

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**Obtención de biomaterial alternativo al poliestireno expandido a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) para ser utilizado como empaque**

**Tesis para optar el Título Profesional de:  
Ingeniera Agroindustrial**

**Presentado por:**

Bach. Ruth Huari Arroyo

**Asesor:**

Msc. Percy Fermín Velásquez Ccosi

**Ayacucho - Perú**

**2024**

## **DEDICATORIA**

*Le dedico el resultado de este trabajo a:*

*A Dios por su amor y bondad*

*A mis padres que me apoyaron en todos los momentos, y me enseñaron a afrontar las dificultades con constancia y empeño, sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.*

*Me han enseñado a ser la persona que soy hoy, con principios y valores.*

*A mis hijas Maya y Alice, por ser mi fuente de motivación.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi profundo agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por sus palabras que fueron sabias, sus conocimientos precisos. Donde quiera que vaya, los llevaré conmigo en mí transitar profesional. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia.*

*De igual manera mis agradecimientos a los personales de los Laboratorios de la Facultad Ingeniería Química y Metalurgia, por su enorme apoyo para que este trabajo pudiera realizarse satisfactoriamente.*

*Por último, quiero manifestar mi más grande y sincero agradecimiento a mi asesor, al Dr. Percy Fermín Velásquez Ccosi, quien con su experiencia y conocimiento permitió el desarrollo de este trabajo de investigación.*

## RESUMEN

En los últimos años se ha evidenciado que a un ritmo acelerado nuestro medio ambiente está sufriendo terribles daños por el uso indiscriminado del plástico, principalmente el Poliestireno expandido (PE), por ser un material no biodegradable, frente a ello surge la necesidad de formular un material biodegradable que pueda sustituir el uso del PE.

El propósito del estudio fue evaluar la obtención de un biomaterial fabricado a partir de diferentes mezclas de residuos agrícolas, como son tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi, como producto alternativo al uso del poliestireno expandido como material de empaque. Para esto, los residuos fueron cortados y molidos y tamizados con la malla número 30 que es de una abertura de 4mm, posteriormente utilizando el diseño de mezclas se obtuvieron 5 mezclas, que fueron esterilizados por 30 minutos a una temperatura de 121 °C, inoculados con el micelio de reishi e incubados durante 27 días a una temperatura de 23 °C, HR 70 %, después de este procedimiento fueron puestos en moldes ejerciendo una presión manual sobre ellos e incubados por 8 días más, para luego ser secados por 5 días a una temperatura ambiental de 24 °C.

Los materiales obtenidos se sometieron a pruebas físicas y mecánicas según las normas ASTM e ISO para una caracterización y así evaluar dichas propiedades y determinar su viabilidad como sustituto del PE como material de empaque.

## ABSTRACT

In recent years it has become clear that, at an accelerated rate, our environment is suffering terrible damage. The indiscriminate use of plastic is one of the causes, mainly Expanded Polystyrene (PE), as it is a non-biodegradable material. The need arises to formulate a biodegradable material that can replace the use of PE.

The purpose of the study was to evaluate the obtaining of a biomaterial manufactured from different mixtures of agricultural waste, such as quinoa stems and banana pseudostem, using *ganoderma lucidum* mycelium as inoculum, as an alternative product to the use of expanded polystyrene as a material. packing. For this, the waste was cut and ground and sieved with the number 30 mesh that has an opening of 4mm. Subsequently, using the mixture design, 5 mixtures were obtained, which were sterilized for 30 minutes at a temperature of 121 °C, inoculating with reishi mycelium and incubated for 27 days at a temperature of 23 °C, RH 70%, after this procedure they were placed in molds by exerting manual pressure on them and incubated for 8 more days, and then dried for 5 days at an ambient temperature of 24 °C.

The materials obtained were subjected to physical and mechanical tests according to ASTM and ISO standards for characterization and thus evaluate these properties and determine their viability as a substitute for PE as a packaging material.

# INDICE

INTRODUCCIÓN.....	xii
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>2</b>
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2. Problema general. ....	2
1.2.1 Problemas secundarios. ....	2
1.3. Objetivos de la investigación Objetivo general .....	2
1.3.1 Objetivos Específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Justificación e Importancia de la Investigación .....	4
1.5.1. Impactos.....	5
1.5. Importancia.....	5
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>7</b>
MARCO TEORICO .....	7
2.1 Antecedentes: .....	7
2.2 Empaques. ....	9
2.3 Clasificación de empaques:.....	9
2.4 Materiales de los empaques:.....	10
2.5 Empaques amigables con el medio ambiente .....	12
2.6 Biomateriales.....	12
2.6.1 Biomaterial a base de micelio fúngico .....	12
2.6.2 Uso en la industria.....	13
2.6.3 Productos a base de micelio de hongos .....	15
2.7 Propiedades físicas y mecánicas del biomaterial .....	16

2.8	Biodegradabilidad.....	16
2.9	Calidad e inocuidad.....	17
2.10	Hongos.....	17
2.10.1	Clasificación de los hongos.....	17
2.10.2	Micelio de hongos.....	18
2.10.3	Cómo se forma el Micelio.....	18
2.11	Hongos de podredumbre blanca.....	18
2.11.1	Ganoderma lucidum.....	18
2.11.2	Taxonomía.....	19
2.11.3	Características morfológicas.....	19
2.11.4	Cultivo de Ganoderma.....	20
2.11.5	Sustratos para el crecimiento fúngico del ganoderma lucidum.....	21
2.11.6	Ensayos de cultivo de hongos en residuos de quinua y de plátano	22
2.12	Quinua.....	22
2.12.1	Características botánicas .....	23
2.13	Plátano.....	25
2.13.1	Descripción morfológica del plátano.....	25
2.13.2	Composición química del pseudotallo:.....	26
2.13.3	Los residuos del cultivo de banano.....	26
2.13.4	Caracterización química de residuos lignocelulósicos.....	26
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>28</b>
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		28
3.1	Diseño metodológico .....	28
3.2	Ámbito de la investigación.....	28
3.2.1	Población, muestra y muestreo .....	28

3.2.2 Muestra.....	28
3.2.3 Muestreo.....	29
3.3 Metodología.....	29
3.4 Diagrama de flujo.....	31
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
3.6 Diseño de investigación.....	32
3.6.1 Diseño experimental.....	32
3.7 Materia prima e insumos.....	33
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>35</b>
RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
4.1. Conformación del biomaterial.....	35
4.2 Optimización de las variables de respuesta.....	40
4.3 Evaluación de funcionalidad del empaque.....	43
4.4 Balance de materia.....	45
4.5 Prueba de hipótesis.....	46
4.6 Propuesta de proceso de obtención de biomaterial.....	48
4.6.1 Formación del biomaterial.....	48
CONCLUSIONES.....	50
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	53
ANEXOS.....	61

## TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Empresas que emplean micelio de hongos en sus productos .....	15
<b>Tabla 2</b>	Clasificación taxonómica .....	19
<b>Tabla 3</b>	Condiciones ambientales para el cultivo de <i>Ganoderma lucidum</i> .....	20
<b>Tabla 4</b>	Diferentes sustratos utilizados para el cultivo de <i>Ganoderma lucidum</i> .....	21
<b>Tabla 5</b>	Hongos comestibles cultivados en residuos de quinua y plátano .....	22
<b>Tabla 6</b>	Taxonomía de la quinua .....	23
<b>Tabla 7</b>	Composición química del tallo de quinua .....	23
<b>Tabla 8</b>	Clasificación taxonómica del plátano .....	25
<b>Tabla 9</b>	caracterización del pseudotallo del plátano .....	27
<b>Tabla 10</b>	Caracterización del tallo de quinua .....	27
<b>Tabla 11</b>	Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	32
<b>Tabla 12</b>	Diseño de mezclas para la constitución del sustrato aplicando diseño simplex con centroide .....	33
<b>Tabla 13</b>	Registro de promedios de temperatura y humedad relativa .....	36
<b>Tabla 14</b>	Crecimiento micelial .....	36
<b>Tabla 15</b>	Resultados de la prueba de densidad del biomaterial . .....	38
<b>Tabla 16</b>	Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del biomaterial obtenido a partir de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi. ....	38
<b>Tabla 17</b>	Resultados de la prueba de resistencia a la abrasión del biomaterial ....	39
<b>Tabla 18</b>	Resultados de la prueba de dureza del biomaterial .....	39
<b>Tabla 19</b>	VARIABLES A OPTIMIZAR .....	40
<b>Tabla 20</b>	Mezcla de prueba óptima .....	40
<b>Tabla 21</b>	Valores obtenidos de la optimización de variables .....	41
<b>Tabla 22</b>	Resultados de la prueba de absorción de agua .....	44

<b>Tabla 23</b> Resultados de inflamabilidad .....	44
<b>Tabla 24</b> Balance de materia.....	46

## FIGURAS

<b>Figura 1</b> Empaque de micelio.....	14
<b>Figura 2</b> Carpóforo de ganoderma lucidum.....	20
<b>Figura 3</b> Diagrama de flujo del proceso de obtención de biomaterial .....	31
<b>Figura 4</b> Obtención de biomaterial y caracterización.....	37
<b>Figura 5</b> Grafica de optimización.....	42

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años a nivel global, el consumo del poliestireno expandido (PE) ha tenido un incremento, se producen alrededor de 15 millones de toneladas de poliestireno cada año, (The Hindu Business Line, 2020)

La mayoría de los envases, empaques, embalajes están fabricados con base en polímeros sintéticos como son el Polietileno Tereftalato (PET), Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP) entre otros, estos polímeros generan impacto negativo en el medio ambiente (Rives *et al.*, 2020).

Por lo que, actualmente, se empiezan a redireccionar las investigaciones hacia el desarrollo de empaques biodegradables, elaborados de fuentes sustentables como son los residuos agroindustriales. Por otro lado, es importante considerar la ideología de la economía circular que se ha definido como una serie de desafíos basada en la regeneración de residuos, escasez de recursos y beneficios de la sostenibilidad. (Rives *et al.*, 2020)

Tomando en cuenta el impacto que genera los residuos del poliestireno expandido, el presente trabajo de investigación consistió en obtener biomaterial alternativo al PE a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), lo que implicó realizar una mezcla de residuos, tallos de quinua y pseudotallo de plátano y evaluando las características físicas y mecánicas, a través de ensayos y pruebas, caracterizando el material. Se estima que este material obtenido sea una alternativa al Poliestireno Expandido (PE).

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

El poliestireno expandido (PE), conocido como Tecnopor está presente en nuestro día a día, desde el recipiente de nuestras bebidas calientes, acompañando productos (empaques y embalajes), hasta los envases que pedimos para llevar comida de los restaurantes. (Delgado,2018). Pero nuestra sociedad sobrepasa los límites del consumo, generando el sobreconsumo, empujando a adquirir más y más cosas, y en gran medida de esto depende el actual sistema económico, pero esta actitud de la sociedad genera graves consecuencias en nuestro medio ambiente y también en la salud. El resultado está a la vista, los desechos que se producen en grandes cantidades son envases, empaques, embalajes, en su mayoría de un solo uso. (Greenpace,2021).

Las ventajas del PE es que tiene buena resistencia a la humedad, durabilidad y eficiencia térmica, pero existen estudios, que mencionan que pueden demorar miles de años en descomponerse (Naciones Unidas,2018). Por lo general, estos se desechan luego de su uso, lo que conlleva a una problemática ambiental, ya que en un 95 % no son reciclables (Rubio y Guerrero, 2012).

En Perú anualmente se generan 708 mil toneladas de residuos plásticos, de los cuales 43,7 % no reciben disposición adecuada, pudiendo 309 mil toneladas terminar en el mar, el 10 % del total de los residuos sólidos son plásticos y de ellos el 68 % son plástico de un solo uso (50 % a nivel mundial); siendo las bolsas de plástico, las botellas de PET y el Tecnopor los que presentan los mayores valores (MINAM, 2018).

En base a lo referido, la obtención de un biomaterial alternativo a partir de tallos

de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi, que pudiera reemplazar al PE sería una buena alternativa para dar solución a los problemas ambientales que ocasiona. Dado que la tecnología para la elaboración del PE si bien es conocida, tiene el inconveniente de generar CO<sub>2</sub> que contaminan nuestro medio ambiente.

Ante lo expuesto se plantea la siguiente formulación del problema.

## **1.2. Problema general.**

¿Cómo se obtendrá el biomaterial alternativo al poliestireno expandido a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) para ser utilizado como empaque?

### **1.2.1 Problemas secundarios.**

- ✓ ¿Cuál será el mejor proceso para la obtención del biomaterial alternativo al poliestireno expandido a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*)?
- ✓ ¿Cumplirá con las propiedades físicas y mecánicas el biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*)?
- ✓ ¿El biomaterial obtenido será biodegradable y sustituirá al poliestireno expandido como empaque?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

- ✓ Obtener biomaterial alternativo al poliestireno expandido a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) para ser utilizado

como empaque.

### **1.3.2 Objetivos Específicos.**

- ✓ Determinar el mejor proceso de obtención del biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*)
- ✓ Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del biomaterial elaborado a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*)
- ✓ Evaluar la biodegradabilidad del biomaterial y la sustitución al poliestireno expandido como empaque.

## **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

### **a) Hipótesis general**

Es posible obtener un biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, ya que los materiales a utilizar contienen celulosa, lignina y hemicelulosa, que el micelio de reishi lo degradara de manera eficiente.

### **b) Hipótesis Específicos.**

- ✓ El mejor proceso para la obtención del biomaterial es a base de la mezcla de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*ganoderma lucidum*), porque el micelio genera un tipo de pudrición blanca al estar en contacto con materiales lignocelulósicos, cumpliendo la función de aglutinante natural.
- ✓ Las propiedades físicas y mecánicas del biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa*

*paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) cumplen de acuerdo a las Normas ASTM e ISO.

✓ El biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), es biodegradable y cumple todas las funciones para sustituir al poliestireno expandido como empaque.

## **1.5. Justificación e Importancia de la Investigación**

### **1.5.1. Justificación e impactos**

Según MINAM,2018, en el Perú el 10 % de residuos sólidos generados, son plásticos, siendo el poliestireno expandido (Tecnopor), bolsas plásticas, botellas, que presentan el mayor porcentaje esto indica que se genera 708 mil toneladas de residuos plásticos, de lo cual más de 43,7 % no recibe un tratamiento adecuado.

Perú es el primer productor de quinua, y la región de Ayacucho es el segundo productor a nivel nacional con 17,6 % (Midagri,2021). Todo esto genera gran cantidad de residuos lignocelulósicos, siendo quemados o dándose poco uso. Por otro lado, en el Perú existen 160 mil hectáreas de producción de plátano y banano, y es uno de los principales exportadores (Minagri,2020). Según INEI,2018, se tuvo una producción de plátano 2 218 182 t/año, generándose 8 051 997 t/año de residuos. La relación de estos problemas es un factor clave para la búsqueda de una alternativa innovadora en la obtención de un biomaterial a partir de residuos como tallos de quinua y pseudotallo de plátano, para poder dar un uso alternativo del poliestireno expandido.

Por otro lado, el aprovechamiento de estos recursos, ayudará a fomentar a que los agricultores de estos tipos de productos, no desechen los residuos agrícolas

o los incineren generando una contaminación a nuestro ecosistema, y también se estaría motivando y generando nuevas expectativas en el fortalecimiento de estas cadenas.

**a). Impacto ambiental**

Se pretende, disminuir la generación de residuos del Tecnopor, así como de los subproductos de la quinua y el plátano, evitando así la incineración de estos residuos.

**b). Impacto económico**

Creación de un potencial producto que pueda ingresar al mercado. Además, al utilizar residuos agrícolas para la obtención de un biomaterial con aplicaciones de empaque, se estaría cumpliendo con los principios de la economía circular, que sería benéficos para la región.

**c). Impacto social**

Este proyecto beneficiará a los pobladores de la zona, de donde se obtendrían las materias primas generando así empleo al permitir que formen parte de la producción. Además, se promoverá la participación de mujeres en distintas etapas.

Asimismo, ya no se verá afectada la salud de los pobladores, debido a la reducción de generación de CO<sub>2</sub>, la cual era provocada por la incineración de estos residuos

**1.5.2. Importancia**

Actualmente existe una tendencia por el cuidado del medio ambiente, por lo tanto, esto implica el uso de productos ecológicos, lo cual es un factor clave que conlleva a la búsqueda de una alternativa innovadora en la obtención de un biomaterial a partir de residuos agroindustriales como los tallos de quinua y

pseudotallo de plátano, que sirva como reemplazo del poliestireno expandido.

La obtención de un biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), tiene un enorme potencial, debido a su aporte ambiental y aprovechamiento de residuos en vez que los derivados de petróleo, que esto genera el deterioro de la fauna, flora, agua, aire y de forma directa al suelo. El biomaterial una vez usado como material de embalaje, vuelve a la misma naturaleza descomponiéndose fácilmente

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2.1. Antecedentes:**

Se ha estudiado la obtención de biomateriales a partir de diferentes residuos agroindustriales y micelio fúngico, como lo demuestran distintos autores. Tal es el caso de Feijóo, Kevin et al (2021) con el artículo científico “*Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible*”, en donde se mencionan que las cualidades que poseen los hongos han hecho que se sean considerados como uno de los principales microorganismos para la generación de biomateriales, y que se nutren de polímeros lignocelulósicos complejos, que tienen capacidad para degradar y digerir la pared celular de las plantas, dichos biomateriales se obtienen al inocular el micelio de hongos en sustratos orgánicos sólidos de naturaleza lignocelulósica, bajo condiciones controladas de crecimiento, el material orgánico suele ser degradado y sustituido por la biomasa micelial creando una capa esponjosa o compacta que entreteje al sustrato, moldeado o adherido a soportes naturales y sintéticos. Obtuvo un compuesto ligero que consiste en una red entrelazada tridimensionalmente de fibras de naturales presentes en la materia prima y células miceliales filamentosas que es como un pegamento natural

En la tesis titulada “ *Generación de un biomaterial compuesto por fibra vegetal y micelio de hongo y su aplicabilidad,*” Reyes (2017) ,se evaluó la fabricación y el comportamiento de los hongos para convertir la biomasa vegetal en una nueva generación de biomateriales, Concluyendo que estos materiales fúngicos representan alternativas atractivas para los sintéticos tradicionales, ya que son 100% naturales, compostables y resultantes de corrientes de desechos de bajo

valor con aplicaciones como aislamiento, envasado o mobiliario con un impacto positivo al ambiente.

Por otro lado, la tesis titulada "*Aplicación de materiales amigables con el ambiente, sustitutos al poliestireno expandido para uso en hidroponía*", Tamayo (2018), evaluó nuevas alternativas para sustituir el uso del poliestireno expandido en cultivos hidropónicos del sistema raíz flotante en la ciudad de Quito, Ecuador. Realizando diferentes pruebas concluyendo que el mejor tratamiento se obtuvo a base de fibra del fruto de palma aceitera, aglutinado con arrocillo INIAP15 en proporción 60% - 40% y con cobertura de cera carnauba.

En el artículo científico "*Material biobasado compuesto por el micelio de hongos descomponedores de madera y residuos agroindustriales*", Rodríguez (2017), se investigó la obtención de un material compuesto por el micelio de hongos degradadores de madera y residuos industriales, para desarrollar esta investigación, colectaron, identificaron y propagaron hongos como las especies *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor*. A partir de aquel material desarrollaron un material biobasado. La etapa de experimentación se hizo en un ambiente controlado (temperatura, humedad), en el cual, el material no se degradaba, pero sí presenta algunos cambios visuales (color, textura, porosidad) que no afectaban su comportamiento físico-mecánico, mientras en un ambiente no controlado (temperatura, humedad, radiación, luz, entre otros), el material presentaba cambios en su comportamiento físico-mecánico y comenzó a degradarse y descomponerse. De esta manera, concluyó que es posible diseñar un material combinando un tipo de hongo específico y un tipo de sustrato específico.

La tesis titulada "*Estudio sobre la evaluación y análisis de las características físico-mecánicas y apreciativas de un biopolímero conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre*", Ochoa (2017), hizo una evaluación y análisis de las características físico- mecánicas y apreciativas de un biopolímero

conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre, realizando una mezcla de semillas de trigo inoculadas con el hongo en un desecho orgánico compuesto por lignina y celulosa, definieron las variables de cultivo como un procedimiento adecuado para lograr formar el material de hongo. Finalmente, para determinar las propiedades del material realizaron pruebas y ensayos de mecanizado, coloración, pruebas físicas, térmica, mecánicas y de biodegradación, dando como resultado la obtención del material propuesto con buenas características.

## **2.2. Empaques.**

Según el glosario de la ONU la definición de empaque:

Nombre genérico que en ocasiones se usa para describir la industria y el comercio de los envases y embalajes.

## **2.3 Clasificación de empaques:**

Se pueden clasificar por nivel de protección y tipo de empaque:

### **a). Por nivel de protección**

- **Empaque primario:** se encuentra directamente en contacto con el producto y lo protege. También llamado empaque de primer nivel, de venta o presentación
- **Empaque secundario:** Es el que contiene uno o más empaques primarios, cumple las funciones de facilitar la manipulación, agrupar, facilitar el transporte, facilitar el almacenamiento. También llamado empaque de nivel intermedio.
- **Empaque terciario:** También llamado embalaje, empaque de transporte o empaque de nivel exterior. Son estructuras colectivas que se utilizan para agrupar, transportar, proteger y distribuir a los empaques primarios y secundarios (NEXUS,2014)

### **b). Por tipo**

- **Empaque natural:**

Se refiere a la naturaleza del empaque, al proceso de producción, materiales, y desuso. Para la obtención de un empaque natural se pueden emplear las mismas técnicas empleadas para la elaboración de productos artesanales, generando en la mayoría de los casos un valor de tradición cultural. Sin embargo, existen empaques que se encuentran a nuestro alrededor que son propios de la naturaleza cumpliendo funciones específicas, como garantizar la sobrevivencia y sostenibilidad de sus especies como es el caso de las semillas, los nidos, entre otros (NEXUS,2014)

#### **- Empaque artificial**

Es aquel que se ha obtenido de materiales procesados por el hombre cuyos recursos pueden o no ser derivados naturales; hay una amplia variedad como es el caso de los polímeros, pero el objetivo final debe responder a la sostenibilidad del ambiente por medio de la reutilización o reciclaje. (NEXUS,2014)

### **2.4 Materiales de los empaques:**

#### **a) Papel y cartón:**

Son materiales a base de celulosa. El papel es una lámina constituida por un entramado tridimensional de fibras de celulosa y otros componentes que permiten mejorar las propiedades del papel y de esta manera sea adecuado para su uso. El cartón es simplemente una estructura fabricada a partir de papel kraft, que ha sido corrugado, (ondulado) por medio de un piñón o rueda o eje ondulator. Los empaques a base de celulosa son ligeros, permeable ante vapor de agua y gases. (NEXUS,2014)

#### **b) Vidrio**

El vidrio es uno de los materiales más antiguos. El empaque de vidrio suele ser higiénico, inerte, no afecta el sabor de las bebidas y alimentos. No permite el traspaso de gas u oxígeno dentro del envase, por lo que preserva el

producto (NEXUS,2014)

### **c) Metal**

Las aplicaciones del metal en el campo de los empaques pueden clasificarse de acuerdo a sus aplicaciones, como se muestra en la siguiente:

-ALUMINIO RIGIDO: Envases dos piezas y tapas

-ALUMINIO FLEXIBLE: Metalizado, laminaciones, colapsibles, cierres y etiquetas

- HOJALATA: Envases dos piezas, envases tres piezas y tapas

-FOIL DE ALUMINIO: Moldes y bandejas, blíster farmacéutico (NEXUS,2014)

### **d) Madera**

La madera como material de empaque ha sido subutilizada en la industria del embalaje en América Latina, aunque en los países desarrollados sus aplicaciones tienen muchísimas ventajas sobre todo en el campo de los embalajes de exportación (NEXUS,2014)

### **e) Plásticos**

Son materiales poliméricos macromoleculares. La mayoría utilizados para empaque son termoplásticos con polímeros orgánicos o semi orgánicos. Los polímeros más comunes son: Poliestireno, polietileno de alta densidad y baja densidad, policloruro de vinilo, polipropileno y polietileno tereftalato (Pongráez, 2007).

### **f) Poliestireno (EPS)**

Es un plástico que se genera a partir de la polimerización del estireno, utilizando el pentano como agente espumante, tiene una estructura celular cerrada y rellena de aire, y es un material muy frágil y muy sensible a los disolventes (Omnexus, 2020).

Es uno de los materiales más usados en la industria del empaque, sin embargo, es uno de los causantes de la mayor contaminación del medio ambiente (ECOPLAS,2011).

## **2.5 Empaques amigables con el medio ambiente**

Los empaques deben cumplir una serie de condiciones en cuanto a seguridad, funcionalidad y legislación. En los últimos años se ha estado demandando el uso de materiales menos perjudiciales para el medio ambiente, y se han desarrollado diferentes empaques para evitar los impactos negativos al ser desechados con el paso del tiempo (Marsh,2007)

## **2.6 Biomateriales**

Se define como “un material funcional que ha sido diseñado y construido a partir de una materia prima biológica, tales como plantas, algas, bacterias, hongos, asociaciones simbióticas mutualistas de microorganismos o biopolímeros microbianos”. Como producto final, pueden ser una mezcla de materiales naturales, compuestos o desechos orgánicos o también no pueden estar mezclados. Son materiales autogenerados por organismos vivos y son de fabricación alternativa, ya que se hace crecer los nuevos materiales en lugar de extraerlos, de esta manera se cumplen los principios de la economía circular y de la Biotecnología Material, asegurando que estos deben ser degradados y que puedan volver a la naturaleza. Por otro lado, debe garantizar que los procesos productivos de los biomateriales, no deben comprometer o perjudicar al medio ambiente (Feijóo, Kevin et al,2021)

### **2.6.1 Biomaterial a base de micelio fúngico**

Los materiales de micelio son partículas lignocelulósicas desfragmentadas unidos con micelio quitinoso y denso. Estos biomateriales innovadores muestran características ecológicas: uso de materiales de desecho, baja demanda de

energía y no genera residuos durante la producción, los productos se reciclan fácilmente (Appels,2020)

Como fibra compuesta principalmente de polímeros naturales como quitina, celulosa y proteínas, el micelio es descrito por los investigadores como una fuente de generación de enormes cantidades de materiales debido a su estructura y contenido únicos. Hay empresas que han utilizado el micelio, utilizando biomasa no procesada y pegadas por el micelio lo que conlleva a estructuras espumosas, sin embargo, hay mucho por hacer para el desarrollo y la investigación futura de productos a base de micelio fúngico. (Haneef, 2017).

De acuerdo a su desarrollo micelial, se clasifica en materiales bio-fabricados ,del micelio vegetativo o micelio aéreo (Ceremi et al. 2019; Grimm & Wösten, 2018).

### **2.6.2 Uso en la industria**

Los biomateriales tienen diferentes aplicaciones:

- a) Empaque:** debido a sus características físico-mecánicas muy similares al poliestireno, se han creado empaques a partir de micelio creando una mezcla junto con residuos agrícolas y estos a la vez son materiales biodegradables en su totalidad y son utilizados como empaques para las diferentes áreas de las industrias como son: vinos, zapatos, perfumes, computadoras, medicina y lámparas (Ecovative Design,2018).

### **Figura 1**

#### *Empaque de residuos agrícolas y micelio*



*Nota.* La figura 1 muestra un empaque a base de micelio fúngico y residuos agrícolas, con un color blanquecino, adaptado de *Magycal mushroom company*, 2018.

- b) Textiles:** El micelio se ha tomado como una alternativa de textiles, por sus características únicas ha llamado la admiración de los consumidores y esto promueve a dejar de utilizar pieles de animales (Ecovative Design,2018)
- c) Accesorios:** se ha estado utilizando micelio puro como espuma para el forro de guantes que los hace livianos y aislantes para trabajar a altas temperaturas. También se ha incorporado la espuma de micelio a las correas de las mochilas para una mayor comunidad y soporte (Ecovative Design,2018)
- d) Calzado:** se utiliza en la suela del tenis debido que sus espumas de micelio dan lugar a un buen soporte y rendimiento, también se utiliza en

botas como aislante térmico (Ecovative Design,2018)

### 2.6.3 Productos a base de micelio de hongos

**Tabla 1**

*Empresas que emplean micelio de hongos en sus productos*

<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Especificación del material</b>
Ecovative Design LLC	New Jersey, Estados Unidos	Espumas para empaquetamiento <b>MycoComposite</b> Espumas de micelio puro <b>Mycoflex</b> para la fabricación de chaquetas aislantes, forros térmicos, calzado y mas
Ford Global Technologies LLC	Michigan, Estados Unidos	Piezas moldeadas de espuma de micelio para el empaquetamiento de interiores de vehículos
Mogu	Inarzo, Italia	Paneles modulares acústico <b>Mogu</b>
Radial Biomateriales	Jalisco, México	Materiales diseñados a la medida para paquetería y embalaje
Loop Biotech	JD Delft, Países Bajos	Materiales diseñados a la medida para paquetería y embalaje Ataúdes Lop Cocon, sus paredes son fabricados de micelio y residuos orgánicos.
Ecovative Design LLC	New Jersey, Estados Unidos	Paneles de construcción MycoBoard para diseños arquitectónicos Kits
Mycomaker	Quito, Ecuador	Kits de micotectura
Radial Biomateriales	Jalisco, México	Productos de diseño industrial o interiorismo

**Nota.** En la tabla 1 se puede observar una lista de empresas que utilizan el micelio para el desarrollo de diferentes productos, adaptado de Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible, Feijoo, K et al,2021.

## **2.7 Propiedades físicas y mecánicas del biomaterial**

Estas propiedades no están regidas por normas, sin embargo, existe investigaciones que se han basado en diferentes normas para la caracterización del biomaterial. En la tesis titulada “ Estudio sobre la evaluación y análisis de las características físico-mecánicas y apreciativas de un biopolímero conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre” recomienda hacer una comparación con las normas ASTM y con las propiedades mecánicas y físicas de los biomateriales obtenidas por la empresa Ecovative Desing LLC .Por otro lado en la tesis titulada “Determinación de las características físicas y mecánicas del material biodegradable obtenido con micelios de *Pleurotus ostreatus* y *ganoderma lucidum* utilizando rastrojo de cebada y rastrojo de trigo como sustrato”, para realizar los ensayos físico-mecánicos como son las pruebas de densidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, resistencia a la tensión y resistencia a la compresión del material , se realizaron bajo el estándar de las normas ASTM D1622, ASTM D570, ASTM D790, ASTM D380 y ASTM D1621.

## **2.8 Biodegradabilidad del biomaterial**

Los materiales a base de micelio pueden ser utilizado para distintos propósitos. Una vez cumplido su función pueden ser desechados. De esta manera la humedad y los microorganismos del suelo hacen todo el trabajo para degradarlo y transformarlos como abono e introducirlos nuevamente al ciclo de vida (Ecovative, 2018), es importante también tener en cuenta la capacidad de los hongos para alimentarse de una gran variedad de moléculas, incluyendo el plástico y la mayoría de residuos agrícolas (Lelivelt, 2015).

El ensayo de biodegradabilidad se basa en la descomposición aeróbica o anaeróbica por la acción de microorganismos como hongos, bacterias o algas, bajo condiciones normales del medio ambiente. (Ecoplas, 2019)

## **2.9 Calidad e Inocuidad del biomaterial**

Los biomateriales deben pasar por un proceso de control de calidad para asegurar la inocuidad evitando fallas y patologías de las mismas.

De tal manera, que una vez que obtienen las características físico mecánicas del producto, se desmolda y se seca para eliminar y detener el crecimiento del micelial. La inactivación micelial ocurre cuando se somete a temperaturas mayores de 40 °C y menor de 10 °C (Ecovative,2018).

Para detener el crecimiento microbiano se debe someter a un secado en estufa a 80 °C durante 24 h (Fernández et al,2020)

### **2.10 Hongos**

Son microorganismos pertenecientes al reino Fungi, abarca una gran diversidad (setas, levaduras, mohos, entre otros). Los hongos presentan una reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y la pared celular está constituida por quitina o celulosa.

Existen alrededor de 140.000 tipos de hongos en la tierra y solo se han clasificado y estudiado el 5% (Prado, B & Escobar, M,2022)

#### **2.10.1 Clasificación de los hongos**

- ✓ Basidiomycota: Desarrollan basidiocarpos, de las cuales las esporas reproductivas nacen del hongo.
- ✓ Ascomycota: En lugar de basidiocarpos tienen ascos, que son células sexuales responsables de producir de esporas.
- ✓ Glomeromycota: Son, uniones simbióticas entre un hongo y las raíces de una planta. Las raíces les otorga vitaminas y carbohidratos, mientras el hongo aporta nutrientes y agua
- ✓ Zygomycota: Son mohos que forman esporas capaces de soportar condiciones adversas durante un tiempo hasta que finalmente puedan

germinar.

- ✓ Chytridiomycota: Son hongos microscópicos y primitivos, generalmente acuáticos, que se reproducen por esporas flageladas. (Editorial Etece,2021).

### **2.10.2 Micelio de hongos**

El micelio es la parte vegetativa de un hongo con una masa de hifas ramificadas y filamentosas que tienen enzimas para descomponer biopolímeros en cuerpos más simples de nutrientes digeribles a base de carbono. El resultado de este proceso es una colonia orgánica de hifas (Girometa, C et al,2019).

### **2.10.3 Cómo se forma el Micelio**

El micelio que observamos normalmente es el secundario, y se le denomina dicariótico, porque cada célula contiene dos núcleos distintos. Es diferente del micelio primario o monocariótico ya que presenta un solo núcleo, y es el primero que se forma cuando las esporas encuentran un medio adecuado para su desarrollo (Quesada,2020).

El micelio se desarrolla en el suelo y en varios tipos de biomasa formando enlaces simbióticos, neutros o patógenos en su interior. solo una espora podría ser suficiente para poder crear una red de hongos que pueden invadir miles de metros cuadrados de la tierra (Freek Appels & Wosten, 2020).

## **2.11 Hongos de podredumbre blanca**

### **2.11.1 Ganoderma lucidum**

El *Ganoderma lucidum* también lo conocen como Lingzhi en China, y en Japón como Reishi (“Hongo Divino”). En el Occidente lo llaman “políporo panacea”. Su nombre deriva del griego ‘ganos’ (‘brillo’, ‘resplandor’), y ‘lucidum’, que significa ‘brillante’, que se refiere a su aspecto rojo brillante (Bidegain,2021).El *Ganoderma lucidum* es un hongo grande, con una textura leñosa, y su cuerpo fructífero es un color rojo intenso, además tiene un sabor, de modo que estas características

podrían variar de acuerdo según al lugar y condiciones de cultivo de cultivo (Cecchini & Ticcli, 2016). Además, es responsable de producir una pudrición blanca y es descrito como un hongo fitopatógeno (Chang & Miles 2004).

### 2.11.2 Taxonomía

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica*

<b>Reino</b>	<b>Fungí</b>
<i>División</i>	<i>Basidiomycota</i>
Subdivisión	<i>Basidiomycotina</i>
Clase	<i>Homobasidiomycetes</i>
Subclase	<i>Aphyllphoromycetidae</i>
Orden	<i>Ganodermatales</i>
Familia	<i>Ganodermataceae</i>
Genero	<i>Ganoderma</i>
Especie	<i>Lucidum</i>

**Nota.** En la tabla 2, se muestra una calificación taxonómica actual del reishi, adaptado de *Ganoderma lucidum*, Karst, P,2021, (<https://www.fungipedia.org/hongos/ganoderma-lucidum.html>)

### 2.11.3 Características morfológicas

**Carpóforo:** Tiene forma variable, espatulado o con forma de riñón, Su tamaño puede ser más 10 cm de diámetro. Tiene color caoba que perdura al madurar, lo único que varía es el color del borde, que al inicio es amarillento, y en la adultez es blanco. Tiene una superficie lisa y algo ondulada, y una apariencia brillante, recubierta de una especie de barniz (Karst, P,2021).

**Himeno:** Formado por tubos y poros de 4-7mm, presenta un color blanco y castaño oscuro a medida que llegue a la adultez. (Niño, 2010)

Estípite: Presenta una longitud de 3 a 14 cm, y su espesor es 3cm, y es el mismo color del carpóforo, generalmente crece de forma lateral. (Fungipedia, 2018)

**Figura 2**

*Carpóforo de Ganoderma lucidum*



*Nota.* La figura 2 muestra el carpóforo del reishi, con su color característico rojo brillante, adaptado de *Ganoderma lucidum*, *Notas Naturales*, 2019,

#### 2.11.4 Cultivo de Ganoderma

El Reishi es muy conocido desde hace más de 2000 años (Bidegain, M et al.2012),

**Tabla 3**

*Condiciones ambientales para el cultivo de Ganoderma lucidum*

	<b>Colonización del micelio</b>	<b>Iniciación del primordio</b>	<b>Desarrollo del carpóforo</b>
<b>Temperatura</b>	25-30°C	25-30°C	25-30°C
<b>Humedad del sustrato</b>	60-65%	60-65%	60-65%
<b>Humedad del ambiente</b>	60-70%	85-90%	90-95%
<b>CO<sub>2</sub> %</b>	Tolera alta Concentración	0.1-0.5%	< 0.1%
<b>Luz (lux)</b>	Ninguna	100-200	150-200 (fotoperiodo de 12h)
<b>Duración</b>	2 meses	50-60 días después de la siembra	25 días después del primordio

*Nota.* Adaptado de Growing gourmet and medicinal mushrooms, Stamets 2000; Chen,1999

### 2.11.5 Sustratos para el crecimiento fúngico del ganoderma lucidum

**Tabla 4**

*Diferentes sustratos utilizados para el cultivo de Ganoderma lucidum*

<b>Sustrato</b>	<b>Eficiencia biológica</b>	<b>Autor</b>
Bagazo de caña	20 %	Ávila, A y Yáñez, P,2020.
Madera de vid (30%), madera de encino (70%), Tronco de encino	34,2%  No se registró eficiencia biológica, solo invasión micelial que es 60% de Colonización	Morales, R,2015  Rodríguez et al,2014
Troncos de capulí	No se registró eficiencia biológica, solo invasión micelial que es 64% de colonización	Rodríguez et al, 2014
Paja	No se registró eficiencia biológica, solo invasión micelial que es 100% de colonización	Rodríguez et al, 2014
Bagazo de maguey	No se registró eficiencia biológica, solo invasión micelial que es 50%de colonización	Rodríguez et al, 2014
Chips de madera de álamo (60%) +aserrín de pino (40%)	63 %	<i>Kuhar, F et al, 2011</i>

*Nota.* La tabla 4 muestra una lista de sustratos utilizados de manera exitosa en el desarrollo del micelio vegetativo y carpóforo del ganoderma.

Los sustratos que han sido utilizados en el cultivo de ganoderma para la obtención de carpóforos o la masa vegetativa, se muestra de manera resumida en la tabla 4

## 2.11.6 Ensayos de cultivo de hongos en residuos de quinua y de plátano

**Tabla 5**

*Hongos comestibles cultivados en residuos de quinua y plátano*

<b>Especie</b>	<b>Eficiencia Biológica</b>	<b>Notas</b>	<b>Autor</b>
<i>Pleurotus ostreatus</i>	53,13 %	70% tallo de cebada + 30% tallo de quinua	Choque, C,2017 Rodriguez, A,2019.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	97,48 %	Solo tallos	Rodriguez, A,2019.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	88,49 %	Mezcla de tallos y hojas	Rodriguez, A,2019.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	96,67 %	70 % tuza+30% quinua	Toledo, M,2008
<i>Pleurotus pulmonarius</i>	96,4 %	Pseudotallo con hojas frescas de plátano (Musa paradisiaca)	Cayetano y Bernabé, E,2008.
<i>Pleurotus ostreatus</i>	99,8 %	Pseudotallo con hojas frescas de plátano (Musa paradisiaca)	Cayetano y Bernabé, E,2008.
<i>Pleurotus djamor</i>	24,1 %	Hojas de plátano (100 %)	Motato, E.et al,2006
<i>Pleurotus ostreatus</i>	123,30±0,7 %	hoja de plátano deshidratada	Romero, O, et al,2010

*Nota.* La tabla 5 muestra una lista de hongos cultivados de manera exitosa en sustratos de tallos de quinua y pseudotallo de plátano.

## 2.12 Quinua

### Taxonomía de la quinua

según Perú Ecológico, 2009, se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera.

**Tabla 6**

*Taxonomía de la quinua*

Clasificación taxonómica	
<b>REINO:</b>	<i>Plantae</i>
<b>DIVISIÓN:</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>CLASE:</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>ORDEN:</b>	<i>Caryophyllales</i>
<b>FAMILIA:</b>	<i>Chenopodiaceae</i>
<b>GÉNERO:</b>	<i>Chenopodium</i>
<b>ESPECIE:</b>	<i>Quínoa</i>

*Nota.* Adaptado de Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Perú Ecológico, 2009, ([https://www.Perúecológico.com.pe/flo\\_quinoa\\_1.htm](https://www.Perúecológico.com.pe/flo_quinoa_1.htm))

### 2.12.1 Características botánicas

Las características botánicas de la quinua son:

#### a) Tallo de Quinoa

Es de forma cilíndrica, la altura es muy variable sujeto a las variedades; cuando la planta está en su estadio joven presenta una médula blanca y cuando llega a su estado maduro se vuelve esponjoso, hueco, y la corteza se lignifica, presentando un color variable. (León, 2003).

**Tabla 7**

*Composición química del tallo de quinua*

Parámetro	%
Nitrógeno	1,1
Celulosa	49,4-50,9
Hemicelulosa	37,6

*Nota.* Adaptado de Alimentación y nutrición animal, Cañas, 1998.

## **b) Estructura primaria del tallo de quinua**

El tallo es predominante ya que en él predominan las funciones primarias. En un corte transversal a la altura de las posiciones cercanas al apéndice de la planta, se distinguen 3 regiones, partiendo del exterior. (Gallardo, *et. al.*, 1997)

- **La Epidermis:** Este tejido tiene como función la protección de las partes verdes, tiene como característica la pared externa con cutina y posee pelos y estomas. Son células epidérmicas propiamente dichas.
- **Corteza:** Está conformado por tres tejidos:
  - Colénquima: tejido vegetal formado por células vivas, redondeadas o fibrosas, en forma de anillo continuo, primeramente, luego en estado adulto en listones (rosado). Tiene como función sostén en órganos en crecimiento.
  - Parénquima (rosado): su función es, los procesos del metabolismo: fotosíntesis, respiración, almacén y conducción a corta distancia. Tiene como característica ubicarse en la pared primaria o secundaria.
- **Esclerénquima (rosado):** es el tejido vegetal de sostén, constituido por células muertas originado a partir de la colénquima por impregnación creciente de lignina.
- **Un cilindro central:** Formado por un parénquima muy abundante, con células grandes, en el que se hallan dispersos unos tejidos conductores formados por células pequeñas que se denominan libero –leñosos, estas bases líbero–leñosos se disponen en dos círculos concéntricos. En cada haz y partiendo de la parte más externa (Gallardo, *et. al.*, 1997).

## 2.13 Plátano.

### ➤ Clasificación Taxonómica

**Tabla 8**

*Clasificación taxonómica del plátano*

División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsidae
Orden	Escitaminales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa
Especie:	Musa paradisiaca

*Nota.* Adaptado de Biosynthesis of phenylphenalenone-type copounds in Haemodoraceae plants and their phytopathological role in the interaction MusaMycosphaerellafijiensis, Hidalgo,2015.

### 2.13.1 Descripción morfológica del plátano

- **Sistema radicular:** Tiene la función de absorber, conducir el agua y de la transferencia de nutrientes del suelo hacia la planta. Las raíces primarias se nacen en la superficie del cilindro central del rizoma, las secundarias y terciarias, en las raíces primarias (Vézina, 2016).
- **Pseudotallo:** es similar a un tronco. Pero es un falso tallo, compuesto por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas. el pseudotallo es muy carnoso y está conformado por agua. (Vézina Anne, 2016).
- **Hojas:** según UNALM (2011) las hojas son grandes y en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y puede alcanzar medio metro de ancho.

- **Flores:** es una inflorescencia que nace del centro de los pseudotallo en forma vertical; y forma en un racimo colgante de 1 a 2 m de largo. Presentan 6 estambres, uno estéril, gineceo con 3 pistilos con ovario ínfero.
- **Frutos:** es una baya alargada, encorvada y de corteza lisa, puede ser color amarillo – verdoso, amarillo-rojizo, amarillo o rojo.

### **2.13.2 Composición química del pseudotallo:**

Las fibras naturales del pseudotallo del plátano están compuestas básicamente de celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas y una cantidad mínima de materia orgánica en forma de sustancias extraíbles y componentes inorgánicos como las cenizas. De acuerdo al estudio realizado por Subagyo y Chafidz (2018) el pseudotallo del plátano está compuesto por 31,26 a 69 % de celulosa, 5 a 18,6 % de lignina, 1,40 a 10,6 % de sustancias extraíbles y 9,64 a 20,3 % de humedad; Adaptado de González et al (2016)

### **2.13.3 Los residuos del cultivo de banano**

La industria platanera produce una gran cantidad de residuos vegetales, pues de esta planta solamente se aprovecha su fruto. (López, 2011). Según INEI,2018, se tuvo una producción de plátano 2,218,182 tn/año, generándose 8,051,997 t/año de residuos.

### **2.13.4 Caracterización química de residuos lignocelulósicos**

La composición química del pseudotallo de plátano y tallos de quinua se muestran en las tablas 2 y 3 para poder conocer sus aportes nutricionales como sustratos para el desarrollo del micelio del reishi.

**Tabla 9**

*Caracterización del pseudotallo de plátano*

---

<b>Composición química</b>	<b>Porcentaje %</b>
<b>Lignina</b>	5,2
<b>Celulosa</b>	33,8
<b>Hemicelulosa</b>	10,5

---

*Nota.* Adaptado de Pretreatment of residues from plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB) and arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) for obtaining fermentable sugars, Carranza et al ,2015.

**Tabla 10**

*Caracterización del tallo de quinua*

---

<b>Composición química</b>	<b>Porcentaje %</b>	<b>Autor</b>
<b>Lignina</b>	20	Carchi (2014)
<b>Celulosa</b>	48,1	Quispe & Velásquez (2022)
<b>Hemicelulosa</b>	20,31	Carranza et al., (2015)

---

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Diseño metodológico**

##### **➤ Nivel y tipo de investigación**

Es de nivel explicativo, explica el comportamiento de los factores como el micelio de hongo ganoderma lucidum, tallos de quinua, pseudotallo de plátano en función de la variable de respuesta (biomaterial) mediante estudios de causa y efecto que requiere un control.

Es tipo experimental porque se trata de manipular las variables independientes deliberadamente (proporción de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de ganoderma), para poder observar los efectos que se producen (características físicas y mecánicas del biomaterial)

#### **3.2 Ámbito de la investigación.**

La investigación se realizó en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho. La etapa de conformación del biomaterial se realizó en los ambientes del laboratorio de curtiembre de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, mientras que los ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas se llevó a cabo en el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de cuero y calzado de Trujillo.

##### **3.2.1 Población, muestra y muestreo**

En la investigación se toma como población a los residuos agroindustriales, pseudotallo de plátano y tallos de quinua.

##### **3.2.2 Muestra.**

Se tomó muestras de residuos agroindustriales como tallos de quinua y los

pseudotallos de plátano, los cuales fueron obtenidos de diferentes distritos de la región de Ayacucho.

### **3.2.3 Muestreo**

La técnica a utilizar en el presente trabajo de investigación es método de muestreo aleatorio simple, donde todos los tallos de quinua tienen la posibilidad de ser elegidos como la muestra representativa de la población

Para la obtención de las muestras de residuos lignocelulósicos agrícolas como los tallos de quinua y los pseudotallos de plátano, se realizó mediante un muestreo aleatorio simple.

El primer punto de muestreo para la obtención de pseudotallos de plátano se dió lugar en un fundo en el distrito Santa Rosa, provincia La Mar, departamento de Ayacucho. El segundo punto de muestreo para obtener el tallo de quinua, se dió lugar en el distrito Tambillo.

### **3.3 Metodología**

La metodología experimental se realizó en 5 etapas:

- **Primera etapa:** Obtención de cepa

A partir de Ganoderma Lucidum comercial se procedió a realizar el aislamiento en medio de agar extracto de malta. Para ello se cortó trozos del interior del basidiocarpo colocándolos en las placas de Petri con el medio de cultivo. Las placas se incubaron a 25°C, por 15 días

- **Segunda etapa:** Preparación de los sustratos

#### **a. Recolección, selección y limpieza materias primas**

Se recolectaron residuos de tallos de quinua del distrito Tambillo, pseudotallo de plátano del distrito Santa Rosa (VRAEM), luego estos residuos pasaron por un proceso de selección y limpieza.

## **b. Disminución de tamaño de la materia prima**

Los residuos, se cortaron con tijeras. Posteriormente triturados en molino de martillos dotado de malla número 30 con diámetro de poro de 4 mm. A partir de estos residuos se conformará la mezcla

- **Tercera etapa:** Conformación del biomaterial

- a) Preparación de mezcla**

Las mezclas se realizaron siguiendo el Diseño estadístico de Mezclas utilizando Minitab versión 21.

- b) Formación del biomaterial**

Se conformó el material con los residuos mezclados manualmente, lo más uniforme posible. Seguidamente, 100 g de cada uno de los preparados fueron colocados en botellas de vidrio y sometidos a esterilización por vapor a presión a 121 °C por 30 min. Una vez frías, cada una de las botellas fueron inoculadas con el micelio del *Ganoderma lucidum*. La inoculación se realizó de manera aséptica. Y selladas con tapón de algodón, posteriormente cada muestra fue compactada, de manera manual en los moldes e incubados en cámara oscura por 25 días a 23°C. Después de la incubación, los materiales se desmoldaron y fueron sometidos a la luz solar por 5 días, con el fin de detener el crecimiento micelial y extraer la humedad de los biomateriales.

- **Cuarta Etapa:** Determinación de propiedades físicas y mecánicas

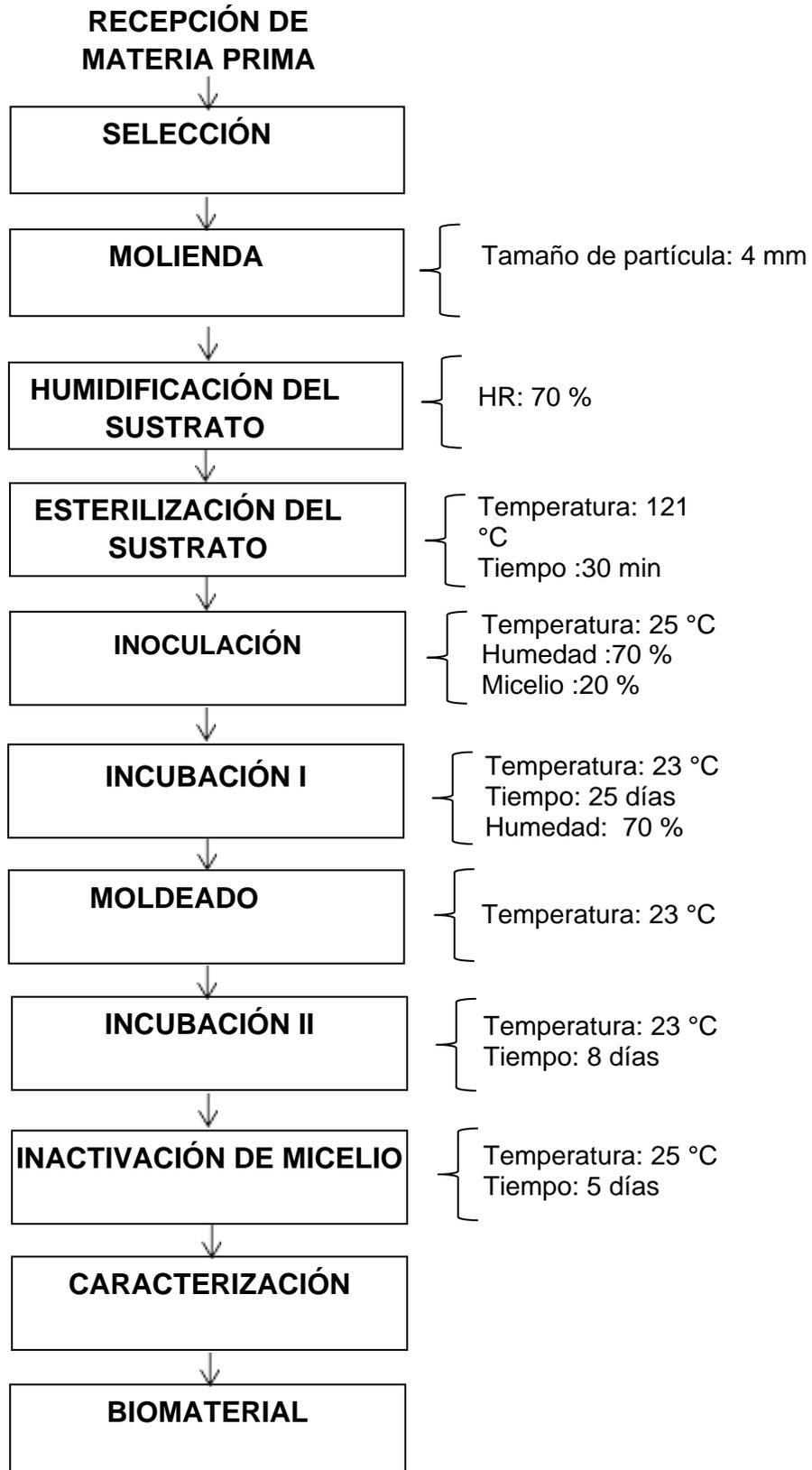
A los materiales obtenidos se les determina propiedades físicas y mecánicas con base en las características del poliestireno expandido y siguiendo las normas ASTM D1621-16, ISO 868, ISO 2781, ISO 4649.

- **Quinta etapa:** evaluación de la biodegradabilidad, Se realizó de acuerdo NTP 900.080:2015, donde está establecido los requisitos de los envases, embalajes, y los criterios de evaluación de biodegradabilidad.

### 3.4 Diagrama de flujo

**Figura 3**

*Diagrama de flujo del proceso de obtención de biomaterial*



### 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Son los siguientes:

**Tabla 11**

*Técnicas e instrumentos para recolección de datos*

<b>Objetivo</b>	<b>Técnica de recolección de datos</b>	<b>Instrumento</b>
Evaluar condiciones de incubación, temperatura, humedad relativa	Observación directa	Ficha de registro de datos
Evaluar tiempo de invasión micelial	Observación directa	Hoja o ficha de registro de datos

### 3.6 Diseño de investigación.

#### 3.6.1 Diseño experimental

Para este estudio se empleó el método estadístico de Diseño de Mezclas, con el programa Minitab Versión 21.1.0, los principales componentes de la mezcla fueron (tallos de quinua y pseudotallo de plátano, constituyendo el 40% de la mezcla. Mientras el 40% de agua, 20 % de micelio se mantuvieron constantes. Las variables de investigación se Optimizaron con el Diseño Simplex-Centroide (DSC).

En total se formularon cinco tratamientos, cada sustrato fue hidratado durante 8 horas antes de su utilización.

#### Variables

➤ **Variable independiente**

- Micelio de reishi
- Tallos de quinua
- Pseudotallo de plátano

➤ **Variable dependiente**

- Biomaterial (Características físico-mecánicas)

➤ **Variable interviniente**

- Temperatura (°C)
- Humedad (%)

**Tabla 12**

*Diseño de mezclas para la constitución del sustrato aplicando diseño simplex con centroide*

<b>Tratamiento</b>	<b>Pseudotallo de plátano (SP %)</b>	<b>Tallos de quinua (TQ %)</b>
<b>T1-SP<sub>100</sub>:TQ<sub>0</sub></b>	100	0
<b>T2-SP<sub>25</sub>:TQ<sub>75</sub></b>	25	75
<b>T3-SP<sub>50</sub>:TQ<sub>50</sub></b>	50	50
<b>T4-SP<sub>75</sub>:TQ<sub>25</sub></b>	75	25
<b>T5-SP<sub>0</sub>:TQ<sub>100</sub></b>	0	100

### **3.7 Materia prima, insumos, equipos y otros materiales**

#### **Materia prima**

- Tallo de quinua variedad blanca Junín
- Pseudotallo de plátano variedad cavedish
- Micelio de ganoderma

## **Materiales**

- Tijera
- Espátula
- Etiquetas para el rotulado
- Bisturí
- Placas Petri
- Termohigrómetro
- Mechero de alcohol
- Molde

## **Equipos**

- Balanza KAMSOR
- Olla a presión de 4 L
- Molino de martillos
- Cocina industrial SURGE de 4 hornillas

## **Insumos**

- Peróxido de hidrogeno al 30 %
- Guantes
- Alcohol 70°

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Conformación del biomaterial**

##### **a) Preparación del sustrato**

Los sustratos fueron preparados, tomando en cuenta las distintas proporciones de tallos de quinua y pseudotallo de plátano. Se pesaron 50 g de cada componente y la mezcla de ambas, obteniéndose un total 100 g de sustrato en base seca y se añadió el 40 % de agua, 66,67 ml fueron añadidos según tratamiento. Posteriormente ser mezclados hasta conseguir una mezcla homogénea con 70% de humedad.

La mezcla hidratada de cada tratamiento fue embotellada en envase de vidrio que tengan resistencia a altas temperaturas, y también se rotularon según el tratamiento y número de prueba.

##### **➤ Esterilización**

Se esterilizó las muestras a una temperatura de 121°C durante 30 min, este procedimiento se realizó en una olla a presión, para luego dejarlo enfriar durante 10 horas.

##### **➤ Inoculación**

Para esta etapa, el área de trabajo y los materiales de laboratorio a usar fueron desinfectados con peróxido de hidrogeno y alcohol al 70 %. Según las proporciones establecidas, el micelio es añadida en un 20 % del peso total de la mezcla en cada tratamiento.

##### **➤ Incubación**

Los sustratos inoculados en los envases de vidrio fueron cerradas con un tapón de algodón para el intercambio de oxígeno y el dióxido de carbono.

Se registro los parámetros de crecimiento de la biomasa fúngica como la

temperatura y humedad relativa. Utilizando un termohigrómetro se estos parámetros en el ambiente de incubación. El ambiente de crecimiento se mantuvo oscuro durante toda la etapa de incubación.

**Tabla 13**

*Registro de promedios de temperatura y humedad relativa*

<b>Hora</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Temperatura(°C)</b>
<b>7:00 am</b>	70	22,9
<b>1:00 pm</b>	69,8	23
<b>8:00pm</b>	70	23

Durante 65 días se mantuvo en observación la invasión micelial del sustrato obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla 14**

*Crecimiento micelial*

<b>Tratamiento</b>	<b>Días de crecimiento micelial</b>
<b>T1-SP<sub>100</sub>:TQ<sub>0</sub></b>	65
<b>T2-SP<sub>75</sub>:TQ<sub>25</sub></b>	33
<b>T3-SP<sub>50</sub>:TQ<sub>50</sub></b>	27
<b>T4-SP<sub>25</sub>:TQ<sub>75</sub></b>	18
<b>T5-SP<sub>0</sub>:TQ<sub>100</sub></b>	17

Se observó que en el tratamiento cuatro y cinco la invasión micelial al sustrato fue rápida cubriendo en su totalidad en 18 y 17 días, mientras en el tratamiento dos y tres la colonización total fue en 33 y 27 días respectivamente, y el tratamiento uno demoró 65 días para colonización total a comparación de los demás tratamientos fué el más prolongado en el tiempo de invasión micelial.

➤ **Moldeado**

Una vez que el micelio invadió en su totalidad los sustratos, se procedió con el

moldeado en moldes de polietileno. Cada una de las botellas que contienen las mezclas se desagregaron y se vaciaron a los moldes, ejerciendo una presión manual para que se compacten, incubados en cámara oscura, por 8 días, a 23°C.

➤ **Desmolde**

Después de la incubación, los materiales se desmoldaron y fueron sometidos a secado solar a 25°C por 5 días, a fin de detener el crecimiento micelial y extraer la humedad de los biomateriales.

➤ **Determinación de propiedades físicas y mecánicas**

A los materiales obtenidos se les determino propiedades físicas y mecánicas con base en las características del poliestireno expandido y siguiendo las normas ASTM D1621-16, ISO 868, ISO 2781, ISO 4649.

Se fabricaron piezas empleando moldes de 12,5 cm de largo 8,5 cm de altura 3,5 cm de espesor, y se adecuaron para las pruebas de acuerdo con las medidas que requiere las normas.

**Figura 4**  
*Obtención de biomaterial y caracterización*



**Tabla 15**

*Resultados de la prueba de densidad del biomaterial obtenido a partir de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Densidad del biomaterial ISO 278 (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>T1</b>	0,331
<b>T2</b>	0,302
<b>T3</b>	0,252
<b>T4</b>	0,261
<b>T5</b>	0,230

Según la norma ASTM C578 (anexo 4), la densidad del poliestireno expandido, en función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 0,001g/cm<sup>3</sup> hasta los 0,005 g/cm<sup>3</sup>, los resultados obtenidos son mayores a la densidad del poliestireno teniendo como promedio 0,25 g/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, los biomateriales obtenidos, tienen la densidad que se acerca a los de un biomaterial elaborado por la empresa Ecovative Design LLC 0,12 g/cm<sup>3</sup> que están elaborados a base de micelio de *ganoderma lucidum* y cáñamo llamados Myco Foam o micoespuma y utilizados como material de embalaje .

**Tabla 16**

*Resultados de la prueba de resistencia a la compresión del biomaterial obtenido a partir de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Resistencia a la compresión del biomaterial ASTM D1621 (kPa)</b>
<b>T1</b>	96,2
<b>T2</b>	143,3
<b>T3</b>	111,5
<b>T4</b>	79,6
<b>T5</b>	36,3

De acuerdo a la norma ASTM C578 la resistencia a la compresión del poliestireno tiene un valor mínimo 35 kPa de y un máximo 690 kPa, el biomaterial obtenido tiene la resistencia deseada en los 5 tratamientos que están dentro de los valores del poliestireno expandido.

**Tabla 17**

*Resultados de la prueba de resistencia a la abrasión del biomaterial obtenido a partir de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Resistencia a la abrasión del biomaterial ISO 4649 (mm<sup>3</sup>)</b>
<b>T1</b>	2929,0
<b>T2</b>	1615,6
<b>T3</b>	3372,6
<b>T4</b>	6742,8
<b>T5</b>	16156,9

**Tabla 18**

*Resultados de la prueba de dureza del biomaterial obtenido a partir de tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Dureza del biomaterial ISO 868 (shore)</b>
<b>T1</b>	64,1
<b>T2</b>	72,6
<b>T3</b>	66,7
<b>T4</b>	63,1
<b>T5</b>	64,1

Los valores obtenidos de la prueba de dureza de los cinco tratamientos están dentro de los valores de los termoplásticos, que dentro de ello está considerado el poliestireno expandido estos valores son un mínimo de 57,8 shore y un máximo de 72,3 shore.

## 4.2 Optimización de las variables de respuesta

Con los resultados obtenidos de los tratamientos aplicando el diseño simplex centrado se optimizaron los parámetros que se requieren como densidad, dureza, resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión de acuerdo a los valores mínimos y máximos que se tiene para EPS según las normas ASTM (Anexo 4,5 y 6) para esto se utilizó el software Minitab, como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Variables a optimizar*

Parámetros	Meta	Inferior	Objetivo	Superior
Resistencia a la compresión (kPa)	Objetivo	36,3	104,0	143,3
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Mínimo	0,022	0,022	0,3
Resistencia a la abrasión (mm <sup>3</sup> )	Mínimo	2 929	2 929	16 156,9
Dureza (shore)	Objetivo	63,1	72,3	72,6

En el proceso de optimización como se muestra en la tabla 19, la meta es fijada de acuerdo a nuestra necesidad, en la resistencia a la compresión y dureza se fijó la meta como objetivo ya que según la norma ASTM C578, está establecido que para el EPS tipo II debe tener una resistencia a la compresión de 104 kPa y la dureza de igual manera según la norma ASTM D785 presenta un valor de 72,3 shore, mientras para la densidad y resistencia a la abrasión la meta se fijó como mínimo porque se desea que la densidad y la abrasión sea menor, de acuerdo a la norma ASTM C578 la densidad para el EPS tipo II es de 0,022 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 20**

*Mezcla de prueba óptima*

Componentes	%
Tallos de quinua (TQ)	26,52
Pseudotallo de plátano (SP)	73,48

**Tabla 21**

Valores obtenidos de la optimización de variables

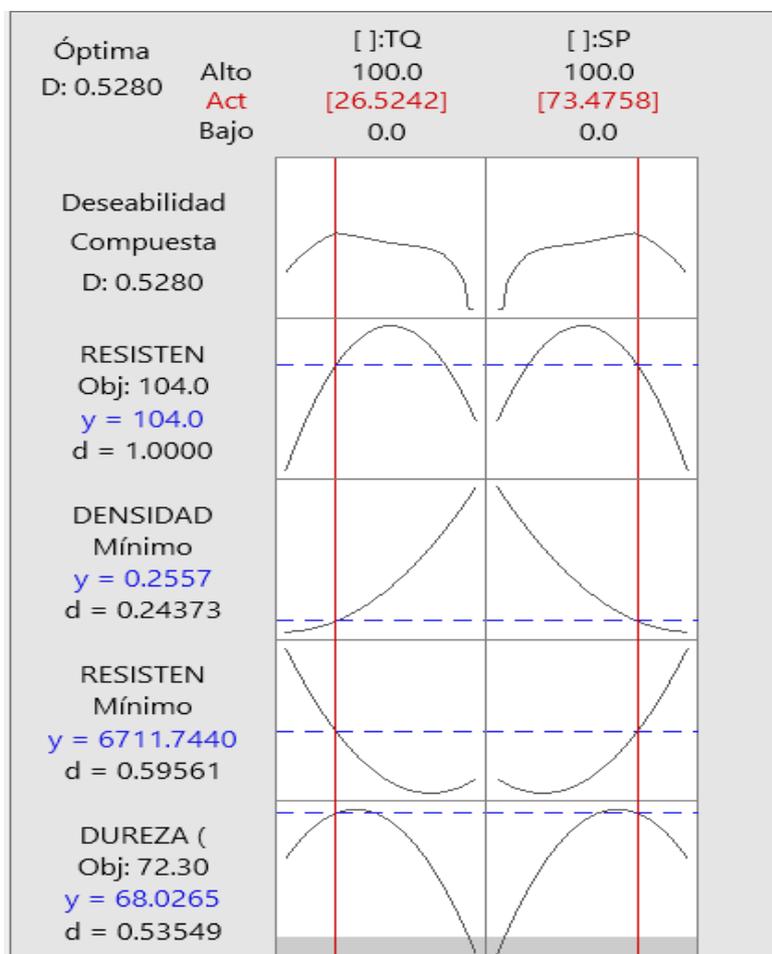
<b>Parámetros</b>	<b>Respuestas pronosticadas</b>	<b>Deseabilidad</b>	<b>Deseabilidad compuesta</b>
Resistencia a la compresión (Kpa)	104,0	1,0000	
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,26	0,2437	0,5280
Resistencia a la abrasión(mm <sup>3</sup> )	6 711,74	0,5956	
Dureza (shore)	68,03	0,5354	

En vista de que sea desea obtener una mezcla de sustratos óptima, es decir que ayude a desarrollar las características físicas y mecánicas del biomaterial, se adopta como una mezcla óptima como se muestra en la tabla 21, pseudotallo de plátano al 73,48% y 26,52% de tallos de quinua dando una resistencia a la compresión 104 kPa, densidad 0,26 g/cm<sup>3</sup>, resistencia a la abrasión 6711,74 mm<sup>3</sup> y una dureza de 68,03 shore.

En cuanto a los valores obtenidos, se puede afirmar que el biomaterial a base de pseudotallo de plátano, tallos de quinua y micelio de reishi se encuentra dentro de los límites establecidos y cumplen las disposiciones de las normas ASTM e ISO.

**Figura 5**

*Grafica de optimización*



**En la figura 5**, se muestra la gráfica de optimización en ello se puede ver el efecto de cada factor, concentración de tallos de quinua y pseudotallo de plátano en la deseabilidad compuesta (dureza, densidad, resistencia a la abrasión, resistencia a la compresión). Las líneas rojas verticales de la gráfica representan la configuración actual de los factores. Los números rojos en la parte superior representan el valor actual de los factores. Los números azules y las líneas horizontales representan las respuestas para el nivel actual del factor.

El software Minitab calcula que la resistencia a la compresión se maximiza, y la densidad, dureza se minimiza cuando los factores están en sus valores más altos

(tallos de quinua=100, pseudotallo de plátano=100)

**a. Evaluación de la biodegradabilidad**

De acuerdo NTP 900.080:2015, donde está establecido los requisitos de los envases, embalajes, y los criterios de evaluación de biodegradabilidad, en el apartado 5.3.2 se menciona que “Materiales de origen natural: Los materiales de envase o embalaje no modificados químicamente y los constituyentes de origen natural, tales como madera, fibra de madera, almidón, pulpa de papel o yute deben ser aceptados como biodegradables sin realizar ensayo”. Los biomateriales obtenidos son de origen natural, de residuos agroindustriales tales como tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de reishi, por lo tanto, son biodegradables. Sin embargo, el material obtenido fue expuesto al aire libre 3 probetas de 80 mm x 50 mm x 15 mm trozadas, y por la acción de los microorganismos, agua y sol se descomponieron en 120 días.

**4.3 Evaluación de funcionalidad del empaque y sustitución al poliestireno expandido**

- a. Evaluación de dimensiones:** El empaque fue diseñado para empacar artesanía ayacuchana con estas dimensiones: de 12,5 cm de largo 8,5 cm de altura 3,5 cm de espesor.
- b. Evaluación de peso:** El empaque peso 1.6 g, y es muy liviano al igual que el EPS
- c. Absorción de agua:** Una de las limitantes para el uso de biomateriales a base de micelio es la característica de absorber agua de una manera muy rápida.

Las muestras se sumergieron en agua durante 24 horas, y fueron sacados de este tiempo para medir el peso de agua absorbido.

**Tabla 22***Resultados de la prueba de absorción de agua*

Tratamientos	Peso inicial	Peso final	pf-pi	%p/p
<b>T1-TQ<sub>100</sub>:SP<sub>0</sub></b>	50	96	46	92
<b>T2-TQ<sub>25</sub>:SP<sub>75</sub></b>	50	75	25	50
<b>T3-TQ<sub>50</sub>:SP<sub>50</sub></b>	50	70	20	40
<b>T4-TQ<sub>75</sub>:SP<sub>25</sub></b>	50	58	8	16
<b>T5-TQ<sub>0</sub>:SP<sub>100</sub></b>	50	54	4	8

La absorción de agua del tratamiento cinco fue menor con 8 % de humedad, mientras en el tratamiento uno fue 92 % de humedad absorbiendo demasiada agua y perdiendo su forma original, a comparación de poliestireno expandido que solo tiene 2 %.

#### **d. Inflamabilidad**

$$\% \text{ inflamabilidad} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa inicial}} * 100$$

Las muestras se sometieron a la llama de un mechero durante 2 minutos, y teniendo como resultado como se muestra en la tabla 23. Para controlar el tiempo se requirió el uso de un cronometro.

**Tabla 23***Resultados de inflamabilidad*

Tratamiento	T (min)	mi(g)	f (g)	I%
<b>T1-TQ<sub>100</sub>:SP<sub>0</sub></b>	2	20	16	20
<b>T2-TQ<sub>25</sub>:SP<sub>75</sub></b>	2	19	16	16
<b>T3-TQ<sub>50</sub>:SP<sub>50</sub></b>	2	20	17	15
<b>T4-TQ<sub>75</sub>:SP<sub>25</sub></b>	2	20	17	15
<b>T5-TQ<sub>0</sub>:SP<sub>100</sub></b>	2	20	18	10

*Nota:* TQ: tallos de quinua, SP: pseudotallo de plátano, mi: masa inicial del biomaterial, T: tiempo de sometimiento a la llama, mf: masa final, I: inflamabilidad

Al ser expuestos a la llama no se quemaron inmediatamente pudiendo conservar su forma original el empaque, sin embargo, fueron consumidos lentamente, teniendo como resultado una coloración negra. Por ende, los biomateriales obtenidos no son inflamables. El tratamiento tres y cinco fueron consumidos en un 15 % respectivamente a comparación del tratamiento cinco que fue el que se consumió menos solo en un 10%

#### **e. Resistencia a impactos**

En este ensayo se dejaron caer en repetidas ocasiones artesanía ayacuchana en el biomaterial obtenido a 50 cm y 1 metro de altura en el empaque obtenido y como control en un panel de poliestireno expandido, y como resultado se pudo observar que los materiales obtenidos no se hicieron ningún daño, al igual que la muestra de control.

- Los 5 tratamientos presentaron buenas propiedades físico-mecánicas, con valores similares del poliestireno expandido, dentro de las normas ASTM, a estas propiedades se añade una serie de características evaluadas como resistencia a impactos, inflamabilidad, absorción de agua y peso, que se ah tenido en cuenta para el diseño del empaque. A partir de estos resultados se puede concluir que el empaque obtenido se puede destinar al uso como sustituto del poliestireno expandido, en sus diferentes presentaciones como empaque.

#### **4.4 Balance de materia**

En la siguiente tabla se muestra el balance de materia en el proceso de obtención del biomaterial.

**Tabla 24.** Balance de materia del proceso de obtención de un biomaterial

Descripción del proceso	Material	Entrada (g)	Ganancia (g)	Perdida (g)	Salida (g)
Molienda		42	-	2	40
Mezcla	Agua	40	-	-	80
	Tallos de quinua	20	-	-	
	Pseudotallo de plátano	20	-	-	
Esterilización	Vapor de agua	80	2	-	82
Inoculación 1	Micelio	82	20	-	102
Incubación	-	102	48		150
Moldeado	-	150	-	1,5	148,5
Incubación 2	-	148,5	41	-	189,5
Inactivación	-	189,5	-	187,9	1,60
Biomaterial		1,60	-	-	1,60

#### 4.5 Prueba de hipótesis

##### 4.5.1 Hipótesis general

**H<sub>0</sub>:** No es posible obtener un biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), con propiedades físicas y mecánicas adecuadas (No aprobada)

**H<sub>1</sub>:** Es posible obtener un biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), con propiedades físicas y mecánicas adecuadas, ya que los materiales a utilizar contienen celulosa, lignina y hemicelulosa, que el micelio de reishi lo degradara de manera eficiente (Aprobada).

- ✓ Se obtuvo un biomaterial a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*). Estos residuos son ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina que el micelio toma como alimento, por ende, se puede desarrollar

de manera eficiente como se muestra en la bibliografía, y además el biomaterial cumple con las propiedades mecánicas y físicas requeridas.

#### 4.5.2 Hipótesis específico

- a. **H<sub>0</sub>**: El proceso para la obtención del biomaterial a base de la mezcla de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*ganoderma lucidum*), no es mejor proceso porque el micelio no genera ningún tipo de pudrición blanca al estar en contacto con materiales lignocelulósicos. (No aprobada)

**H<sub>1</sub>**: El mejor proceso para la obtención del biomaterial es a base de la mezcla de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*ganoderma lucidum*), porque el micelio genera un tipo de pudrición blanca al estar en contacto con materiales lignocelulósicos, cumpliendo la función de aglutinante natural (Aprobada).

- ✓ El mejor proceso para la obtención del biomaterial a base de la mezcla de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*ganoderma lucidum*), se obtuvo con una mezcla de 73,5% pseudotallos de plátano y 26,5 % tallos de quinua, considerando una humedad relativa de 70% en el ambiente de incubación y una temperatura de 23°C, utilizando el diseño estadístico de mezclas mediante el software minitab.

- b. **H<sub>1</sub>**: Las propiedades físicas y mecánicas del biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) no cumplen las Normas ASTM e ISO (No aprobada)

**H<sub>0</sub>**: Las propiedades físicas y mecánicas del biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) cumplen de acuerdo a las Normas ASTM e ISO (Aprobada).

- ✓ Mediante pruebas se determinó las propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión, dureza y densidad, y

los valores obtenidos fueron comparados con el poliestireno expandido de acuerdo a las normas ASTM e ISO, y estos valores están dentro de los valores mínimos y máximos de estas normas.

- c. **H<sub>0</sub>:** El biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), no es biodegradable y no cumple todas las funciones para sustituir al poliestireno expandido como empaque (No aprobado)

**H<sub>1</sub>:** El biomaterial obtenido a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), es biodegradable y cumple todas las funciones para sustituir al poliestireno expandido como empaque (Aprobado).

- ✓ El Biomaterial obtenido fue sometido a diferentes pruebas como se muestran en las tablas 15, 17, 18, 22 y 23 y se pudo comprobar que cumple las funciones de un empaque, y por otro lado cumple con las características de un material biodegradable.

#### **4.6 Propuesta de proceso de obtención de biomaterial**

##### **4.6.1 Formación del biomaterial**

###### **➤ Preparación del sustrato**

Las mezclas de residuos deben ser a una proporción de 73,5% pseudotallo de plátano y 26,5 % de tallos de quinua. Teniendo como un total 100 g de sustrato seco. El 40 % de agua se añadirá al total del sustrato en seco obtenido. Teniendo como resultado 66,67 ml para añadir. Posteriormente ser mezclados hasta conseguir una mezcla homogénea con 70% de humedad. Sin embargo, se deberá tener en cuenta que el sustrato a base de pseudotallo de plátano deberá ser lavado varias veces ya que esta posee taninos, que pueden inhibir el crecimiento del micelio. El tamaño de partícula será entre 1mm a 4mm.

El sustrato inmediatamente deberá ser embotellado y pesado en envase de vidrio que tengan resistencia a altas temperaturas y se rotula.

➤ **Esterilización**

La esterilización de muestras se debe realizar a una temperatura de 121°C durante 30 min, luego dejar enfriar durante 10 horas hasta tener una temperatura de 25 °C para que se pueda activar inmediatamente el micelio.

➤ **Inoculación**

Para la etapa de inoculación, el área de trabajo y los materiales a usar deben ser desinfectados previamente con peróxido de hidrogeno y alcohol al 70 %. Se debe realizar en una cámara de flujo laminar para evitar contaminaciones, el micelio a utilizar deberá ser de forma líquida y añadida en un 20 % del peso total de los sustratos. El micelio a inocular no se recomienda que este en grano ya que esto ocasiona el quebrantamiento del biomaterial.

➤ **Incubación**

Las botellas inoculadas deben ser cerradas con un tapón de algodón o una cinta de micropore para el intercambio de oxígeno y el dióxido de carbono. A una temperatura de 23°C y 70% de humedad relativa por 25 días.

El ambiente de crecimiento se debe mantener oscuro durante toda la etapa de incubación.

➤ **Moldeado**

Una vez cumplido el proceso de incubación, podrá ser moldeado en moldes de polietileno. Los sustratos se desagregan y se vacían a los moldes, ejerciendo una presión manual para que se compacten, incubados en cámara oscura, por 8 días, a 23°C. El ambiente debe ser ventilada una vez al día para un mejor desarrollo micelial.

➤ **Desmolde**

En este proceso se debe tener mucho cuidado para evitar quebrantamientos, los moldes deben colocarse de manera inversa y ser golpeados suavemente para generar un desprendimiento y posteriormente ser sometidos a secado solar a 25°C por 5 días

## CONCLUSIONES

- ✓ Las condiciones óptimas de crecimiento micelial son 73,5 % pseudotallos de plátano y 26,5 % tallos de quinua, considerando una humedad relativa de 70 % en el ambiente de incubación y una temperatura de 23°C. La composición de los sustratos es un factor fundamental para el desarrollo del micelio. El pseudotallo de plátano contiene Látex, el cual presenta taninos en su composición, que actúan como fungicidas e inhiben el crecimiento micelial, para ello se realiza un lavado profundo.
- ✓ Las propiedades físicas y mecánicas de los biomateriales obtenidos a base de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*), fueron comparadas con las propiedades del poliestireno expandido, teniendo una densidad promedio de 0,2 g/cm<sup>3</sup>, siendo superior al del poliestireno expandido que es de 0,005 g/cm<sup>3</sup>, sin embargo comparando al biomaterial de embalaje producido por la empresa Ecovative Design LLC 0,12 g/cm<sup>3</sup>, están en el rango.
- ✓ El ensayo de absorción de agua se obtuvo 80, 50, 40, 16 y 8 % respectivamente, siendo superior al poliestireno que es de 2 %. En la prueba de inflamabilidad, los cinco tratamientos se obtuvieron como resultado que no son materiales inflamables.
- ✓ Las pruebas mecánicas de resistencia a la compresión, resistencia a la abrasión y dureza tuvieron valores, que están dentro de los valores mínimos y máximos establecidos en las normas ASTM C578 y ASTM D785 para el EPS. Con la optimización de resultados de la mezcla se tiene los mejores

resultados, teniendo como potencial como alternativa al poliestireno como material de empaque.

- ✓ El biomaterial obtenido es biodegradable, la característica de biodegradabilidad del biomaterial se lo da sus componentes, el micelio es de origen biológico, el tallo de quinua y pseudotallo son de origen natural, el material obtenido fue expuesto al aire libre y por la acción de los microorganismos, agua y sol se descomponieron en 120 días. Por otro lado, el biomaterial obtenido se considera como sustituto al poliestireno expandido habiendo cumplido todos los requisitos requeridos en los ensayos físico-mecánicos.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Probar mezclas con otros sustratos lignocelulósicos para mejorar las propiedades mecánicas y físicas.
- ✓ Realizar mezclas con sustratos que tengan diferentes granulometrías
- ✓ Diseñar un recubrimiento para tener menor absorción de agua
- ✓ Utilizar diferentes harinas como suplemento para mayor desarrollo de biomasa micelial
- ✓ Realizar lavado profundo a los sustratos para desprender taninos
- ✓ Realizar análisis microbiológico y análisis químico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Appels, F.V.W, (2020) *El uso de micelio fúngico para la producción de materiales de base biológica.*
- Avila,A y Yañez,P,(2020).*Evaluación de la eficiencia del crecimiento del micelio de Ganoderma lucidum (Ganodermataceae), un hongo con alto potencial de uso textil en Ecuador, en tres sustratos orgánicos.*Ecuador.Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec>
- Bidegain,M et al.(2012). *Cultivo del hongo medicinal reishi (ganoderma lucidum) y desarrollo de productos derivados.*Recuperado de: [https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/4009/11746\\_4009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/4009/11746_4009.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Bidegain, M. (2021). *El hongo de la inmortalidad.* Recuperado de: [https://bahiablanca.conicet.gov.ar/boletin/boletin29/index5d2e.html?option=com\\_content&view=article&id=234&Itemid=1171](https://bahiablanca.conicet.gov.ar/boletin/boletin29/index5d2e.html?option=com_content&view=article&id=234&Itemid=1171)
- Cañas, R. (1998). *Alimentación y nutrición animal.* Colección de agricultura, Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Carranza S. D., Solanilla D. J. F., Alexander M. D. (2015). Pretreatment of residues from plantain (*Musa paradisiaca* (L.) AAB) and arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) for obtaining fermentable sugars. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología.*
- Carchi Maurat, D.E. (2014). Aprovechamiento de los residuos agrícolas provenientes del cultivo de banano para obtener nanocelulosa.

Tesis de Licenciatura Especialista en Ingeniería Química.  
Universidad de Cuenca, Ecuador

Cayetano, M y Bernabe, E, (2008). *Cultivo de Pleurotus sobre residuos de las cosechas de jamaica (Hibiscus sabdariffa) y plátano (Musa paradisiaca)*. Mexico. Recuperado: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802008000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802008000100009).

Cecchini, T., y Ticli, B. (2016). *El libro de las hierbas medicinales*. Editorial de Vecchi S.A

Chang S-T, Miles PG (2004) *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC Press LLC

Choque, C, (2017). *Cultivo de champiñón ostra (pleurotus ostreatus) sobre residuos de quinua y cebada, y efecto del almacenamiento a bajas temperaturas con solución conservante*. PERU. Recuperado de: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10587/C%C3%A1ceres\\_Choque\\_Cathia\\_Adriana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/10587/C%C3%A1ceres_Choque_Cathia_Adriana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Delgado Rodríguez, Amalia. *El Tecnopor, la amenaza invisible*. Recuperado de : <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/el-tecnopor-la-amenaza-invisible/>. 2018.

Editorial Etece, (2021). *El reino fungi*. Recuperado de : <https://concepto.de/reino-fungi/#ixzz84CfKsOSp>

Ecoplas, (20119). *Poliestireno características y ventajas respecto al medio ambiente*. Recuperado de : <https://ecoplas.org.ar/>

Ecovative Design LLC. (2013). *Ecovative Design*. Recuperado de

www.ecovatedesign.com.

Ecovative Design LLC. (2018). *Applications*. Recuperado de:  
<https://ecovatedesign.com/technicalwear>

Fernandez , N.,Gangino, R., et al,( 2020). Biopolymer materials developed from mycelium and lignocellulosic residues. Current state of the art and prospects for application in the field of hábitat. Recuperado:  
<https://doi.org/10.33414/ajea.5.774.2020>

Fungipedia, (2018). *Ganoderma lucidum*. Recuperado:  
<http://www.fungipedia.org/hongos/ganoderma-lucidum.html>>

Gallardo M., Gonzales A Y Poneza G. (1997). *Morfología del fruto y semilla de quinua (Chenopodium quinoa Willd.)*. Saya, Sociedad de Ingenieros Agrónomos de Bolivia. Bolivia.

Girometa, C.,Picco, M.,Baiguera ,R et al,2019 *Physico-Mechanical and Thermodynamic Properties of Mycelium-Based Biocomposites: A Review*. Recuperado de : <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/1/281>

González,D,Daza R,Caballero P,Martínez C,(2016). *Valuación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel*.Colombia.Recuperado de:  
<https://www.redalyc.org/pdf/3217/321745921021.pdf>

Greenpeace,(2021).*Consumismo*,Recuperado:<https://es.greenpeace.org/es/tra-bajamos-en/consumismo/>

Grimm, D. & Wösten, H. A. B. (2018) *Mushroom cultivation in the circular economy*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Recuperado de:<https://doi.org/10.1007/s00253-018-9226-8>

Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., et al., (2017). *Materiales avanzados de micelio fúngico: fabricación y ajuste de propiedades físicas*. Recuperado de: [xshttps://doi.org/10.1038/srep41292](https://doi.org/10.1038/srep41292).

Hidalgo W. (2015) *Biosynthesis of phenylphenalenone-type compounds in Haemodoraceae plants and their phytopathological role in the interaction MusaMycosphaerellafijiensis*. Tesis Master of Science. Universitat Jena.Colombia..

Karst,P,(2021).*Ganoderma Lucidum*.Recuperado de: <https://www.fungipedia.org/hongos/ganoderma-lucidum.html>

Kevin Feijóo-Vivas, Stalin A. Bermúdez-Puga, Hernán-Rebolledo, José Miguel Figueroa, Pablo Zamora & Leopoldo Naranjo-Briceño. (2021) *Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible*.Recuperado:[http://repositorio.ikiam.edu.ec:8080/jspui/handle/RD\\_IKIAM/434](http://repositorio.ikiam.edu.ec:8080/jspui/handle/RD_IKIAM/434)

Kuhar, F et al, (2011). *Madera de Pino y Álamo como Sustrato para la Producción de Ganoderma Lucidum*.Recuperado de: <http://www.exactas.unca.edu.ar/HUAYLLUBIOS/num-5/26.pdf>

Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A.-NEXUS (2014). *Concepto, definición, factores y matriz del empaque*.Recuperado:<https://repositorio.artesantiasdecolombia.com.co/bitstream/001/3619/1/INST-D%202014.%20347.pdf>

León, H. J. (2003). *Cultivo de Quinoa en Puno-Perú*. Puno. Recuperado de <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/cultivo-quinua-puno->

peru.pdf.

Lelivelt, R. J. J., Lindner, G., Teuffel, P., & Lamers, H. (2015). "*The production process and compressive strength of Mycelium-based materials*".

Recuperado de: <https://pure.tue.nl/ws/files/15138585/leliproduct2015.pdf>

López, C. (2011). "*Elaboración de papel con pinzote de banano como materia prima*". Recuperado de: [http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-bananocomo-](http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-bananocomo-materia-prima/)

[materia-prima/](http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-bananocomo-materia-prima/)

Marsh, K. (2007). *Food packaging-Roles. Materials and environmental Issues*.

Ministerio del Ambiente, (2018). *Ley que regula el plástico de un solo uso y envases descartables a nivel nacional*. Peru. Recuperado de :

<https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/23800-gobiernopromulga-ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-envases-descartables-a-nivel-nacional>

Ministerio de Agricultura y Riego, (2020). *Producción de plátano y banano* Perú.

Recuperado de: <https://www.minagri.gob.pe/portal/noticias>

Morales, R. (2015). *Madera de vid como sustrato potencial para el cultivo sólido de Ganoderma spp*. Recuperado de : [https://ciad.repositorioinstitucional.](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/85/1/Morales%20Estrada%20Rosa%20Idaly.pdf)

[mx/jspui/bitstream/1006/85/1/Morales%20Estrada%20Rosa%20Idaly.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/85/1/Morales%20Estrada%20Rosa%20Idaly.pdf)

Motato, E. et al, (2006). *Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (musa paradisíaca) y aserrín de abarco (cariniana piriformes) como sustratos para el cultivo del hongo Pleurotus djamor*. Colombia.

Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/vitae/v13n1/v13n1a04.pdf>

Naciones Unidas. (2018). *Plásticos de un solo uso: una hoja de ruta para la*

*sostenibilidad*. (Tiempo de descomposición del EPS).

Niño, F. (2010). *Evaluación de metabolitos secundarios del hongo ganoderma lucidum con actividad antifungica frente a fusarium spp. de interés clínico*. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.

Notas Naturales, (2019). *Reishi: contraindicaciones, beneficios* Recuperado de: [https:// www.Notas naturales.com](https://www.Notasnaturales.com).

Ochoa Natalia, (2017). *Estudio sobre la evaluación y análisis de las características físico- mecánicas y apreciativas de un biopolímero conformado de micelio de hongo ostra y desechos de mimbre*. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/144255>

Perú Ecologico,(2009). *Quinoa (Chenopodium quinoa)*. Recuperado de: [https:// www.Peruecologico .com.pe/flo\\_quinoa\\_1.htm](https://www.Peruecologico.com.pe/flo_quinoa_1.htm).

Pongráez,E. (2007). *The Enviromental Impacts of packaging.Eniromentally conscious materials and chemicals processing*.

Prado,B& Escobar,M.E,(2022). *El reino de los hongos*. recuperado de: <https://usm.cl/noticias/el-reino-de-los-hongos-sus-multiples-beneficios/>

Omnexus. (2020). Selection Guides: *EPS. Ultimate Guide on Foam Insulation Material*. Recuperado de: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/expanded-polystyrene-eps-foam-insulation>

Quispe Pino,E & Velásquez Ccosi,P (2022). *Obtención de celulosa a partir residuos de tallos de Chenopodium Quinoa*. Recuperado de: <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.707>

Reyes Nieto, D,2017. *Generación de un biomaterial compuesto por fibra vegetal y*

*micelio de hongo y su aplicabilidad.* Recuperado de: [http://rcnl.ukko.mx/documents/files/000/000/305/original/Tesis\\_Dominik\\_Reyes\\_Nieto\\_Efren\\_Robledo.pdf?1527690783](http://rcnl.ukko.mx/documents/files/000/000/305/original/Tesis_Dominik_Reyes_Nieto_Efren_Robledo.pdf?1527690783)

Rives-Castillo, Selene C. H.; Bautista-Baños, Silvia; Correa-Pacheco, Zormy N.; Ventura-Aguilar, Rosa I. (2020). *Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas.* Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, vol. 21, Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C., México Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81363356002>

Rodríguez Jara, S, (2017). *Material biobasado compuesto por el micelio de hongos descomponedores de madera y residuos agroindustriales.* RChD: creación y pensamiento. Recuperado de: <https://rchd.uchile.cl/index.php/RChDCP/article/view/50632>

Rodríguez, A, (2019). *Evaluación de la eficiencia de crecimiento de pleurotus ostreatus en residuos del cultivo de Chenopodium quinoa.* Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14068/1/236T0481.pdf>

Romero, O, et al, (2010). *Evaluación de la capacidad productiva de pleurotus ostreatus con el uso de hoja de plátano (musa paradisiaca L., cv. roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas.* Recuperado de: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v34n01\\_053.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v34n01_053.pdf)

Rubio Anaya, M. & Guerrero Beltrán, J. A, (2012). *Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. Temas selectos de ingeniería en alimentos.* Recuperado: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62RubioAnaya-et-al-2012.pdf>

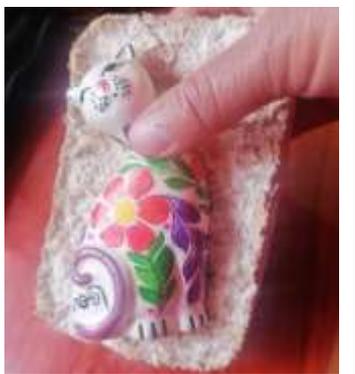
- Stamets,P,(2000).*Growing gourmet and medicinal mushrooms*.3rd edition.
- Tamayo Gutierrez,E,(2018).*Aplicación de materiales amigables con el medio ambiente sustitutos al poliestireno expandido para uso en hidroponía*.Recuperado de: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/8287?show=full>
- The Hindu Business Line. (2020). Single-use plastics like polystyrene make a comeback during Covid-19 pandemic. Recuperado de <https://www.thehindubusinessline.com/news/singleuse-plastics-like-polystyrene-make-a-comeback-during-covid-19>*
- Toledo,M,(2008).*Residuos de maíz y quinua como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles pleurotus ostreatus*.Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/229/1/236t0015.pdf>
- Unalm-agrobanco (2011). *Manejo integrado del cultivo de plátano*. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima- Perú.
- Vézina, A. (2016). PROMUSA. *Obtenido de Mobilizing banana science for sustainable livelihoods*. Recuperado de: <http://www.promusa.org/Morfolog%C3%ADa+de+la+planta+del+banano>

## ANEXOS

**ANEXO 1. Fotografías del proceso de obtención de biomaterial a partir de tallos de quinua y pseudotallo de plátano.**

Selección de materia prima	Molienda	Humidificación de sustrato
		
Esterilización	Inoculación	Incubación
		
Moldeado	Incubación de moldes	Desmolde y secado
		

**ANEXO 2. Fotografías de las pruebas físicas.**

<b>Pesado</b>	<b>Inflamabilidad</b>	<b>Absorción de agua</b>
		
<b>Resistencia al impacto</b>	<b>Prueba de biodegradabilidad</b>	
		

### ANEXO 3

**Tabla 01**

*Control de humedad relativa y temperatura por 65 días*

Días	Mañana		Tarde		Noche	
	HR %	T °C	HR %	T C	HR %	T C
1	70	23	70	24	69,8	22,2
2	69,5	23,1	70,4	23	69	23
3	70,2	22	69,5	22,8	69	23
4	70	22	69,7	22,6	70	21,9
5	71	22,5	70	23,1	70,4	23
6	69	22,2	70	23	69,5	22,8
7	69	23	70	23,2	69,7	22,9
8	69,9	23	69,8	22,8	70	23,1
9	69,4	21,9	71	22,9	70	23
10	70	23	70	23	70	23
11	69,2	22,8	70	23	69,8	23,2
12	70	22,9	69,9	23,1	71	22,7
13	70,9	23,1	69,8	23,3	70	22,9
14	70	23	69,9	22	70	23
15	69	23	70	22,9	69,9	22,7
16	69,8	23,2	70,3	22,8	69,8	23
17	71	22,7	70	22,9	69,9	22,9
18	70	22,9	70,4	23	70	23
19	69	23	69,5	23	70,3	22,8
20	70	22,7	68	23,1	70,1	22,6
21	70	23	70	22	69,8	23,1
22	69,3	22,9	70	22,9	70	23
23	69,5	23	69,8	23	70,4	23,2
24	69,7	22,8	69	22,8	69,5	22,9
25	69,9	22,6	69	22,6	69,7	23
26	70	23,1	70	22,5	70	22,7
27	68,9	23	70,4	22,2	70	23
28	70	23,2	69,5	23	70	22,9
29	71,2	22,8	69,7	23	69,8	23
30	69,9	22,9	70	21,9	71	22,8
31	70	23	70	23	70	22,6
32	70,2	23	70	22,8	70	23,1
33	69	23,1	69,8	22,9	69,9	23
34	69,8	23,3	71	23,1	69,8	23,2
35	69,6	22	70	23	69,9	22,8
36	69,7	22,9	70	23	70	22,9
37	69,8	22,8	69,9	23	70,3	23
38	69,9	22,9	69,8	23,1	70	23
39	70	23	69,9	22	70,4	23,1
40	71,2	23	70	22	69,5	23,3
41	70	23,1	70,3	22,5	69,7	22
42	69,6	22	70,1	22,2	70	22,9
43	69	22,6	69,8	23	69	22,8
44	70	22,9	69	23	70,1	22,9

45	70,2	23	69	24	70,3	23
46	69,8	23	70	22,7	69	22,9
47	69	23	69,8	23	70	23
48	69	22,9	71	22,9	70,4	22,7
49	70	23	70	23	69,5	23
59	70,4	23	70	22,8	69,7	22,9
51	69,5	22,5	69,9	22,6	70	23
52	69,7	22,9	69,8	23,1	70	22,8
53	70	22	69,9	23	70	22,6
54	70	23	70	23,2	69,8	23,1
55	70	23,1	70,3	22,8	71	23
56	69,8	23	70,1	22,9	70	23,2
57	71	22	69,8	23	70	22,8
58	70	22,9	69	23	69,9	22,9
59	70	23	69	23,1	69,8	23
60	69,9	22	70	23,3	69,9	23
61	69,8	23,4	69,8	22	69	23,1
62	69,9	22	69	22,9	70	22,9
63	70	22,9	68,9	22,8	70,4	22,9
64	70,3	22,8	70	22,9	69,5	23
65	70,1	23	69	23	70	22,8

Nota: HR: humedad relativa, T: temperatura

## ANEXO 4

**Tabla 02**

*Control de crecimiento micelial en los tratamientos*

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Día	TQ <sub>100</sub> :SP <sub>0</sub>	TQ <sub>25</sub> :SP <sub>75</sub>	TQ <sub>50</sub> :SP <sub>50</sub>	TQ <sub>75</sub> :SP <sub>25</sub>	TQ <sub>0</sub> :SP <sub>100</sub>
N°	%	%	%	%	%
1	0	0	0	0	0
2	3	0	0	1	0
3	8	0	0	5	0
4	15	0	0	10	0
5	20	0	0	13	0
6	25	1	1	15	0
7	30	1	1	18	0
8	40	2	2	20	1
9	44	2	2	25	2
10	47	2	3	30	3
11	50	5	4	40	3
12	60	7	6	50	4
13	70	9	8	60	4
14	80	10	10	70	5
15	85	11	15	80	6
16	95	12	20	85	8
17	100	13	30	90	10
18		15	40	100	12
19		17	45		15
20		18	50		17
21		19	60		19
22		20	70		20
23		25	75		21
24		30	80		22
25		35	85		23
26		40	90		24
27		45	100		25
28		50			26
29		60			27
30		70			29
31		80			31
32		90			35
33		100			37
34					39
35					41
36					42
37					43
38					44
39					45
40					46
41					47
42					48
43					49

---

44	50
45	51
46	55
47	58
48	62
49	68
59	75
51	78
52	80
53	82
54	84
55	86
56	88
57	90
58	92
59	94
60	95
61	96
62	97
63	98
64	99
65	100

---

## ANEXO 5

**Tabla 03**

*Densidad de poliestireno expandido.*

<b>Propiedad física</b>	<b>Tipo de EPS (ASTM C578-18)</b>	<b>Valor de EPS (ASTM C578)</b>
<b>Densidad</b>	I	0,015 g/cm <sup>3</sup>
	II	0,022 g/cm <sup>3</sup>
	IV	0,023 g/cm <sup>3</sup>
	V	0,048 g/cm <sup>3</sup>
	VI	0,029 g/cm <sup>3</sup>
	VII	0,035 g/cm <sup>3</sup>
	VIII	0,018 g/cm <sup>3</sup>
	IX	0,029 g/cm <sup>3</sup>
	X	0,021 g/cm <sup>3</sup>
	XI	0,012 g/cm <sup>3</sup>
	XII	0,019 g/cm <sup>3</sup>
	XIII	0,026 g/cm <sup>3</sup>
	XIV	0,038 g/cm <sup>3</sup>
	XV	0,048 g/cm <sup>3</sup>

## ANEXO 6

**Tabla 04**

*Resistencia a compresión de poliestireno expandido.*

<b>Propiedad física</b>	<b>Tipo de EPS (ASTM C578-18)</b>	<b>Valor de EPS (ASTM C578)</b>
<b>Resistencia a la compresion</b>	I	69 Kpa
	II,	104 Kpa
	IV	173 Kpa
	V	690 Kpa
	VI	276 Kpa
	VII	414 Kpa
	VIII	90 Kpa
	IX	173 Kpa
	X	104 Kpa
	XI	35 Kpa
	XII	104 Kpa
	XIII	138 Kpa
	XIV	276 Kpa
	XV	414 Kpa

## ANEXO 7.

**Tabla 05**

*Dureza de termoplásticos (poliestireno expandido).*

<b>Propiedad Mecánica</b>	<b>Tipo de termoplástico (EPS)</b>	<b>Valor de Termoplásticos (EPS) (ASTM D785)</b>
<b>Dureza</b>	Alto	57,80-59,1 shore
	Impacto medio	62,4-69,0 shore
	Bajo impacto	69,0-72,3 shore

## ANEXO 8. Resultados de las pruebas mecánicas



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

### INFORME DE ENSAYO F23-141

<b>CLIENTE</b>	:	RUTH HUARI ARROYO
<b>RUC / DNI</b>	:	74566807
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA(a)</b>	:	<b>Muestra preparada por el cliente</b>
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	:	MF23-054
CANTIDAD DE LA MUESTRA	:	Uno (01)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	:	Mstra preparada
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente
<b>FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO</b>		
INICIO DEL ENSAYO	:	10/07/2023
TÉRMINO DEL ENSAYO	:	19/07/2023
LUGAR DEL ENSAYO	:	CITEccal Trujillo
		Laboratorio físico
DIRECCIÓN DEL LABORATORIO	:	Mz.N2 Lt.1, Barrio 5A, CP Alto Trujillo, El Porvenir

ARTÍCULO	PARÁMETRO	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
 <b>T1</b>	Determinación de la dureza	ISO 868	64.1 Shore
	Determinación de la densidad	ISO 2781	0.331 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a la abrasión	ISO 4649	Perdida de volumen = 2929.0 mm <sup>3</sup>
	Resistencia a la compresión	ASTM D1621	Módulo de elasticidad= 96178.3 Pa

(a) Información proporcionada por el cliente

**Nota:** Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEccal Trujillo. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran solo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo, 19 de julio del 2023



Firmado digitalmente por  
PIERRE RODRIGUEZ GARATE  
PAU 20137300177 soft  
Módulo: Soy el autor del documento  
Fecha: 19.07.2023 11:18:58 -05:00

Ing. Pierre Rodriguez Gárate  
Encargado de laboratorio

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
 "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

### INFORME DE ENSAYO F23-142

<b>CLIENTE</b>	:	RUTH HUARI ARROYO
<b>RUC / DNI</b>	:	74566807
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA(a)</b>	:	<b>Muestra preparada por el cliente</b>
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	:	MF23-055
CANTIDAD DE LA MUESTRA	:	Uno (01)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	:	Mstra preparada
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente
<b>FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO</b>		
INICIO DEL ENSAYO	:	10/07/2023
TÉRMINO DEL ENSAYO	:	19/07/2023
LUGAR DEL ENSAYO	:	CITEccal Trujillo Laboratorio físico
DIRECCIÓN DEL LABORATORIO	:	Mz.N2 Lt.1, Barrio 5A, CP Alto Trujillo, El Porvenir

ARTÍCULO	PARÁMETRO	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
 <p style="text-align: center;"><b>T2</b></p>	Determinación de la dureza	ISO 868	72.6 Shore
	Determinación de la densidad	ISO 2781	0.302 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a la abrasión	ISO 4649	Perdida de volumen = 1615.6 mm <sup>3</sup>
	Resistencia a la compresión	ASTM D1621	Módulo de elasticidad= 143312.1 Pa

(a) Información proporcionada por el cliente

**Nota:** Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEccal Trujillo. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran solo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo, 19 de julio del 2023



Firmado digitalmente por  
 RODRIGUEZ GÁRATE Pierre Postare  
 #HU 20231308617 aut  
 Móvil: Soy el autor del documento  
 Fecha: 19.07.2023 11:18:09 -05:00

Ing. Pierre Rodriguez Gárate  
 Encargado de laboratorio  
 CITEccal Trujillo



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

### INFORME DE ENSAYO F23-143

**CLIENTE** : RUTH HUARI ARROYO  
**RUC / DNI** : 74566807  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA(a)** : **Muestra preparada por el cliente**  
**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : MF23-056  
 CANTIDAD DE LA MUESTRA : Uno (01)  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Mstra preparada  
 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA : Muestra proporcionada por el cliente  
**FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO**  
 INICIO DEL ENSAYO : 10/07/2023  
 TÉRMINO DEL ENSAYO : 19/07/2023  
 LUGAR DEL ENSAYO : CITEccal Trujillo  
 Laboratorio físico  
 DIRECCIÓN DEL LABORATORIO : Mz.N2 Lt.1, Barrio 5A, CP Alto Trujillo, El Porvenir

ARTÍCULO	PARÁMETRO	METODO DE ENSAYO	RESULTADO
 T3	Determinación de la dureza	ISO 868	66.7 Shore
	Determinación de la densidad	ISO 2781	0.252 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a la abrasión	ISO 4649	Perdida de volumen = 3372.6 mm <sup>3</sup>
	Resistencia a la compresión	ASTM D1621	Módulo de elasticidad= 111465.0 Pa

(a) Información proporcionada por el cliente

**Nota:** Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEccal Trujillo. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran solo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo, 19 de julio del 2023



Firma digital

Firmado digitalmente por  
 RODRIGUEZ GÁRATE Pierre Polixen  
 #AU 20231009177 au5  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 19.07.2023 11:16:14 -05:00

Ing. Pierre Rodriguez Gárate  
 Encargado de laboratorio  
 CITEccal Trujillo



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

### INFORME DE ENSAYO F23-144

<b>CLIENTE</b>	:	RUTH HUARI ARROYO
<b>RUC / DNI</b>	:	74566807
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA(a)</b>	:	<b>Muestra preparada por el cliente</b>
<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA</b>		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	:	MF23-057
CANTIDAD DE LA MUESTRA	:	Uno (01)
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	:	Mstra preparada
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	:	Muestra proporcionada por el cliente
<b>FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO</b>		
INICIO DEL ENSAYO	:	10/07/2023
TÉRMINO DEL ENSAYO	:	19/07/2023
LUGAR DEL ENSAYO	:	CITEccal Trujillo Laboratorio físico
DIRECCIÓN DEL LABORATORIO	:	Mz.N2 Lt.1, Barrio 5A, CP Alto Trujillo, El Porvenir

ARTÍCULO	PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO
 T4	Determinación de la dureza	ISO 868	63.1 Shore
	Determinación de la densidad	ISO 2781	0.261 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a la abrasión	ISO 4649	Perdida de volumen = 6742.8 mm <sup>3</sup>
	Resistencia a la compresión	ASTM D1621	Módulo de elasticidad= 79617.8 Pa

(a) Información proporcionada por el cliente

**Nota:** Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEccal Trujillo. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran solo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo, 19 de julio del 2023

ITP Firma Digital  
Firma digitalmente por: PIERRE RODRIGUEZ GÁRATE, Pierre Rodriguez  
Firma: 2023.07.19 11:18:23  
Fecha: 19.07.2023 11:18:23 -05:00

Ing. Pierre Rodriguez Gárate  
Encargado de laboratorio  
CITEccal Trujillo



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

**INFORME DE ENSAYO F23-145**

**CLIENTE** : RUTH HUARI ARROYO  
**RUC / DNI** : 74566807  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA(a)** : **Muestra preparada por el cliente**  
**INFORMACIÓN DE LA MUESTRA**  
**IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA** : MF23-058  
**CANTIDAD DE LA MUESTRA** : Uno (01)  
**PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA** : Mstra preparada  
**PROCEDENCIA DE LA MUESTRA** : Muestra proporcionada por el cliente  
**FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO**  
**INICIO DEL ENSAYO** : 10/07/2023  
**TÉRMINO DEL ENSAYO** : 19/07/2023  
**LUGAR DEL ENSAYO** : CITEccal Trujillo  
 Laboratorio físico  
**DIRECCIÓN DEL LABORATORIO** : Mz.N2 Lt.1, Barrio 5A, CP Alto Trujillo, El Porvenir

ARTÍCULO	PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO
 T5	Determinación de la dureza	ISO 868	64.1 Shore
	Determinación de la densidad	ISO 2781	0.230 g/cm <sup>3</sup>
	Resistencia a la abrasión	ISO 4649	Perdida de volumen = 16156.9 mm <sup>3</sup>
	Resistencia a la compresión	ASTM D1621	Módulo de elasticidad= 36305.7 Pa

(a) Información proporcionada por el cliente

**Nota:** Este informe no debe ser reproducido parcial o totalmente sin la aprobación por escrito del CITEccal Trujillo. La información contenida en este informe está basada en pruebas y observaciones realizadas por el laboratorio sobre las muestras ensayadas, por lo cual los resultados que se muestran solo son válidos para cada muestra tal como fue recibida, y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Trujillo, 19 de julio del 2023



Firmado digitalmente por  
RODRIGUEZ GARATE Pierre Pablo  
Fecha: 2023.07.19 09:27 AM  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 19.07.2023 11:36:21 AM 20

Ing. Pierre Rodriguez Gárate  
Encargado de laboratorio  
CITEccal Trujillo



## ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS PRESENCIAL

**“OBTENCION DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), PSEUDOTALLO DE PLATANO (*Musa paradisiaca*) Y MICELIO DE REISHI (*Ganoderma lucidum*) PARA SER UTILIZADO COMO EMPAQUE”**

**Expositora: Ruth HUARI ARROYO**  
**Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 2327947

Resolución Decanal N° 043-2024-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 17-01-2024.

En la Sala de Conferencia “Pedro Villena Hidalgo” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con treinta y cinco minutos del día viernes diecinueve de enero del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Ruth HUARI ARROYO**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alfredo ARIAS JARA, Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA y Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la Facultad), Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **“OBTENCION DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), PSEUDOTALLO DE PLATANO (*Musa paradisiaca*) Y MICELIO DE REISHI (*Ganoderma lucidum*) PARA SER UTILIZADO COMO EMPAQUE”**, presentado por la Bachiller Ruth HUARI ARROYO. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 043-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Ruth HUARI ARROYO**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treintaicinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA, Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA y Dr. Alfredo ARIAS JARA. Luego el Presidente invitó al Mg. Percy Fermín VELASQUEZ CCOSI para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISEIS (16).**



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA  
QUÍMICA Y  
METALURGIA

## ACTA DE SUSTENTACION DE LA TESIS PRESENCIAL

“OBTENCION DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), PSEUDOTALLO DE PLATANO (*Musa paradisiaca*) Y MICELIO DE REISHI (*Ganoderma lucidum*) PARA SER UTILIZADO COMO EMPAQUE”

**Expositora: Ruth HUARI ARROYO**  
**Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 2327947

Resolución Decanal N° 043-2024-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 17-01-2024.

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **Ruth HUARI ARROYO**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta y cinco minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....  
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA  
Presidente

.....  
Dr. Alfredo ARIAS JARA  
Miembro

.....  
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA  
Miembro

.....  
Mg. Jack Edson HERNANDEZ MAVILA  
Miembro

.....  
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE  
(Secretario Docente)



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERIA QUÍMICA  
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°02-2024-UNSCH-FIOM/EPIA

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD**

Que, habiendo recibido el requerimiento de **CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD** por parte del Asesor de la Tesis Percy Fermin VELASQUEZ CCOSI, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

**Tesis “OBTENCIÓN DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd), PSEUDOTALLO DE PLÁTANO (Musa paradisiaca) Y MICELIO DE REISHI (Ganoderma lucidum)”**

Nombre y Apellido : Bach. Ruth Huari Arroyo  
Identificador de entrega : 2289517477  
Fecha : 08-feb-2024 07:32a.m. (UTC-0500)  
Archivo : TESIS\_BIOMATERIAL\_2024.pdf (1.17M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 18% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 8 de febrero del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA  
F.P. INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

  
Dr. Ing. Saúl R. Chuqui Diestra  
DIRECTOR

C.c.  
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
Av. Independencia S/N - Ayacucho  
Telf. 066-303496  
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

# OBTENCIÓN DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), PSEUDOTALLO DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*) Y MICELIO DE REISHI (*Ganoderma lucidum*

*por* Ruth Huari Arroyo

---

**Fecha de entrega:** 08-feb-2024 07:32a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2289517477

**Nombre del archivo:** INGENIERIA\_AGROINDUSTRIAL-TESIS\_BIOMATERIAL\_2024.pdf (1.17M)

**Total de palabras:** 15078

**Total de caracteres:** 83472

# OBTENCIÓN DE BIOMATERIAL ALTERNATIVO AL POLIESTIRENO EXPANDIDO A PARTIR DE TALLOS DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd), PSEUDOTALLO DE PLÁTANO (Musa paradisiaca) Y MICELIO DE REISHI (Ganoderma lucidum)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://apptransparencia.unsch.edu.pe">apptransparencia.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.revistabionatura.com">www.revistabionatura.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com">dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repository.udistrital.edu.co">repository.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://rcnl.ukko.mx">rcnl.ukko.mx</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://revistas.uchile.cl">revistas.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://vdocuments.net">vdocuments.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repository.ucc.edu.co">repository.ucc.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://industrial.unmsm.edu.pe">industrial.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://andina.pe">andina.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://support.minitab.com">support.minitab.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.uchile.cl">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.unia.edu.pe">repositorio.unia.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.unphu.edu.do">repositorio.unphu.edu.do</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://concepto.de">concepto.de</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to University of Utah Trabajo del estudiante	<1 %
25	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo