. Esta especie presenta un sombrero de forma redonda y aplanada en la parte superior, el sombrero a medida que va creciendo se une al pie por medio de un anillo, acorde se va madurando el sombrero se abre exhibiendo laminillas de las especies de esta familia. Es abundante en agua con un 88% del total de su peso, presenta un 2.95% en proteínas, 1% en fibra y por último un 6,8% en carbonatos. El contenido en minerales es de 1% y grasas un 0.25% (Salmones et al., 2012, p.10).

### **2.2.3. Hongo *Pleurotus ostreatus***

El hongo *Pleurotus ostreatus* o seta ostra posee 400 especies, los cuales se desarrollan en superficies de árboles como troncos o en residuos agroindustriales, siendo comestibles por sus elevadas propiedades alimenticias y medicinales, además, degradan los compuestos lignocelulósicos contribuyendo al control del colesterol (Jaramillo, 2013, p.7).

**Tabla 1-2:** Clasificación taxonómica del *Pleurotus ostreatus*.

<b>Reino</b>	Fungi
<b>Subreino</b>	Metazoa
<b>División</b>	Basidiomycota
<b>Grupo</b>	Dikarya
<b>Subdivisión</b>	Agaromycotina
<b>Orden</b>	Agaricales
<b>Subclase</b>	Agaromycetidae
<b>Familia</b>	Plerotaceae
<b>Género</b>	Pleurotus

**Fuente:** (Jaramillo, 2013, p.8).

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.

Según la investigación de Martínez realizada en el 2017, expone que el cuerpo del hongo está formado por: sombrero, pie y láminas (Martínez, 2017, p.32).

- **Sombrero:** O también llamado píleo presenta en forma circular, desarrollándose de manera de ostra, siendo su color muy variable a crema o blanco, además posee un olor particular y eventualmente un olor agradable.
- **Láminas:** Himenio, se localizan desde el tallo hasta su peculiar borde, siendo anchas de color blanco, cremas, y en su interior se originan las esporas que después son expulsadas al ambiente.
- **Pie:** Estípite, corto de color blanco y muy peludo en su base.

**Tabla 2-2:** Propiedades Nutricionales del hongo.

<b>Composición nutricional del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i></b>		
<b>Sustancias</b>		<b>Cantidad</b>
<b>Proteínas</b>	Peso seco	10-30%
<b>Carbohidratos</b>	Fibra cruda	14-57%
	Fibra dietética	47%
<b>Lípidos</b>	De tipo Neutro	20-30%
	Glicolípidos	10%
	Fosfolípidos	60-70%
<b>Grasas</b>		1%
<b>Vitaminas</b>	Ácido Fólico	65 mg/100 g
	Ácido Ascórbico (Vitamina C)	36-58 mg/100 g
	Niacina (Vitamina B5)	55-109 mg/100 g
	Riboflavina (Vitamina B2)	4.7 - 4.9 mg/100 g
	Tiamina (Vitamina B1)	4.8-7.8 mg/100 g
<b>Minerales</b>	Hierro	15.20 mg/100 g
	Potasio	3793 mg/100 g
	Fosforo	1.34 mg/100 g
	Calcio	33 mg/100 g
	Nitrógeno Total	2.40%

**Fuente:** (Martínez, 2017, p.19).

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.

#### **2.2.4. Crecimiento y desarrollo del *Pleurotus ostreatus***

Los componentes esenciales para el crecimiento idóneo del micelio, desarrollo del cuerpo fructífero y la obtención del rendimiento son la temperatura, humedad, condiciones de aire y la cantidad de luz presente.

- **Temperatura:** El rango de temperatura para que exista un buen crecimiento del micelio es de 16 a 18°C, siempre dependerá de la cepa que se va a utilizar.
- **Humedad del sustrato a utilizar:** Este deberá mantenerse en 60%.
- **Humedad relativa:** En cambio se requiere de 70% de humedad durante todo el cultivo
- **Luz y aire:** Se puede señalar que se necesita luz y aire en las fases del crecimiento del hongo principalmente en fructificación, es importante hacer cortes en las bolsas después de tres días de la siembra.

Se presentan inconvenientes al momento de la colonización del micelio, por ejemplo, el crecimiento de diferentes tipos de hongos provocando una contaminación por esporas, por ende, se necesita un control riguroso de la humedad del sustrato, cabe destacar que se puede presentar otro problema con la presencia de bacterias anaeróbicas puesto se beneficia por el aumento de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> y una baja capacidad de oxígeno. Se evita estos problemas realizando cortes en las bolsas para realizar cambio de oxígeno (Jaramillo, 2013, p.9).

### **2.2.5. Residuos Agroindustriales**

Residuo Agroindustrial se le entiende como un material sólido o líquido que se crean por el consumo de productos primarios, que no son de beneficio para el proceso que los generó y se puede aprovechar para crear productos de alto valor económico, los cuales están formados por biopolímeros como es la celulosa, lignina, hemicelulosa y materia orgánica finalmente, se les utiliza como fuente alternativa para elaborar productos como biocombustibles, biogás y hongos (Martínez, 2017, p.10).

- **Trigo**

El trigo es uno de los cereales más importantes de todo el mundo, los granos son molidos para la obtención de la harina, su uso es importante en la industria de panificación y pastelería. Por sus características y propiedades la harina de trigo es muy significativa en la fabricación de las masas panificables, los granos de trigo poseen proteínas insolubles la cual al combinar con el agua forman el gluten, siendo una sustancia muy elástica (Llerena, 2011, p.9).

El desarrollo del grano del trigo en nuestro país fue interpuesto en la época de la colonia, constituyéndose el cereal más importante en la agricultura de nuestra región interandina, se realizó un estudio del trigo en 1956, por la Comisión Nacional del Trigo forjando primeras diversidades, en el año de 1962 se formó el INIAP Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, en la estación experimental Santa Catalina siendo la institución delegada de generar las nuevas diversidades del grano, mediante informes el cultivo del trigo es provechoso para los agricultores de la Sierra con las alturas de 2500 y 3200 msnm, y seleccionando la ubicación geográfica y la altitud en los terrenos para poder sembrar. En la Tabla se muestra la información a las 5 variedades que el INIAP presenta con características de la calidad industrial y el alto rendimiento (Manangón, 2014, p.18).

**Tabla 3-2:** Características agronómicas de variedades del trigo por el INIAP.

<b>Característica</b>	<b>INIAP - Cojitambo 92</b>	<b>INIAP - Zhalao 2003</b>	<b>INIAP - San Jacinto 2010</b>	<b>INIAP - Vivar 2010</b>	<b>INIAP - Mirador 2010</b>
Ciclo vegetativo (Días)	175-185	175-180	160-170	165-175	160-170
Días al espigamiento	85-90	85-91	80-85	80-90	80-85
Altura planta (cm)	80-90	85-95	88	85-95	92
Color grano	3.0 - 4.0	4.7	4	5.0 - 6.0	4
Rendimiento Tm/ha	73-80	78	75-79	76	75-79
Peso Hectólitro kg/hl	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
Resistencia a roya amarilla	Intermedia	Intermedia	Parcial	Intermedia	Parcial
Resistencia a roya de la hoja	Intermedia	Intermedia	Parcial	Parcial	Parcial
Zona recomendada	Todo el país	Cañar. Azuay y Loja	Bolívar y Chimborazo	Cañar, Azuay y Loja	Bolívar y Chimborazo

Fuente: INIAP-Boletín Divulgativo N°411.

Realizado por: Villagrán, Carmen.2021.

### **2.2.6. Aprovechamiento biotecnológico de los residuos**

- El residuo es el principal componente para ser manejado como sustrato en la producción de la mayoría de los procesos industriales, o es empleado para la recuperación de algunos de sus componentes que se presenta en una alta demanda en el mercado.
- No deberá presentar otras aplicaciones el cual combatan con el nuevo proceso que se pretende establecer.
- Deberá estar útil de la disponibilidad en la localidad con las cantidades que se requiera para poder fabricar el producto.

- No se debe pretender de un pretratamiento previo, en caso de requerirlo que este sea muy económico y natural.
- Al momento de estar bajos las condiciones ambientales este no debe descomponerse de manera rápida (Martínez, 2017, p.6).

### **2.2.7. *Biofilm***

El biofilm son películas plásticas que son usadas para suplantar a los plásticos derivados del petróleo, el tiempo para su degradación es notablemente menor a los que se usa habitualmente, estos están elaborados por polisacáridos tales como la celulosa el almidón y el quitosano; los cuales con ayuda de plastificantes hacen características similares a los plásticos teniendo en cuenta su grosor en el rango de 1 a 2 mm (Parra, 2019, p.12). Además, la Asociación Europea de Bioplástico determina que un material plástico se presenta como bioplástico aquel que es biodegradable y si es base biológica, o si presenta las dos propiedades (Meza, 2016, p.13).

### **2.2.8. *Propiedades del Biofilm***

Las propiedades más importantes que se presenta:

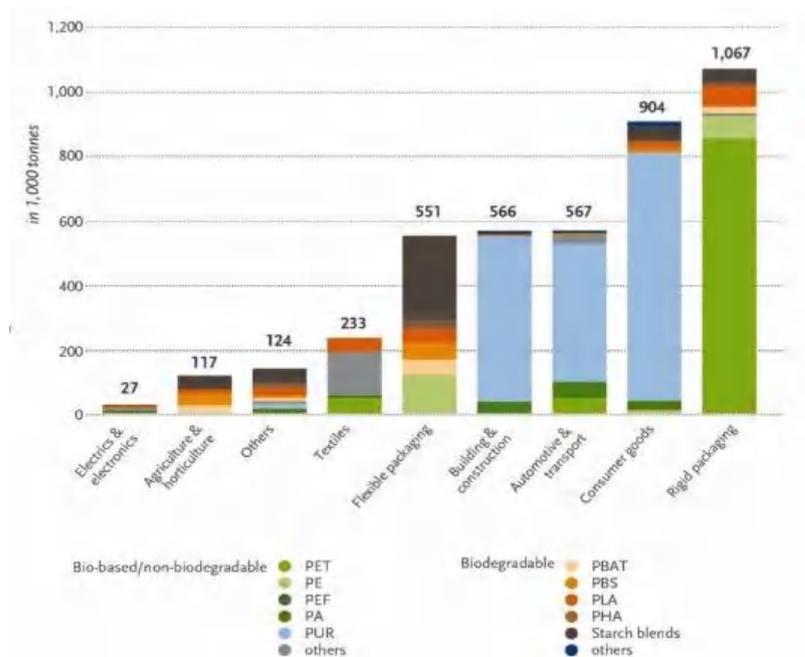
- **Espesor:** Es una propiedad muy importante puesto que al aumentar su medida la masa se eleva produciendo que la presión de vapor de agua aumente el equilibrio de la cubierta en la fracción inferior (Anchundia, Santacruz y Coloma, 2016, p.396).
- **Solubilidad en agua:** Es un factor muy significativo el cual delimita la biodegradabilidad al ser empleado para la conservación de alimentos, un valor alto sería propicio para la cocción en los alimentos que estarían recubiertos con las biopelículas y una baja solubilidad es indicada para su almacenamiento, siendo una propiedad muy vital para la evaluación en la aplicación de los recubrimientos (Anchundia, Santacruz y Coloma, 2016, p.396).
- **Biodegradación:** La biodegradación, proceso enzimático y metabólico que son formados por los microorganismos como son los hongos y bacterias, estos secretan las enzimas que serán las encargadas de el rompimiento a la estructura molecular del bioplástico en un tiempo determinado. Estos microorganismos actuarán de manera individual de manera de colonias, incrementando un papel fundamental en el ecosistema estando directamente afines para la biodegradación de los plásticos naturales y sintéticos, La biodegradación de los plásticos dependerá de los microorganismos que se localizan en los diferentes ambientes agua, suelo y el compost, cada ambiente tiene diferentes tipos de microorganismos de acuerdo a las condiciones donde se producen (Meza, 2013, p.29).

- **Resistencia a la tracción:** Es una medida que presenta el polímero a la resistencia de esfuerzos en el estiramiento, es medido mediante un esfuerzo en una probeta, el ensayo permitira medir la resistencia elastica y la plasticidad del biofilm sometiendo fuerzas axiales (Meza, 2013, p.29).

### 2.2.9. Aplicaciones del Biofilm

En la industria de alimentos las biopelículas modifican su estructura y rigidez evitando la pérdida o ganancia de humedad, actuando como barrera contra el intercambio de gases los cuales aplazan los cambios químicos como aroma, valor nutricional y color, finalmente, pueden funcionar como microsistemas ayudando a la modificación de la atmósfera en ciertos productos hortofrutícolas mejorando la calidad y reduciendo la pérdida de peso (Chapuel & Reyes, 201, p.68).

Las películas biodegradables y los compostables destacan en la agricultura, la horticultura y en el sector de los envases muy flexibles.



**Figura 1-2:** Capacidad de producción global de bioplástico 2016.

Fuente: (European Bioplastics, 2016, p.4).

### 2.2.10. Mecanismos de formación de la película

Para la formación de la biopelícula dependerá de 2 factores importantes como lo es: plastificante y el tipo de almidón, formando un almidón termoplástico que va a proporcionar el material termoplástico que es apto para moldear. La solubilización de las moléculas del polímero es la primera fase para la formación de estas, con un solvente como es el agua, etanol o ácidos las

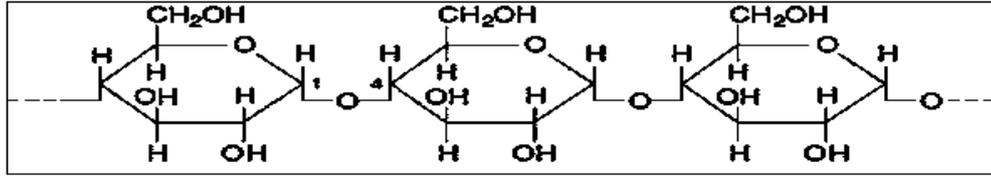
cuales tendran un aditivo conocido como plastificantes, obteniendo una solución para la formación de la biopelícula extendiéndole una capa muy delgada para posterior realizar el secado de estas, las propiedades dependerán de los parámetros: tiempo, temperatura, concentración de los componentes (Santiago, 2015, p.30).

### **2.2.11. Componentes de los biofilm**

**El Almidón:** Biopolímero que se localiza en la naturaleza y representa la gran parte de los recursos renovables, como lo es las semillas los tubérculos y las raíces en las plantas que se encuentran ubicados en el endospermo. Este es un biopolímero el cual constituye el 60% en la composición en los granos de los cereales, es uno de los recursos más representativo, biodegradable, económico y considerablemente disponible. Los gránulos del almidón varían por su forma, estructura y su composición química y estas dependerán de su origen. El almidón presenta generalmente de 25% de amilosa y 75% de amilopectina, siendo el almidón tanto de trigo, papa y maíz posee 30% de amilosa. Los enlaces de hidrógenos y las del almidón se mantienen juntos por tal motivo los granulos no son solubles en el agua fría. Sin embargo cuando es calentado el almidón su estructura cristalina se va a alterar y las moléculas de H<sub>2</sub>O se enlazan con los grupos hidroxilo de la amilosa y de la amilopectina produciendo así la solubilización media del almidón. Su gelatinización se verá afectada por altas temperaturas, por su tipo de solvente y la cantidad de almidón- solvente presente en la solución (Santiago, 2015, p.29).

Químicamente el almidón está constituido por 2 compuestos que presentan diferentes estructuras: Amilosa y la Amilopectina.

**La Amilosa:** Polímero lineal que forma a partir de moléculas de glucosa fusionadas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1-4), constituyendo un 99% de la molécula, los enlaces  $\alpha$  (1-6) constituyen el 1% de las unidades de los diferentes almidones, encontrándose entre 1000 unidades de glucosa por cada molécula de amilosa y su forma es espiral, soluble en agua con una temperatura de 80°C. Según estudios se ha mostrado su grado de polimerización (GP) de 324 a 4920, de 9 a 20 unidades de la glucosa, peso molecular  $1 \times 10^5$  g/mol. Los almidones con altos porcentajes de amilosa conservan su forma cuando estos son moldeados gelificándose, al contrario sin la presencia de amilosa estos espesan pero no gelifican. La cuarta parte del gránulo del almidón son formados por la amilosa. A mayor contenido de amilosa la región del almidón reduce, la región amorfa en el almidón es la más sensible tanto en la degradación enzimática como en la ácida, en su región cristalina es muy resistente (Parra, 2019, p.13).



**Figura 2-2:** Estructura molecular de la amilosa.

Fuente: (Moreira, 2017, p.16).

**La Amilopectina:** Polimero ramificado el cual esta formado por cadenas lineales compuestas de 15 a 35 moléculas de glucosa que se encuentran unidas por enlaces  $\alpha$ -D-(1-4), las cadenas están unidas por enlaces  $\alpha$ -D-(1-6) formando los puntos de ramificación, formada por 100 000 moléculas de glucosa (Chapuel & Reyes, 2019, p.28).

El peso molecular de la amilopectina se halla en un intervalo de  $7 \times 10^7$  g/mol, sus ramificaciones son localizadas aproximadamente de 15 a 25 unidades de glucosa, se han reportado que sus cadenas que tienen la amilopectina son de 3 tipos y se distinguen por el tamaño:

- Cadenas cortas con su grado de polimerización con 14 a 18 unidades de glucosa, característico en los almidones de los cereales.
- Cadenas muy inferiores largas con 45 a 55 unidades de glucosa presente en los almidones de tubérculos y alta presencia de amilosa.
- Cadenas muy grandes mayores de 60 unidades de glucosa presente en almidones de tubérculos.

Las cadenas lineales de estos dos polímeros forman hélices de 6 moléculas de glucosa en cada ciclo, en la amilopectina con sus enlaces se rompen para que se forme las hélices cortas con sus partes lineales de su molécula. Las hélices que están conformadas de más de 120 moléculas de unidades de glucosa formarán la amilosa, las cantidades relativas de estos dos componentes presentes en el almidón es indispensable para conocer y determinar las propiedades físicas, químicas del polímero (Chapuel y Reyes, 2019, p.30).

**Tabla 4-2:** Propiedades de los componentes del almidón

Estructura	Lineal	Ramificada
Longitud promedio de la cadena	Aprox. 100	20 a 25
Peso molecular	40000 hasta 106	200000 hasta 106
Grado de polimerización	Aprox. 100	10000 a 100000
En solución	Hélice extendida o enrollada	Esfera irregular

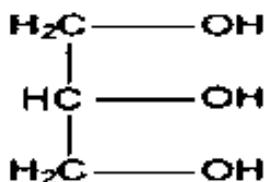
Estabilidad en soluciones acuosas	Retrograda	Estable
Acomplejamiento	Con facilidad	Con dificultad
Retrogradación	Rápida	Muy lenta
Formación de complejos	Favorable	Desfavorable
Patrón de rayos x	Cristalino	Amorfo
Digestibilidad de la beta-amilasa	Casi completa	Cerca de 60%
Longitud de onda máxima	Aprox. 660	530-550
Color de la solución de yodo	Azul profundo	Violeta
Reacción con yodo	19 a 20%	5-9%

Fuente:(Aspinal, 1983, p.35).

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**El Plastificante:** Material que es incorporado a un plástico para que facilite su proceso y mejore su flexibilidad, la presencia del plastificante provoca que disminuya la viscosidad en su estado fundido y su temperatura de transición del plástico, factor indispensable para la creación de polímeros que son comestibles ya que esta altera las propiedades mecánicas y su permeabilidad en las biopelículas. Presentan características esenciales como la alteración en la estructura de sus películas y la difusión de los gases en el agua. Su efecto hace que el material sea muy manejable, adquiriendo una mayor plasticidad para que sea sencillo en el tratamiento en la industria, la concentración es baja, se debe tomar precaución que al momento de decidir el plastificante sean también comestibles al igual como el polímero (Núñez, 2014, p.15).

**La Glicerina:** Polialcohol primario, líquido espeso, dulce e incoloro, es un buen disolvente, al enfriarse se vuelve gelatinoso, posee su punto de ebullición alto. Se les conoce como glicerina o glicerol, formada por una molécula de propanotriol el cual es absorbente de agua del aire, siendo miscible en solventes orgánicos como el agua y el etanol, es derretido a una temperatura de 17.8°C. las aplicaciones del glicerol como: plastificantes, estabilizante y emulsionante. La glicerina presenta una propiedad higroscópica, esta absorbe el agua del aire, el glicerol no puede disolverse con la presencia del aceite pero sí en agua y alcohol (Meza, Armijo y Franco, 2007, p.18).

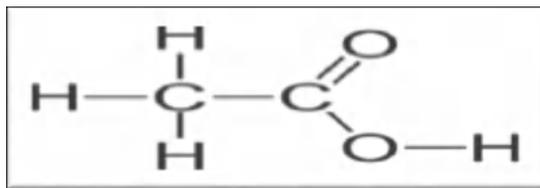


**Figura 3-2:** Estructura molecular de la glicerina.

Fuente: (Ortiz, 2013, p.25).

**La Agua Destilada:** Aquella sustancia que su composición es basada en las unidades de moléculas de H<sub>2</sub>O, la cual ha sido sometida a un proceso de purificación como es la destilación, para eliminar las impurezas, microorganismos, sales minerales y iones que afecten a la composición del agua. Se la utiliza en las industrias de alimentos, cosméticos y principalmente en los laboratorios (Flores, 2015, p.2).

**El Ácido Acético:** Ácido carboxílico o también conocido como ácido etanoico, es un líquido incoloro de olor muy característico, utilizado para la elaboración de pastillas, plásticos, insecticidas y aditivos alimentarios, conocido por la humanidad durante muchos años. Es utilizado como agente antimicrobiano y como conservante natural (Health, 2017, p.1).



**Figura 4-2:** Estructura Molecular del ácido Acético.

Fuente: (Moreira, 2017, p.16).

#### 2.2.12. Métodos de Obtención de las biopelículas

- **Método húmedo: evaporación de solvente (Casting)**

Este es el único método a partir de polímeros naturales para la obtención de películas de quitosano, la cual posee tres etapas; la primera (solubilización, adición del plastificante y otros aditivos), segunda (la solución se vierte en un recipiente), finalmente la última (evaporación del solvente), las condiciones de secado y temperatura ayudan a la calidad de la biopelícula (Guerrón, 2016, p.18).

- **Método Seco: procesos de fundición**

El método normalmente involucra procesos de fundición bajo un tratamiento termomecánico donde posee amasado, extrusión; usualmente trabajados con almidón plastificado (Guerrón, 2016, p.19).

### 2.3. Planteamiento de la Hipótesis

#### 2.3.1. Hipótesis General

- Con el uso del micelio de hongo *Pleurotus ostreatus*, será posible la formación de un biofilm con características apropiadas para el uso de cubiertas comestibles.

#### 2.3.2. Hipótesis Específicas

- El método utilizado para el crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* será el óptimo.
- El proceso de extracción del micelio del hongo como materia prima será aceptable para la obtención del biofilm.
- Mediante la elaboración del biofilm a nivel de laboratorio, con formulaciones adecuadas de residuo del micelio del hongo, se podrá obtener datos de medición de espesor, prueba de humedad, ensayo de solubilidad y permeabilidad al vapor de agua.
- Al biofilm elaborado se podrá someter a pruebas de tracción y biodegradabilidad.

### 2.4. Identificación de Variables

**Tabla 5-2:** Identificación de las Variables.

<b>Etapas del Proceso</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Obtención del micelio	Residual	Peso del residual de trigo
Extracción del micelio del hongo	Revoluciones por minuto Tiempo Temperatura	Micelio del hongo
Elaboración del Biofilm	Cantidad de Micelio Cantidad del Plastificante Temperatura de Gelatinización	Biofilm

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

## 2.5. Operacionalización de Variable

**Tabla 6-2:** Operacionaliza de variable.

Categoría	Concepto	Variables	Concepto	Indicadores	Rango	Instrumento de medición
“Obtención de un biofilm a partir del residuo del cultivo del hongo comestible	El biofilm o también denominado películas biodegradables son de origen orgánico y su corto tiempo de degradación	INDEPENDIENTES				
		Rpm	Medida de la frecuencia que indica la velocidad del equipo.	Rpm	6800 BAJA 20000 ALTA	Características de la licuadora
		Tiempo	Tiempo de secado del micelio	horas (h)	24 horas	Cronometro
			Tiempo de secado del biofilm		48 horas	
		Temperatura	Temperatura de secado del micelio	°C	45	Termómetro
			Temperatura de gelatinización de la mezcla para la producción de bioplásticos		77	
			Temperatura de secado del biofilm		25	
		Cantidad del micelio	Capacidad de formar gel o biofilm	gramos (g)		Balanza
		Cantidad del plastificante	Sustancia presente como un material flexible	gramos (g)		Probeta
		DEPENDIENTES				

			Contenido de micelio total	%		Rendimiento
		Cantidad de materia prima	Cantidad del micelio del hongo	Kg		Balanza
			Cantidad de amilosa y amilopectina	%		Balanza

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.

## 2.6. Matriz de consistencia

Tabla 7-2: Matriz de consistencia

Aspectos Generales				
Planteamiento del problema		Objetivo	Hipótesis	
¿Es posible utilizar el micelio del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i> para la obtención de biofilm?		Obtener biofilm a partir del residual del micelio del Hongo ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).	Con el uso del micelio de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , será posible la formación de un biofilm con características apropiadas para el uso de cubiertas comestibles.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica	Variables	Técnicas
¿La invasión del micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> depende del tipo de residual?	Cultivar el micelio hongo ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ) con el residuo agroindustrial del trigo	El método utilizado para el cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> será el óptimo.	Tipo de Cepa. Peso de Sustratos.	(Jaramillo, 2013); (Martínez, 2017)
Se desconoce el método para la extracción del micelio a partir del residual del trigo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , para aplicar parámetros establecidos de la norma.	Realizar análisis físico químicos del micelio extraído del residuo del hongo en base a la norma INEN 1456.	El proceso de extracción del micelio del hongo como materia prima será aceptable para la obtención del biofilm.	pH Solubilidad Cenizas Humedad Amilosa Amilopectina Análisis Microbiológicos	(NTE INEN 1456, 2012) (Aristizábal y Sánchez, 2007) INIAP SAQMIC

<p><b>Se desconoce si los residuos contengan un porcentaje significativo de almidón para la elaboración del biofilm.</b></p>	<p>Caracterizar el biofilm mediante metodos de ensayo en el laboratorio: Espesor, Solubilidad en agua, Humedad, Biodegradabilidad, Permeabilidad al vapor de agua.</p>	<p>Mediante la elaboración del biofilm a nivel de laboratorio, con formulaciones adecuadas del micelio del hongo, se podrá obtener datos de medición de espesor, prueba de humedad y ensayo de solubilidad.</p>	<p>Espesor. Humedad Solubilidad Permeabilidad de vapor de agua.</p>	<p>(NTE INEN 2542, 2006) (Escobar, 2011) (Charro, 2015) (Chariguamán C, 2015)</p>
<p><b>¿Los biofilm obtenidos presentan características de calidad para su uso?</b></p>	<p>Validar las biopelículas mediante su caracterización en base a la norma INEN 2635, (Método de Ensayo para las Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas).</p>	<p>Al biofilm elaborado se podrá someter a pruebas de tracción y biodegradabilidad.</p>	<p>Pruebas de tracción. Prueba de Biodegradabilidad</p>	<p>(INEN NTE 2635:2012, 2012) (Vanegas, 2014)</p>

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

## **2.7. Tipo y diseño de la investigación**

El tipo de estudio que se va a realizar es experimental; de acuerdo a la naturaleza de los datos y la recuperación bibliográfica, ya que se tomará datos conocidos de artículos científicos, tesis, proyectos, etc., donde se desarrollará el crecimiento del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* mediante el residual del trigo, como requisito para ser materia prima óptima para la elaboración del biofilm, así como los ensayos de: espesor, solubilidad en agua, humedad, ensayo de tracción, biodegradabilidad y permeabilidad del biofilm.

### **2.7.1. El Método Cuantitativo**

Por medio de este método se podrán identificar los parámetros requeridos para cada una de las etapas de esta investigación (Buñay, 2015, p.22).

### **2.7.2. El Método Deductivo**

Mediante el método se pretende realizar un análisis al residual del crecimiento del hongo en la cual podemos observar y controlar los ensayos de la caracterización del biofilm (Buñay, 2015, p.22).

### **2.7.3. El Método Inductivo**

Este método se busca establecer conclusiones, resultados, empleando observaciones de análisis de los métodos preliminares de tracción, biodegradabilidad, permeabilidad del vapor de agua, solubilidad en agua, espesor y humedad en la caracterización de dicho biofilm (Buñay, 2015, p.23).

### **2.7.4. El Método Experimental**

El diseño experimental de la presente investigación se desarrollará en base a los objetivos propuestos el cual constará de 3 etapas, invasión de micelio (*Pleurotus ostreatus*), extracción del micelio y obtención del biofilm, para posterior realizar la caracterización del mismo en los diferentes laboratorios proporcionados de la Facultad de Ciencias.

## **2.8. Unidad de análisis**

El objetivo de estudio es la obtención de biofilm a partir del micelio del hongo (*Pleurotus ostreatus*), los cuales serán sometido a ensayos y su respectiva caracterización; entre las cuales determinaremos las propiedades de tracción en base a la norma NTE INEN 2635 y su biodegradabilidad (Vanegas, 2014).

## **2.9. Población de estudio**

La población de estudio de la presente investigación corresponderá a muestras de los residuos agroindustriales (trigo), en el cual se efectuará un muestreo y así seleccionar los mejores residuos para la invasión del micelio en el hongo *Pleurotus ostreatus*.

## **2.10. Tamaño de Muestra**

Para la determinación del tamaño de muestra se realizará la extracción del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* y mediante el método húmedo por el diseño factorial 2k con dos variables de proceso: cantidad de glicerina y de micelio para obtener el biofilm en un tiempo estimado, además proceder a su caracterización.

## **2.11. Selección de muestra**

La selección de la muestra del micelio se optará por un residuo agroindustrial (trigo) se realizará en la región sierra, en la ciudad de Riobamba, tomando en cuenta la calidad del trigo, la observación, madurez, y tamaño; para su posterior utilización para la elaboración del biofilm con diferentes formulaciones realizando la caracterización, mediante los ensayos ya mencionados.

## **2.12. Técnicas de Recolección de Datos**

### **2.12.1. Preparación del medio de cultivo**

Las cepas del hongo se conservaron en el agar Sabouraud, que representa un medio sólido específicamente para el crecimiento de hongos, las cantidades de la solución requerida por caja Petri fue de 15 ml, posterior se esterilizó en la autoclave por un tiempo específico de 30 minutos a una temperatura de 120°C, la solución solidifico y se sembró en condiciones de asepsia, para después incubar por 8 días hasta que el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* haya colonizado.

**Tabla 8-2:** Preparación del medio de cultivo.

<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Reactivo</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Referencia</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cajas Petri</li><li>• Parafilm</li><li>• Balanza analítica</li><li>• Erlenmeyer de 1000 ml</li><li>• Incubadora</li><li>• Cabina de flujo laminar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Agua Destilada</li><li>• Agar Sabouraud</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparar el medio de cultivo con 65 g de Agar disolviendo en 1000 ml de agua destilada.</li><li>• Auto clavar la solución por 30 minutos a 120°C.</li><li>• En la cabina de flujo laminar sembrar las cepas del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en las cajas Petri hasta llenar las <math>\frac{3}{4}</math> partes de estas.</li><li>• Incubar por 8 días a una temperatura de 30°C.</li></ul>	(Martínez, 2017), (Jaramillo, 2013).

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 5-2:** Pesado del Agar Sabouraud

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 6-2:** Medio de cultivo

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 7-2:** Obtención de las cepas del hongo

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 2.12.2. Obtención del Inóculo del *Pleurotus ostreatus*

Los granos de trigo se dejan remojar por 24 horas para que alcance una humedad del 80%, los granos se colocan en recipientes de vidrio hasta unas  $\frac{3}{4}$  partes, se esterilizan en la autoclave por un tiempo de 45 minutos para posterior inocular con el micelio del hongo de las cajas Petri hasta obtener una invasión completa del dicho micelio en los frascos de trigo incubando por 12 días.

**Tabla 9-2:** Obtención del Inóculo

Equipos y Materiales	Reactivo	Procedimiento	Referencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frascos de vidrio</li> <li>• Autoclave</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Incubadora</li> <li>• Cámara de flujo laminar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granos de trigo</li> <li>• Agua destilada</li> <li>• Micelio de las cajas Petri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remojar 500 g de granos de trigo durante 24 horas a temperatura ambiente</li> <li>• Escurrir el agua</li> <li>• Colocar en los frascos de vidrio hasta una <math>\frac{3}{4}</math> partes del grano remojado</li> <li>• Esterilizar durante 45 minutos los frascos para posterior dejar enfriar en el ambiente</li> <li>• En la cámara de flujo laminar cultivar el micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> cortando en pedazos cuadrados y colocarlos en los granos de trigo</li> <li>• Incubar durante 12 días a una temperatura de 28°C</li> </ul>	<p>(Jaramillo, 2013), (Martínez, 2017).</p>

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



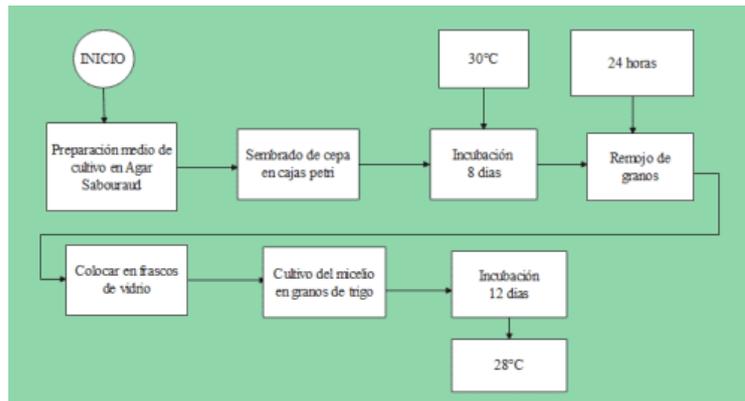
**Figura 8-2:** Siembra de la semilla del hongo en frascos de vidrio

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 9-2:** Obtención de la semilla del hongo

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

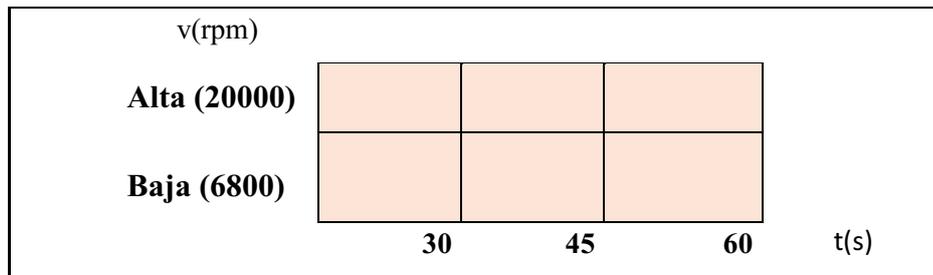


**Gráfico 1-2:** Diagrama de Flujo para la obtención del micelio

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 2.12.3. Extracción del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

La obtención del micelio del hongo se realizará mediante el método húmedo, utilizando el método factorial  $2^k$  donde  $2 =$  tiempo y rpm,  $K =$  Numero de repeticiones; obteniendo  $2^k = (3 * 2)^4 = 24$  pruebas mediante 6 tratamientos, las variables para el proceso serían: revoluciones por minuto (RPM) y tiempo (s) para posterior determinar el rendimiento de secado del micelio como se visualiza en la tabla 16-2 (Charro, 2015).



**Gráfico 2-2:** Diseño factorial  $2^k$  para la producción del micelio.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 10-2:** Obtención del micelio aplicando el diseño factorial  $2^k$ .

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Materia prima (g)
1	T1	RPM A: 30 s	R1	500	200
2			R2		
3			R3		
4			R4		
5	T2	RPM A: 45 s	R1		
6			R2		
7			R3		
8			R4		
9	T3	RPM A: 60 s	R1		
10			R2		
11			R3		
12			R4		
13	T4	RPM B: 30 s	R1		
14			R2		
15			R3		
16			R4		
17	T5	RPM B: 45 s	R1		
18			R2		
19			R3		
20			R4		
21	T6	RPM B: 60 s	R1		
22			R2		
23			R3		
24			R4		

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 11-2:** Técnica de extracción del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Equipos y Materiales	Reactivo	Procedimiento	Método
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licuadora</li> <li>• Balanza</li> <li>• Probetas de 500 ml</li> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml</li> <li>• Colador</li> <li>• Bandejas de Aluminio</li> <li>• Mortero y pistilo</li> <li>• Fundas Ziploc</li> <li>• Cronometro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua Destilada</li> <li>• Micelio del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se la realizó por el método de vía húmeda.</li> <li>• Pesar 200 g de micelio del hongo</li> <li>• Licuar con las diferentes velocidades, alta (20000 rpm), y baja a (6800 rpm) en tiempos de (30,45 y 60 segundos respectivamente) junto con el agua destilada en una relación 200 g de micelio del hongo y 500 ml de agua destilada, para poseer las 24 pruebas.</li> <li>• Filtrar por medio de una media nylon para separar todos los residuos que contiene la materia prima.</li> <li>• Dejar en reposo por 12 horas hasta que el micelio precipite y este sedimento.</li> <li>• Decantar el exceso de agua presente.</li> <li>• Secar el sedimento a temperatura ambiente por 24 horas en las bandejas de aluminio y homogenizar uniformemente.</li> <li>• Triturar y moler el residuo seco en un molino y posterior en un mortero hasta obtener una granulometría de 53 <math>\mu m</math>.</li> <li>• Pesar el micelio de cada una de las 24 pruebas y posterior obtener el rendimiento del mismo.</li> <li>• Almacenar en fundas ziploc y mantener a 22°C.</li> <li>• Realizar la caracterización del micelio.</li> </ul>	Vía Húmeda

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 10-2:** Peso del micelio

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



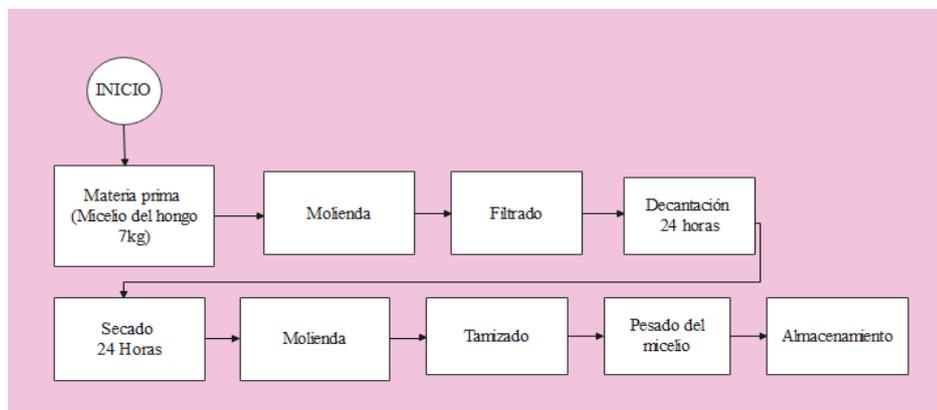
**Figura 11-2:** Licuado del micelio

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 12-2:** Precipitado del micelio

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 3-2:** Diagrama de Flujo de extracción del micelio del Hongo

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

#### 2.12.4. Caracterización del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

**Tabla 12-2:** Caracterización del micelio del hongo.

N°	<u>ENSAYOS AL MICELIO</u>
<b>1</b>	<p data-bbox="339 405 999 434"><b>CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA</b></p> <hr/> <p data-bbox="339 472 619 501"><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="389 539 922 568">• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li data-bbox="389 584 671 613">• Crisoles de porcelana</li> <li data-bbox="389 629 679 658">• Estufa a 80° constante</li> <li data-bbox="389 674 552 703">• Desecador</li> <li data-bbox="389 719 619 748">• Pinza para crisol</li> </ul> <hr/> <p data-bbox="339 797 544 826"><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="389 864 898 893">• Pesar los crisoles previamente tarados (Pa)</li> <li data-bbox="389 909 963 938">• Pesar en el crisol vacío 5 gramos de micelio (Pb)</li> <li data-bbox="389 954 1035 983">• Colocar la muestra en la estufa a 80°C durante 24 horas</li> <li data-bbox="389 999 1390 1028">• Enfriar los crisoles en un desecador, hasta obtener un peso constante (30-45 minutos) (Pc)</li> <li data-bbox="389 1043 967 1072">• Pesar los crisoles con la muestra de micelio seco.</li> </ul> <hr/> <p data-bbox="339 1122 448 1151"><b>Cálculo:</b></p> <p data-bbox="339 1173 1031 1202">Los ensayos correspondientes se los realizar por triplicado</p> <p data-bbox="339 1274 796 1303"><b>Ecuación 1-2:</b> Contenido de humedad</p> $  \text{\% de humedad} = \frac{(Pc - Pa) * 100}{(Pa - Pb)}  $ <p data-bbox="339 1417 834 1447"><b>Ecuación 2-2:</b> Contenido de materia seca</p> $  \text{\% materia seca} = 100 - (\text{\% humedad})  $ <p data-bbox="339 1520 432 1550">Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="389 1572 810 1601">• Pa: Peso del crisol vacío (gramos).</li> <li data-bbox="389 1617 791 1646">• Pb: Peso de la muestra (gramos).</li> <li data-bbox="389 1662 935 1691">• Pc: Crisol vacío con la muestra seca (gramos).</li> </ul> <hr/> <p data-bbox="339 1740 584 1769"><b>Método de Ensayo:</b></p> <p data-bbox="339 1792 759 1821">(Aristizábal y Sánchez, 2007, p.62)</p>

Continuación de la tabla 12-2: Caracterización del micelio.

<b>CENIZA</b>	
<b>2</b>	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li>• Crisoles de porcelana</li> <li>• Mufla</li> <li>• Desecador</li> <li>• Pinza para crisol</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarar los crisoles hasta tener peso constante</li> <li>• Pesar 1 gramo de micelio en un crisol de porcelana.</li> <li>• Colocar la muestra en la mufla e incinerar a una temperatura de 550°C por un tiempo de 3 horas y media.</li> <li>• Enfriar los crisoles en un desecador, hasta obtener un peso constante</li> <li>• Pesar los crisoles con la muestra de micelio</li> <li>• Calcular la cantidad de ceniza totales</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b></p> <p>Los ensayos correspondientes se los realizar por triplicado</p> <p><b>Ecuación 3-2:</b></p> <p>Contenido de ceniza</p> $\% \text{ de ceniza} = \frac{(\text{Peso de ceniza} - \text{Peso crisol vacío}) * 100}{(\text{Peso crisol vacío} - \text{Peso de la muestra})}$
	<p><b>Método de Ensayo:</b></p> <p>(Aristizábal &amp; Sánchez, 2007, p.62)</p>

Continuación de la tabla 12-2: Caracterización del micelio.

3	<b>SOLUBILIDAD EN AGUA</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reverbero</li> <li>• Varilla de Agitación</li> <li>• Vaso de precipitación de 50 ml</li> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una mezcla en el vaso de precipitación que contiene 2 g de micelio del hongo y 5 ml de agua destilada agitar constantemente.</li> <li>• La solución verter en 100 ml de agua ebullición</li> <li>• Continuar la ebullición por 2 minutos</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b> Medición Directa</p>
<p><b>Método de Ensayo:</b> (NTE INEN 1456, 2012, p.2)</p>	
4	<b>pH</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml</li> <li>• pH-metro</li> <li>• Termómetro</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 5 g de micelio en base seca, disolver en 25 ml de agua destilada.</li> <li>• Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7 y ajustar el control a esta temperatura.</li> <li>• Con el control de asimetría ajustar el instrumento al valor de pH correcto de la solución tampón.</li> <li>• Con el control correspondiente retornar el equipo a su posición de reposo</li> <li>• Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave absorbente</li> <li>• Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25°C</li> <li>• Accionar el control de lectura y leer el pH.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b> Medición directa</p>
<p><b>Método de Ensayo:</b> (NTE INEN 1456, 2012, p.1)</p>	

Continuación de la tabla 12-2: Caracterización del micelio.

<b>5</b>	<b>TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación de 1000 ml</li> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml</li> <li>• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li>• Varilla de Agitación</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 10 gramos del micelio del hongo, y posterior disolver hasta 100 ml.</li> <li>• Calentar en el vaso de precipitación a una temperatura a 85°C</li> <li>• Tomar de la suspensión 50 ml en un vaso de precipitación de 100ml</li> <li>• Introducir en el vaso de precipitación con la muestra a 85°C</li> <li>• Esperar hasta que se forme una pasta y la temperatura este estable por unos segundos</li> <li>• Leer la temperatura de gelatinización</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b> Medición Directa</p>
<b>6</b>	<b>TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li>• Viscosímetro Brookfield</li> <li>• Aguja para el Brookfield</li> <li>• Vaso de precipitado de 1000 ml</li> <li>• Termómetro</li> <li>• Varilla de Agitación</li> <li>• Reverbero</li> </ul> <p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar 25 gramos del micelio del hongo en base seca y disolver en agua destilada completando a 500 ml posterior disolver hasta 100 ml.</li> <li>• Colocar la solución en un vaso de 1000 ml</li> <li>• Calentar la suspensión hasta ebullición por aproximadamente 15 minutos</li> <li>• Enfriar el gel a una temperatura de 25°C tomando una alícuota de 15 ml</li> <li>• Medir su viscosidad a 25°C</li> </ul>

Continuación de la tabla 12-2: Caracterización del micelio.

	<p><b>Cálculo:</b> Medición directa</p>
	<p><b>Método de Ensayo:</b></p> <p>(Aristizábal y Sánchez, 2007, p.66)</p>
7	<p style="text-align: center;"><b>DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DEL GRANULO</b></p>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li>• Equipo Ro-tap con tapa y fondo.</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar cada tamiz y el fondo, vacíos y limpios</li> <li>• Pesar 100 g de la muestra del micelio del hongo</li> <li>• Transferir al tamiz de la parte superior del grupo de tamices</li> <li>• Agitar el grupo de tamices hasta que la cantidad de micelio del hongo que pasa a través de la parte superior del grupo de tamices sea insignificante (aproximadamente 10 minutos)</li> <li>• Remover el tamiz de la parte superior y agitar hasta que la cantidad de micelio a través del siguiente tamiz sea insignificante.</li> <li>• Continuar de igual forma con los otros tamices hasta que todos sean removidos.</li> <li>• Pesar cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de micelio.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b></p> <p><b>Ecuación 4-2:</b> Peso individual</p> $P_{individual} = (\text{Peso del tamiz} + \text{Fracción del micelio}) - (\text{peso tamiz vacío})$ <p><b>Ecuación 5-2:</b> Porcentaje del tamaño del granulo</p> $\text{Total} = \sum \text{Pesos netos individuales}$
	<p><b>Método de Ensayo:</b></p> <p>(Aristizábal y Sánchez, 2007)</p>

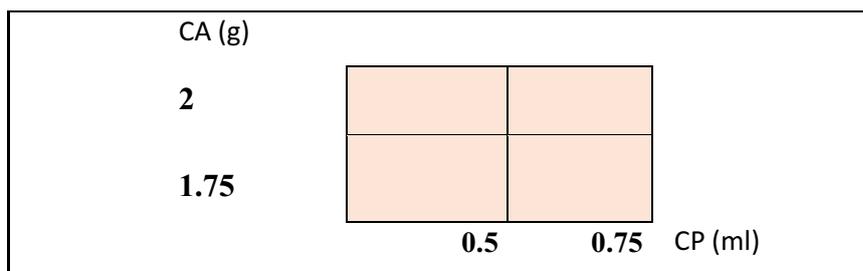
Continuación de la tabla 12-2: Caracterización del micelio.

<b>8</b>	<b>FIBRA, PROTEINA, GRASA Y ANALISIS MICROBIOLÓGICOS</b>
	<p>La determinación del porcentaje de fibra, proteína y los análisis microbiológicos se realizó en el laboratorio de Servicios de Análisis Químicos y Microbiológicos SAQMIC, a cargo de la Dra. Gina Álvarez responsable técnica de laboratorio, los cuales los métodos utilizados son: para el porcentaje de fibra método gravimétrico, para porcentaje de proteína método micro-keldahl y para los análisis microbiológicos el método siembra en masa.</p>
<b>9</b>	<b>AMILOSA Y AMILOPECTINA</b>
	<p>La determinación del porcentaje de amilosa se realizó en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP, para el porcentaje de amilosa se utiliza el método MO-LSAIA-04 y para la obtención del porcentaje de amilopectina se tomó la diferencia 100% a partir del porcentaje de amilosa.</p>

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 2.12.5. Obtención del Biofilm

Para la elaboración del biofilm se utilizará por el método factorial  $2^k$  en el cual, 2= plastificante y la concentración del micelio, k= número de las repeticiones. Consiguiendo  $2^k = (2*2)^4 = 16$  pruebas con los cuatro tratamientos. Como se puede visualizar en la tabla 13-2. En la tabla 14-2 se visualiza las diferentes sustancias que se seleccionaron para constantes y variables para la producción del biofilm utilizando el método factorial  $2^k$  (Charro, 2015).



**Gráfico 4-2:** Diseño experimental factorial  $2^k$  para la elaboración del biofilm

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 13-2:** Obtención del biofilm a partir del diseño factorial  $2^k$

Nº	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN
1	TA1	CAH1 CP1	R1
2			R2
3			R3
4			R4
5	TA2	CAH1 CP2	R1
6			R2
7			R3
8			R4
9	TA3	CAH2 CP1	R1
10			R2
11			R3
12			R4
13	TA4	CAH2 CP2	R1
14			R2
15			R3
16			R4

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 14-2:** Variables y Constantes para la producción del biofilm del hongo

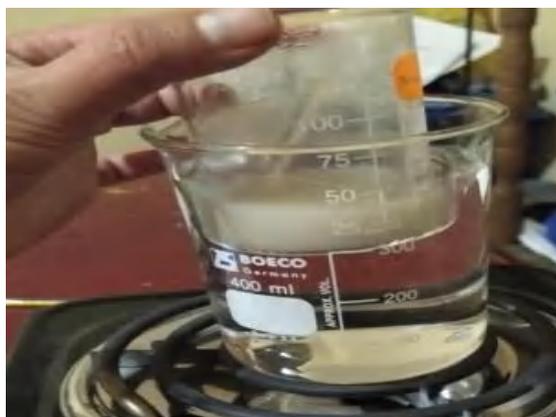
VARIABLES				CONSTANTES	
Micelio (gramos)		Glicerina (ml)		Ácido Acético (ml)	Agua Destilada (ml)
CAH1	CAH2	CP1	CP2	4	30
2	1.75	0.5	0.75		

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 15-2:** Obtención del Biofilm

<b>Equipos y Materiales</b>	<b>Reactivo</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Método de Ensayo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufa</li> <li>• Reverbero</li> <li>• Varilla de agitación</li> <li>• Vaso de precipitación de 250 ml</li> <li>• Probetas de 250 ml y 50 ml</li> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Espátula</li> <li>• Cajas Petri</li> <li>• Moldes Pyrex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Ácido acético</li> <li>• Glicerina</li> <li>• Micelio del hongo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el vaso de precipitación preparar la solución micelio - agua destilada</li> <li>• Pesar 2 gramos del micelio del del hongo, y diluir con 30 ml de agua destilada y agitar constantemente.</li> <li>• Colocar en baño maría la solución.</li> <li>• Leer la temperatura con un termómetro hasta que alcance a los 60°C.</li> <li>• Adicionar el plastificante 0.50 ml y el conservante 3 ml.</li> <li>• Mover la solución hasta que este alcance a su temperatura de gelatinización.</li> <li>• Agitar la solución hasta que se homogenice.</li> <li>• Dejar enfriar</li> <li>• Colocar la mezcla en las cajas Petri, moldes pyrex.</li> <li>• Secar la muestra al ambiente por 48 horas.</li> <li>• Desmoldar el biofilm</li> <li>• Realizar la caracterización física.</li> </ul>	<p>Diseño Factorial <math>2^k</math> (Charro, 2015)(Charro, 2015)(Charro, 2015)(Charro, 2015) (Charro, 2015, p.30)</p>

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.



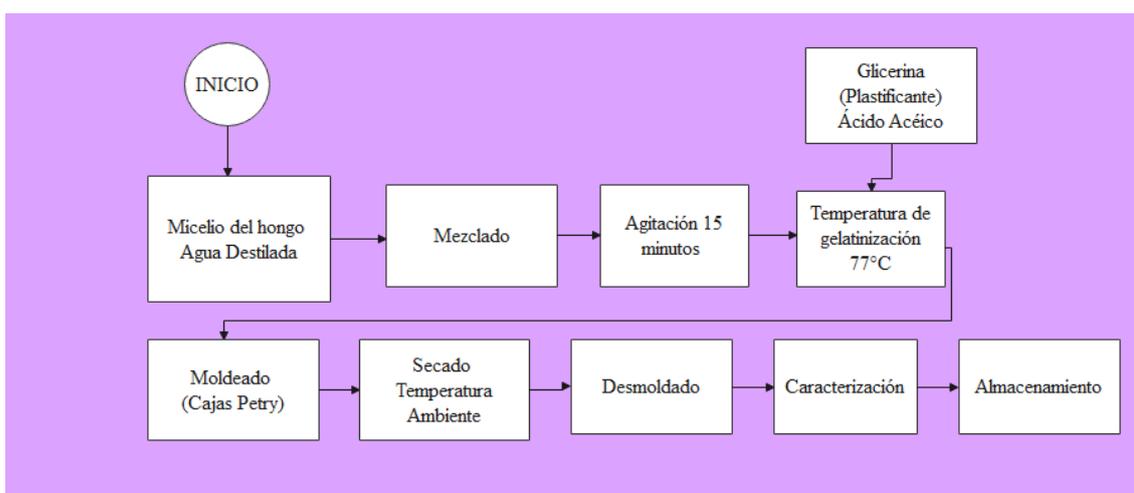
**Figura 13-2:** Preparación del biofilm.

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.



**Figura 14-2:** Biofilm en cajas petri.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 5-2:** Diagrama de flujo de elaboración de biofilm.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 2.12.6. Caracterización del biofilm

**Tabla 16-2:** Caracterización del biofilm

N°	ENSAYOS AL BIOFILM
1	<b>ESPESOR</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pie de Rey</li> <li>• Bisturí</li> <li>• Láminas de Biofilm</li> </ul>

Continuación de la tabla 16-2: Caracterización del biofilm.

	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortar películas con las medidas de 2,5cm x 2.5 cm</li> <li>• Medir con pie de rey las láminas de biofilm</li> <li>• Medir el espesor</li> <li>• Realizar el promedio de las mediciones dadas</li> </ul> <p><b>Cálculo:</b> Medición directa</p> <p><b>Método de Ensayo:</b> (Charro, 2015, p.31)</p>
2	<p style="text-align: center;"><b>HUMEDAD</b></p> <p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza Analítica</li> <li>• Estufa</li> <li>• Láminas de Biofilm</li> </ul> <p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilizar la estufa durante 30 minutos hasta que obtenga una temperatura de 105°C</li> <li>• Tomar el peso inicial de las muestras del biofilm</li> <li>• Colocar en la estufa las muestras durante 24 horas</li> <li>• Realizar el promedio de las mediciones dadas</li> </ul> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;"><i>% Porcentaje de Humedad</i></p> $= \frac{\text{Peso inicial muestra} - \text{Peso final muestra}}{\text{Peso inicial muestra}} * 100$ <p>Ecuación 6-2: Porcentaje de humedad del biofilm</p> <p><b>Método de Ensayo:</b> (Charro, 2015, p.32)</p>

Continuación de la tabla 16-2: Caracterización del biofilm.

<b>SOLUBILIDAD EN AGUA</b>	
3	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaso de precipitación</li> <li>• Papel Filtro</li> <li>• Agitador Shaker</li> <li>• Láminas de Biofilm</li> <li>• Probeta</li> </ul> <p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las películas previamente secadas se colocarán en un vaso de precipitación de 100 ml con 80 ml de agua destilada</li> <li>• Colocar las películas en el agitador shaker a 100 rpm por un tiempo de 1 hora</li> <li>• Filtrar y se procede a colocar en una estufa a 40°C por 30 minutos</li> <li>• Luego colocar en una estufa a 105°C hasta obtener un peso constante.</li> </ul> <p><b>Cálculo:</b></p> <p style="text-align: center;"><i>% Porcentaje de Solubilidad</i></p> $= \frac{\text{Peso inicial muestra seco} - \text{Peso final muestra seco}}{\text{Peso inicial muestra seco}} * 100$ <p>Ecuación 7-2: Porcentaje de solubilidad del biofilm</p> <p><b>Método de Ensayo:</b></p> <p>(Escobar, D. Sala, 2011,p.2)</p>
<b>PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA</b>	
4	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica con una precisión de 0.01 g</li> <li>• Tubos de ensayo</li> <li>• Desecador</li> </ul>

Continuación de la tabla 16-2: Caracterización del biofilm.

<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utilizó el método desecante, mediante el uso de sílice gel activada previamente activada por 24 horas a una temperatura de 105°C.</li> <li>• Llenar las <math>\frac{3}{4}</math> partes de los tubos de ensayo con sílice</li> <li>• Medir la altura y el diámetro de los tubos para la utilización del método.</li> <li>• Se cortaron películas de 2.5 x2.5 cm por cada tratamiento, las cuales son colocados en la boca del tubo de ensayo y posterior sellar herméticamente con cinta.</li> <li>• Colocar en el desecador con un ambiente de humedad relativa 48% - 52%, en el fondo del desecador se colocó una solución saturada de cloruro de sodio y a una temperatura de 20°C- 27°C, y posterior las muestras fueron pesadas durante 6 horas consecutivas.</li> </ul>
<p><b>Cálculo:</b></p> <p><b>Ecuación 8-2:</b> Tasa de transmisión de vapor</p> $WVTR = \left( \frac{Q}{t} \right) \text{ expresado en } \left( \frac{g}{h \text{ } xm^2} \right)$ <p>Dónde:</p> <p>Q= Peso ganado del desecante en gramos</p> <p>WVTR= Tasa de transmisión del vapor de agua</p> <p>t= tiempo de la prueba en horas</p> <p>A= Área total de la biopelícula</p> <p><b>Ecuación 9-2:</b> Transmisión de vapor de agua</p> $WVP = \frac{WVTR \times z}{S' (HR_2 - HR_1)}$ <p>Dónde:</p> <p>WVP= Permeabilidad de vapor de agua (<math>g * h^{-1} * m^{-1} * MPa^{-1}</math>)</p> <p>WVTR= Pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m)</p> <p>S' = Presión de vapor de agua a la temperatura de ensayo (MPa) (T= 20°C)</p> <p>HR<sub>2</sub> = Humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR<sub>2</sub>=75°C)</p> <p>HR<sub>1</sub> = Humedad relativa en el interior de la celda (HR<sub>1</sub> = 0%)</p> <p>z= espesor (m)</p>
<p><b>Método de Ensayo:</b></p> <p>(ASTM 1653 – 93, 2008, p.4)</p>

Continuación de la tabla 16-2: Caracterización del biofilm.

5	<b>ENSAYO DE TRACCIÓN</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina Universal de pruebas de tracción</li> <li>• Lámina de plástico- Probeta</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El ensayo radica en deformar la probeta en su eje mayor, a velocidad constante aplicando una fuerza determinada hasta que la probeta se rompa o hasta que la carga o el alargamiento alcance un valor previamente elegido.</li> <li>• Prueba realizada en el laboratorio de Curtiembre y Fibras de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Espoch.</li> </ul>
	<p><b>Método de Ensayo:</b> (INEN NTE 2635, 2012, p.6)</p>
6	<b>BIODEGRADABILIDAD</b>
	<p><b>Materiales y Equipos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bioplástico</li> <li>• Vasos de plásticos</li> <li>• Balanza</li> </ul>
	<p><b>Procedimiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La biodegradabilidad esta evaluado por el método gravimétrico.</li> <li>• Se cortaron películas con las medidas de 2,5cm x 2.5 cm para cada tratamiento</li> <li>• Son evaluadas por tres medios agua, aire y suelo.</li> <li>• AIRE: Colocar las muestras en un vaso desechable</li> <li>• AGUA: Colocar la película con 50 ml de agua en un vaso desechable.</li> <li>• TIERRA: En un recipiente colocar dos capas de tierra la primera de 3 cm de altura y colocar el bioplástico, después adicionar la segunda capa de la tierra en 10 cm de altura.</li> <li>• Tomar los pesos del biofilm durante 28 días.</li> </ul>
	<p><b>Cálculo:</b></p> $\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial muestra seca} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial muestra seca}} * 100$ <p><b>Ecuación 10-2:</b> Porcentaje de biodegradabilidad de las muestras</p>
	<p><b>Método de Ensayo:</b> (Vanegas, 2014, p.41)</p>

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Datos físicos químicos obtenidos del micelio del hongo

**Tabla 1-3:** Características organolépticas del micelio del hongo

N°	Micelio del hongo	
	Características	
1	Color	Amarillo
2	Sabor	Desabrido
3	Olor	Característico
4	Textura Interna	Seco
5	Textura interna	Media lisa

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 2-3:** Características Organolépticas de la extracción del micelio

N°	Extracción del micelio del hongo	
	Características	
1	Color	Amarillo
2	Sabor	Insípido
3	Olor	Inoloro
4	Textura	Granular

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

#### 3.1.1. Datos recolectados del proceso de extracción del micelio por vía húmeda

Se encuentra los resultados que se obtuvieron en el proceso mecánico de extracción del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* por el método de vía húmeda, aplicando el método diseño factorial  $2^k$  se estableció 6 tratamientos con 4 repeticiones con un total de 24 experimentaciones; cada experimentación se realizó con 200 gramos de materia prima con 500 ml de agua destilada, con la adición de 2 variables el tiempo 30, 45 y 60 segundos y las revoluciones por minuto: alta y baja.

**Tabla 3-3:** Resultados del rendimiento en la extracción del micelio del hongo

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Peso (gramos)			Rendimiento		Tiempo de secado	
					Materia prima (g)	Almidón		$R = \frac{\text{micelio obtenido}}{\text{materia prima}} \times 100$			
						R	PROMEDIO	TOTAL	R		PROMEDIO
1	T1	RPM A: 30 s	R1	500	200	15,11	15,41	61,64	7,56	7,71	48
2			R2			15,15			7,58		
3			R3			15,74			7,87		
4			R4			15,64			7,82		
5	T2	RPM A: 45 s	R1			19,19	19,26	77,02	9,60	9,63	48
6			R2			19,18			9,59		
7			R3			19,56			9,78		
8			R4			19,09			9,55		
9	T3	RPM A: 60 s	R1			25,56	25,49	101,94	12,78	12,74	48
10			R2			25,32			12,66		
11			R3			25,05			12,53		
12			R4			26,01			13,01		
13	T4	RPM B: 30 s	R1			12,13	12,38	49,51	6,07	6,19	48
14			R2			12,15			6,08		
15			R3			12,67			6,34		
16			R4			12,56			6,28		
17	T5	RPM B: 45 s	R1			17,04	17,13	68,52	8,52	8,57	48
18			R2			17,12			8,56		
19			R3			17,13			8,57		
20			R4			17,23			8,62		

21			R1		21,45		10,73	
22	T6	RPM B: 60 s	R2		21,23	21,23	10,62	10,62
23			R3		21,12	84,93	10,56	48
24			R4		21,13		10,57	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.2. Cantidad de humedad y materia seca del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 4-3:** Resultados de humedad y materia seca

N°	(%) Humedad	Promedio	% Materia seca	Promedio
1	12,79	12,91	87,21	87,086
2	12,85		87,15	
3	13,10		86,90	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.3. Contenido de ceniza

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 5-3:** Resultados de ceniza

N°	(%) Ceniza	Promedio
1	0.11	0.11
2	0.12	
3	0.11	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.4. Solubilidad

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 6-3:** Resultados de solubilidad

N°	Solubilidad
1	Ligera Opalencia
2	Ligera Opalencia
3	Ligera Opalencia

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.5. Viscosidad

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 7-3:** Resultados de Viscosidad

N°	Viscosidad	Promedio
1	850,06	849,08
2	849,08	
3	848,12	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.6. pH

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 8-3:** Resultados de pH

N°	pH	Promedio
1	5.09	5.06
2	5.04	
3	5.04	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.7. Temperatura de Gelatinización

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 9-3:** Resultados de Temperatura de Gelatinización

N°	Temperatura de Gelatinización	Promedio
1	77	77
2	77	
3	77	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.8. Granulometría del micelio

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 10-3:** Resultado de la granulometría

Nº	Tamiz (um)	PROMEDIO (%)
1	425	14.45
2	300	12
3	150	34.5
4	106	35.22
5	53	2.03
6	Base	1.8
7	Total	100

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.9. Porcentaje de Amilosa y Amilopectina del micelio

Se realizan 3 repeticiones por cada ensayo para obtener un promedio en cada uno de los ensayos.

**Tabla 11-3:** Datos del porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón

Nº	Prueba	Resultado (%)	Institución
1	Amilosa	21,81	INIAP
2	Amilopectina	78,19	INIAP

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.10. Análisis Microbiológicos del micelio

Para los análisis microbiológicos del micelio del hongo la (Aristizábal y Sánchez, 2007), indica que para coliformes fecales presenta un valor de referencia <10 UFC/g, para los análisis de mohos y levaduras no debe superar un valor de 1000 a 5000 UFC/g.

**Tabla 12-3:** Resultados Análisis Microbiológicos

Micelio del Hongo				
Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultados	Valores de Referencia
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia	<10 UFC/g
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembra en masa	100	1 000- 5 000 UFC/g

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.1.11. Parámetros físico-químicos y microbiológicos para el micelio

Posterior de la extracción del micelio se realizó la caracterización del mismo, realizando los ensayos químicos en el laboratorio de Bromatología y Productos Naturales de la Epoch, la prueba de fibra, proteína, grasa y análisis microbiológicos se realizó en el laboratorio SAQMIC a cargo de la Dra. Gina Álvarez, los análisis de amilosa se realizaron en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias en el laboratorio de INIAP.

**Tabla 13-3:** Datos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del micelio del hongo

Datos físicos, químicos y microbiológicos del micelio del hongo					
N°	Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Método de Ensayo
1	Tamaño del granulo	%		60-80%	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
2	Humedad	%	12.91	10-13	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
3	Materia seca	%	87.086	87-90	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
4	Ceniza	%	0.11	< 0.12	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
5	Solubilidad		Opalescencia	Opalescencia	(NTE INEN 1456, 2012)
6	pH		5.06	5--7	(NTE INEN 1456, 2012)
7	Grasa	%	0.351		Gravimétrico Extracción del solvente
8	Fibra	%	0.28	<2	Gravimétrico Acido Base Digestión
9	Proteína	%	0,345	>35	Micro-keldahl
10	Viscosidad	mPa	849.08	840-1500	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
11	Temperatura de Gelatinización	°C	77	70 -79	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
12	Amilosa	%	21,81	17-24	ISO 6647-1(2014)
13	Amilopectina	%	62.4	76-83	ISO 6647-1(2014)

1 4	Levaduras y mohos	UFC/g	100	1 – 5 * 10 <sup>5</sup>	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
1 5	Coliformes Fecales	UFC/g	Ausencia	Ausencia	(Aristizábal y Sánchez, 2007)
1 6	Aerobios Mesófilos	UFC/g	200	2 – 3 * 10 <sup>5</sup>	(Aristizábal y Sánchez, 2007)

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2. Resultados obtenidos de la elaboración del biofilm

Después de realizar la caracterización del micelio se empieza a realizar la producción del biofilm mediante el diseño factorial 2k, en el cual se tiene dos variables como es la concentración del micelio y la glicerina, obteniendo según los cálculos 4 tratamientos con 4 repeticiones consiguiendo 16 pruebas como se puede localizar en la tabla 13-3.

**Tabla 14-3:** Ensayos preliminares para la producción del biofilm

Tratamientos	Cantidad			
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido Acético
TA1	2	0.75	30	4
TA2	2	0.50	30	4
TA3	1,75	0.75	30	4
TA4	1,75	0.50	30	4

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 15-3:** Resultados de la elaboración del biofilm mediante el método diseño factorial 2k.

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Tiempo de elaboración (min)	Temperatura (°C)	Secado del micelio				Peso (g)	Espesor (mm)	
						Lugar	Temperatura (°C)	Método	Tiempo (h)			
1	TA1	CAH1 CP1	R1	5	77	LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES	25°C	SECADO AL NATURAL	48	0.812	0.11	0.1 1
2			R2	5						0.815	0.10	
3			R3	5						0.821	0.12	
4			R4	5						0.817	0.11	
5	TA2	CAH1 CP2	R1	6						0.745	0.10	0.1 1
6			R2	6						0.753	0.11	
7			R3	6						0.768	0.11	
8			R4	6						0.745	0.12	
9	TA3	CAH2 CP1	R1	6						0.845	0.11	0.1 0
10			R2	6						0.843	0.10	
11			R3	6						0.856	0.10	
12			R4	6						0.857	0.10	
13	TA4	CAH2 CP2	R1	5						0.756	0.11	0.1 1
14			R2	5						0.754	0.11	



### 3.2.1. Análisis sensorial del biofilm

**Tabla 16-3:** Resultados del análisis sensorial del biofilm

Tratamiento	% Micelio	% Plastificante (Glicerina)	Facilidad de moldeo	Forma de Película	Transparencia	Estabilidad
TA1	2	0,75	SI	SI	SI	SI
TA2	2	0,5	SI	SI	SI	SI
TA3	1,75	0,75	SI	SI	SI	SI
TA4	1,75	0,5	SI	SI	SI	SI

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.2. Cálculos de la caracterización físico-químico del biofilm del micelio del hongo

#### 3.2.2.1. Humedad

Para el contenido de humedad se lo realizo cada muestra por triplicado, para obtener un promedio de las repeticiones de los 4 tratamientos, de la ecuación 6-2. Se tendrá el cálculo de la humedad del biofilm TA1.

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

$$\% \text{ Humedad} = \frac{0,58 - 0,45}{0,58} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 22,41$$

#### 3.2.2.2. Cálculo de la Solubilidad en agua

Para el cálculo es necesario realizar por triplicado para obtener un promedio de los 4 tratamientos, de la ecuación 7-2 se tendrá el cálculo del porcentaje de solubilidad para el tratamiento TA1.

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial muestra seco} - \text{Peso final muestra seco}}{\text{Peso inicial muestra seco}} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,30 - 0,18}{0,30} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 40$$

### 3.2.2.3. Cálculo de la permeabilidad al vapor de agua

Para el cálculo de la permeabilidad tenemos que sacar primero la Tasa de transmisión de vapor (WVTR) para lo cual utilizamos la ecuación 8-3.

$$WVTR = \frac{Q}{A} \text{ Expresado en unidades de } \left( \frac{g}{hxm^2} \right)$$

$$WVTR_{TA1} = \frac{(30,191 - 30,185)}{6 h} \frac{1}{2,06x10^{-4} m^2}$$

$$WVTR_{TA1} = \frac{1x10^{-3}}{2,06x10^{-4} m^2} = 4,85 \left( \frac{g}{hxm^2} \right)$$

**Tabla 17-3:** Resultados de la tasa de transmisión de vapor del biofilm

N°	TA1 $\frac{g}{hxm^2}$	TA2 $\frac{g}{hxm^2}$	TA3 $\frac{g}{hxm^2}$	TA4 $\frac{g}{hxm^2}$
R1	4,85	4,90	6,07	3,16
R2	4,86	12,72	3,00	4,47
R3	8,56	3,80	3,15	2,26
<b>Promedio</b>	6,09	7,14	4,073	3,30

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

Posterior al cálculo de la Tasa de transmisión de vapor (WVTR) calculamos la permeabilidad al vapor de agua o transmisión de vapor de agua, utilizando la ecuación 9-3, descrito en el capítulo anterior.

$$\text{De la ecuación 9-3} \quad WVP = \frac{WVTR \times z}{S'(HR_2 - HR_1)}$$

Donde  $S' = 0,002392 \text{ MPa}$  a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , se localiza en la tabla A-4 del Apéndice N° 1 en el libro de Cengel.

$$WVP_{TA1} = \frac{4,85 \frac{\text{g}}{\text{hxm}^2} \times (1 \times 10^{-4} \text{m})}{0,002392 \text{ MPa} (75 - 0)}$$

#### 3.2.2.4. Cálculo de la biodegradabilidad

Para esta prueba se realizó en tres medios diferentes en agua, aire y tierra, se cortaron para cada tratamiento 4 biofilm por cada medio, en la prueba del suelo se toma medidas cada dos días para conocer su peso exacto de su descomposición, de la ecuación 10-3 se procederá a calcular la biodegradabilidad del biofilm TA1 en los tres medios.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial muestra seca} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial muestra seca}} * 100$$

AGUA:

$$\% \text{ Pérdida de peso}_{AGUA} = \frac{0,060 - 0,037}{0,060} * 100 = 38,333$$

AIRE:

$$\% \text{ Pérdida de peso}_{AIRE} = \frac{0,091 - 0,085}{0,091} * 100 = 6,593$$

SUELO:

$$\% \text{ Pérdida de peso}_{SUELO} = \frac{0,150 - 0,118}{0,150} * 100 = 21,667$$

### 3.2.3. Resultados de la caracterización del biofilm

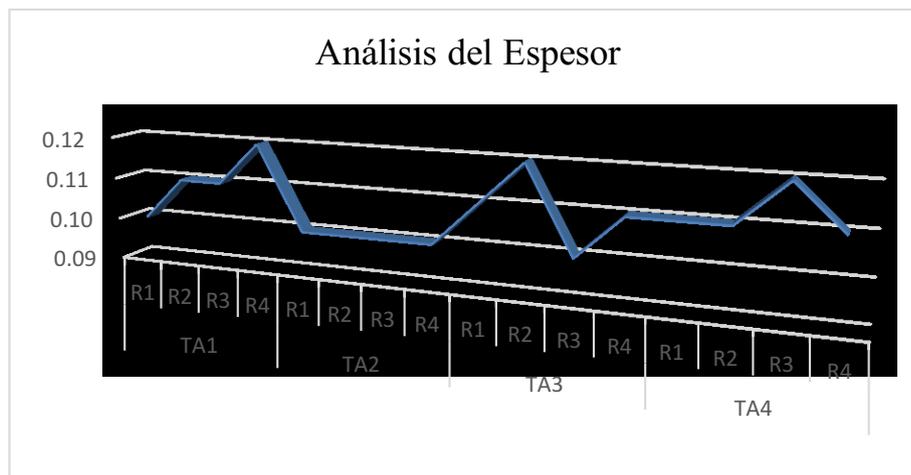
#### 3.2.3.1. Espesor

Para este ensayo se utilizó un pie de rey con la resolución de 0.002cm, tomando 4 biofilm de cada uno de los tratamientos con las medidas de 2,5 x 2,5 cm y con los resultados se obtuvo un promedio de los mismos.

**Tabla 18-3:** Resultados del ensayo de espesor del biofilm

N°	Tratamiento	Variabes	Repetición	Espesor (mm)	Promedio (mm)
1	TA1	CAH1 CP1	R1	0,10	0,11
2			R2	0,11	
3			R3	0,11	
4			R4	0,12	
5	TA2	CAH1 CP2	R1	0,10	0,10
6			R2	0,10	
7			R3	0,10	
8			R4	0,10	
9	TA3	CAH2 CP1	R1	0,11	0,11
10			R2	0,12	
11			R3	0,10	
12			R4	0,11	
13	TA4	CAH2 CP2	R1	0,11	0,11
14			R2	0,11	
15			R3	0,12	
16			R4	0,11	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 1-3.** Análisis del espesor de los biofilm

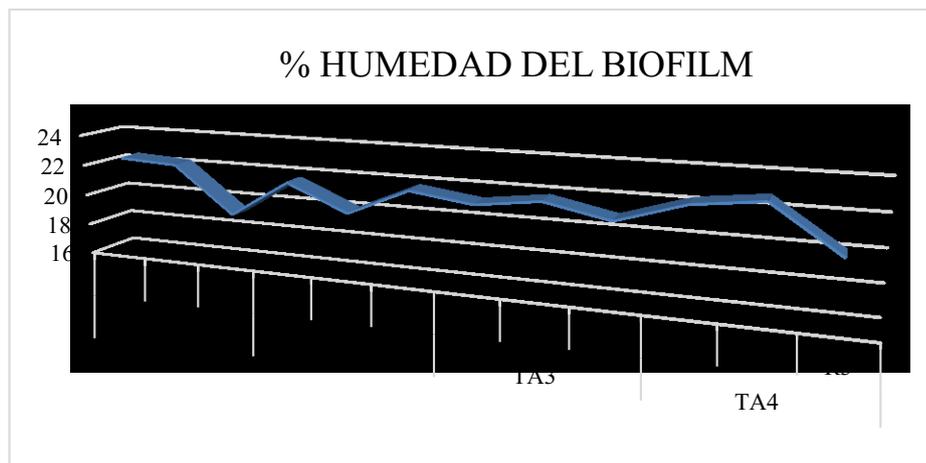
Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.3.2. Contenido de Humedad

**Tabla 19-3:** Resultados del ensayo de humedad del biofilm

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Peso Inicial	Peso Final	Humedad (%)	Humedad Promedio (%)
1	TA1	CAH1 CP1	R1	0,58	0,45	22,41	21,29
2			R2	0,36	0,28	22,22	
3			R3	0,26	0,21	19,23	
4	TA2	CAH1 CP2	R1	0,37	0,29	21,62	21,12
5			R2	0,40	0,32	20,00	
6			R3	0,46	0,36	21,74	
7	TA3	CAH2 CP1	R1	0,33	0,26	21,21	21,29
8			R2	0,23	0,18	21,74	
9			R3	0,43	0,34	20,93	
10	TA4	CAH2 CP2	R1	0,27	0,21	22,22	21,65
11			R2	0,22	0,17	22,72	
12			R3	0,30	0,20	20,00	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 2-3:** Análisis de la humedad de los biofilm

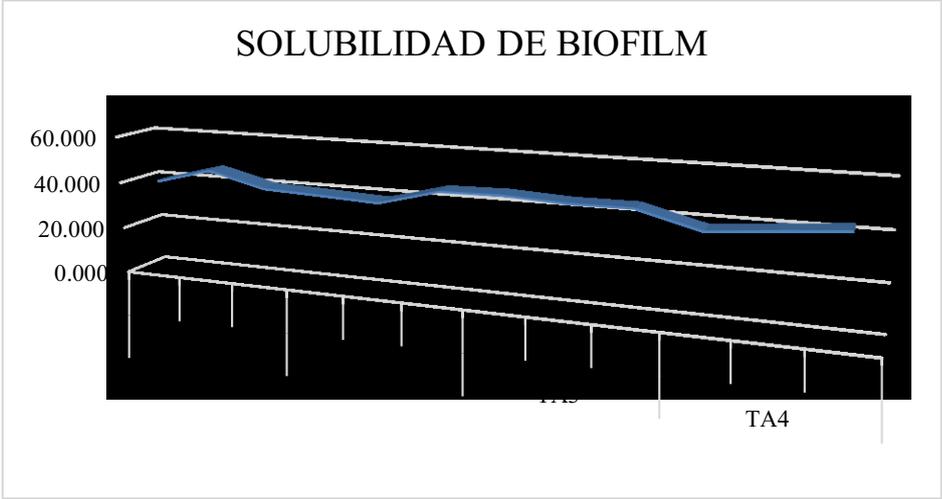
Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.3.3. Solubilidad del biofilm

**Tabla 20-3:** Resultados de análisis de Solubilidad en el biofilm

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Peso inicial seco (g)	Peso final seco (g)	Solubilidad (%)	Solubilidad promedio (%)
1	TA1	CAH1 CP1	R1	0,300	0,180	40,000	42,321
2			R2	0,282	0,151	46,453	
3			R3	0,353	0,210	40,509	
4	TA2	CAH1 CP2	R1	0,202	0,122	39,603	41,084
5			R2	0,231	0,142	38,528	
6			R3	0,164	0,09	45,121	
7	TA3	CAH2 CP2	R1	0,217	0,118	45,622	44,862
8			R2	0,196	0,109	44,387	
9			R3	0,249	0,138	44,578	
10	TA4	CAH2 CP1	R1	0,028	0,018	37,931	40,341
11			R2	0,183	0,109	40,437	
12			R3	0,211	0,121	42,654	

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 3-3:** Análisis de solubilidad del biofilm

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.3.4. Permeabilidad del biofilm

Para el cálculo de permeabilidad del biofilm utilizamos los datos calculados previamente.

**Tabla 21-3:** Datos para calcular la permeabilidad del biofilm

N°	N°	( $\theta$ ) (mm)	Radio (mm)	Radio m	Área $\pi r^2$	Pi	P1	P2	P3	P4	P5	P6
TA1	R1	16,2	8,10	$8,10 \times 10^{-3}$	$2,06 \times 10^{-4}$	30,185	30,189	30,187	30,188	30,189	30,19	30,191
	R2	16,2	8,10	$8,10 \times 10^{-3}$	$2,06 \times 10^{-4}$	32,152	32,155	32,154	32,155	32,157	32,156	32,158
	R3	16,5	8,25	$8,25 \times 10^{-3}$	$2,14 \times 10^{-4}$	36,664	36,667	36,667	36,67	36,672	36,672	36,675
TA2	R1	16,1	8,05	$8,05 \times 10^{-3}$	$2,04 \times 10^{-4}$	30,791	30,794	30,792	30,793	30,795	30,795	30,797
	R2	16,3	8,15	$8,15 \times 10^{-3}$	$2,09 \times 10^{-4}$	29,958	29,961	29,962	29,964	29,967	29,97	29,974
	R3	16,7	8,35	$8,35 \times 10^{-3}$	$2,19 \times 10^{-4}$	30,781	30,782	30,784	30,784	30,785	30,785	30,786
TA3	R1	16,7	8,35	$8,35 \times 10^{-3}$	$2,19 \times 10^{-4}$	30,319	30,322	30,322	30,323	30,324	30,325	30,327
	R2	16,8	8,40	$8,40 \times 10^{-3}$	$2,22 \times 10^{-4}$	32,592	32,595	32,593	32,594	32,595	32,594	32,596
	R3	16,4	8,20	$8,20 \times 10^{-3}$		30,296	30,299	30,297	30,299	30,299	30,299	30,300

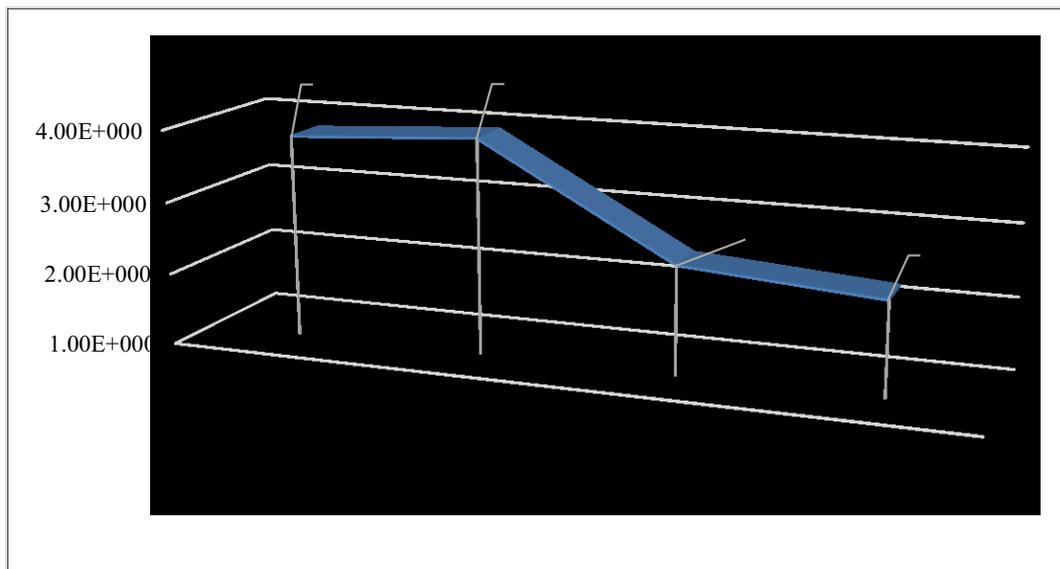
					$2,11 \times 10^{-4}$							
TA4	R1	16,4	8,20	$8,20 \times 10^{-3}$	$2,11 \times 10^{-4}$	29,002	29,004	29,002	29,004	29,004	29,005	29,006
	R2	16,9	8,45	$8,45 \times 10^{-3}$	$2,24 \times 10^{-4}$	30,401	30,404	30,405	30,405	30,405	30,406	30,407
	R3	16,8	8,40	$8,40 \times 10^{-3}$	$2,22 \times 10^{-4}$	29,005	29,006	29,006	29,007	29,007	29,008	29,008

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Tabla 22-3:** Resultados del ensayo de permeabilidad al vapor del agua para el biofilm.

N°	TA1 $\frac{g}{h.MPa.m}$	TA2 $\frac{g}{h.MPa.m}$	TA3 $\frac{g}{h.MPa.m}$	TA4 $\frac{g}{h.MPa.m}$
R1	0,00273	0,00325	0,00372	0,00194
R2	0,00709	0,00298	0.00201	0,00274
R3	0,00211	0,00525	0,00176	0,00221
PROMEDIO	0,00398	0,00383	0,00249	0,00229

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 4-3:** Análisis de permeabilidad del biofilm

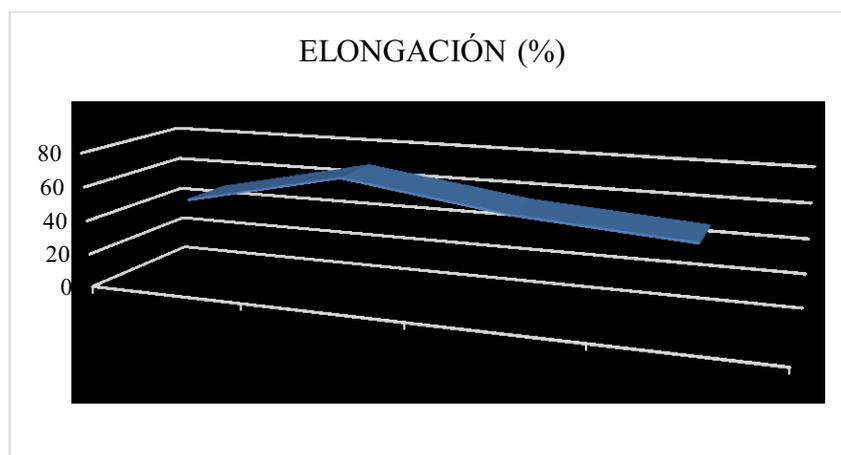
Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.3.5. Ensayo de Tracción

**Tabla 23-3:** Resultados del análisis de tracción

Nº	TRATAMIENTO	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ELONGACIÓN (%)
1	TA1	4,9	3,26	50
2	TA2	3,9	2,6	70
3	TA3	3,9	2,6	56,67
4	TA4	2	1,33	50

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 5-3:** Análisis de elongación del biofilm

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### 3.2.3.6. Ensayo de Biodegradabilidad

**Tabla 24-3:** Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Agua

BIODEGRADABILIDAD (AGUA)					
Nº	TRATAMIENTOS	Peso inicial seco (g)	DIAS	Peso final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	TA1	0,060	7	0,037	38,333
2		0,061	14	0,025	58,333
3		0,060	21	0,019	68,333
4		0,062	28	0,014	76,667
1	TA2	0,131	7	0,079	40,000
2		0,122	14	0,055	58,092
3		0,143	21	0,039	70,229
4		0,136	28	0,022	83,206
1	TA3	0,160	7	0,100	37,500

2		0,161	14	0,074	53,750
3		0,164	21	0,066	59,000
4		0,162	28	0,041	74,688
1	TA4	0,080	7	0,049	39,250
2		0,083	14	0,039	51,250
3		0,085	21	0,027	66,250
4		0,082	28	0,016	80,000

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

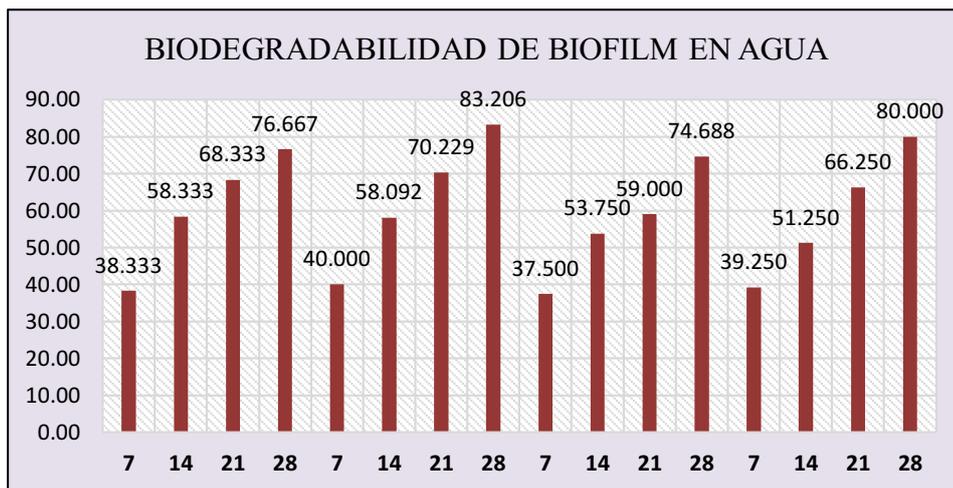


Gráfico 6-3: Análisis Biodegradabilidad en Agua

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

Tabla 25-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Aire

BIODEGRADABILIDAD (AIRE)					
Nº	Tratamientos	Peso inicial seco (g)	Días	Peso final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	TA1	0,091	7	0,085	6,593
2		0,092	14	0,078	14,286
3		0,093	21	0,074	18,681
4		0,091	28	0,065	28,571
1	TA2	0,078	7	0,070	10,256
2		0,079	14	0,065	16,667
3		0,074	21	0,051	34,615
4		0,077	28	0,05	35,897
1	TA3	0,071	7	0,068	4,225
2		0,072	14	0,058	18,310
3		0,073	21	0,054	23,944

4		0,074	28	0,047	33,803
1	TA4	0,064	7	0,058	9,375
2		0,065	14	0,051	20,313
3		0,066	21	0,047	26,563
4		0,067	28	0,041	35,938

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

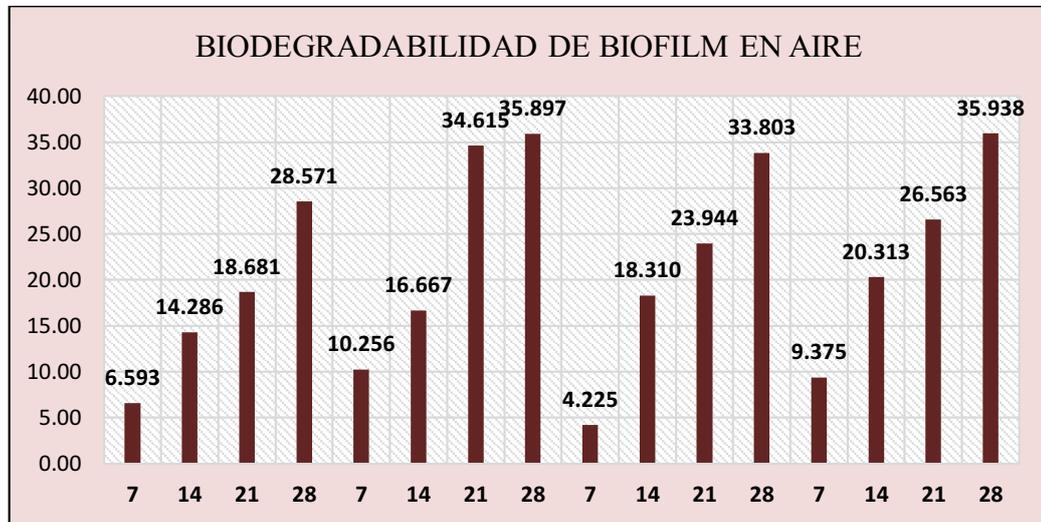


Gráfico 7-3: Análisis Biodegradabilidad en Aire

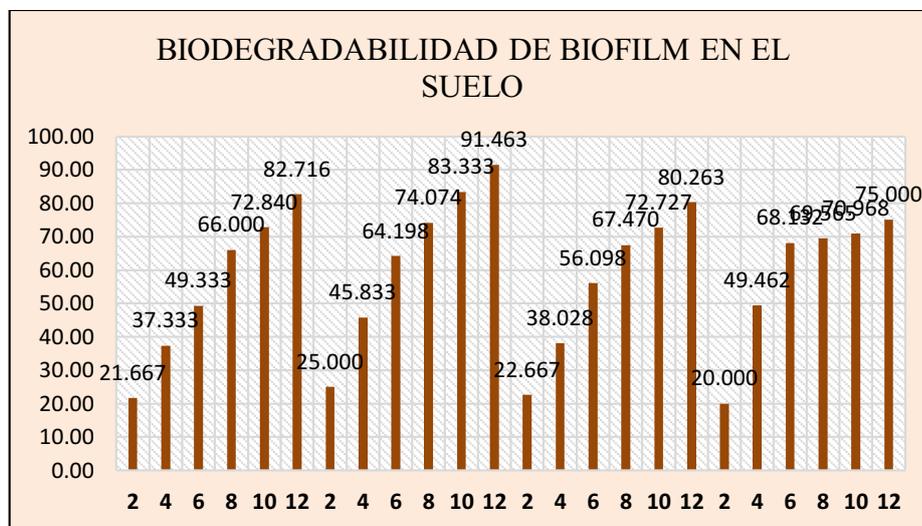
Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

Tabla 26-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad en Tierra

BIODEGRADABILIDAD (SUELO)					
Nº	Tratamientos	Peso inicial seco (g)	Días	Peso final seco (g)	Pérdida de peso (%)
1	TA1	0,150	2	0,118	21,667
2		0,160	4	0,094	37,333
3		0,171	6	0,076	49,333
4		0,150	8	0,051	66,000
5		0,162	10	0,044	72,840
6		0,177	12	0,028	82,716
1	TA2	0,080	2	0,060	25,000
2		0,072	4	0,039	45,833
3		0,081	6	0,029	64,198
4		0,078	8	0,021	74,074
5		0,082	10	0,013	83,333
6		0,075	12	0,007	91,463

1	TA3	0,071	2	0,058	22,667
2		0,082	4	0,044	38,028
3		0,083	6	0,036	56,098
4		0,077	8	0,027	67,470
5		0,076	10	0,021	72,727
6		0,085	12	0,015	80,263
1	TA4	0,093	2	0,068	20,000
2		0,091	4	0,047	49,462
3		0,092	6	0,029	68,132
4		0,093	8	0,028	69,565
5		0,092	10	0,027	70,968
6		0,094	12	0,023	75,000

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.



**Gráfico 8-3:** Análisis Biodegradabilidad en suelo.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

### **3.3. Prueba de hipótesis**

#### **3.3.1. Hipótesis 1**

La invasión del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando el residuo de trigo tuvo resultados aceptables, donde los parámetros de crecimiento en este caso la temperatura y la humedad fueron controlados por la incubadora, obteniendo una producción eficiente y a corto plazo.

#### **3.3.2. Hipótesis 2**

El micelio extraído del hongo *Pleurotus ostreatus* se encuentran dentro de los rangos en la norma INEN 1456 (Reactivo para Análisis Almidón Soluble). Teniendo como resultados las caracterizaciones de solubilidad presentando una ligera opacidad en la solución, para el pH presento un valor de 5.06, viscosidad de 849,08 mPa para la muestra, y el contenido de cenizas presente fue de 0.11%.

#### **3.3.3. Hipótesis 3**

La caracterización de los biofilm fue llevada a cabo mediante 4 formulaciones, en la cual, dieron medidas aceptables para él espesor se tuvo una media de 0.10 mm (ver tabla 34-3), las pruebas de solubilidad en agua se tiene un porcentaje de 13.76% (ver en la tabla 36-3) y finalmente los valores de la de humedad 16.60%( ver en la tabla 35-3), estos valores están en el rango aceptable al momento de la elaboración del biofilm.

#### **3.3.4. Hipótesis 4**

Mediante la validación del Biofilm usando el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, a partir del ensayo de tracción se obtuvo que dicho biofilm está en condiciones óptimas de ser puestas a pruebas de tracción gracias a la norma utilizada INEN 2635, presentando una carga máxima de 4.9 N, 3.26 MPa de esfuerzo, además, un porcentaje de elongación de 50%; valores que se encuentran en el rango de revisión bibliográfica.

### 3.4. Discusión

- **Análisis de resultados del desarrollo y crecimiento del micelio del hongo comestible *Pleurotus ostreatus***

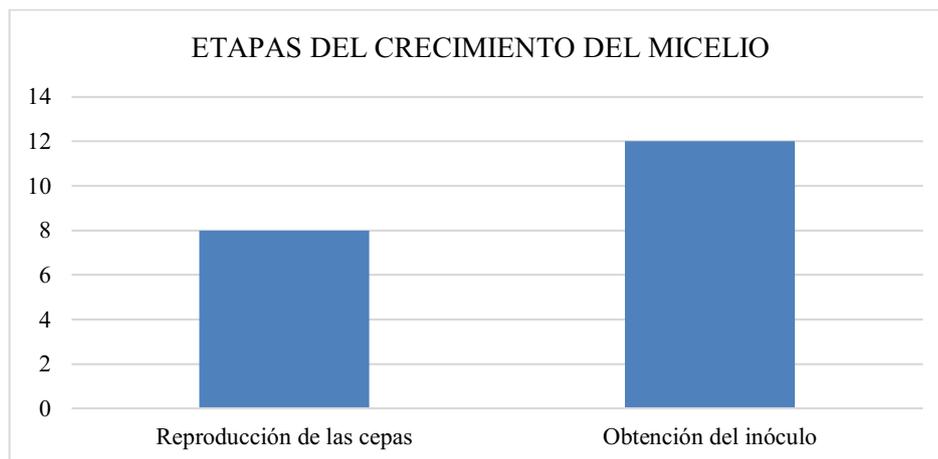
Para la selección y desarrollo de la materia prima se basó en el residuo del trigo para obtener una invasión del micelio del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* ocupando la cepa comercial del laboratorio de Microbiología, los tiempos de desarrollo del micelio en condiciones ambientales se detallan en la tabla 43-3 en condiciones ambientales.

**Tabla 27-3:** Tiempos de las etapas de producción del micelio del hongo

<b>Etapas</b>	<b>Días</b>
Reproducción de las cepas	8
Obtención del inóculo	12
<b>Total</b>	<b>20</b>

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.

Estos tiempos para el desarrollo del micelio se encuentran dentro de los rangos establecidos por la investigación realizada por Martínez, (2017) ya que el total del proceso que se realizó se encuentra con valores próximos.



**Gráfico 9-3:** Análisis Biodegradabilidad en suelo.

**Realizado por:** Villagrán, Carmen, 2021.

- **Análisis de los resultados de la composición de la extracción del micelio**

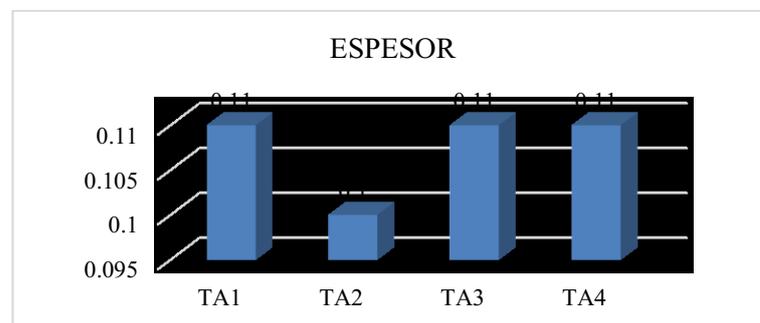
Para la producción del biofilm se realiza la extracción del micelio del hongo, mediante el método de vía húmeda, a través el diseño factorial  $2^k$  en el que se tiene 6 tratamientos cada uno con 4 repeticiones con un total de 24 muestras, con un rendimiento mayor en el T3 de 12,74 %.

El contenido de amilosa y amilopectina del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* fue de 21,81% y 78,19% según la investigación realizada por (Aristizábal y Sánchez, 2007), los valores de amilosa varían entre un valor de 17-24% y el valor de amilopectina de 76-83%, el cual cumple con el rango establecido del micelio del hongo. Para el contenido de humedad del micelio del hongo fue de 12,91% el cual se encuentra dentro de los parámetros establecido en la investigación de (Aristizábal y Sánchez, 2007) la cual esta determina las condiciones para que no se desarrollen organismos que contaminen la muestra.

- **Análisis de los resultados de la caracterización del biofilm**

Para la elaboración del biofilm se empleó el método factorial  $2^k$  obteniendo las concentraciones idóneas de micelio-plastificante (glicerina) siendo estas variables definidas para la elaboración del biofilm, para su formulación se realizará 4 tratamientos, con un total de 16.

**Análisis del Espesor:** según la norma (NTE INEN 2542, 2006) establece un valor máximo de 0,2 mm para las láminas delgadas plásticas, por lo tanto, el biofilm obtenido del micelio del hongo se detalla en la Tabla 34-3 evidenciando que los 4 tratamientos TA1, TA2, TA3, TA4 cumplen con el rango establecidos en la norma.

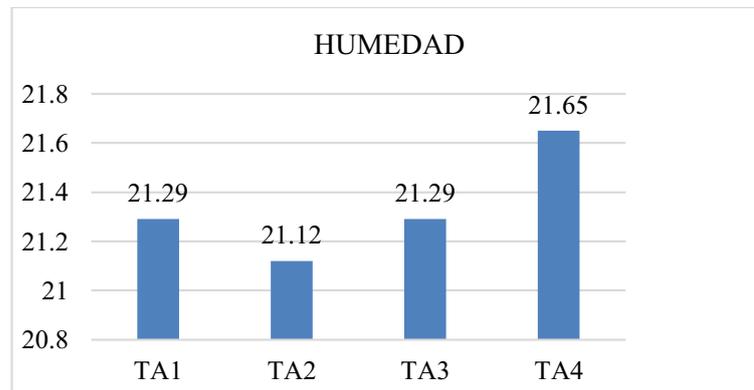


**Gráfico 10-3:** Espesor del biofilm

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Análisis de Humedad:** Según la investigación de (Escobar,D. et al, 2011, p.3) esta radica en eliminar toda el agua libre que se encuentra presente en el biofilm por volatilización, los rangos de humedad que debe ostentar los biofilm es de 19,3 – 22,1 %, de tal manera los valores que se obtienen en los 4 tratamientos están dentro del rango de dicha investigación, como se detalla en

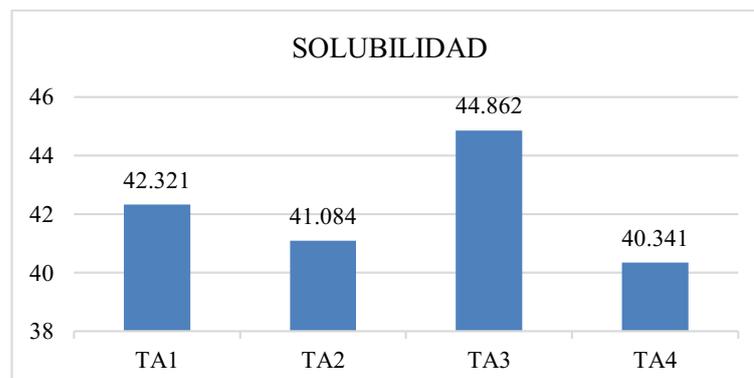
la Tabla 35-3, el mayor porcentaje de humedad se encuentran en los tratamientos TA1 (42,321%) y TA4 (44,862%), es importante encontrarse dentro de los parámetros de la investigación para poder evitar el crecimiento de organismos en el biofilm, las diferencias respecto a los valores se presentan por la relación de la materia prima con la que se elaboró.



**Gráfico 11-3:** Humedad del biofilm.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Análisis de Solubilidad en agua:** según la investigación realizada por (Chariguamán C., Ruano y Cardona, 2015, p.17) los valores se encuentran en un rango de 39,88 – 54,76%, la solubilidad se asemeja como el % de materia seca del biofilm solubilizada después de 24 horas sumergida en agua, los porcentajes del biofilm del residuo del hongo se detallan en la Tabla 38-3, el cual cumple con los valores establecidos con un valor de 44,862% y 42,321 %. Si se obtiene un biofilm con un porcentaje alto de solubilidad servirá para aplicaciones de cubierta comestible o para recubrir pastillas lo cual es indispensable que se diluyan, en caso contrario que estas no diluyan con facilidad es propicio para poder recubrir alimentos. Los valores con menor solubilidad son los tratamientos TA2 Y TA4 puesto que poseen una menor cantidad de plastificante de tal manera este contribuye a incrementar o reducir la solubilidad.



**Gráfico 12-3:** Solubilidad del biofilm.

Realizado por: Villagrán, Carmen, 2021.

**Análisis de Permeabilidad:** de acuerdo con (Charro, 2015) el grado de permeabilidad de vapor de agua se debe presentar valores menores puesto que interferirán en el proceso para la conservación de alimentos para esto se debe analizar los valores expuestos en la Tabla 38-3 TA2 y TA4 son menores, ya que a mayor concentración de glicerina aumentara la permeabilidad y por ende su higroscopicidad en los biofilm laminadas, puesto que la gran parte de los plastificantes que se utilizan para la fabricación de biofilm de almidón son de carácter hidrófilo, además presenta al producto final su peculiaridad elásticas concediendo maleabilidad. Según la norma (ASTM 1653 – 93, 2008) la permeabilidad se entiende como la cantidad de vapor de agua que pasara por una unidad de superficie en un material con espesor conocida, la cual será inducida a una diferencia de presiones a través de dos superficies, con las respectivas condiciones de humedad relativa específica y de temperatura. A mayor cantidad del plastificante aumentara la permeabilidad por ende su higroscopicidad en los biofilm laminadas.

**Análisis de Tracción:** según la norma (INEN NTE 2635, 2012) las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas, se utilizó probetas del biofilm del micelio del hongo de la cual se detalla en la tabla 39-3. En los resultados muestra que se encuentran dentro del rango establecido como por ejemplo en el tratamiento TA2 presenta una carga máxima de 3,9N, esfuerzo máximo de 2,6 MPa y un porcentaje de elongación de 70 %, cuyos valores según la investigación realizada por (Chariguamán C, 2015) cumplen dentro del rango ya que al aumentar las concentraciones de plastificante aumenta las variables de tracción.

**Análisis de Biodegradabilidad:** De acuerdo con (Vanegas, 2014) menciona que un plástico biodegradable debe descomponerse el 90% de manera aerobia o anaeróbica en 3 meses, en la investigación se realizó el estudio por tres medios que fueron agua, aire y suelo durante 28 días, el mejor tratamiento fue el TA2 donde se obtuvo un porcentaje de degradación en agua del (83,206%), aire se degrado del (35,897%) y en suelo del (91,463%), gracias al plastificante ya que este rompe y reduce las fuerzas intermoleculares, la cual degradan los organismos biológicos como son las algas, insectos, hongos y bacterias produciendo energía para enriquecer el medio con aminoácidos y tejidos.

## CONCLUSIONES

- Se cultivo el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus* mediante el residuo del trigo, como principal elemento para el crecimiento del mismo.
- Se extrajo el micelio del hongo (*Pleurotus ostreatus*) mediante el método húmedo con el diseño factorial 2k, con las variables de proceso: velocidad RPM A (20000), RPM B (6800) y el tiempo de trituración (30, 45 y 60 segundos). Obteniéndose que el mejor tratamiento es TA3 con la velocidad RPM alta y 60 segundos con un rendimiento de (12,74%)
- Se caracterizó físico química y microbiológica el micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*, mediante métodos de ensayos realizados en el laboratorio con resultados de humedad (12,91%), ceniza (0,11%), pH (5.06), temperatura de gelatinización (77°C), solubilidad (ligera Opalencia), viscosidad (849,08), grasa (0,351%), fibra (0,28%), proteína (0,436%), amilosa (21,81%), amilopectina (62,4%), coliformes fecales (Ausencia), levaduras y mohos (100 UFC/g) siendo valores aceptables para ser utilizado en la elaboración del biofilm.
- Se caracterizo los biofilm donde se obtuvo mejores características en el TA2 mediante los métodos de ensayo se obtuvo resultados favorables para humedad de (21,12%), solubilidad (41,084%), obtuvo un espesor de (0,10 mm), para el ensayo de tracción se esfuerzo máximo (2,6 MPa) y por ultimo la biodegradabilidad se realizo en tres medios: agua, aire y tierra durante 28 días, donde se obtuvo un porcentaje de degradación en agua del (83,206%), aire se degrado del (35,897%) y en suelo del (91,463%).

## RECOMENDACIONES

- Acoplar diferentes tipos de residuos agroindustriales en esta investigación de la región interandina para así obtener mayor producción y rendimiento de la producción del micelio del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- Aprovechar el residuo del micelio del hongo para la elaboración de abono orgánico o también utilizar a manera de complemento de balanceados para especies menores.
- Proporcionar la información que se encontró en la investigación con empresas asignadas a la actividad agrícola para impulsar el aprovechamiento del trigo en la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* de este modo conseguir provecho económicos, sociales y ambientales.
- Poseer moldes que faciliten que se elabore el biofilm de manera adecuada. para que se evite desperdicios y pérdida de materia prima: micelio del hongo, plastificante y conservante.
- Valorar la biodegradabilidad del biofilm en un suelo que tenga una mayor textura

## GLOSARIO

**Solubilidad:** Es la capacidad que presenta un cuerpo o una sustancia determinada llamada (soluto) de disolverse en un medio determinado (llamado solvente); es decir, es la capacidad máxima que presenta un soluto que un solvente puede recibir en determinadas condiciones ambientales (Buñay, 2019, p. 73).

**Glucolípidos:** Moléculas resultantes de la unión covalente entre los azúcares y los lípidos, que forman parte de las membranas biológicas. lípido que se encuentra unido a un hidrato de carbono, coloquialmente suele decirse que se trata de una grasa asociada a un azúcar (Chapuel, 2019, p.112).

**Micelio:** Talo de los hongos, formado comúnmente de filamentos muy ramificados y que constituye el aparato de nutrición de estos seres vivos (Buñay, 2019, p. 98).

**Beta-amilasa:** Enzima que rompe enlaces 1,4-a-glucosídicos en los polisacáridos eliminando repetidas unidades de maltosa en las terminaciones no reductoras del mismo. También se le conoce como sacarógeno. Su concentración es alta en células vegetales. También interviene en el desarrollo de plantas y frutos (Buñay, 2019, p. 99).

**Porcentaje de elongación:** Capacidad que tiene el material para deformarse antes de llegar al punto de ruptura del mismo, se define restando la longitud final de la probeta menos la longitud inicial de la probeta, su resultado dividir para la longitud inicial y se multiplica por cien (Buñay, 2019, p. 99).

**Módulo de elasticidad:** también denominado módulo de Young, es la relación entre la tensión (acción de fuerzas opuestas al que está sometido un cuerpo) y la deformación elástica resultante, indicando la capacidad de resistencia a la deformación (Chapuel, 2019, p.115).

## BIBLIOGRAFÍA

**ANCHUNDIA, K.; et al.** "Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*)". *Revista Chilena de Nutricion* [en línea], 2016, 43 (4), pp. 394-399. [Consulta: 13 junio 2021]. ISSN 07177518. Disponible en: [10.4067/S0717-75182016000400009](https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009)

**ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T.** "Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca". *Fao* [en línea], 2007, 163(5), pp. 134. [Consulta: 23 septiembre 2021]. ISSN 1944-8244. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>

**ASPINAL.** *Los productos alimenticios*. Piura- Perú: La Cocina Piurana: Piura, 1993. pp. 25-34.

**ASTM.** "Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films 1". *Annual Book of ASTM Standards* [en línea], 2008, 11 (3), pp. 1-5. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D1653>

**BUÑAY CUJILEMA, Paúl Fernando.** Diseño y Construcción de una Celda de Combustión Microbiana (CCMS). [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 1- 96. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/13455>

**CHAPUEL, A., y REYES, S.** Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*persea americana mill*) y banano (*Musa acuminata AAA*) para el recubrimiento de papaya. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2019. pp. 1- 158. [Consulta: 08 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39933>

**CHARIGUAMÁN, J.; et al.** Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis spp.*) [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2015. pp. 1- 68. [Consulta: 28 marzo 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11036/4560>

**DE LA ROSA MARTÍNEZ, Andrés Fernando.** Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de Patata. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2015. pp. 1- 108. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>

**ESCOBAR, D.; et al.** "Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador". *Innotec*, [en línea], 2011, 4 (4), pp. 33-36. [Consulta: 08 mayo 2021]. ISSN 1688-3691. Disponible en: [10.26461/04.07](https://doi.org/10.26461/04.07)

**EUROPEAN BIOPLASTICS.** "Global production capacities of bioplastics: Bioplastic marked data 2016". *Institute for Bioplastics and Biocomposites* [en línea], 2016, pp. 1-4. [Consulta: 08 mayo 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2Z4M93R>

**FLORES NICOLALDE, Raquel Carolina.** Diseño y construcción de un prototipo de destilador de agua, utilizando energía solar. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2015. pp. 1- 199. [Consulta: 02 abril 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8613>

**GUERRÓN JARAMILLO, Marlon Alberto.** Evaluación del procedimiento de obtención de un biopolímero a partir del hongo ganoderma australe. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. pp. 1- 82. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6860>

**HEALTH, D.** "Hoja informativa sobre sustancias peligrosas". *New Jersey Department of Health* [en línea]. 2017, pp. 12-34. [Consulta: 24 marzo 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3jEnTgr>

**INEN 1456.** Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. [en línea], 2012, pp. 2-9. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>

**INEN 2542.** Láminas Plásticas:Requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, [en línea], 2010, pp. 1-21. [Consulta: 07 febrero 2021]. Disponible en:<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>

**INEN 2635.** Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012. [Consulta: 07 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>

**JARAMILLO OROZCO, Iván Patricio.** Evaluación de tres Residuos Agroindustriales Lignocelulósicos provenientes de Cebada (*Hordeum vulgare L.*), Arroz (*Oryza sativa*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*), para el cultivo de dos Cepas de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus F.*), bajo Invernadero. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 1- 69. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2872>

**LLERENA OÑATE, Karina Patricia.** Utilización de harina de trigo y quinua para la elaboración de galletas, para los niños del párvulo de la E.S.P.O.C.H. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2013. pp. 1- 65. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1685>

**MANANGÓN MONTEROS, Pablo Ricardo.** Evaluación de siete variedades de trigo (*triticum aestivum l.*) con tres tipos de manejo nutricional, a 2890 m.s.n.m. Juan Montalvo-Cayambe-2012 [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. pp. 1-65. [Consulta: 23 febrero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7035>

**MARTÍNEZ PADRÓN, Ana Marcela.** Aprovechamiento de los residuos de la cáscara de haba (vicia faba) mediante el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 1-65. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7035>

**MEZA, M., ARMIJO, F. y FRANCO, L.** Diseño, construcción y puesta en marcha de un sistema para la separación y recuperación de los subproductos (glicerina, jabón y metanol) obtenidos en la elaboración del biodiesel, además la recuperación del metanol evaporado fomentando así la producción más limpia. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2007. pp. 1- 98. [Consulta: 08 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1613>

**MEZA VARGAS, Mauricio Fabián.** Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador. 2013. pp. 1- 89. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6261>

**MEZA RAMOS, Paola Nathali.** Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 2016. pp. 1- 89. [Consulta: 12 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2016>

**MOREIRA, R.; et al.** "Storage mobilization during germination and seedling establishment of *Macrolobium acaciifolium* Benth . (Leguminosae ) and its role on the adaptation to the inundation pulses in the Amazon, *CNBOT*. [en línea], 2017, p. 1. [Consulta: 03 abril 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/2Zcvw6C>

**NÚÑEZ SOLÍS, Andrea Carolina.** Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. pp. 1- 113. [Consulta: 23 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2879>

**OCAÑA VILEMA, Lucely Germania.** Comparación de la solubilidad y elasticidad en biopelículas elaboradas a partir de harina y almidón de *Musa acuminata* y *Zea mays*. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2020. pp. 1-91. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7189>

**ORTÍZ ORTÍZ, Alexander.** Evaluación ambiental de las diferentes alternativas en la utilización de la glicerina como subproducto de la producción de la planta de biodiesel Bio D S.A. del municipio de Facatativá. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Libre, Bogotá, Colombia. 2020. pp. 1-91. [Consulta: 24 febrero 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/10617>

**PARRA PÉREZ, Joselyne Brigitte.** 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). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 1- 96. [Consulta: 10 marzo 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>

**PERALTA CALLÁN, Ana Elizabeth.** Obtención y caracterización del mucílago de las semillas de chíá (*Salvia hispánica* L.) para su posible utilización como película biodegradable. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2020. pp. 1-89. [Consulta: 23 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21473>

**SALMONES, D., et al.** "Determinación de las características productivas de cepas mexicanas silvestres de *Agaricus bisporus*, para su potencial uso comercial". *Revista Mexicana de Micología*, [en línea], 36, pp. 9-15. [Consulta: 03 julio 2021]. ISSN 0187-3180. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v36/v36a3.pdf>

**SANTIAGO SANTIAGO, Maricela.** Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado. [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas. Región Xalapa, México, 2015. pp. 1-119. [Consulta: 23 agosto 2021]. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46809>

**SOLANO, L.; et al.** Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, [en línea], 2018, 21(2), pp. 30-42. [Consulta: 24 mayo 2021]. ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v21s2/2395-8723-tip-21-s2-e20180153.pdf>

**VANEGAS HINOJOSA, María Gabriela.** Obtención de películas biodegradables a partir de mezclas de quitosano de cáscaras de camarón y agentes plastificantes [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2016. pp. 1- 162. [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2872>

**ANEXOS**

**ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL MICELIO**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p style="text-align: center;"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>   <b>ELABORADO POR:</b>            Carmen Villagrán Ayala         </p>	<p><b>Extracción del Micelio</b></p>		
<p>a. Pesado del micelio del Hongo b. Homogenizado del micelio c. Filtrado del micelio</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar         </p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>1</p>	<p>1:10</p>		<p>2021/01/05</p>		

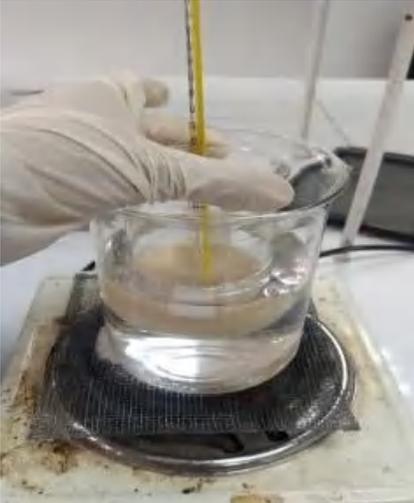
**ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL MICELIO**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p>	<p><b>Extracción del Micelio</b></p>		
<p>a. Sedimentado del micelio del Hongo b. Secado al ambiente c. Secado al ambiente</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>2</p>	<p>1:10</p>	<p>2021/01/05</p>

**ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL MICELIO**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p>	<p><b>Caracterización del micelio</b></p>		
<p>a. Micelio del Hongo b. Prueba de solubilidad c. Prueba de pH</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar  <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar                      <input type="checkbox"/> Información         </p>	<p>ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</p>	<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
			<p>3</p>	<p>1:10</p>	<p>2021/01/05</p>

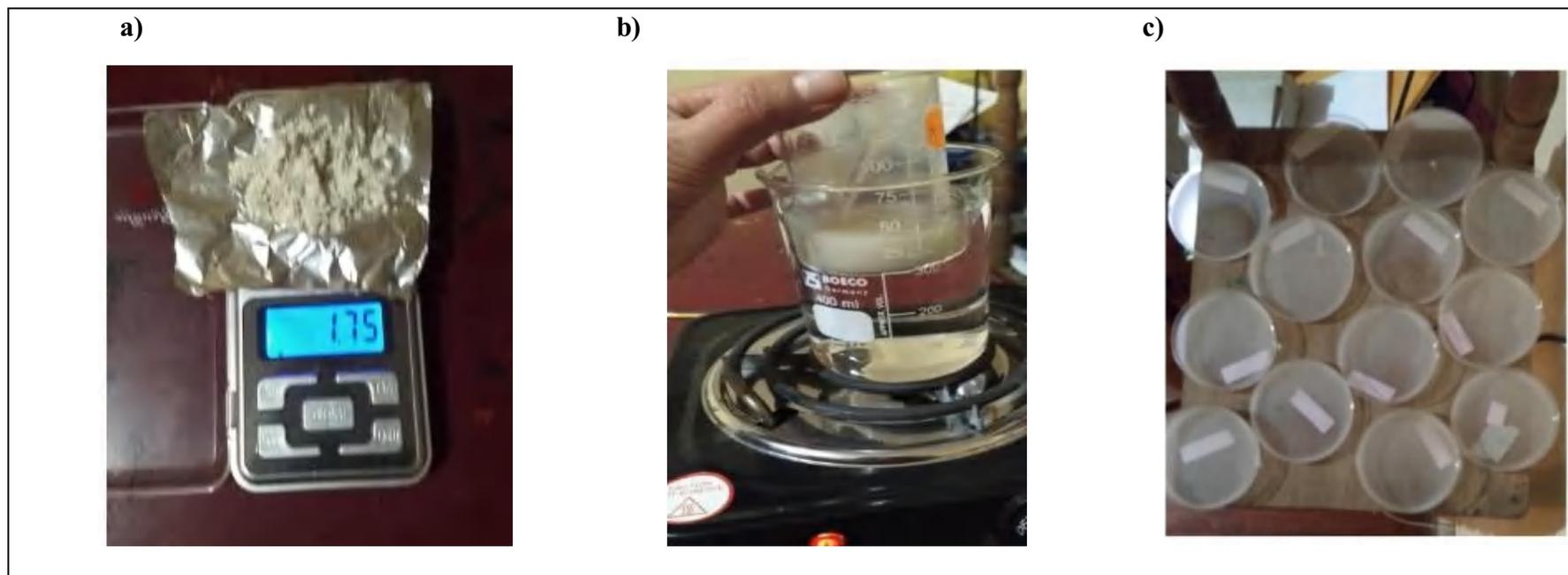
**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL MICELIO**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</p>	<p><b>Caracterización del Micelio</b></p>		
<p>a. Prueba temperatura de Gelatinización b. Prueba viscosidad de Brookfield c. Prueba contenido de Cenizas</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>
<p>4</p>	<p>1:10</p>		<p>2021/01/05</p>		

**ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL MICELIO**

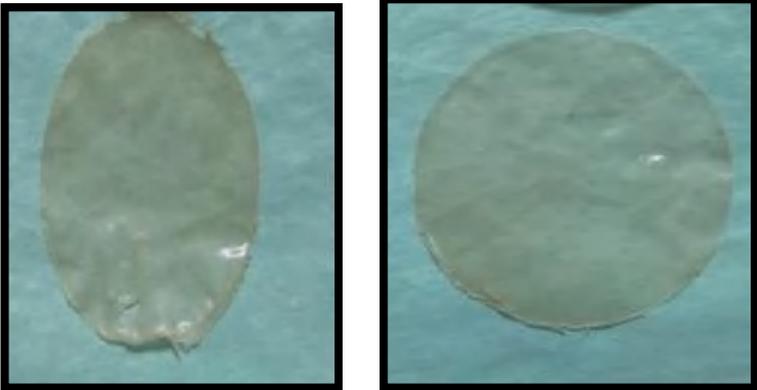
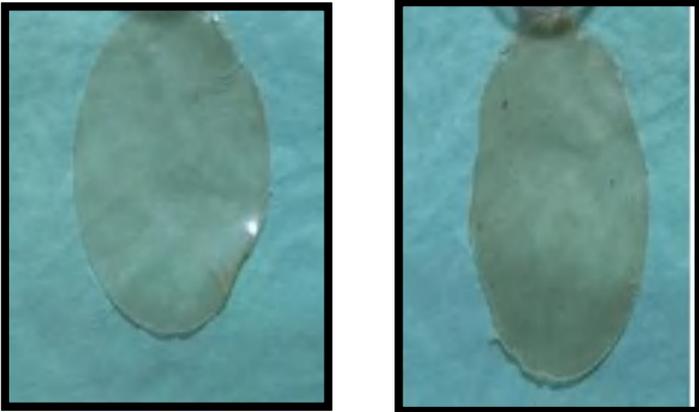
<b>a)</b>	<b>b)</b>	<b>c)</b>							
									
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>  <b>ELABORADO POR:</b>          Carmen Villagrán Ayala</p>	<p><b>Caracterización del micelio</b></p>						
<p>a. Prueba de Humedad del micelio</p> <p>b. Prueba de Humedad del micelio</p> <p>c. Prueba de granulometría del micelio</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Por</p> <p><input type="checkbox"/> Información</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1570 1102 1718 1157">LÁMINA</th> <th data-bbox="1718 1102 1870 1157">ESCALA</th> <th data-bbox="1870 1102 2047 1157">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1570 1157 1718 1343" style="text-align: center;">5</td> <td data-bbox="1718 1157 1870 1343" style="text-align: center;">1:10</td> <td data-bbox="1870 1157 2047 1343" style="text-align: center;">2021/01/05</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	5	1:10	2021/01/05
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
5	1:10	2021/01/05							

**ANEXO F: ELABORACIÓN DEL BIOFILM**

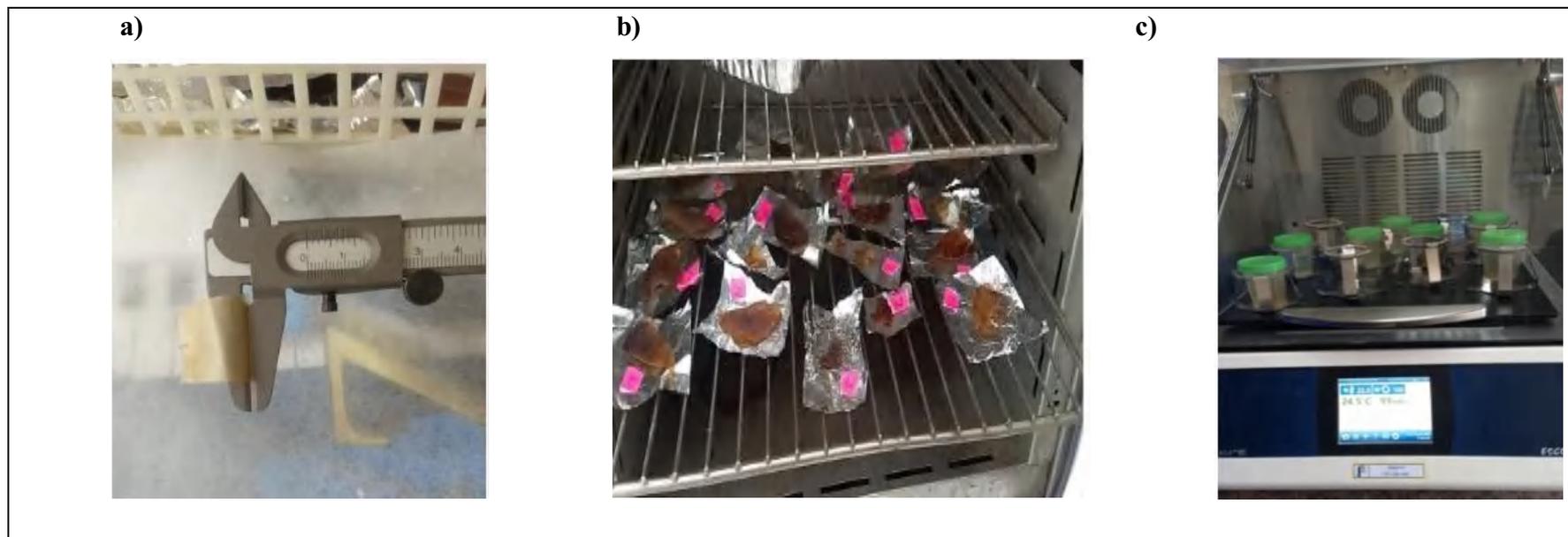


<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>DEL</b>	<b>Elaboración del biofilm</b>		
a. Pesado del micelio b. Agitación para la formación del biofilm c. Vertido de la muestra en las cajas Petri	<b>DIAGRAMA:</b> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información			
			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>

**ANEXO G: DESMOLDADO DEL BIOFILM**

<p><b>a)</b></p> 		<p><b>b)</b></p> 	
<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</b>	<b>Desmoldado de biofilm</b>
a. Desmoldeo de las muestras en las cajas Petri	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<b>LÁMINA</b>
b. Desmoldeo de las muestras en las cajas Petri	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<b>ESCALA</b>
	<input type="checkbox"/> Información	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	<b>FECHA</b>
			7
			1:10
			2021/01/05

**ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DEL BIOFILM**



<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>DEL</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</b>			<b>Caracterización del Biofilm</b>		
a. Prueba de espesor b. Prueba de Humedad c. Prueba de Solubilidad en agua	<b>DIAGRAMA:</b>					<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	8	1:10	2021/01/05			

**ANEXO I: CARACTEREIZACIÓN DEL BIOFILM**

<p><b>a)</b></p> 	<p><b>b)</b></p> 	<p><b>c)</b></p> 			
<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORIA</b></p> <p><b>DIAGRAMA:</b></p>	<p><b>DEL</b></p> <p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>ELABORADO POR: Carmen Villagrán Ayala</p>	<p><b>Caracterización del Biofilm</b></p>		
<p>a. Prueba de permeabilidad b. Prueba de tracción c. Prueba de biodegradabilidad</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información                      <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar</p>		<p><b>LÁMINA</b></p> <p>8</p>	<p><b>ESCALA</b></p> <p>1:10</p>	<p><b>FECHA</b></p> <p>2021/01/05</p>

ANEXO J: PRUEBA DE AMILOSA



**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**

Paranamirani Sur Km. 1, Caaguajayú. 2690091-3037134. Fax: 3067134  
 Casilla postal 17-01-340



**SAIA/INiAP**

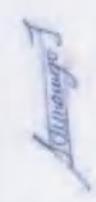
**INFORME DE ENSAYO No: 21-077**

**OMBRE PETICIONARIO:** Srta. Carmen Villagrán  
**RECCIÓN:** Esmeraldas y Loja  
**ECHA DE EMISIÓN:** 20 de enero de 2021  
**ECHA DE ANÁLISIS:** Del 10 de enero al 15 de enero de 2021

**INSTITUCIÓN:** Particular  
**ATENCIÓN:** Srta. Carmen Villagrán  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 01/01/2021  
**HORA DE RECEPCIÓN:** 08H-40  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>1</sup>	IDENTIFICACIÓN
METODO	MC-LSAU-01.01	HO-LSUA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1979	Merrison y Langstaff 1963	
UNIDAD	%	%	
21-0532	13,08	21,81	Amilosa de residuo del hongo <i>Pleurotus Ostreatus</i>

**RESPONSABLES DEL INFORME**

  
**Dr. Iván Sumaniégo**  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

  
**Ing. Bladimir Ortiz**  
**RESPONSABLE CALIDAD**

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

Página 1 de 1

## ANEXO K: RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Contactanos: 0998580374-032924417

Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes

Riobamba- Ecuador

### INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 10 de Marzo de 2021

Analisis solicitado por: Srta. Carmen Alexandta Villagran Ayala

Tipo de muestra: Almidón del residuo del Hongo Pleurotus Ostreatus

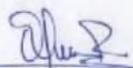
Procedencia de la muestra: Riobamba

#### *Analisis Químico*

<u>Determinaciones</u>	<u>Unidades</u>	<u>Método de Análisis</u>	<u>Resultados</u>
Fibra	%	Gravimétrico: Acido Base Digestión	0.28
Proteína	%	Micro-kjeldahl	0.436
Grasa	%	Gravimétrico: Extracción del solvente	0.351
Coliformes Fecales	UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Aerobios Mesofilos	UFC/g	Siembra en masa	200
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	100

Observaciones

Atentamente

  
Dra. Gina Alvarez



Responsable Técnico de Laboratorio

ANEXO L: ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 1



<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
N° 01	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Carmen Villagrán
<b>PROYECTO DE TESIS</b>	OBTENCIÓN DE UN BIOFILM A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
<b>DIRECCIÓN</b>	ESPOCH- FACUL DE CIENCIAS ESC. ING QUÍMICA
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	PLASTICO BIODEGRADABLE
<b>MATERIAL</b>	LÁMINA DE PLÁSTICO
<b>NORMA REALIZADA</b>	NTE: INEN 2635 012
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	05/03/2021
<b>EQUIPO UTILIZADO</b>	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
<b>TRATAMIENTO</b>	1
<b>REPETICIÓN</b>	1
<b>CARACTERÍSTICA</b>	Lámina
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.1
<b>ANCHURA [mm]</b>	15
<b>LONGITUD INICIAL [mm]</b>	276
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	1.5
<b>CARGA MÁXIMA [N]</b>	4.9
<b>ESFUERZO MÁXIMO [MPa]</b>	3.26
<b>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %</b>	50

Aprobado por:

*Julio Llerena*  
Ing. Julio Llerena

Técnico de Laboratorio de Curtiembre



ANEXO M: ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 2



<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
N° 03	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Carmen Villagrán
<b>PROYECTO DE TESIS</b>	OBTENCIÓN DE UN BIOFILM A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
<b>DIRECCIÓN</b>	ESPOCH- FACUL DE CIENCIAS ESC. ING QUÍMICA
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	PLASTICO BIODEGRADABLE
<b>MATERIAL</b>	LÁMINA DE PLÁSTICO
<b>NORMA REALIZADA</b>	NTE: INEN 2635 012
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	05/03/2021
<b>EQUIPO UTILIZADO</b>	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
CARACTERÍSTICA	Lámina
ESPESOR [mm]	0.2
ANCHURA [mm]	15
LONGITUD INICIAL [mm]	275
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm <sup>2</sup> ]	1.5
CARGA MÁXIMA [N]	3.9
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	2.6
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	70

Aprobado por:

Ing. Julio Llerena  
Técnico de Laboratorio de Curtiembre



ANEXO N: ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 3



<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Nº 05	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Carmen Villagrán
<b>PROYECTO DE TESIS</b>	OBTENCIÓN DE UN BIOFILM A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
<b>DIRECCIÓN</b>	ESPOCH- FACUL DE CIENCIAS ESC. ING QUÍMICA
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	PLASTICO BIODEGRADABLE
<b>MATERIAL</b>	LÁMINA DE PLÁSTICO
<b>NORMA REALIZADA</b>	NTE: INEN 2635 012
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	06/03/2021
<b>EQUIPO UTILIZADO</b>	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
<b>TRATAMIENTO</b>	3
<b>REPETICIÓN</b>	1
<b>CARACTERÍSTICA</b>	Lámina
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.1
<b>ANCHURA [mm]</b>	15
<b>LONGITUD INICIAL [mm]</b>	273
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	1.5
<b>CARGA MÁXIMA [N]</b>	3.9
<b>ESFUERZO MÁXIMO [MPa]</b>	2.6
<b>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %</b>	56.67

Aprobado por:

Ing. Julio Llerena  
Técnico de Laboratorio de Curtiembre



ANEXO O: ENSAYOS DE TRACCIÓN PARA EL TRATAMIENTO 4



<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
N° 07	
<b>SOLICITADO POR:</b>	Carmen Villagrán
<b>PROYECTO DE TESIS</b>	OBTENCIÓN DE UN BIOFILM A PARTIR DEL RESIDUO DEL CULTIVO DEL HONGO PLEUROTUS OSTREATUS
<b>DIRECCIÓN</b>	ESPOCH- FACUL DE CIENCIAS ESC. ING QUÍMICA
<b>TIPO DE MATERIAL</b>	PLASTICO BIODEGRADABLE
<b>MATERIAL</b>	LÁMINA DE PLÁSTICO
<b>NORMA REALIZADA</b>	NTE: INEN 2635 012
<b>FECHA DE ENSAYO</b>	06/03/2021
<b>EQUIPO UTILIZADO</b>	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS
<b>TRATAMIENTO</b>	4
<b>REPETICIÓN</b>	1
<b>CARACTERÍSTICA</b>	Lámina
<b>ESPESOR [mm]</b>	0.1
<b>ANCHURA [mm]</b>	15
<b>LONGITUD INICIAL [mm]</b>	276
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL [mm<sup>2</sup>]</b>	1.5
<b>CARGA MÁXIMA [N]</b>	2
<b>ESFUERZO MÁXIMO [MPa]</b>	1.33
<b>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %</b>	50

Aprobado por:

Ing. Julio Llerena  
Técnico de Laboratorio de Curtiembre





*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: 23 / 11 / 2021*

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Carmen Alexandra Villagrán Ayala</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería Química</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniera Química</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente  
por LEONARDO FABIO  
MEDINA NUSTE  
Fecha: 2021.11.23  
11:17:18 -05'00'



*1937-DBRA-UTP-2021*