



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN AVANZADO

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL MICELIO DE
PLEUROTUS OSTREATUS Y GANODERMA LUCIDUM**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

11941390

FRANCISCO ALEJANDRO LANZA ALVARADO

ASESOR TEMÁTICO: MS. ING. JUAN CARLOS REYES ZÚNIGA

ASESORA METODOLÓGICA: MS. ING. KARLA ANTONIA UCLÉS BREVÉ

CAMPUS TEGUCIGALPA; ENERO, 2023.

RESUMEN EJECUTIVO

Diversas investigaciones han demostrado la resistencia a la compresión del micelio cultivado en diferentes tipos de sustratos, sin embargo, hay espacio para seguir investigando la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del micelio cultivado en diferentes tipos de sustratos debido a la falta de crecimiento del micelio en algunos sustratos como el aserrín de pino y de caoba cultivados en Honduras en investigaciones pasadas.

Debido a esto es importante investigar las propiedades del micelio cultivado en sustratos orgánicos encontrados con facilidad en Honduras, como lo es el aserrín de pino, casulla de arroz y heno. El micelio utilizado han sido las especies *Pleurotus Ostreatus* y *Ganoderma Lucidum*, obtenidas en el Centro de Micología Tropical de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

Se ha llevado a cabo la fabricación de 13 cilindros de micelio, 7 cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivados en semillas de maicillo; 3 cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivados en aserrín de pino y 3 cilindros de micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivados en semillas de maicillo. Adicionalmente se ha combinado aserrín de pino y aserrín de pino combinado con casulla de arroz y heno, con micelio *Pleurotus Ostreatus* para observar el crecimiento durante 14 días. Los cilindros de micelio han sido sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y se ha calculado el porcentaje de absorción a partir de lo cual se realizó un análisis comparativo entre las diferentes probetas de micelio, tomando en cuenta los resultados de los ensayos anteriores.

Para los cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo se ha obtenido una resistencia a la compresión de 0.03 MPa y un porcentaje de absorción de 43.10%; para los cilindros de *Ganoderma lucidum* una resistencia a la compresión máxima de 1.91 MPa.

Palabras clave: *Pleurotus Ostreatus*, *Ganoderma Lucidum*, aserrín de pino, casulla de arroz, heno, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

Several investigations have demonstrated the compressive strength of mycelium grown on different types of substrates, however, there is room for further research on the compressive strength and absorption percentage of mycelium grown on different types of substrates due to the lack of mycelium growth on some substrates such as pine and mahogany sawdust grown in Honduras in past investigations.

Because of this, it is important to investigate the properties of mycelium grown on organic substrates easily found in Honduras, such as pine sawdust, rice husks and hay. The mycelium used have been *Pleurotus Ostreatus* and *Ganoderma Lucidum* species, obtained from the Tropical Mycology Center of the National Autonomous University of Honduras.

The manufacture of 13 mycelium cylinders was carried out, 7 cylinders of *Pleurotus Ostreatus* mycelium cultivated on sorghum seeds; 3 cylinders of *Pleurotus Ostreatus* mycelium cultivated on pine sawdust and 3 cylinders of *Ganoderma Lucidum* mycelium cultivated on sorghum seeds. Additionally, pine sawdust and pine sawdust combined with rice husk and hay were combined with *Pleurotus Ostreatus* mycelium to observe growth for 14 days. The mycelium cylinders were subjected to compressive strength tests and the percentage of absorption was calculated, from which a comparative analysis was made between the different mycelium specimens, considering the results of the previous tests.

For *Pleurotus Ostreatus* mycelium cylinders grown on sorghum seeds, a compressive strength of 0.03 MPa and an absorption percentage of 43.10% were obtained; for *Ganoderma lucidum* cylinders, a maximum compressive strength of 1.91 MPa was obtained.

Key words: *Pleurotus Ostreatus*, *Ganoderma Lucidum*, pine sawdust, rice husk, hay, compressive strength.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I	Introducción	1
II	Planteamiento del problema.....	5
2.1	Precedentes del Problema.....	5
2.2	Definición del Problema	6
2.3	Justificación	7
2.4	Preguntas de Investigación	7
2.5	Objetivos.....	8
2.5.1	Objetivo general.....	8
2.5.2	Objetivos específicos	8
III	Marco teórico.....	9
3.1	El reino fungi.....	9
3.1.1	Hongo Pleurotus Ostreatus.....	11
3.1.2	Hongo Ganoderma Lucidum	13
3.1.3	Micelio.....	15
3.2	Cultivo del micelio	17
3.2.1	crecimiento.....	18
3.2.2	Preparación de sustratos.....	19
3.3	Materiales de construcción aglutinantes	21
3.3.1	El Yeso	22
3.3.2	El cemento	23
3.4	El micelio como biomaterial.....	24

3.4.1	Paneles de micelio	24
3.4.2	Empaques biodegradables.....	25
3.4.3	Muebles hechos a base de micelio	26
3.5	Rigidez de los materiales compuestos de fibras.....	27
3.5.1	Eficiencia estructural	28
3.5.2	Ensayos de laboratorio.....	29
IV	Metodología.....	31
4.1	Enfoque.....	31
4.1.1	Enfoque mixto	31
4.2	Variables de investigación	31
4.2.1	Variables dependientes	32
4.2.2	Variables independientes.....	32
4.3	Técnicas e instrumentos aplicados.....	35
4.3.1	Monitoreo de temperatura.....	35
4.3.1	Fuentes secundarias de investigación.....	36
4.3.2	Asesoría temática.....	37
4.3.1	Características del micelio	37
4.4	Materiales.....	39
4.5	Metodología de estudio.....	41
4.5.1	Selección de micelio.....	41
4.5.2	Selección de sustratos.....	41
4.5.3	Adquisición de micelio.....	41
4.5.4	Adquisición de sustratos	42

4.5.5	Moldes cilíndricos para ensayo de compresión	43
4.5.6	Análisis de laboratorio	44
4.5.7	Preparación de sustrato.....	48
4.5.8	Inoculación del micelio	55
4.5.9	Monitoreo de crecimiento	58
4.5.10	Montaje en moldes	58
4.5.11	Desmontaje	61
4.5.12	Secado al horno.....	63
4.5.13	Análisis de laboratorio del micelio	64
V	Resultados y análisis.....	69
5.1.1	Análisis de sustratos.....	69
5.1.2	Secado del micelio.....	69
5.1.3	Crecimiento del micelio	72
5.1.4	Análisis de laboratorio de cilindros de micelio.....	74
5.1.5	Comparativa entre diferentes tipos de micelio	78
VI	Conclusiones	81
VII	Recomendaciones.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Incubación de micelio	1
Ilustración 2	Ensayo de compresión.....	2
Ilustración 3	Materiales hechos a base de micelio	5
Ilustración 4	Probetas de micelio de <i>Ganoderma Lucidum</i> en semillas de maicillo.....	6

Ilustración 5 Micelio en semillas de maicillo, aserrín de caoba y pino.....	7
Ilustración 6 Hongo desintegrador: Hongo Shiitake.....	10
Ilustración 7 Ciclo sexual de los hongos basidiomycetes	11
Ilustración 8 Hongo de la especie <i>Pleurotus Ostreatus</i>	12
Ilustración 9 Hongo de la especie <i>Ganoderma Lucidum</i>	13
Ilustración 10 Red de micelio.....	15
Ilustración 11 Ciclo de vida de los hongos.....	16
Ilustración 12 Proceso de cultivo de materiales de micelio	17
Ilustración 13 Esterilización de sustrato por medio de olla de presión.....	20
Ilustración 14 Pasteurización de paja de cereal.....	20
Ilustración 15 Diagrama de flujo del procesamiento del yeso.....	22
Ilustración 16 Diagrama de flujo de procesamiento del cemento.....	23
Ilustración 17 Proyecto "El pabellón en crecimiento".....	24
Ilustración 18 Empaque de vino hecho a base de micelio.....	25
Ilustración 19 Empaque de productos de la empresa Ecovative.....	26
Ilustración 20 Lámpara y silla de micelio.....	27
Ilustración 21 Módulo elástico de los materiales compuestos de fibra unidireccional.....	28
Ilustración 22 Prueba de compresión de prisma de madera contrachapada.....	30
Ilustración 23 Variables de investigación de ensayo de absorción	33
Ilustración 24 Variables de investigación del crecimiento del micelio.....	34
Ilustración 25 Variables de investigación del ensayo de resistencia a la compresión	35
Ilustración 26 Medidor de temperatura.....	36
Ilustración 27 Página principal de "Google Académico"	36

Ilustración 28 Prensa de carga HM-5030	39
Ilustración 29 Micelio de <i>Pleurotus Ostreatus</i> cultivado en semillas de maicillo.....	42
Ilustración 30 Heno, aserrín de pino y casulla de arroz	43
Ilustración 31 Moldes cilíndricos	43
Ilustración 32 Latas de muestra de aserrín de pino y heno respectivamente	45
Ilustración 33 Ingreso de sustratos al horno.....	46
Ilustración 34 Tamizado del aserrín por tamiz No.4.....	48
Ilustración 35 Peso de cantidad de aserrín a utilizar.....	49
Ilustración 36 Peso de cantidad de casulla de arroz a utilizar	50
Ilustración 37 Combinación de sustrato y cálculo de agua a utilizar.....	51
Ilustración 38 Registro de peso de sustrato combinado.....	52
Ilustración 39 Humectación del sustrato	52
Ilustración 40 Utilización de olla de presión	53
Ilustración 41 Llenado de agua y colocación de fondo de seguridad.....	54
Ilustración 42 Colocación de sustrato en olla de presión	55
Ilustración 43 Peso del micelio a utilizar.....	56
Ilustración 44 Inoculación de micelio en sustrato.....	57
Ilustración 45 Mezclado de micelio con sustrato	57
Ilustración 46 Monitoreo de incubación de micelio en sustrato	58
Ilustración 47 Llenado de cilindros de micelio de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	59
Ilustración 48 Llenado de cilindros de micelio	60
Ilustración 49 Monitoreo de crecimiento dentro de moldes cilíndricos	60
Ilustración 50 Moldes cilíndricos de micelio después de 5 días de crecimiento.....	61

Ilustración 51 Desmolde de cilindros de micelio.....	61
Ilustración 52 Toma de altura y diámetro de cilindros.....	62
Ilustración 53 Toma de lectura de dimensiones de Micelio.....	62
Ilustración 54 Muestras de micelio antes de ser introducidas al horno	63
Ilustración 55 Muestra de micelio en el horno.....	63
Ilustración 56 Micelio de Ganoderma Lucidum después de 3 meses de secado.....	64
Ilustración 57 Colocación de probeta de micelio en máquina de compresión de laboratorio	65
Ilustración 58 Deformación de micelio.....	66
Ilustración 59 Falla en probetas de micelio	66
Ilustración 60 Amarre de cilindros a peso metálico	67
Ilustración 61 sumersión de cilindros en agua durante 24 horas	67
Ilustración 62 Secado de cilindros de micelio	68
Ilustración 63 Peso de cilindro después de 24 horas en agua	68
Ilustración 64 Micelio de Pleurotus Ostreatus secado durante 2 horas a 110 °C.....	71
Ilustración 65 Crecimiento del micelio en aserrín de pino	72
Ilustración 66 Crecimiento del micelio en aserrín de pino con casulla de arroz y heno	73
Ilustración 67 Crecimiento de micelio de Pleurotus Ostreatus en aserrín de pino	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica del hongo <i>Pleurotus Ostratus</i>	13
Tabla 2 Clasificación taxonómica del hongo Ganoderma Lucidum	14
Tabla 3 Crecimiento del micelio de Pleurotus ostreatus	18

Tabla 4 Ensayo de compresión comúnmente utilizados	29
Tabla 5 Materiales utilizados.....	39
Tabla 6 Peso de muestras de aserrín de pino.....	44
Tabla 7 Peso de muestras de heno.....	44
Tabla 8 Peso de lata y aserrín de pino.....	45
Tabla 9 Peso de lata y heno.....	45
Tabla 10 Peso seco de muestra de aserrín.....	46
Tabla 11 Peso seco de muestra de heno	46
Tabla 12 Porcentaje de humedad de aserrín de pino.....	47
Tabla 13 Porcentaje de humedad del heno.....	47
Tabla 14 Porcentaje de material a utilizar para sustrato combinado	50
Tabla 15 MI de agua a utilizar por sustrato.....	51
Tabla 16 Cantidad de micelio utilizado.....	56
Tabla 17 Tamaño de partículas de sustratos utilizados	69
Tabla 18 Peso y dimensión de cilindros de Pleurotus Ostreatus.....	69
Tabla 19 Peso y dimensión de cilindros de Ganoderma Lucidum.....	69
Tabla 20 Peso y dimensión de cilindros de Ganoderma Lucidum.....	70
Tabla 21 Peso y dimensión de micelio seco de Pleurotus Ostreatus.....	70
Tabla 22 Peso y dimensión de micelio seco de Ganoderma Lucidum.....	70
Tabla 23 Peso y dimensión de micelio de Ganoderma Lucidum secado al aire.....	71
Tabla 24 Peso unitario de micelio de Pleurotus Ostreatus	71
Tabla 25 Resultado ensayo porcentaje de absorción	77
Tabla 26 Resistencia a la compresión de diferentes especies de micelio	79

Tabla 27 Resistencia a la compresión de acuerdo con métodos de secado de micelio cultivado en semillas de maicillo.....	80
Tabla 28 Acta de asesoramiento técnico 1.....	84
Tabla 29 Acta de asesoramiento técnico 2.....	85
Tabla 30 Acta de asesoramiento técnico 3.....	86
Tabla 31 Acta de asesoramiento técnico 4.....	87
Tabla 32 Temperatura ambiente de crecimiento.....	88
Tabla 33 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de Ganoderma Lucidum secado durante 3 meses.....	89
Tabla 34 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de Ganoderma Lucidum secado al horno durante 6 horas.....	89
Tabla 35 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de Pleurotus Ostreatus secado al horno durante 6 horas.....	90

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Actas de asesoramiento temático.....	84
Anexo 2 Temperatura de crecimiento.....	88
Anexo 3 Resultados ensayo de resistencia a la compresión.....	89

I INTRODUCCIÓN

La especie de hongo utilizada como micelio para unir desechos orgánicos dispersos afecta la densidad de crecimiento y el grado de unión interfacial en la interfaz micelio-sustrato, que varía significativamente según la especie y el sustrato, y afecta las propiedades mecánicas del material (Jones, Huynh, John, 2018).

Los principales factores que afectan el comportamiento mecánico del micelio son: la especie de hongo, la selección de sustrato, la interacción entre los hongos de pudrición blanco y su materia prima y, por último, las variables del proceso durante la fabricación (protocolo, esterilización, inoculación, incubación, período de crecimiento y método de secado). Los estudios han demostrado que las propiedades mecánicas de los compuestos de micelio se ven afectadas principalmente por su materia prima (Elsacker, Vandelook, Brancart, Peeters, De Laet, 2019) y pueden llegar a tener una resistencia a la compresión de 0.36 Mpa en el caso de micelio de *Ganoderma Lucidum* (Centeno y Lanza, 2022).



Ilustración 1 Incubación de micelio

Fuente: (Mycelior, s/f-b)

El objetivo de esta investigación es determinar las características mecánicas del micelio de la especie *Pleurotus Ostreatus* y *Ganoderma Lucidum* cultivado en aserrín de pino como sustrato orgánico, moldeados en combinación con casulla de arroz y heno, por medio de los ensayos de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción.

Este estudio determinara la influencia del aserrín de pino en combinación con casulla de arroz y heno en el rendimiento del crecimiento del *Pleurotus ostreatus* y establecer una comparativa contra el micelio de *Ganoderma lucidum* para evaluar su posible uso como materiales de construcción.

La siguiente investigación parte de la falta de crecimiento del micelio de *Ganoderma Lucidum* en aserrín caoba y aserrín de pino para poder ser utilizado como material de construcción según la investigación de Centeno y Lanza (2022) por lo que se estableció el objetivo de expandir los conocimientos del micelio en diferentes tipos de sustratos y así mismo utilizar una especie de micelio diferente.



Ilustración 2 Ensayo de compresión

LISTA DE SIGLAS

ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CRAI	Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación
MPa	Megapascal
UE	Unión Europea

GLOSARIO

Biomaterial: "Es aquel que tiene una constitución más natural que químico. Además, deja una huella ecológica mínima durante su tratamiento y también después, como residuo"(Servei Estació, 2022).

Contaminación: "Cuando en un entorno ingresan elementos o sustancias que normalmente no deberían estar en él y que afectan el equilibrio del ecosistema" (EAFIT, s/f).

Esterilizar: "Destruir los gérmenes por la acción de agentes físicos o químicos" (ASALE & RAE, 2021a).

Incubar: "Hacer que algo comience a desarrollarse antes de su plena manifestación" (ASALE & RAE, 2021b).

Inocular: "Supone, en el sentido más amplio, colocar o introducir algo que podrá desarrollarse y reproducirse (Pérez & Merino, 2022).

Micelio: "Talo de los hongos, formado comúnmente de filamentos muy ramificados y que constituye el aparato de nutrición de estos seres vivos" (ASALE & RAE, s/f).

Pasteurización: "La pasteurización consiste en el tratamiento del calor de un producto para matar todas las bacterias patógenas y reducir la actividad enzimática" (*Pasteurización*, s/f)

Sustrato: "Es un estrato que subyace a otro y sobre el cual está en condiciones de ejercer algún tipo de influencia" (J. Pérez & Gardey, 2021).

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el propósito de exponer el origen de la investigación, se detallarán los precedentes del problema, descripción del problema, justificación de la investigación, las preguntas de investigación y los objetivos planteados.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

Los materiales a base de micelio son emergentes, sostenibles y de bajos costos de fabricación, siendo cada vez más utilizados en aplicaciones constructivas en Estados Unidos de América (USA) y en la Unión Europea (UE). Estos métodos de fabricación sostenible de crecimiento de hongos con bajo coste de energía "bio fabricación", utilizando desechos orgánicos, aparecen como una clara alternativa a los composites fabricados con elementos sintéticos (Fuentes-Cantillana Monereo, 2020).

Los composites a base de micelio son materiales capaces de reemplazar al foam, la madera y los plásticos en aplicaciones acústicas, de aislamiento, ignífugas y mecánicas. Dado su bajo índice de conductividad y su alto índice de absorción acústica e ignífugas este material podría sustituir a materiales tradicionales usados en la construcción (Fuentes-Cantillana Monereo, 2020).



Ilustración 3 Materiales hechos a base de micelio

Fuente: (PuntoSustentable, 2019)

Centeno y Lanza (2022) afirman en "Resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del micelio cultivado en sustratos orgánicos" que la resistencia a la compresión del micelio de la especie *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo es de 0.31 MPa y el porcentaje de absorción es de 28.44%, determinando su potencial como ladrillo de construcción en paredes interiores no estructurales, tomando en consideración únicamente estas dos variables. También se determinó que el micelio de *Ganoderma Lucidum* en combinación con las semillas de maicillo, aserrín de pino y aserrín de caoba actúa como un conglomerante, uniendo las partículas de los sustratos.

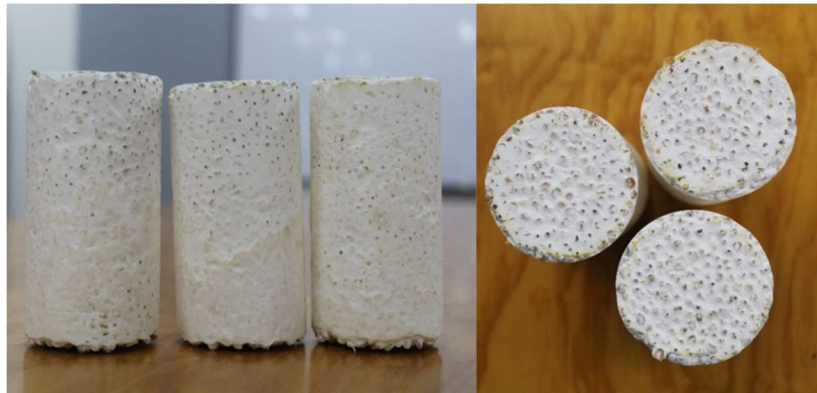


Ilustración 4 Probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* en semillas de maicillo

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Centeno y Lanza (2022) demostraron que el micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en aserrín de pino y aserrín de caoba no logro la consistencia necesaria para ser sometidos a pruebas de resistencia a la compresión para determinar la posibilidad de ser usado como material de construcción en paredes.

Así mismo, Centeno y Lanza (2022) demostraron que el micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo puede ser usado para paredes interiores no estructurales ya que el porcentaje de humedad resulto superior al promedio de los bloques tradicionales de arcilla por lo que se necesita probar nuevas combinaciones para analizar la posibilidad

de utilizar bloques de micelio con mayor resistencia a la compresión y menor contenido de humedad.

2.3 JUSTIFICACIÓN

En la primera fase de la investigación "Resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del micelio cultivado en sustratos orgánicos" se observó una falta de crecimiento del micelio en el aserrín de pino y aserrín de caoba, llegando a reaccionar como un conglomerante dejando espacio a seguir investigando y observando su crecimiento en diferentes tipos de sustratos y probando diferentes especies de hongos



Ilustración 5 Micelio en semillas de maicillo, aserrín de caoba y pino

Se determino su potencial uso como ladrillo de construcción en paredes interiores no estructurales tomando en consideración únicamente su resistencia a la compresión y porcentaje de absorción.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cómo se comporta el crecimiento del micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en aserrín de pino como sustrato orgánico al combinarse con casulla de arroz y heno?
2. ¿Cómo se comporta el crecimiento del micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en aserrín de pino como sustrato orgánico al combinarse con casulla de arroz y heno?
3. ¿Qué propiedades mecánicas posee el micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en casullas de arroz, aserrín de pino combinados con casulla de arroz y heno y aserrín de pino solo?
4. ¿Cómo se compara la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del micelio de *Pleurotus Ostreatus* vs el *Ganoderma Lucidum*?

5. ¿Cuál es la resistencia a la compresión del micelio *Pleurotus Ostreatus* tras ser secado al horno y dejado en reposo durante un largo periodo a temperatura ambiente?

2.5 OBJETIVOS

Como objetivos de la investigación se tendrá un objetivo general y objetivos específicos los cuales establecerán el enfoque de la investigación.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características mecánicas del micelio de la especie *Pleurotus Ostreatus* y *Ganoderma Lucidum* cultivado en aserrín de pino como sustrato orgánico, moldeados en combinación con casulla de arroz y heno, por medio de los ensayos de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción.

2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Combinar micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en sustrato de aserrín de pino, con casulla de arroz y heno para controlar el crecimiento dentro de bolsas polipropileno.
2. Combinar micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en sustrato de aserrín de pino, con casulla de arroz y heno para controlar el crecimiento dentro de bolsas polipropileno.
3. Fabricar moldes cilíndricos de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y *Ganoderma Lucidum* cultivados en sustrato de aserrín de pino combinados con casulla de arroz y heno, para calcular el porcentaje de absorción y la resistencia a la compresión utilizando el equipo de laboratorio de Ingeniería Civil Unitec.
4. Comparar la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del micelio de *Ganoderma Lucidum* y *Pleurotus Ostreatus* tomando en consideración los datos del ensayo de compresión y porcentaje de absorción.
5. Someter a ensayo de resistencia a la compresión a cilindros de micelio de *Ganoderma Lucidum* con un tiempo de secado de 3 meses.

III MARCO TEÓRICO

Los materiales hechos a base de micelio siguen siendo objetivo de estudio, por lo que se brindará un contexto de los temas a tocar en la siguiente investigación:

3.1 EL REINO FUNGI

El hongo es el principal tema de estudio en la presente investigación, por lo que se debe conocer de donde provienen, su clasificación y sus principales características.

Los hongos fueron inicialmente clasificados dentro del reino Plantae ya que fueron considerados organismos inmóviles presentando estructuras que se asientan firmemente en el sustrato sobre el que crecían. Sin embargo, al aplicar la biología molecular en los estudios taxonómicos se ha observado que los hongos están más próximos al Reino Animalia que al Plantae. En el sistema de clasificación de los seres vivos en cinco reinos, los hongos se encuentran clasificados en el Reino Fungi (González, s/f).

Hasta la fecha se han descrito entre 80 000 y 120 000 especies de hongos, aunque el número total de especies se estima en alrededor de 1,5 millones (Hawksworth, 2001). Esto convertiría a los hongos en uno de los recursos de biodiversidad menos explorados de nuestro planeta. Es notoriamente difícil delimitar a los hongos como grupo frente a otros eucariotas, y debates sobre la inclusión o exclusión de ciertos grupos han estado ocurriendo durante más de un siglo (Bärlocher, 2007).

Los hongos tienen una función ecológica fundamental como desintegradores, la vida sobre la tierra sin la presencia de estos organismos sería imposible. Las mismas enzimas que permiten que los hongos descompongan los desechos orgánicos y cadáveres hacen posible que dichos organismos reduzcan madera, fibras y alimentos a sus componentes básicos con

gran eficiencia. Son varios los hongos que provocan daños incalculables a los bienes almacenados y materiales de construcción. Por ejemplo, el valor de la madera destruida anualmente por Basidiomicetos equivale aproximadamente a la pérdida en incendios forestales (Garcés de Granada, 2003).



Ilustración 6 Hongo desintegrador: Hongo Shiitake

Fuente: (Twenergy, 2020)

Una de las características de los hongos es su capacidad para absorber solutos orgánicos o inorgánicos de soluciones extremadamente diluidas en el medio ambiente, acumulándolos 1000 veces o más contra su gradiente de concentración (Griffin, 1994).

Los basidiomicetos, los cuales son unos de los grupos de hongos más diversos, se reproducen sexualmente. En este caso las células encargadas de la producción de las esporas sexuales (basidiosporas) se llaman basidios y las basidiosporas se forman en la punta de ellos. En un ciclo sexual típico como el que se muestra en la Ilustración 7, las basidiosporas

germinan formando micelios haploides uninucleados (también llamado micelio primario) que tienen una vida breve ya que pronto se produce la plasmogamia. Este evento origina un micelio dicariótico (micelio secundario) a partir del cual se forma el cuerpo fructífero (F. Kuhar, 2013).

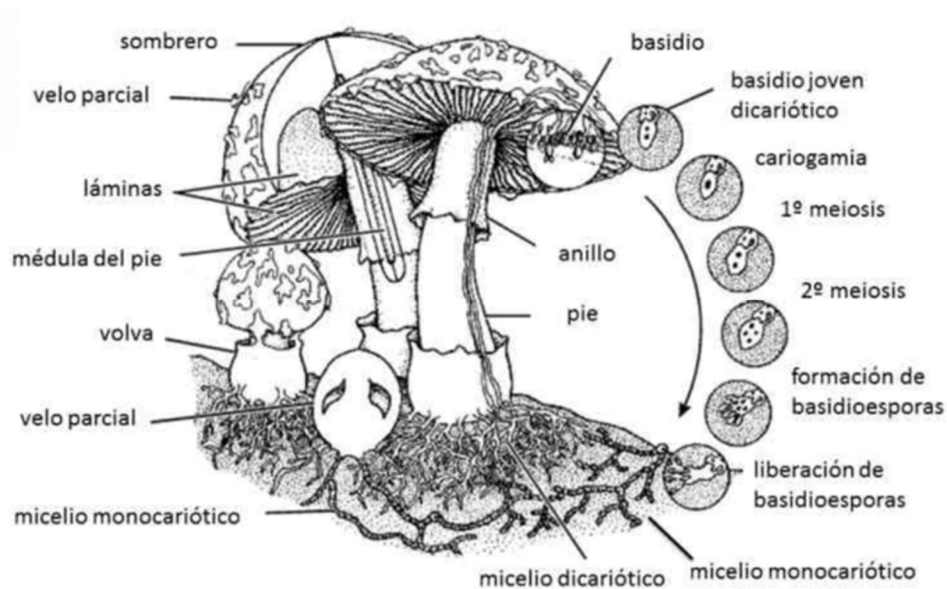


Ilustración 7 Ciclo sexual de los hongos basidiomicetes

Fuente: (F. Kuhar, 2013)

3.1.1 HONGO PLEUROTUS OSTREATUS

Uno de los hongos a utilizar en la investigación es el hongo *Pleurotus Ostreatus*, también conocido como hongo Ostra el cual se puede observar en la Ilustración 8. Es una especie de hongo basidiomiceto del orden Agaricales. Se distribuye por gran parte del Holártico, en zonas templadas, aunque se cultiva en muchas partes del mundo. Es comestible, estrechamente emparentado con la seta de cardo (*Pleurotus eryngii*), que se consume ampliamente por la facilidad de su identificación (Eger et al., 1976).



Ilustración 8 Hongo de la especie *Pleurotus Ostreatus*

Fuente: ("Pleurotus ostreatus, seta de ostra deliciosa y medicinal", 2019)

La seta del *Pleurotus Ostreatus* está muy extendida en muchos bosques templados y subtropicales de todo el mundo, aunque está ausente en el noroeste del Pacífico de Norteamérica, siendo sustituida por *P. pulmonarius* y *P. populinus*. Es un saprótrofo que actúa como descomponedor primario de la madera, especialmente de los árboles caducifolios, y de las hayas en particular[9] Es un hongo de descomposición de la madera de podredumbre blanca(Phillips, 2006).

El hongo ostra es uno de los pocos hongos carnívoros conocidos. Su micelio puede matar y digerir nematodos, lo que se cree que es una forma de obtener nitrógeno. La seta ostra estándar puede crecer en muchos lugares, pero algunas otras especies relacionadas como la seta ostra ramificada sólo crecen en los árboles (Beltran-Garcia et al., 1997).

Taxonómicamente el hongo *Pleurotus Ostreatus* se clasifica según la Tabla 1.

Tabla 1 Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus Ostratus*

Clasificación taxonómica	
<i>Reino</i>	Fungi
<i>División</i>	Basidiomycota
<i>Subdivisión</i>	Basidiomycotina
<i>Clase</i>	Homobasidiomycetes
<i>Orden</i>	Tricholomatales
<i>Familia</i>	Pleurotaceae

Elaboración propia. Fuente:(J. C. Pérez, s/f)

3.1.2 HONGO GANODERMA LUCIDUM

En la siguiente investigación, el hongo *Pleurotus ostreatus* será comparado con el hongo *Ganoderma lucidum* por lo que se debe conocer sobre la especie.

El hongo *Ganoderma lucidum*, también conocido popularmente como hongo Reishi, es un hongo oriental con una larga historia de uso para promover la salud y la longevidad en China, Japón y otros países asiáticos. Es un hongo grande y oscuro con un exterior brillante y una textura leñosa como se puede observar en la Ilustración 9. La palabra latina *lucidus* significa "brillante" o "brillante" y se refiere al aspecto barnizado de la superficie del hongo (Wachtel-Galor et al., 2011).



Ilustración 9 Hongo de la especie *Ganoderma Lucidum*

Fuente:(*What Are the Benefits of Reishi Mushroom?*, s/f)

Batra, Sharma, Khajuria (2013) establecen que el *Ganoderma lucidum* es un hongo basidiomiceto de la familia Ganodermataceae el cual se encuentra distribuido en zonas de clima templado de todo el mundo. Este hongo es saprófito, su micelio crece de manera natural en la madera muerta de árboles latifoliados, es decir árboles de hoja ancha, color verde. Los carpóforos aparecen en la base de sus troncos, a lo largo de heridas o grietas en la corteza, también pueden desarrollarse en troncos muertos.

Taxonómicamente el hongo *Ganoderma Lucidum* se clasifica según la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación taxonómica del hongo *Ganoderma Lucidum*

Clasificación taxonómica	
<i>Reino</i>	Fungi
<i>División</i>	Basidiomycota
<i>Subdivisión</i>	Agaricomycotina
<i>Clase</i>	Agaricomycetes
<i>Orden</i>	Polyporales
<i>Familia</i>	Ganodermataceae

Elaboración propia. Fuente:(*Ganoderma lucidum* (-) | SIB, Parques Nacionales, Argentina, s/f)

La mayoría de los hongos se componen de alrededor de un 90 % de agua en peso. El 10 % restante consiste en 10 a 40 % de proteína, 2 a 8 % de grasa, 3 a 28 % de carbohidratos, 3 a 32 % de fibra, 8 a 10 % de cenizas y algunas vitaminas y minerales, con potasio, calcio, fósforo y magnesio, selenio, hierro, zinc y cobre que representan la mayor parte del contenido mineral (Borchers et al., 1999). En un estudio de los componentes no volátiles de *Ganoderma Lucidum*, se encontró que esta especie de hongo contiene 1.8 % de ceniza, 26–28 % de carbohidratos, 3–5 % de grasa cruda, 59 % de fibra cruda y 7–8 % de proteína cruda (Mau, Lin y Chen 2001).

3.1.3 MICELIO

En la presente investigación se analizarán cilindros de micelio cultivados en aserrín de pino combinado con heno y casulla de arroz, por lo que se definirá qué es el micelio y sus principales características

El micelio es una red fibrosa de filamentos microscópicos interconectados y dinámicos bien desarrollados constituidos por la extensión de hifas o anastomosis, filamentos tubulares y alargados que muestran una considerable plasticidad y versatilidad de desarrollo (Voisey, 2010).

Stamets (2005) establece que el micelio puede llegar a extenderse a cientos de hectáreas en tamaño, logrando la mayor masa de cualquier organismo individual en el mundo y puede ser considerado como la red neurológica de la naturaleza dado que se mantiene en constante comunicación con el ambiente en el que se encuentra.



Ilustración 10 Red de micelio

Fuente: (Hunt, 2021)

El micelio compone lo que se denomina una "red de micorrizas", que conecta las plantas individuales entre sí para transferir agua, nitrógeno, carbono y otros minerales. El silvicultor alemán Peter Wohlleben denominó a esta red la "red del bosque", ya que es a través del micelio que los árboles se pueden comunicar entre ellos (*Underground Networking*, s/f).

J. F. Kuhar et al., (2013) establece que el micelio el cual está compuesto por filamentos llamados hifas, se encuentran en la parte inferior del hongo tal como se muestra en la Ilustración 11 el cual ilustra el ciclo de vida de los hongos. **PN**

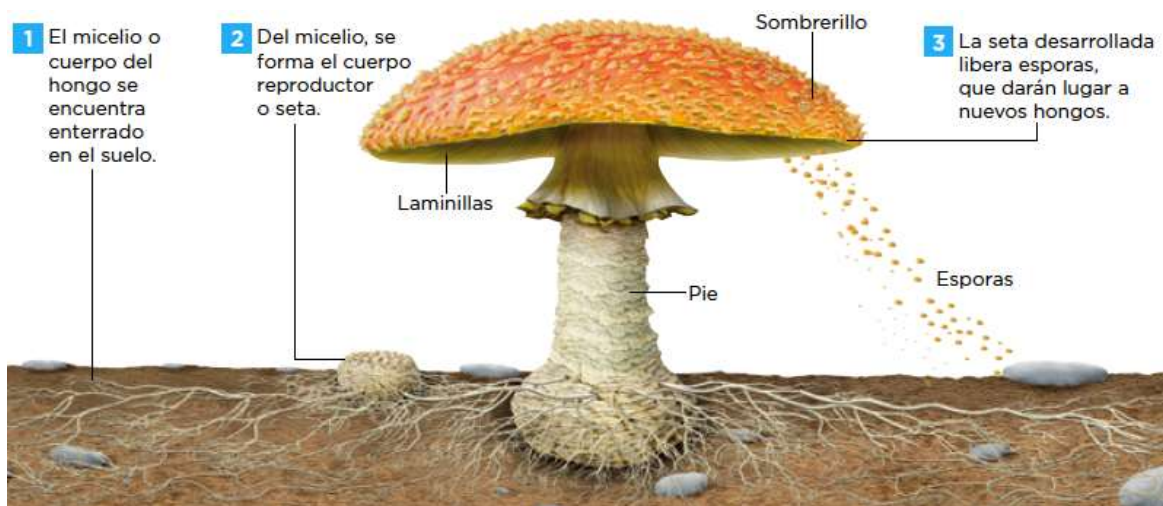


Ilustración 11 Ciclo de vida de los hongos

Fuente: (C. R. Sánchez, 2017).

Las paredes de las células que presentan las hifas, que forman los filamentos del micelio, componen una red fibrosa de quitina y de otros polisacáridos como glucosas, quitosano, mano proteínas y pequeñas cantidades de proteínas y glucoproteínas. Estos componentes que posee el micelio dotan de propiedades mecánicas a los materiales con lignocelulosa como la madera y el corcho. Pese a su pequeño tamaño son muy resistentes

dado que el micelio actúa como aglutinante cuando es cultivado en sustratos orgánicos (Monereo, 2020).

3.2 CULTIVO DEL MICELIO

Los subproductos, residuos lignocelulósicos agrícolas o forestales de bajo costo se utilizan habitualmente como sustratos fibrosos, como la paja o el serrín, para mantener el costo de los compuestos de micelio bajos y facilitar el reciclaje de residuos y la economía circular. Sin embargo, el uso de materiales baratos y de baja calidad como sustratos, aunque mantienen los costos bajos y mantienen la sostenibilidad medioambiental, tiene el efecto secundario de limitar el crecimiento de los hongos y, por lo tanto, compromete las propiedades del material compuesto (Jones et al., 2020).

Se han utilizado diversos métodos para el cultivo y fabricación de los compuestos de micelio, sin embargo, uno de los procesos usado por la investigadora Elsacker en su investigación: "Caracterización mecánica, física y química de composites a base de micelio con diferentes tipos de sustratos lignocelulósicos" es el observado en la Ilustración 12.

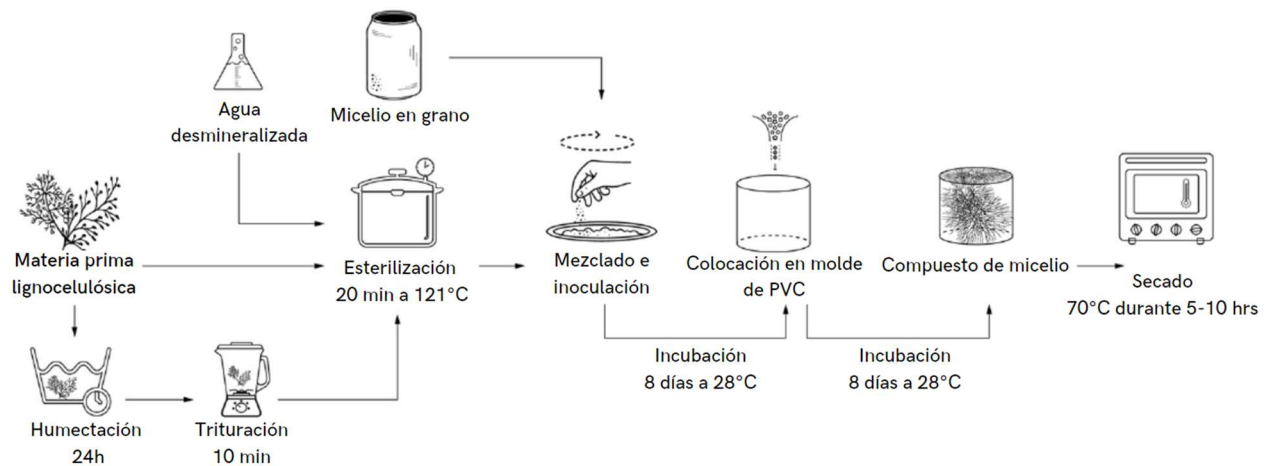


Ilustración 12 Proceso de cultivo de materiales de micelio

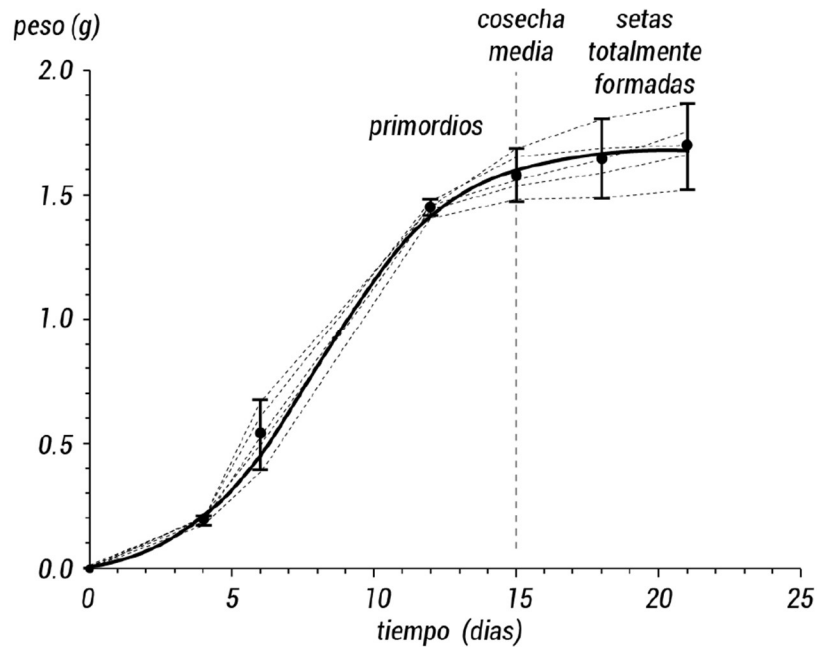
Fuente:(Elsacker et al., 2019)

3.2.1 CRECIMIENTO

Los hongos son uno de los seres vivos que crecen con más velocidad pudiendo llegar a crecer 1 mm por hora, sin embargo, esto solo ocurre cuando el hongo se encuentra en las condiciones idóneas para su crecimiento, ya que las hifas son sensibles a la desecación y a los cambios de temperatura, por lo que el crecimiento del micelio depende de tener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, humedad relativa y proporción de CO₂.(Monereo, 2020).

En la Tabla 3 se puede observar el crecimiento del micelio de la especie *Pleurotus ostreatus* llevado a cabo en el 2020 por parte de la Universidad Politécnica de Madrid a una temperatura promedio de 26 °C.

Tabla 3 Crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus*



Fuente:(Monereo, 2020)

Durante la colonización del sustrato, el crecimiento de los hongos puede detenerse secando y/o calentando el material. Mediante el secado, el hongo es pre hibernado, lo que permite al hongo reiniciar su crecimiento cuando las condiciones de humedad vuelvan a ser favorables. En cambio, el calentamiento matará al hongo. El secado y/o el calentamiento del sustrato en alguna etapa durante la colonización dará lugar a compuestos a base de micelio(Appels et al., 2019b).

3.2.2 PREPARACIÓN DE SUSTRATOS

Normalmente, un sustrato se encuentra habitado por muchos organismos como bacterias, insectos u otros hongos que compiten con el hongo que se desea cultivar, inhibiendo su crecimiento. Por lo tanto, es importante limpiar el sustrato antes de inocularlo con el micelio. Existen cuatro métodos para hacerlo: la esterilización, la pasteurización, el tratamiento con hidrogeno peróxido, el compostaje natural.

(Lelivelt, 2015)

La esterilización es el tratamiento más drástico para esterilizar un sustrato, para esterilizarlo se debe calentar a una temperatura de 123 °C y una presión de 100 kPa (1 bar) durante 20 minutos. Este método trae la ventaja que elimina todos los organismos y se garantiza que el sustrato es completamente inerte, sin embargo, algunos microorganismos ayudan a los basidiomicetos en su crecimiento y podría ser perjudicial eliminarlos. La desventaja de la esterilización es que este tratamiento requiere de una gran cantidad de energía y equipo especializado, como una olla a presión convencional o autoclave. La esterilización no es generalmente un requisito previo para cultivar la mayoría de los hongos,

pero puede utilizarse si se necesita estar absolutamente seguro de crear un sustrato inerte (Lelivelt, 2015).



Ilustración 13 Esterilización de sustrato por medio de olla de presión

Fuente: (Mycelior, s/f-a)

La pasteurización consiste en calentar el sustrato a 60-80 °C durante 60 minutos. A esta temperatura, la mayoría de los organismos nocivos mueren, mientras que los organismos útiles sobreviven. Aunque es menos segura que la esterilización, la pasteurización es más fácil de realizar, consume menos energía y no mata a los microorganismos útiles (Macías González et al., 2022).



Ilustración 14 Pasteurización de paja de cereal

Fuente: (Ortiz, 2013)

La eliminación de los organismos nocivos también puede hacerse tratando el sustrato con productos químicos. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un producto químico que daña a todos los organismos de un sustrato, pero es más perjudicial para microorganismos nocivos que al micelio de un hongo. Si se sumerge el sustrato en una solución de peróxido de hidrógeno al 0,3%, es suficiente para eliminar a los organismos nocivos, mientras que el micelio puede seguir colonizando el sustrato. Las ventajas de este método son que es mucho más sencillo, no requiere energía y ningún equipo (Lelivelt, 2015).

El cuarto método de pretratamiento del sustrato y el menos utilizado es el compostaje natural el cual es utilizado por las empresas industriales que crean sustratos a gran escala. Para utilizar este método, el sustrato debe estar compuesto en parte por estiércol. El sustrato se mezcla y se coloca en un espacio cerrado. Mediante el compostaje natural, la temperatura aumenta considerablemente, hasta $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los gases tóxicos, como el amoníaco, se acumulan en altas concentraciones. Estas condiciones son lo suficientemente agresivas para matar a los organismos malignos sin necesidad de un tratamiento adicional. Las desventajas de este tratamiento son que hay que utilizar estiércol como parte del sustrato y que se crean gases tóxicos para el medio ambiente durante el compostaje (Lelivelt, 2015).

3.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN AGLUTINANTES

De acuerdo con la investigación realizada por parte de Centeno y Lanza (2022), se determinó que el micelio actúa como un conglomerante, por lo que se debe conocer un poco más de algunos de los materiales de construcción conglomerantes utilizados hasta el momento.

“Los materiales conglomerantes son materiales cerámicos capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por transformaciones químicas en su masa que originan nuevos compuestos” (Portero & José, s/f).

3.3.1 EL YESO

La materia utilizada para el procesamiento del yeso es la piedra de yeso o aljez, que es un mineral cuya composición química es el sulfato de calcio deshidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). La secuencia del procesamiento del yeso se puede definir por medio de las siguientes etapas mostradas en la Ilustración 15 (Portero & José, s/f).



Ilustración 15 Diagrama de flujo del procesamiento del yeso

Fuente: (Portero & José, s/f).

3.3.2 EL CEMENTO

Los materiales utilizados en el procesamiento del cemento gris son la caliza (CaCO_3), la arcilla (sílico-aluminato), la sílice (SiO_2) y la ceniza de piritita (Fe_2O_3). El cemento blanco se fabrica reduciendo el contenido de hierro de todas las materias primas usadas en la fabricación del cemento (Portero & José, s/f).

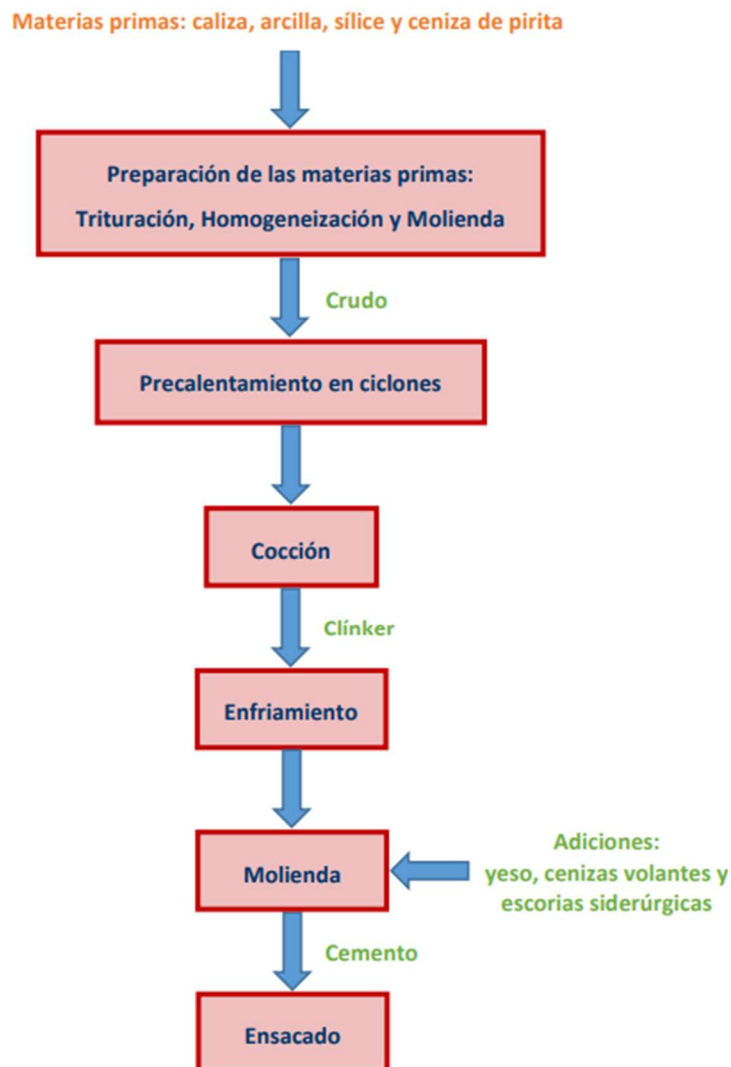


Ilustración 16 Diagrama de flujo de procesamiento del cemento

Fuente: (Portero & José, s/f).

3.4 EL MICELIO COMO BIOMATERIAL

Los materiales hechos a base de micelio son materiales que, debido a su capacidad de actuar como materiales sólidos por la propiedad aglomerante de los hongos al combinarlos con sustratos orgánicos, son capaces de reemplazar a la espuma, la madera y los plásticos en aplicaciones acústicas, de aislamiento, ignífugas y mecánicas. Dado a su bajo índice de conductividad y su alto índice de absorción acústica e ignífugas este material podría sustituir a materiales tradicionales usados en la construcción. Dada las características sostenibles, este material también podría tener un papel importante en la industria de la construcción sostenible (Monereo, 2020).

3.4.1 PANELES DE MICELIO

El proyecto "El pabellón en crecimiento" fue diseñado por Pascal Laboucq, el proyecto fue una ocasión de poder ver la construcción con micelio como una arquitectura viva donde es capaz de ser habitada.



Ilustración 17 Proyecto "El pabellón en crecimiento"

Fuente: (*Pavilion Grown from Mycelium Acts as Pop-up Performance Space*, 2019).

El proyecto sirve como ejemplo de cómo el micelio puede ser utilizado para construir espacios cerrados utilizándolo en forma de paneles. La estructura circular se compone de cinco materias primas principales: madera, micelio, flujos residuales del sector agrícola, espadaña (totor) y algodón. Mostrando cada material lo más crudo posible, el pabellón tiene una identidad visual muy distintiva, textura orgánica y color. Se erige como una solución necesaria y viable para reducir el uso de recursos fósiles y su impacto destructivo en el cambio climático (“About The Growing Pavilion”, s/f).

3.4.2 EMPAQUES BIODEGRADABLES

El micelio también es utilizado como método de empaque, la empresa Ecovative Design produce envases de hongos biodegradables como el mostrado en la Ilustración 18.



Ilustración 18 Empaque de vino hecho a base de micelio

Fuente: (arixblog, 2016).

Los empaques tradicionales contienen poliestireno, que proviene del petróleo y tarda miles de años en degradarse, Ecovative usa el micelio cultivado en desechos agrícolas para producir sus empaques los cuales pueden ser desechados después de su uso y su

descomposición tarda un par de semanas. Una de las empresas en adoptar este empaque es la empresa Ikea (*Envases de hongos, la alternativa al plástico*, 2021).



Ilustración 19 Empaque de productos de la empresa Ecovative

Fuente: (*Ecovative*, 2022)

El empaque no se fabrica, sino que se cultiva y contiene solo dos ingredientes: cáñamo y micelio. El cáñamo es un subproducto de la industria del cáñamo de fibra. Se recicla para convertirlo en alimento y estructura para el micelio, que se ramifica entre cada pliegue y espacio, uniéndolo en un material compuesto sólido el cual es liviano, fuerte y resistente al fuego (*Ecovative*, 2022).

3.4.3 MUEBLES HECHOS A BASE DE MICELIO

Los materiales hechos a base de micelio también han sido utilizados en la fabricación de muebles y accesorios de casa. El diseñador y fabricante de muebles Sebastián Cox y la

diseñadora Ninela Ivanova colaboraron en diseños de muebles hechos con micelio tal como se muestran en la Ilustración 20.



Ilustración 20 Lámpara y silla de micelio

Fuente: (Monereo, 2020)

Cada pieza es creada por el micelio a medida que crece y une los desechos de madera alrededor de marcos hechos a la medida para formar piezas de diseño livianas, fuertes y completamente degradables una vez que ya se haya cumplido su vida útil (*Exploring Biofacture in a New Collection of Grown Furniture | News, s/f*).

3.5 RIGIDEZ DE LOS MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS

En los materiales compuestos, es importante comprender el efecto que tienen las fibras y la matriz en la resistencia y la rigidez del material.

El diseño de estructuras ligeras requiere el uso de materiales de alta resistencia y rigidez y baja densidad. Para diversas aplicaciones estructurales prácticas, los requisitos de rigidez imponen mayores limitaciones que los requisitos de resistencia. Este puede ser el

caso de aplicaciones en las que en las que se imponen limitaciones a las deformaciones admisibles, o para estructuras que pueden sufrir inestabilidad por compresión, o para estructuras a las que se les exigen frecuencias de vibración natural mayores que las frecuencias asociadas con la carga impuesta (Walter Rosen, 1973).

Para un material transversalmente isotrópico, las cinco constantes independientes elásticas se pueden evaluar considerando las siguientes condiciones de carga mostradas en la Ilustración 21 (Walter Rosen, 1973).

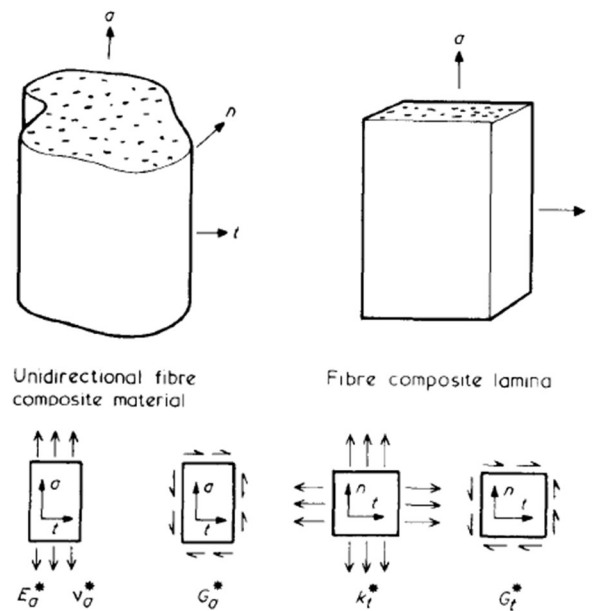


Ilustración 21 Módulo elástico de los materiales compuestos de fibra unidireccional

Fuente: (Walter Rosen, 1973)

3.5.1 EFICIENCIA ESTRUCTURAL

La decisión del material a utilizar en una construcción para cualquier aplicación estructural es una decisión compleja, sin embargo, un factor importante a considerar es el peso estructural. Los materiales de micelio son materiales con baja densidad comparados a la madera o al concreto por lo que los hace materiales ligeros.

Las relaciones de propiedades simples, como los módulos específicos, son medidas inadecuadas. de desempeño porque los compuestos son anisótropos. No sólo una combinación de varias propiedades mecánicas deben ser utilizadas, pero debe reconocerse que la eficiencia de utilización de un material estructural depende tanto de las propiedades mecánicas como de la densidad (Walter Rosen, 1973).

3.5.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

Se han utilizado Un gran número de procedimientos de prueba para evaluar las propiedades mecánicas de los materiales compuestos de fibra, aunque muchos de estos procedimientos de prueba tienen deficiencias. Estas deficiencias se encuentran generalmente en el problema de medir la resistencia del material. Existen una variedad de procedimientos para medir al menos parte de la rigidez propiedades (Walter Rosen, 1973).

El ensayo de compresión se lleva a cabo para caracterizar el comportamiento de un material bajo cargas de compresión, el ensayo de compresión evalúa la durabilidad de los materiales (*Ensayo de compresión, s/f*).

Los materiales pueden ser sometidos a una variedad de ensayos de compresión, siendo algunos de los más comunes los mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4 Ensayo de compresión comúnmente utilizados

Ensayos de compresión	
ASTM D3574-17	Ensayos de compresión estándar para materiales celulares flexibles – espumas, espumas de uretano adheridas y moldeadas
ASTM D695-15	Ensayos de compresión estándar para materiales celulares flexibles
ASTM D3846-08	Resistencia al cizallamiento de plásticos reforzados
ASTM D575-91	Ensayo de compresión en goma: Método A propiedades de la goma bajo compresión

Ensayos de compresión	
ASTM F1306-21	Método de ensayo estándar para la resistencia de películas y laminados flexibles barrera a la perforación lenta
ASTM D3501-05	Ensayo de compresion estandar para paneles estructurales a base de madera en compresión.
ASTM C140	:Resistenciaalacompresióndebloquesdeconcreto,adoquinesyladrillos

Fuente: (*Ensayo de compresión, s/f*).

El ensayo de compresión a utilizar en la siguiente investigación será el ASTM-D3501-05 el cual cubre la determinación de las propiedades de compresión de los paneles estructurales a base de madera. Los paneles estructurales a base de madera en uso incluyen madera contrachapada, tableros de obleas, tableros de virutas orientadas y compuestos de chapa y de capas a base de madera (*ASTM D-3501-94, s/f*). Un ejemplo del ensayo puede ser observado en la Ilustración 22.

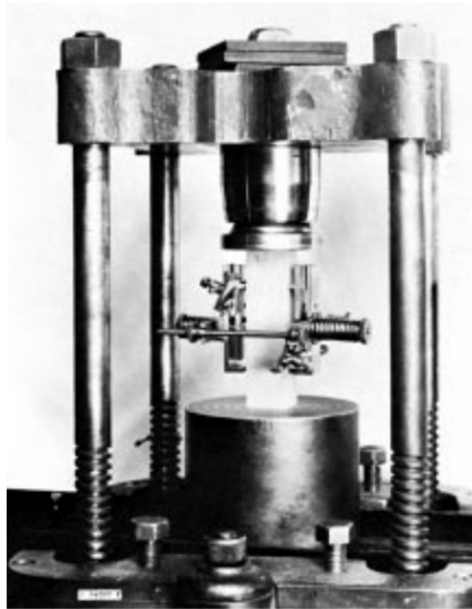


Ilustración 22 Prueba de compresión de prisma de madera contrachapada

Fuente: (*ASTM D-3501-94, s/f*)

IV METODOLOGÍA

A continuación, se detallará la metodología a utilizar en la investigación; estableciendo el enfoque, las variables de investigación, las técnicas e instrumentos aplicados, los materiales utilizados y la metodología de estudio.

4.1 ENFOQUE

Tradicionalmente, existen dos enfoques de investigación: el cualitativo y el cuantitativo. Cada uno está basado en sus propios paradigmas en relación con la realidad y el conocimiento (Universidad de Colma, 2022).

4.1.1 ENFOQUE MIXTO

Sampieri et al. (2014) define el enfoque mixto de la siguiente manera: "Combinación del enfoque cuantitativo y el cualitativo" (p. 3).

El siguiente trabajo de investigación provee una combinación del enfoque cuantitativo y cualitativo, por lo que se define con base en un enfoque mixto: para cumplir con los objetivos y proporcionar respuestas a las preguntas de investigación, se aplicarán pruebas de compresión a los cilindros de micelio cultivado en aserrín de pino y aserrín de pino en combinación con casulla de arroz y heno para determinar su resistencia, así como un ensayo de absorción a los cilindros.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Para La Nuez Bayolo et al. (2008), las variables de la investigación son las características y propiedades cuantitativas o cualitativas de un objeto o fenómeno que adquieren distintos valores, es decir, varían respecto a las unidades de observación.

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

“La variable dependiente es el factor que el investigador observa o mide para determinar el efecto de la variable independiente o variable causa. La variable dependiente es la variable respuesta o variable salida” (Hernández & Colás, 2001).

Como variables dependientes de la investigación se tiene:

- El porcentaje de absorción de las muestras cilíndricas.
- Crecimiento del micelio
- Resistencia a la compresión de las muestras cilíndricas

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

“Es la variable que el investigador mide, manipula o selecciona para determinar su relación con el fenómeno o fenómenos observados. Esta variable es conocida también como variable estímulo” (Hernández & Colás, 2001).

Las variables independientes de las variables dependientes se definen de la siguiente forma:

4.2.2.1 Variables independientes del porcentaje de absorción

Como variables independientes de la variable dependiente porcentaje de absorción se tiene:

- Tiempo del cilindro sumergido en el agua
- Peso seco del cilindro
- Peso saturado del cilindro

En la Ilustración 23 se muestra las variables independientes correspondientes a la variable dependiente del porcentaje de absorción.



Ilustración 23 Variables de investigación de ensayo de absorción

Las siguientes variables están definidas a partir del peso seco y peso saturado del cilindro y el tiempo en el que el cilindro será sumergido en el agua.

4.2.2.2 Variables independientes del crecimiento del micelio

Como variables independientes de la variable dependiente del crecimiento del micelio se tienen:

- Porcentaje de humedad del sustrato
- Temperatura ambiente
- Proporciones de sustratos
- Tipo de micelio
- Tipo de sustrato

En la Ilustración 24 se muestra las variables independientes correspondientes a la variable dependiente del crecimiento del micelio.

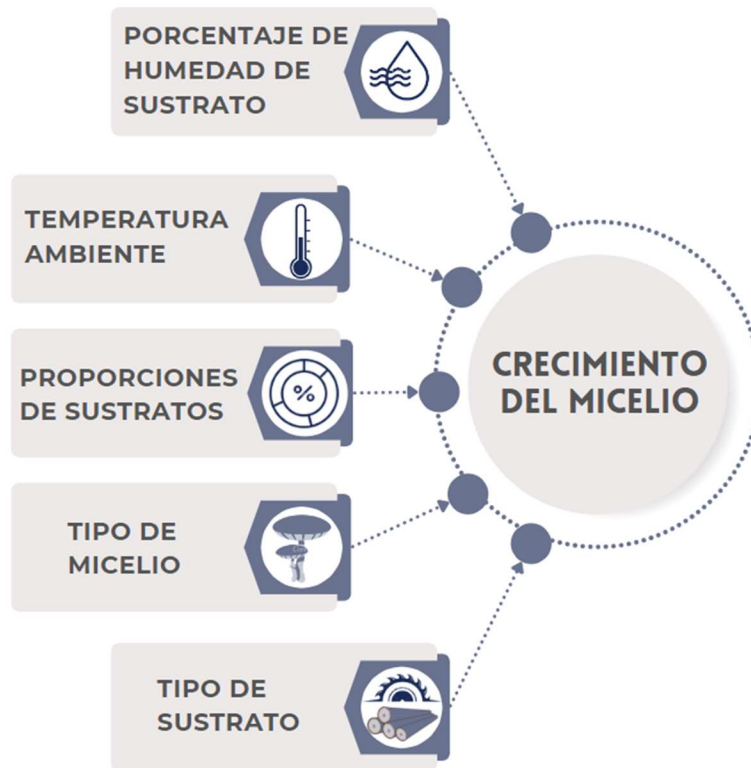


Ilustración 24 Variables de investigación del crecimiento del micelio

Se controlará el porcentaje de humedad a utilizar en el cultivo del micelio, se llevará monitoreo de la temperatura ambiente, se determinarán las proporciones de las combinaciones de sustratos a utilizar, se utilizarán dos tipos de micelio y se utilizará diferentes tipos de sustratos.

4.2.2.3 Variables independientes de la resistencia a la compresión

Como variables independientes de la variable dependiente de la resistencia a la compresión se tienen las siguientes:

- Carga aplicada
- Área transversal del molde

En la Ilustración 25 se muestra las variables independientes correspondientes a la variable dependiente de la resistencia a la compresión.

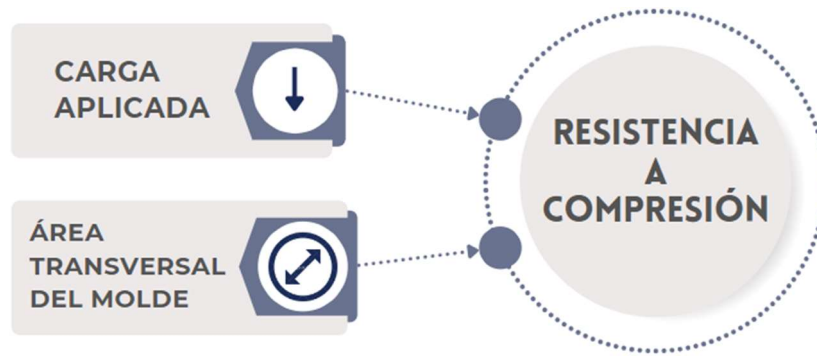


Ilustración 25 Variables de investigación del ensayo de resistencia a la compresión

Donde la carga aplicada será determinada por la máquina de compresión y el área del molde por sus dimensiones las cual serán:

- Altura: 4"
- Diámetro: 2"

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Se muestran a continuación las técnicas e instrumentos los cuales fueron aplicados en la investigación:

4.3.1 MONITOREO DE TEMPERATURA

Para monitorear la temperatura a la que el micelio crece dentro de los sustratos se utilizó un medidor de temperatura mostrado en la Ilustración 26 , el cual por medio de un sensor mide la temperatura ambiente. El instrumento se utilizará para medir la temperatura promedio en la habitación donde será cultivado el hongo durante dos semanas. Se tomará registro de la temperatura 3 veces al día durante los 14 días de incubación y se realizará un promedio



Ilustración 26 Medidor de temperatura

4.3.1 FUENTES SECUNDARIAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de bases de datos en la web y haciendo uso de equipos computacionales, se accedió a la información necesaria acerca de la resistencia a la compresión del micelio determinado en investigaciones pasadas, así mismo se investigó el procedimiento de cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus*.

En la Ilustración 27 se muestra la página principal de la base de datos "Google Académico".

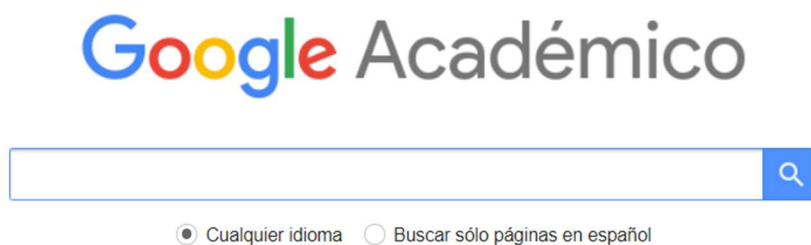


Ilustración 27 Página principal de "Google Académico"

Fuente: (Google Académico, s/f)

4.3.2 ASESORÍA TEMÁTICA

Las asesorías temáticas fueron de importancia a lo largo del desarrollo de la investigación debido a la ayuda, retroalimentación y aportes que el asesor temático, MSc. Juan Carlos Reyes Zúniga, brindo para encaminar de manera correcta la propuesta planteada.

Las asesorías temáticas pueden visualizarse en el Anexo 1.

4.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL MICELIO

Para determinar las características y propiedades del micelio se utilizarán las siguientes ecuaciones y maquinaria para los ensayo de compresión.

4.3.1.1 Porcentaje de Contracción

Se calculará el porcentaje de contracción restando el volumen seco del material del volumen húmedo y dividiendo esta contracción por el volumen húmedo tal como se muestra en la Ecuación 1

$$\% \text{ Contracción} = \frac{\text{volumen seco} - \text{volumen humedo}}{\text{volumen humedo}}$$

Ecuación 1 Porcentaje de absorción

4.3.1.2 Módulo de Young

Para determinar el módulo de Young del material se utilizarán los datos de esfuerzo y deformación obtenidos a través del ensayo de compresión y las ecuaciones siguientes:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Ecuación 2 Módulo de Young

$$\sigma = \frac{F}{A} [MPa]$$

Ecuación 3 Esfuerzo de compresión

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Ecuación 4 Deformación unitaria

Donde:

- F = fuerza de compresión (N)
- A = área transversal del cilindro (mm²)
- ΔL = desplazamiento de la carga (cm)
- L_0 = longitud original del cilindro (cm)

4.3.1.3 *Peso Unitario*

Para el cálculo de peso unitario se utilizó la ecuación de peso unitario

De las dimensiones y peso de las probetas se determinará el peso unitario del material de micelio utilizando la Ecuación 5.

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{masa (g)}}{\text{Volumen (cm}^3\text{)}}$$

Ecuación 5 Peso unitario

4.3.1.4 *Porcentaje de absorción*

Para determinar el porcentaje de absorción se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de absorción} = \frac{\text{Peso humedo saturado (g)} - \text{Peso seco(g)}}{\text{Peso seco(g)}}$$

Ecuación 6 Porcentaje de absorción

4.3.1.5 *Ensayo de resistencia a la compresión*

Para determinar la resistencia a la compresión de los cilindros de micelio se utilizarán muestras cilíndricas las cuales serán sometidas a compresión en una prensa de carga HM-5030 la cual se encuentra en el Laboratorio de ingeniería Civil de UNITEC.












Ilustración 28 Prensa de carga HM-5030


4.4 MATERIALES

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se utilizaron los siguientes materiales:

Tabla 5 Materiales utilizados

No.	Material	Ilustración
1	Hongo cultivado "<i>Ganoderma Lucidum</i>"	
2	Hongo cultivado "<i>Pleurotus Ostreatus</i>"	

No.	Material	Ilustración
3	Aserrín de pino	
4	Bolsas de polipropileno	
5	Moldes prefabricados (cilíndricos)	
6	Alcohol antiséptico y desinfectante	
7	Cinta adhesiva	
8	Agua	
9	Utensilios para inocular micelio en sustrato	

No.	Material	Ilustración
10	Guantes de latex	

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En la metodología de estudio de la investigación, se describirá el procedimiento llevado a cabo para cumplir con los objetivos planteados.

4.5.1 SELECCIÓN DE MICELIO

Para la siguiente investigación se seleccionó utilizar el micelio de la especie *Pleurotus Ostreatus* además del micelio de *Ganoderma Lucidum* debido a la facilidad de adquisición en Honduras y crece en ambientes con temperaturas de 23 a 32°C con una temperatura óptima de 28°C para crecimiento micelial y de 18 a 20°C para formación de primordios, pH de 4.5 a 7 con un óptimo de 5.5, humedad de sustrato entre 60 y 70%, y una humedad relativa de 80 a 90% (J. Sánchez & Royse, 2001).

4.5.2 SELECCIÓN DE SUSTRATOS

Como sustratos se seleccionó el aserrín de pino, casulla de arroz y el heno, materiales los cuales son fácilmente encontrados en Honduras y principal razón de su uso como sustratos para su uso como base de los materiales de micelio.

4.5.3 ADQUISICIÓN DE MICELIO

El micelio de *Pleurotus Ostreatus* y *Ganoderma Lucidum* fueron adquiridos a través del Centro de Investigación de Micología Tropical de la Universidad Nacional Autónoma de

Honduras. Centro en el cual se adquirieron 2 kg de micelio de *Pleurotus Ostreatus* y 1 kg de *Ganoderma Lucidum*.

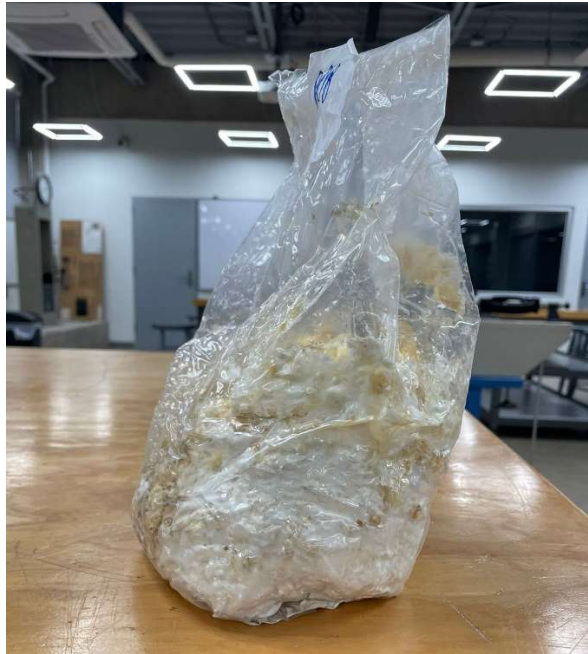


Ilustración 29 Micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo

4.5.4 ADQUISICIÓN DE SUSTRATOS

Los materiales que se utilizaran como sustratos son el aserrín de pino, casulla de arroz y heno observados en la Ilustración 30, sustratos los cuales fueron seleccionados por su facilidad de adquisición y bajo costo. El aserrín de pino fue adquirido por medio de una carpintería local ubicada en el chimbo, Tegucigalpa; la casulla de arroz fue obtenida por medio de la empresa Maturave ubicada en el km15 carretera hacia el departamento de Olancho y el heno fue obtenido por medio una hacienda local Se probará el cultivo del micelio en dos tipos de sustratos:

- Aserrín de pino
- Mezcla de aserrín de pino, casulla de arroz y heno, en donde se utilizará una proporción de 50% aserrín de pino, 30% casulla de arroz y 20% heno.



Ilustración 30 Heno, aserrín de pino y casulla de arroz

4.5.5 MOLDES CILÍNDRICOS PARA ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión y porcentaje de absorción, se fabricaron 9 moldes cilíndricos de PVC blanco mostrados en la Ilustración 31, los moldes fueron fabricados a partir de una tubería de 2 pulgadas. Los moldes cuentan con las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 2 pulgadas
- Altura: 4 pulgadas



Ilustración 31 Moldes cilíndricos

4.5.6 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para poder determinar las propiedades del sustrato utilizado, como el contenido de humedad y el tamaño de partículas, se realizaron una serie de análisis de laboratorio.

4.5.6.1 *Ensayo contenido de humedad*

Para el cultivo del micelio en los diferentes tipos de sustratos se utilizara un porcentaje de humedad del 70% dado que ha sido la humedad recomendada y utilizada en investigaciones previas por autores como Nieto & Chegwin A (2010).

Dado que el aserrín y el heno ya contienen humedad propia, se realizará un ensayo de contenido de humedad para determinar la humedad que se encuentra en los sustratos y determinar la humedad a complementar para llegar a un 70% de humedad total respecto al peso seco de los sustratos.

Como primer paso se registraron los pesos de las latas de muestra a utilizar, teniendo como valores los observados en la Tabla 6

Tabla 6 Peso de muestras de aserrín de pino

Lata	Peso (gr)
1	50.23
2	49.26
3	49.96

Así mismo se registraron los pesos de las latas a utilizar para las muestras de heno.

Tabla 7 Peso de muestras de heno

Lata	Peso (gr)
1	50.07
2	50.00
3	49.79

Posteriormente se procedió a colocar las muestras dentro de las latas como se muestra en la Ilustración 32.



Ilustración 32 Latas de muestra de aserrín de pino y heno respectivamente

Una vez colocadas las muestras en las latas se procedió a registrar su peso teniendo como resultado:

Tabla 8 Peso de lata y aserrín de pino

Lata + aserrín (gr)	peso (gr)
1	57.39
2	57.62
3	56.91

Mismo procedimiento se repitió para la muestra de heno, teniendo como resultado:

Tabla 9 Peso de lata y heno

Lata + Heno	peso (gr)
1	53.18
2	53.49
3	54.6

Se procedió a secar las muestras ingresándolas al horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas, pasadas las 24 horas se procedió a sacar las muestras del horno tal como se puede observar en la Ilustración 33 y registrar su peso.



Ilustración 33 Ingreso de sustratos al horno

Los pesos secos para las muestras de aserrín se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 10 Peso seco de muestra de aserrín

Lata + aserrín seco	peso
1	56.23
2	56.38
3	55.87

Los pesos secos para las muestras de heno se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 11 Peso seco de muestra de heno

Lata + Heno seco	peso
1	52.76
2	53.02
3	53.98

Una vez obtenido el peso de lata más el aserrín seco, se procedió a determinar su contenido de humedad por medio de la

$$W\% = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} * 100$$

Ecuación 7 Contenido de humedad

Donde:

- $W_1 = \text{peso de lata}$
- $W_2 = \text{peso de lata} + \text{aserrín}$
- $W_3 = \text{peso de lata} + \text{aserrín seco}$

Los resultados de contenido de humedad del aserrín de pino se pueden observar en la Tabla 12.

Tabla 12 Porcentaje de humedad de aserrín de pino

Lata	% de humedad
1	16.20%
2	14.83%
3	14.96%

Los resultados de contenido de humedad del heno se pueden observar en la Tabla 13

Tabla 13 Porcentaje de humedad del heno

Lata	% de humedad
1	13.50%
2	13.47%
3	12.89%

Haciendo un promedio entre los 3 resultados de porcentajes de humedad, se tiene que el porcentaje de humedad promedio en el aserrín de pino es de 15.33% y de 13.29% para el heno. Una vez que se obtiene el dato del contenido de humedad en el aserrín y en el heno, se procede a calcular el porcentaje de humedad requerido para llegar al 70%.

Para el caso del aserrín de pino se realizó la siguiente operación:

$$\% \text{ Humedad a complementar} = 70\% - 15.33\% = 54.67\%$$

Para el caso del sustrato combinado se complementará de acuerdo con la proporción de material utilizado:

$$\% \text{ Humedad a complementar de aserrín de pino} = 70\% - 15.33\% = 54.67\%$$

$$\% \text{ Humedad a complementar de heno} = 70\% - 13.29\% = 56.71\%$$

Por lo que, al multiplicar cada porcentaje de humedad de material a utilizar por su proporción, se tiene la siguiente operación y porcentaje de humedad final a complementar:

$$15.33\% * 0.5 = 7.67\%$$

$$13.29\% * 0.2 = 2.66\%$$

% Humedad a complementar de sustrato combinado = 7.57% + 2.66% = 10.33%

4.5.6.2 Tamaño de partículas de los sustratos

Dado que el aserrín de pino recolectado tiene un tamaño de partículas variado y para lograr tener un tamaño de partículas más homogéneo, se tamizó el aserrín a través de un tamiz número 4 (4.75 mm) tal como se muestra en la Ilustración 34.



Ilustración 34 Tamizado del aserrín por tamiz No.4

Se tamizó todo el tamiz y se colocó en bolsas de polipropileno para su preparación para su mezclado e inoculación.

Para el caso de las casulla de arroz se sabe que su tamaño varía entre los 1.7 y 2.76 mm (Torres Giraldo, 2018).

4.5.7 PREPARACIÓN DE SUSTRATO

Una vez analizados los sustratos, se procede a prepararlos para la inoculación con el micelio. Como primer paso se mide cuanto sustrato se necesitará por molde ingresando el sustrato en los moldes y vertiéndolo en las bolsas de polipropileno registrando su peso como se puede observar en la Ilustración 35, teniendo como peso para el aserrín de pino:

Aserrín de pino a utilizar en bolsa de polipropileno = 148.69 g

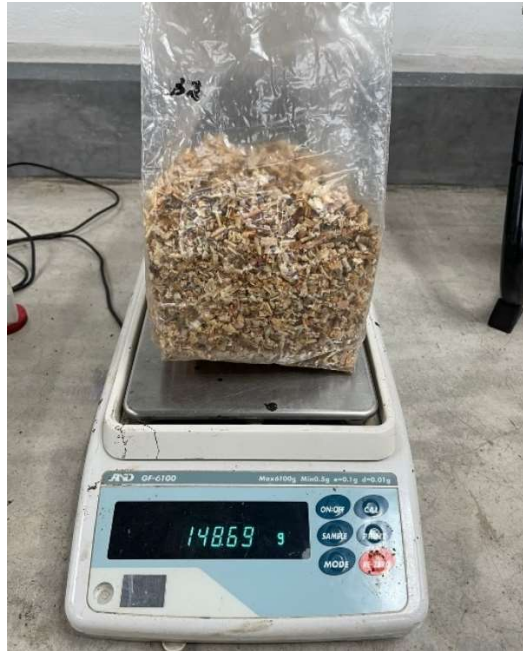


Ilustración 35 Peso de cantidad de aserrín a utilizar

Las bolsas fueron enumeradas de acuerdo con el tipo de sustrato que contienen, posteriormente se procedió a pesar las cantidades de material de sustrato a utilizar para el sustrato combinado siguiendo una proporción de 50% aserrín de pino, 30% casulla de arroz y 20% heno. Como resumen final se tiene:

Sustrato combinado a utilizar en bolsa de polipropileno = 140.0 g

En donde se pesaron las proporciones por medio de una pesa tal como se puede observar en la **Error! Reference source not found.**



Ilustración 36 Peso de cantidad de casulla de arroz a utilizar

Las cantidades de material a usar se calcularon multiplicando la cantidad de sustrato total a utilizar por el porcentaje de cada material. Teniendo como resultados los siguientes datos:

Tabla 14 Porcentaje de material a utilizar para sustrato combinado

Sustrato combinado		
Material	Porcentaje (%)	Peso (gr)
Aserrín de pino	50	70
Casulla de arroz	30	42
Heno	20	28

Una vez registrado el peso de las bolsas con el sustrato, se procedió a calcular la cantidad de ml de agua a utilizar por bolsa para lograr llegar al 70 % de humedad.

Dado que se sabe que un ml de agua es equivalente a un kg, se calcula los ml de agua a usar por bolsa de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Ml \text{ de agua a usar} = \text{Peso seco de bolsa} * \text{Porcentaje de humedad a complementar } \%$$

Los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 15.

Tabla 15 MI de agua a utilizar por sustrato

Bolsa	MI de agua a utilizar
Aserrín de pino	81.29
Sustrato combinado	83.54

Con el dato de la cantidad de agua a utilizar por bolsa se procede a medir la cantidad en una probeta como la que se muestra en la Ilustración 37



Ilustración 37 Combinación de sustrato y cálculo de agua a utilizar

Una vez obtenido el agua se procede a mezclar el sustrato combinado con todos los materiales involucrados (aserrín de pino, casulla de arroz y heno), revolviéndolo con la mano para asegurar una mezcla más homogénea. Se procedió verificar su peso para asegurar estar dentro de los 140 g estimados como se puede observar en la Ilustración 38.



Ilustración 38 Registro de peso de sustrato combinado

Una vez pesado el sustrato, se procedió a ingresar el agua estimada en los sustratos por bolsa como se puede observar en la Ilustración 39



Ilustración 39 Humectación del sustrato

Una vez humectados los sustratos, se procede a esterilizarlos.

4.5.7.1 Esterilización del sustrato

Se utilizan varios métodos para esterilizar el sustrato, lo que lo vuelve inerte y más adecuado para la inoculación del micelio sin contaminantes como bacterias u otros tipos de hongos que puedan estar presentes en el sustrato. La esterilización se puede realizar por temperatura, como el autoclave y la pasteurización, o por tratamiento con productos químicos o agentes microbianos (Elsacker, 2021). En primer lugar, el autoclave de los sustratos se puede realizar a diferentes temperaturas de 115 a 121 °C y la duración puede variar de 15 a 28 minutos (Appels et al., 2019a).

Se esterilizo el sustrato en una olla de presión durante 1 hora y media dado que no se tiene un medidor de presión y de esta manera poder asegurar una correcta esterilización. Para la esterilización se utilizó una olla de presión convencional mostrada en la Ilustración 40.



Ilustración 40 Utilización de olla de presión

Se utilizó una rejilla en el fondo de la olla de presión para evitar el contacto directo de las bolsas de polipropileno con el agua en el fondo de la olla tal como se muestra en la Ilustración 41. Se utilizaron 3 tazas de agua, asegurándose que el agua no sobrepasara el nivel de la rejilla y estuviera en contacto con las bolsas.



Ilustración 41 Llenado de agua y colocación de fondo de seguridad

Una vez ingresado el agua, se procedió a introducir las bolsas de polipropileno dentro de la olla como se puede observar en la Ilustración 42 y se cerró la tapadera, dejando la estufa encendida a máxima capacidad hasta empezar a observar salir vapor de la tapadera, donde luego se dejó a fuego lento bajo durante una hora y media donde posteriormente se dejó enfriar durante otra hora.



Ilustración 42 Colocación de sustrato en olla de presión

Una vez esterilizado el sustrato se aseguró que el sustrato estuviera totalmente a temperatura ambiente para poder ser inoculado con el micelio.

4.5.8 INOCULACIÓN DEL MICELIO

Una vez que el sustrato ya fue preparado con la humedad del 70%, se procede a realizar la inoculación del micelio

Se pueden utilizar diferentes métodos para inocular el sustrato con micelio. Por ejemplo, cuando se cultivan en placas de agar con extracto de malta y se extrae una muestra para introducirla en sustrato.

El micelio también se puede cultivar en semilla de grano y éste se utiliza posteriormente para inocular el sustrato con micelio, un 10% a 20% del peso del sustrato (Lelivelt et al., 2015). Centeno y Lanza (2022) utilizaron un 10% de micelio para la inoculación por lo que se continuara con un 10% de micelio para la inoculación de los sustratos de aserrín de pino y el sustrato de aserrín de pino, casulla de arroz y heno.

Se determinó el micelio a utilizar por medio de la siguiente operación:

$$\text{Micelio a utilizar} = \text{Peso de sustrato humedo} * 0.10$$

Se realizó la operación al peso de cada una de las muestras, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16 Cantidad de micelio utilizado

Bolsa	Peso húmedo (gr)	Micelio por utilizar (gr)
Aserrín de pino	305.22	30.52
Sustrato combinado	260.01	26

Una vez obtenido el peso del micelio por utilizar, se procedió a pesarlo e introducirlo en bolsas tal como se observa en la Ilustración 31.



Ilustración 43 Peso del micelio a utilizar

Una vez pesado el micelio se procedió a inocularlo, para la inoculación se esterilizo toda el área de trabajo con alcohol etílico y se realizó en una habitación sin ventilación para evitar contaminaciones, el sustrato fue inoculado ingresando el micelio medido a las bolsas conteniendo el sustrato como se puede observar en la Ilustración 44.



Ilustración 44 Inoculación de micelio en sustrato

4.5.8.1 Mezclado de micelio

Una vez ingresado el micelio en el sustrato, se procedió a sellar la bolsa con tape y mezclarlo durante 3 min para asegurar una correcta distribución del micelio dentro del sustrato, logrando una colonización más homogénea.



Ilustración 45 Mezclado de micelio con sustrato

4.5.9 MONITOREO DE CRECIMIENTO

El sustrato inoculado fue incubado durante dos semanas (14 días). Los sustratos fueron guardados en completa oscuridad donde se monitoreo la temperatura tomando lectura 3 veces al día y realizando un promedio para determinar la temperatura a la cual el micelio creció. EL registro de temperaturas se puede observar en el Anexo II – Temperatura ambiente de crecimiento.

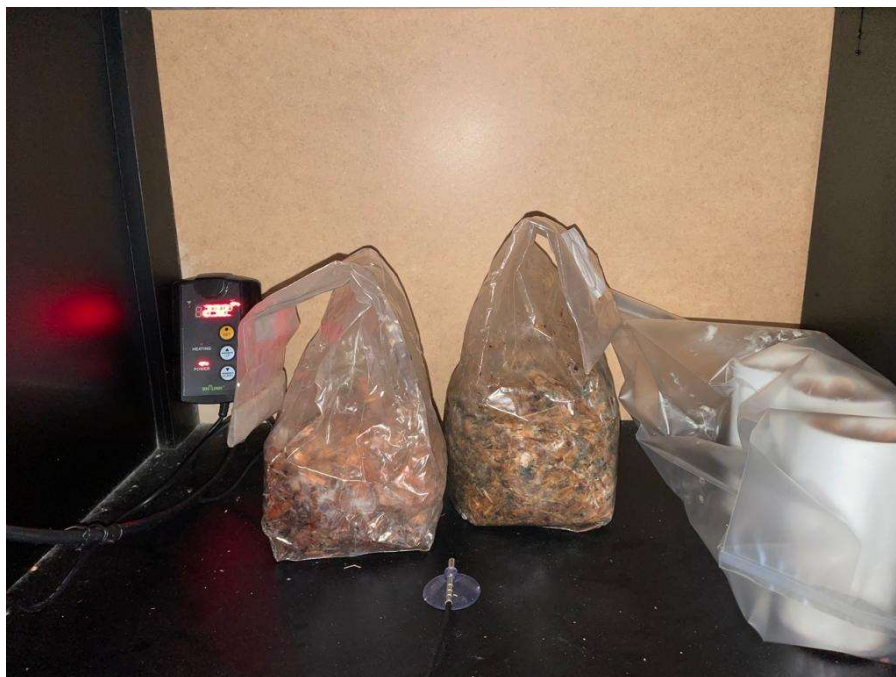


Ilustración 46 Monitoreo de incubación de micelio en sustrato

4.5.10 MONTAJE EN MOLDES

Una vez pasadas las 2 semanas se procedió a colocar el sustrato ya colonizado dentro de los moldes cilíndricos. Para este proceso, se utilizaron 9 moldes cilíndricos, 3 cilindros para la muestra de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en sustrato de aserrín de pino, 3 para la muestra de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo y 3 para la muestra de micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo, adicionalmente se utilizó 2 moldes cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* para el ensayo de porcentaje de absorción.

No se realizaron probetas cilíndricas de aserrín de pino combinado con casulla de arroz y heno dado que durante su crecimiento se observaron contaminaciones,

El sustrato fue colocado en los moldes en 3 capas, de esta forma asegurando una correcta compactación superficial tal como se observa en la Ilustración 47.



Ilustración 47 Llenado de cilindros de micelio de Pleurotus Ostreatus

El mismo procedimiento se realizó para las muestras de aserrín de pino y micelio de Ganoderma Lucidum, teniendo como resultado el observado en la Ilustración 48.



Ilustración 48 Llenado de cilindros de micelio

Una vez llenados todos los moldes, se procedió a guardarlos y dejarlos crecer durante otros 5 días, esto con el propósito de que el micelio vuelva a crecer, pero con la forma del cilindro, así mismo se monitoreo la temperatura a la que fue incubado tal como se muestra en la Ilustración 49.



Ilustración 49 Monitoreo de crecimiento dentro de moldes cilíndricos

Los moldes cilíndricos fueron puestos dentro de bolsas de polipropileno para conservar la humedad durante los 5 días de crecimiento, las bolsas contienen un filtro de microfibra para permitir la oxigenación tal como se menciona en la investigación de Coloma Hohlberg (2021)

4.5.11 DESMONTAJE

Una vez pasado los 5 días de crecimiento dentro de los moldes cilíndricos mostrados en la Ilustración 50, se procedió a realizar el desmolde de las muestras empujando las muestras por la parte inferior hasta que la muestra estuviera totalmente fuera del molde como se observa en la Ilustración 51.



Ilustración 50 Moldes cilíndricos de micelio después de 5 días de crecimiento



Ilustración 51 Desmolde de cilindros de micelio

Una vez removido de los moldes, se puede observar las semillas de maicillo totalmente colonizadas. Se procedió a tomar lecturas de las medidas de altura y diámetro del cilindro por medio de un pie de rey en donde debido a las irregularidades de la superficie superior se tomó 3 lecturas por medida para poder realizar un promedio posteriormente.



Ilustración 52 Toma de altura y diámetro de cilindros

Así mismo se tomó lectura de las dimensiones de las probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* secados al aire durante 3 meses tal como se puede observar en la Ilustración 53.



Ilustración 53 Toma de lectura de dimensiones de Micelio

4.5.12 SECADO AL HORNO

Se procedió a colocar las muestras en una bandeja para ser introducidas al horno como se muestra en la Ilustración 54.



Ilustración 54 Muestras de micelio antes de ser introducidas al horno

Las muestras de micelio se secaron a una temperatura de 60 grados Celsius durante 4 horas en el horno del laboratorio de ingeniería civil para detener el crecimiento del micelio en el sustrato.



Ilustración 55 Muestra de micelio en el horno

4.5.13 ANÁLISIS DE LABORATORIO DEL MICELIO

Una vez que las muestras de micelio estén secas, se procede a someter las muestras al ensayo de resistencia a la compresión para determinar la resistencia máxima del material y determinar su módulo de Young

4.5.13.1 Prueba de compresión

Para la prueba de resistencia a la compresión se utilizó la norma ASTM D350. La prueba fue realizada con una velocidad de carga de 5 mm/min. Se sometieron a compresión 3 cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo, 3 cilindros de micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivados en semilla de maicillo y 2 cilindros de micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo con un periodo de secado de 3 meses.

Se sometieron a compresión 3 probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo con un tiempo de secado de 6 horas a 60 grados Celsius ; 3 probetas de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo con un tiempo de secado de 4 horas a 60 grados Celsius y 2 probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* observadas en la Ilustración 56, las cuales fueron cultivadas en semillas de maicillo con un tiempo de secado de 4 horas a 60 grados Celsius donde adicionalmente se dejaron reposar las probetas durante aproximadamente 3 meses (98 días) para comparar su resistencia.



Ilustración 56 Micelio de *Ganoderma Lucidum* después de 3 meses de secado

Para el ensayo de resistencia a la compresión, se colocó una placa metálica en la parte superior de las probetas para poder aplicar una carga más uniforme dado que la parte superior del material es irregular y se procedió a colocarlo el material en la maquina tal como se muestra en la Ilustración 57.



Ilustración 57 Colocación de probeta de micelio en máquina de compresión de laboratorio

Una vez centrado el material en la máquina, se procedió a realizar la prueba y registrar su deformación como se observa en la Ilustración 58, el ensayo se detuvo hasta alcanzar una deformación de máxima de 24 mm.



Ilustración 58 Deformación de micelio

El proceso se repitió para las demás probetas de micelio, una vez que la prueba fue realizada, las probetas fueron movidas para documentar su falla tal como se observa en la



Ilustración 59 Falla en probetas de micelio

4.5.13.2 Ensayo de absorción de humedad

En el caso del ensayo de absorción de humedad, se utilizó 2 cilindros de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo y secados al horno durante 4 horas a 60 °C.

Como primer paso se registró el peso, altura y diámetros de los cilindros. Debido a que los cilindros fueron sumergidos en agua y los cilindros cuenta con una densidad menor a la del agua, fue necesaria amarrarlos con nylon a una placa de acero tal como se muestra en la Ilustración 60 para mantenerlos sumergidos.



Ilustración 60 Amarre de cilindros a peso metálico

Una vez amarrados, los cilindros fueron colocados dentro de un balde de agua durante un periodo de 24 horas, asegurándose que estuvieran completamente sumergidos.



Ilustración 61 sumersión de cilindros en agua durante 24 horas

Una vez pasadas las 23 horas, se procedió a retirarlos del balde y a secarlos superficialmente por medio de una toalla como se observa en la Ilustración 62.



Ilustración 62 Secado de cilindros de micelio

Una vez que los cilindros fueron secados superficialmente, se procedió a registrar su peso pasadas las 24 horas sumergidos en agua.

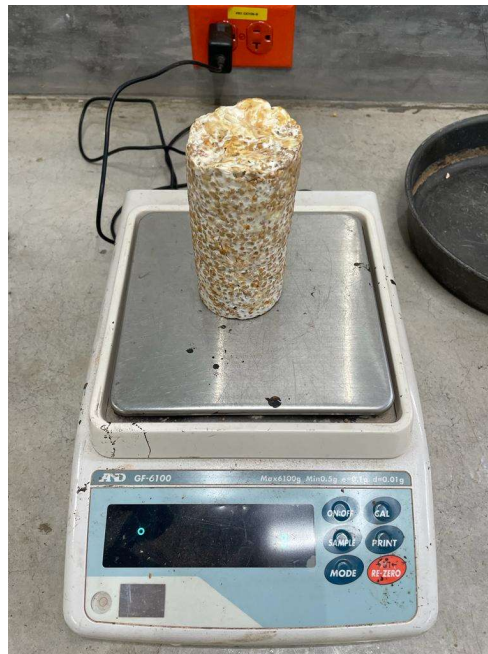


Ilustración 63 Peso de cilindro después de 24 horas en agua

V RESULTADOS Y ANÁLISIS

En la siguiente parte de la investigación se presentará los resultados obtenidos en la metodología realizada anteriormente, analizando los resultados obtenidos.

5.1.1 ANÁLISIS DE SUSTRATOS

El tamaño de partículas utilizado en los sustratos se resume en la siguiente tabla:

Tabla 17 Tamaño de partículas de sustratos utilizados

Sustratos utilizados		
Fuente	Tipo	Tamaño de partículas (mm)
Semilla	Maicillo	< 3
Aserrín	Pino	< 4.75
	Casulla de arroz	< 2.36

5.1.2 SECADO DEL MICELIO

Como dimensiones y pesos iniciales de las probetas de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo se registraron los siguientes valores:

Tabla 18 Peso y dimensión de cilindros de *Pleurotus Ostreatus*

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)
1	210.92	10.86	5.69	276.15
2	215	11.00	5.51	262.29
3	206.16	10.85	5.72	278.81

Para las probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* a ser secadas durante 6 horas se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19 Peso y dimensión de cilindros de *Ganoderma Lucidum*

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)
1	225.21	11.19	5.58	273.65
2	222.94	11.20	5.62	277.83
3	229.52	11.20	5.64	279.81

Para las probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* a ser secadas durante 3 meses se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 20 Peso y dimensión de cilindros de Ganoderma Lucidum

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)
1	207.02	11.36	5.68	287.85
2	190.93	11.14	5.63	277.33

Una vez que el material fue secado al horno durante 6 horas a 70 grados Celsius se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 21 Peso y dimensión de micelio seco de Pleurotus Ostreatus

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g) a las 6 horas	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Porcentaje de contracción
1	151.1	10.00	5.00	196.35	28.90%
2	153.1	10.10	5.12	207.95	20.72%
3	146.1	10.20	5.14	211.65	24.09%

Donde se obtuvo como promedio un porcentaje de contracción de 24.57%. Para el caso de las probetas de *Ganoderma Lucidum* una vez secado durante 6 horas a 70 grados Celsius se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 22 Peso y dimensión de micelio seco de Ganoderma Lucidum

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g) a las 6 horas	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Porcentaje de contracción
1	154.1	10.20	5.00	200.28	26.81%
2	152.6	10.25	4.96	198.05	28.72%
3	158.8	10.22	5.05	204.70	26.84%

Donde se obtuvo como promedio un porcentaje de contracción de 27.46%. Para el caso de las probetas de micelio de *Ganoderma Lucidum* con un secado al aire de 3 meses se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 23 Peso y dimensión de micelio de Ganoderma Lucidum secado al aire

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g) a los 3 meses	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	Porcentaje de contracción
1	94.8	10.09	5.20	214.28	25.56%
2	99.56	9.81	4.97	190.31	31.38%

Donde se obtuvo como promedio un porcentaje de contracción de 28.47%.

De las dimensiones y peso de las probetas, se determinó el peso unitario del micelio de *Pleurotus Ostreatus* tal como se puede observar en la Tabla 24.

Tabla 24 Peso unitario de micelio de Pleurotus Ostreatus

Cilindro	Peso de cilindro con micelio (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	151.1	196.35	0.770
2	153.1	207.95	0.736
3	146.1	211.65	0.690
Densidad promedio			0.732

Donde se obtuvo una densidad de 0.732 g/cm³. Finalmente se observó que para las muestras de micelio de *Pleurotus Ostreatus* las cuales fueron secadas al horno durante 2 horas a una temperatura de 110 grados Celsius, hubo un agrietamiento, en las probetas tal como se puede ver la Ilustración 64, deduciendo que un secado demasiado rápido causa un agrietamiento en el micelio y por lo tanto su secado debe ser lento.



Ilustración 64 Micelio de Pleurotus Ostreatus secado durante 2 horas a 110 °C

5.1.3 CRECIMIENTO DEL MICELIO

Para el monitoreo del crecimiento del micelio, se registró la temperatura de crecimiento durante 2 semanas dentro de las bolsas de polipropileno y adicionalmente 5 días en los moldes cilíndricos, registrando una temperatura promedio de 23.7 °C.

EL progreso del crecimiento del micelio en el aserrín de pino puede ser observado en la Ilustración 65, donde se tomó una fotografía durante cada semana y se puede observar un crecimiento progresivo en la primera semana, sin embargo, se observa un crecimiento más lento durante la segunda semana de incubación.



Ilustración 65 Crecimiento del micelio en aserrín de pino

Así mismo, se observó el crecimiento del micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en el sustrato combinado de aserrín de pino, casulla de arroz y heno tal como se muestra en la Ilustración 66, donde se pudo observar crecimiento durante su primera semana, sin embargo, se observó una contaminación en la muestra en su segunda semana.



Ilustración 66 Crecimiento del micelio en aserrín de pino con casulla de arroz y heno

Dentro de las especies de hongo contaminantes más comunes en el cultivo de *Pleurotus Ostreatus* se encuentran algunas especies de *Trichoderma spp.*, las cuales actúan como patógenas y otras como competidores del cultivo de hongos comestibles, el *Trichoderma* invade rápidamente el sustrato y obstaculiza el crecimiento del micelio de *Pleurotus Ostreatus*, mediante la producción de toxinas y antibióticos, al tiempo que ocasiona un descenso del nivel de pH hasta valores de 4-5, que son más favorables para su desarrollo. Inicialmente se puede observar en el sustrato un moho de color blanco que vira a verde, adquiriendo posteriormente color gris verde-azulado (Arenas et al., 2009).

En el caso del micelio cultivado en aserrín de pino, se observó una aglomeración del material tal como se observa en la Ilustración 67, sin embargo, el material se desmoronaba al aplicar un poco de fuerza con la mano, lo que indicaba una falta de crecimiento del micelio en el sustrato.

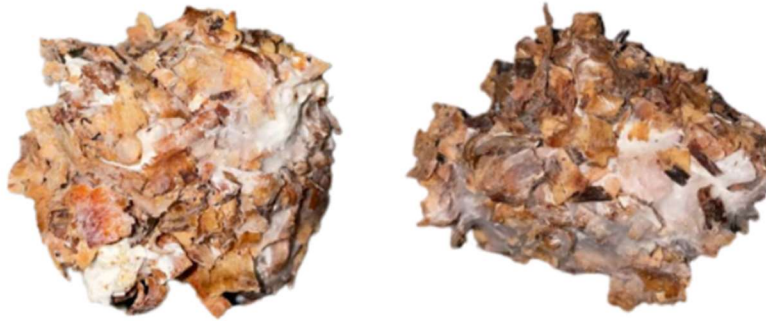


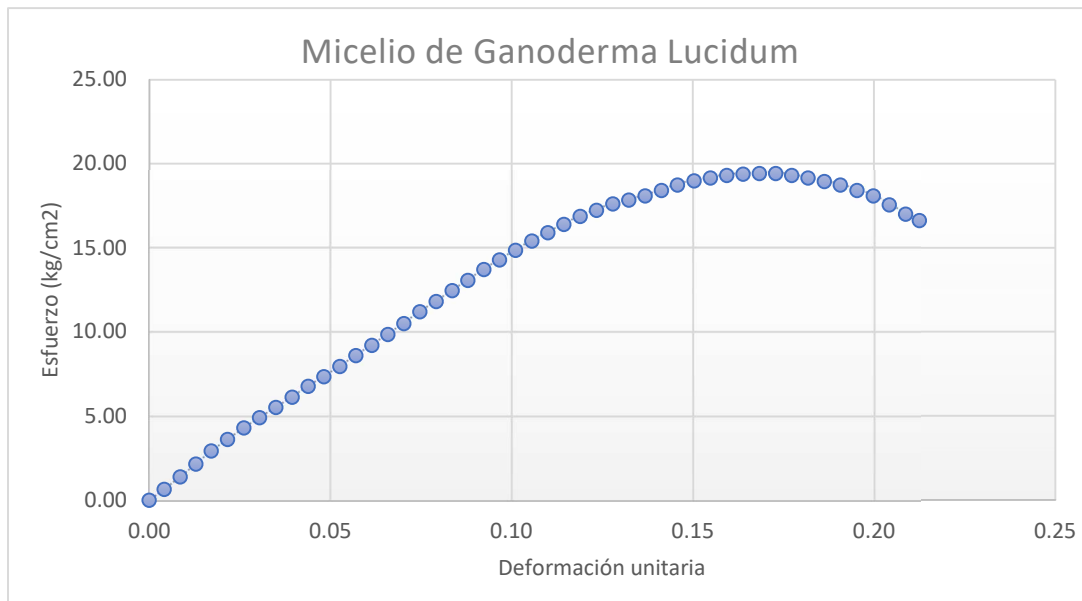
Ilustración 67 Crecimiento de micelio de Pleurotus Ostreatus en aserrín de pino

5.1.4 ANÁLISIS DE LABORATORIO DE CILINDROS DE MICELIO

5.1.4.1 *Prueba de compresión*

Una vez realizado el ensayo de resistencia a la compresión al micelio de Ganoderma Lucidum secado al aire durante 3 meses y secado al horno durante 6 horas a 70 grados Celsius y micelio de Pleurotus Ostreatus con un tiempo de secado de 6 horas a 70 grados Celsius, se extrajo la información que el quipo utilizado brindó, siendo la carga aplicada y la deformación. Se determinó su esfuerzo mediante la carga aplicada por la maquinaria y el área transversal de la probeta, determinando la gráfica de esfuerzo – deformación a partir de los resultados observados en el Anexo 3.

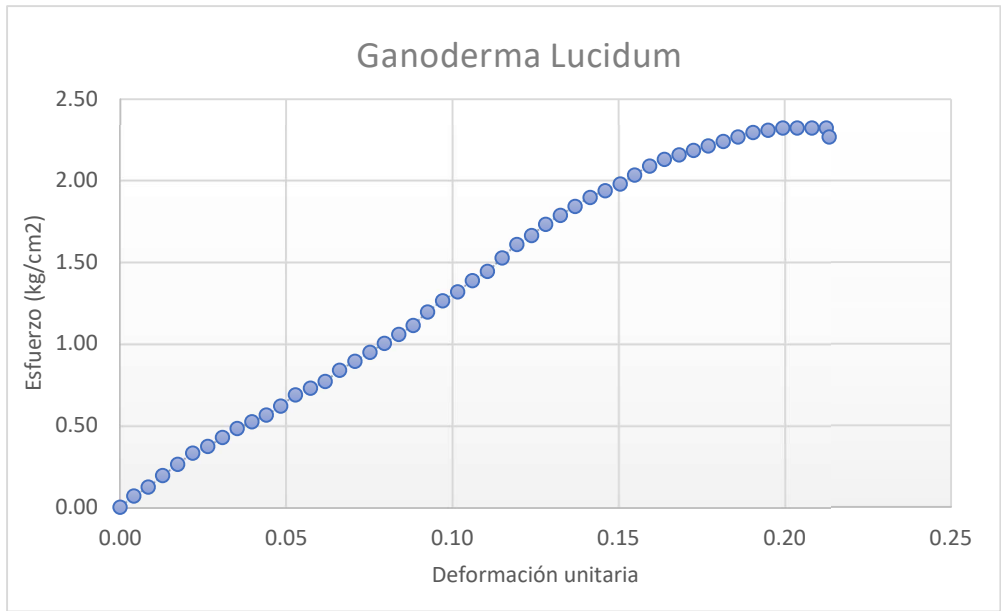
A partir de los resultados se determinó la gráfica de esfuerzo–deformación observada a continuación:



Gráfica 1 Esfuerzo deformación micelio de Ganoderma Lucidum con 3 meses de secado

De la gráfica de esfuerzo deformación, se determinó un esfuerzo máximo de 19.43 kg/cm² (1.91 MPa) el cual es una resistencia 5.22 veces mayor que la obtenida en la investigación de Centeno y Lanza (2022) donde el tiempo de secado fue 4 horas a 60 grados Celsius y no se dejó reposando, el micelio fue sometido a compresión inmediatamente.

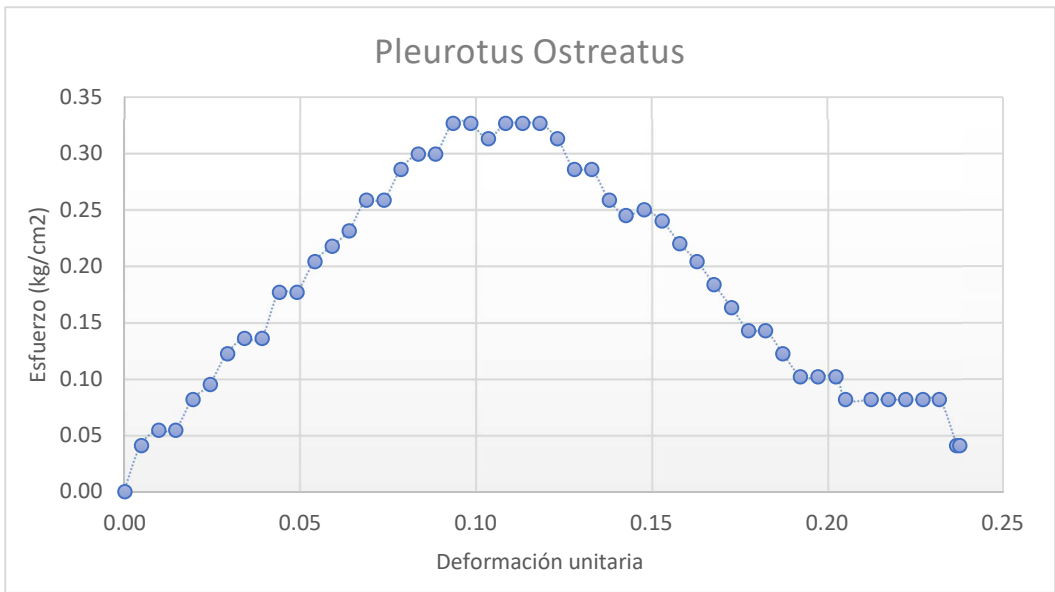
Para el caso del micelio de Ganoderma Lucidum con un tiempo de secado de 6 horas a 70 grados Celsius se sometieron a compresión 3 cilindros de micelio por lo que se hizo un promedio de los resultados y se obtuvo la siguiente grafica de esfuerzo-deformación:



Gráfica 2 Esfuerzo deformación micelio de Ganoderma Lucidum secado al horno durante 6 horas.

De la gráfica de esfuerzo deformación, se determinó un esfuerzo máximo de 2.32 kg/cm² (0.23 MPa).

Así mismo, para el caso del micelio de Pleurotus Ostreatus, se realizó un promedio entre los resultados de las 3 probetas de micelio sometidas a compresión, teniendo la siguiente grafica de esfuerzo-deformación:



Gráfica 3 Esfuerzo deformación micelio de Pleurotus Ostreatus secado al horno.

De la gráfica de esfuerzo deformación, se determinó un esfuerzo máximo de 0.33 kg/cm² (0.03 MPa). Observando una resistencia a la compresión inferior al de la especie *Ganoderma Lucidum* bajo las mismas condiciones de secado.

5.1.4.1 Módulo de Young

Con los datos de esfuerzo y deformación obtenidos en las gráficas, se determinó el módulo de Young promedio del micelio de *Ganoderma Lucidum* y *Pleurotus Ostreatus* con diferentes métodos de secado, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 25 Modulo de Young de diferentes tipos de micelio

Modulo de Young de diferntes tipos de Micelio	
Ganoderma Lucidum secado durante 3 meses	14.85 Mpa
Ganoderma Lucidum secado durante 6 horas	1.28 Mpa
Pleurotus Ostreatus secado durante 6 horas	0.36 Mpa

Teniendo como resultado que el micelio no es un material rígido en comparación con otros materiales utilizados en la industria de la construcción como lo es la madera de pino el cual tiene un módulo de Young entre 7,000 y 12,000 Mpa (*AITIM - Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera, s/f*).

5.1.4.2 Ensayo de absorción

Para el ensayo de absorción, se determinó el peso seco y peso saturado de las muestras cilíndricas, teniendo como resultado final los datos observados en la Tabla 26.

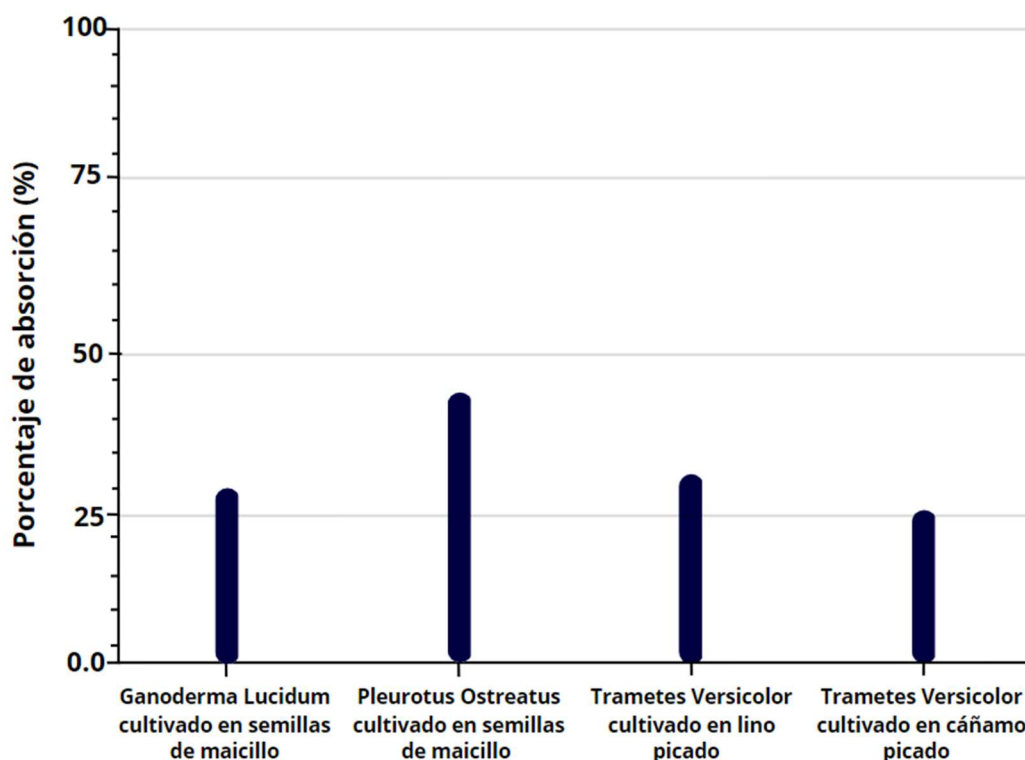
Tabla 26 Resultado ensayo porcentaje de absorción

Cilindro	Peso de cilindro seco (g)	Peso de cilindro humedecido (g)	% de absorción
1	154.43	221.88	43.68
2	155.98	222.31	42.52
Porcentaje de absorción promedio (%)			
			43.10

Se obtuvo un porcentaje de absorción del 43.10 %, siendo este material un material altamente absorbente en comparación con materiales tradicionales como los ladrillos de

arcilla los cuales tienen un porcentaje de absorción entre el 10 y 14% (Arias et al., s/f), y más absorbente que el micelio de *Ganoderma Lucidum* secado durante 4 horas al horno a 60 grados Celsius, el cual tiene un porcentaje de absorción del 28.44% (Centeno y Lanza, 2022).

Un cuadro comparativo entre los porcentajes de absorción de diferentes especies de micelio sumergidos durante 24 horas se puede observar a continuación:



Gráfica 4 Porcentaje de absorción de diferentes especies de micelio

Elaboración propia. Fuente: (Elsacker et al., 2019)

En donde en una investigación previa se determinó que el *Trametes Versicolor* cultivado en lino picado y cáñamo picado tienen un porcentaje de absorción del 30.28 % y 24.45% respectivamente (Elsacker et al., 2019).

5.1.5 COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES TIPOS DE MICELIO

Como comparativa de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de micelios y así mismo tomando en consideración la resistencia máxima obtenida del micelio de *Ganoderma Lucidum* secado durante 3 meses se tiene la siguiente gráfica:



Gráfica 5 Resistencia a la compresión de diferentes especies de micelio

Elaboración propia. Fuente: (Elsacker et al., 2019)

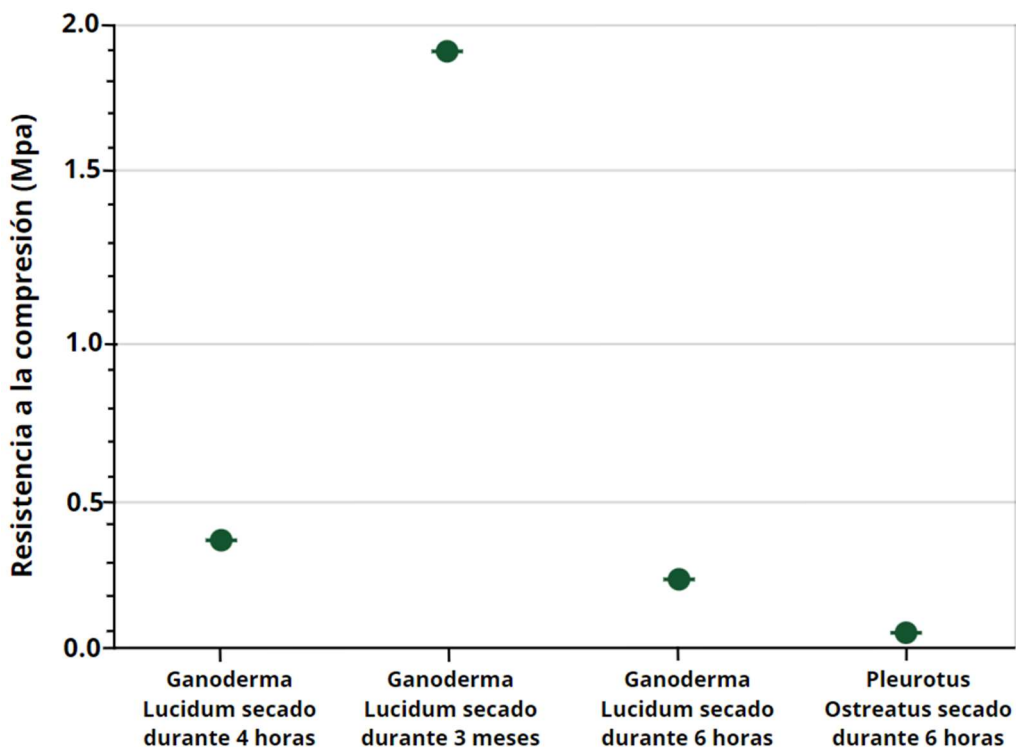
En donde los valores de la gráfica corresponden a la tabla siguiente:

Tabla 27 Resistencia a la compresión de diferentes especies de micelio

Tipo de sustrato	Especie de Hongo	Resistencia a la compresión (Mpa)
Cañamo Picado	<i>Trametes Versicolor</i>	0.77
Lino picado	<i>Trametes Versicolor</i>	1.18
Virutas de madera de pino	<i>Trametes Versicolor</i>	0.14
Semillas de Maicillo	<i>Ganoderma Lucidum</i>	1.91
Semillas de Maicillo	<i>Pleurotus Ostreatus</i>	0.03

Elaboración propia. Fuente: (Elsacker et al., 2019)

Así mismo se realizó una comparativa de la resistencia a la compresión entre el micelio de *Ganoderma Lucidum* y *Pleurotus Ostreatus* considerando los diferentes métodos de secado empleados en esta investigación y resultados de investigaciones previas, obteniendo la siguiente gráfica:



Gráfica 6 Resistencia a la compresión del micelio de acuerdo con el método de secado

Elaboración propia. Fuente: (Centeno y Lanza., 2022)

Donde unas las temperaturas de secado empleadas pueden ser observadas en la Tabla 28 siguiente:

Tabla 28 Resistencia a la compresión de acuerdo con métodos de secado de micelio cultivado en semillas de maicillo.

Especie de Hongo	Método de secado	Resistencia a la compresión (Mpa)
<i>Ganoderma Lucidum</i>	Horno a 60 °C durante 4 horas	0.36
<i>Ganoderma Lucidum</i>	Horno 60 °C durante 4 horas y 3 meses secado al aire.	1.91
<i>Ganoderma Lucidum</i>	Horno a 70 °C durante 6 horas	0.23
<i>Pleurotus Ostreatus</i>	Horno a 70 °C durante 6 horas	0.03

Elaboración propia. Fuente: (Centeno y Lanza., 2022)

VI CONCLUSIONES

A partir del trabajo desarrollado, se podido realizar un aporte al conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales hechos a base de micelio, específicamente los materiales hechos a base de micelio de *Ganoderma Lucidum* y *Pleurotus Ostreatus* cultivados en sustratos como aserrín de pino, semillas de maicillo y combinación de sustratos de aserrín de pino, casulla de arroz y heno.

1. A partir del cultivo de micelio de *Pleurotus Ostreatus* en sustrato de aserrín de pino se pudo observar un crecimiento progresivo en la primera semana, sin embargo, también se observó una falta de crecimiento a lo largo de la segunda semana de incubación, evitando poder realizar las pruebas a compresión del material y determinando que las condiciones de crecimiento pueden ser mejoradas en un ambiente de temperatura controlado y con un análisis de nutrientes del aserrín a utilizar.
2. A partir del cultivo de micelio de *Pleurotus Ostreatus* en sustrato combinado compuesto de aserrín de pino (50%), casulla de arroz (30%) y heno (20%) no se pudo observar un beneficio en cuanto al crecimiento respecto a utilización de sustrato de aserrín de pino únicamente, así mismo se obtuvo una contaminación dentro de la bolsa de polipropileno por lo que se debe de tener precauciones al momento de realizar la inoculación del micelio dentro de las bolsas conteniendo el sustrato.
3. Han sido fabricados 3 probetas de micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en aserrín de pino y semillas de maicillo respectivamente y 3 probetas de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo con un tiempo de secado de 6 horas a 70 grados Celsius y 2 probetas de micelio de *Pleurotus Ostreatus* para determinar su porcentaje de absorción, donde para el micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo se obtuvo una resistencia a la compresión de 0.33 kg/cm^2 (0.03 MPa) y un porcentaje de absorción de 43.10% y para el micelio de *Ganoderma Lucidum* secado al horno durante 6 horas se obtuvo una resistencia a la compresión de 2.32 kg/cm^2 (0.23 MPa), determinando que el tipo de micelio utilizado afecta en el desempeño del material respecto a su resistencia a la compresión.

4. El micelio de *Pleurotus Ostreatus* cultivado en semillas de maicillo obtuvo una menor resistencia a la compresión que el *Ganoderma Lucidum* secado durante 3 meses y secado al horno durante 6 horas y un mayor porcentaje de absorción, obteniendo un porcentaje de absorción del 43.10% en comparación con un 28.44% para el caso del micelio de *Ganoderma Lucidum*, indicando que la especie de *Pleurotus Ostreatus* es menos favorable para ser utilizado como material de construcción exterior en comparación con la especie *Ganoderma Lucidum*.
5. Para el caso del micelio de *Ganoderma Lucidum* cultivado en semillas de maicillo con un tiempo de reposo de 3 meses, se obtuvo una resistencia a la compresión de 19.43 kg/cm² (1.91 MPa) indicando que entre más tiempo de secado se tenga, mayor compactación del material se tendrá y así mismo una mayor resistencia a la compresión.

VII RECOMENDACIONES

1. Seguir utilizando diferentes tipos de sustratos lignocelulósicos los cuales son favorables para el crecimiento del micelio.
2. Replicar el procedimiento de cultivo del micelio en condiciones de temperatura controlada para monitorear su crecimiento y determinar su efecto.
3. Tener precaución al momento de realizar la inoculación del micelio en el sustrato para evitar contaminaciones durante el periodo de crecimiento los cuales aparecen días después de su inoculación inicial
4. Probar diferentes métodos de secado para el micelio, probando un tiempo de secado prolongado a baja temperatura para evitar agrietamientos y asegurar una mayor densidad.

ANEXOS

ANEXO 1 ACTAS DE ASESORAMIENTO TEMÁTICO

Tabla 29 Acta de asesoramiento técnico 1

NOMBRE DEL PROYECTO:

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
Francisco Alejandro Lanza	11941390

ASESORAMIENTO		Nº: <u>1</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos		
<ol style="list-style-type: none">1. Fabricar 3 cilindros de micelio por cada tipo de especie de hongo cultivado en aserrín combinado con casulla y heno.2. Fabricar 2 cilindros de micelio por cada especie de hongo para el ensayo de absorción.3. Fabricar 3 cilindros de micelio cultivado en semillas de maicillo.	Fecha: _____	
FIRMA DELASESOR	SEIIO	

Tabla 30 Acta de asesoramiento técnico 2

NOMBRE DEL PROYECTO:

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
Francisco Alejandro Lanza	11941390

ASESORAMIENTO		Nº: <u>2</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabricar 3 cilindros de micelio de Pleurotus en aserrín de pino puro 2. Fabricar 3 cilindros adicionales de micelio de Ganoderma cultivado en semillas de maicillo para someterlo a pruebas de compresión con un secado a una temperatura de 60 grados Celsius. 	Fecha: _____	
FIRMA DELASESOR	SEIIO	

Tabla 31 Acta de asesoramiento técnico 3

NOMBRE DEL PROYECTO:

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
Francisco Alejandro Lanza	11941390

ASESORAMIENTO		Nº: <u>3</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos		
1. Únicamente tamizar el aserrín por el tamiz número 4 y no realizarle el ensayo de granulometría.		Fecha: _____
FIRMA DELASESOR	SEIIO	

Tabla 32 Acta de asesoramiento técnico 4

NOMBRE DEL PROYECTO:

INTEGRANTES:

NOMBRE	CUENTA
Francisco Alejandro Lanza	11941390

ASESORAMIENTO		Nº: <u>3</u>
ASESOR: Ing. Juan Carlos		
<ol style="list-style-type: none">1. Eliminar estimación de costo unitario por falta de crecimiento en las muestras.2. Someter a compresión cilindros de micelio de Ganoderma Lucidum de investigación pasada para comparar su resistencia a la compresión después de dos meses de haber sido secados.	Fecha: _____	
FIRMA DELASESOR	SEIIO	

ANEXO 2 TEMPERATURA DE CRECIMIENTO

Tabla 33 Temperatura ambiente de crecimiento

Día	Hora	Temperatura (c)
Semana 1		
17/11/2022	9:00 a.m.	23.6
	1:00 P.m.	24.5
	9:00 p.m.	22.5
18/11/2022	9:00 a.m.	22.8
	1:00 P.m.	23.8
	9:00 p.m.	23.2
19/11/2022	9:00 a.m.	22.8
	1:00 P.m.	24.1
	9:00 p.m.	23.6
20/11/2022	9:00 a.m.	23.4
	1:00 P.m.	24.4
	9:00 p.m.	23.6
21/11/2022	9:00 a.m.	24.2
	1:00 P.m.	24.9
	9:00 p.m.	23.4
22/11/2022	9:00 a.m.	22.8
	1:00 P.m.	24.1
	9:00 p.m.	23.6
23/11/2022	9:00 a.m.	22.9
	1:00 P.m.	23.5
	9:00 p.m.	23.3
Semana 2		
24/11/2022	9:00 a.m.	23.6
	1:00 P.m.	24.7
	9:00 p.m.	24.1
25/11/2022	9:00 a.m.	23.6
	1:00 P.m.	24.5
	9:00 p.m.	22.5
26/11/2022	9:00 a.m.	22.8
	1:00 P.m.	24.1
	9:00 p.m.	23.6
27/11/2022	9:00 a.m.	23.4
	1:00 P.m.	24.6
	9:00 p.m.	23.7
28/11/2022	9:00 a.m.	23.7
	1:00 P.m.	24.3

Día	Hora	Temperatura (c)
	9:00 p.m.	23.5
29/11/2022	9:00 a.m.	23.6
	1:00 P.m.	24.5
	9:00 p.m.	22.5
30/11/2022	9:00 a.m.	23.9
	1:00 P.m.	24.1
	9:00 p.m.	23.4
Temperatura promedio		23.7

ANEXO 3 RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 34 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de
Ganoderma Lucidum secado durante 3 meses

Carga aplicada (Kn)	Carga aplicada (kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0	0	4	12.566	0.00	0.00	0.00
0.09	9.177	4	12.566	0.65	0.46	0.00
0.19	19.375	4	12.566	1.38	0.96	0.01
0.3	30.591	4	12.566	2.15	1.45	0.01
0.4	40.789	4	12.566	2.92	1.93	0.02
0.49	49.966	4	12.566	3.61	2.44	0.02
0.57	58.124	4	12.566	4.30	2.94	0.03
0.65	66.282	4	12.566	4.91	3.43	0.03
0.72	73.420	4	12.566	5.52	3.93	0.03
0.8	81.577	4	12.566	6.13	4.44	0.04
0.88	89.735	4	12.566	6.78	4.93	0.04
0.95	96.873	4	12.566	7.34	5.43	0.05
1.03	105.031	4	12.566	7.95	5.92	0.05
1.11	113.188	4	12.566	8.60	6.41	0.06
1.19	121.346	4	12.566	9.21	6.91	0.06
1.27	129.504	4	12.566	9.86	7.41	0.07
1.35	137.662	4	12.566	10.51	7.91	0.07
1.44	146.839	4	12.566	11.20	8.41	0.07
1.51	153.977	4	12.566	11.81	8.91	0.08
1.59	162.135	4	12.566	12.46	9.40	0.08
1.67	170.293	4	12.566	13.06	9.89	0.09
1.75	178.450	4	12.566	13.71	10.39	0.09
1.82	185.588	4	12.566	14.28	10.88	0.10
1.89	192.726	4	12.566	14.85	11.37	0.10

Carga aplicada (Kn)	Carga aplicada (kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
1.96	199.864	4	12.566	15.42	11.87	0.11
2.02	205.983	4	12.566	15.90	12.37	0.11
2.08	212.101	4	12.566	16.39	12.88	0.11
2.14	218.219	4	12.566	16.88	13.38	0.12
2.19	223.318	4	12.566	17.24	13.88	0.12
2.25	229.436	4	12.566	17.61	14.39	0.13
2.3	234.535	4	12.566	17.85	14.89	0.13
2.34	238.614	4	12.566	18.10	15.39	0.14
2.38	242.692	4	12.566	18.42	15.90	0.14
2.42	246.771	4	12.566	18.74	16.40	0.15
2.45	249.830	4	12.566	18.99	16.91	0.15
2.47	251.870	4	12.566	19.15	17.42	0.15
2.48	252.890	4	12.566	19.31	17.93	0.16
2.49	253.909	4	12.566	19.39	18.43	0.16
2.49	253.909	4	12.566	19.43	18.94	0.17
2.48	252.890	4	12.566	19.43	19.44	0.17
2.46	250.850	4	12.566	19.31	19.95	0.18
2.42	246.771	4	12.566	19.15	20.45	0.18
2.38	242.692	4	12.566	18.95	20.96	0.19
2.34	238.614	4	12.566	18.74	21.46	0.19
2.3	234.535	4	12.566	18.42	21.97	0.20
2.25	229.436	4	12.566	18.10	22.48	0.20
2.2	224.338	4	12.566	17.57	22.98	0.20
2.12	216.180	4	12.566	17.00	23.48	0.21
2.07	211.081	4	12.566	16.64	23.91	0.21
2.07	211.081	4	12.566	16.80	24.00	0.21

Tabla 35 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de Ganoderma Lucidum secado al horno durante 6 horas.

Carga (kn)	Carga (Kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0.00	0.00	5.61	24.72	0.00	0.00	0.00
0.02	1.70	5.61	24.72	0.07	0.46	0.00
0.03	3.06	5.61	24.72	0.12	0.95	0.01
0.05	4.76	5.61	24.72	0.19	1.44	0.01
0.06	6.46	5.61	24.72	0.26	1.94	0.02
0.08	8.16	5.61	24.72	0.33	2.45	0.02

Carga (kn)	Carga (Kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm²)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0.09	9.18	5.61	24.72	0.37	2.96	0.03
0.10	10.54	5.61	24.72	0.43	3.46	0.03
0.12	11.90	5.61	24.72	0.48	3.96	0.04
0.13	12.92	5.61	24.72	0.52	4.46	0.04
0.14	13.94	5.61	24.72	0.56	4.95	0.04
0.15	15.30	5.61	24.72	0.62	5.44	0.05
0.17	17.00	5.61	24.72	0.69	5.93	0.05
0.18	18.01	5.61	24.72	0.73	6.44	0.06
0.19	19.03	5.61	24.72	0.77	6.94	0.06
0.20	20.73	5.61	24.72	0.84	7.43	0.07
0.22	22.09	5.61	24.72	0.89	7.95	0.07
0.23	23.45	5.61	24.72	0.95	8.45	0.08
0.24	24.81	5.61	24.72	1.00	8.95	0.08
0.26	26.17	5.61	24.72	1.06	9.43	0.08
0.27	27.53	5.61	24.72	1.11	9.92	0.09
0.29	29.57	5.61	24.72	1.20	10.41	0.09
0.31	31.27	5.61	24.72	1.27	10.92	0.10
0.32	32.63	5.61	24.72	1.32	11.43	0.10
0.34	34.33	5.61	24.72	1.39	11.93	0.11
0.35	35.69	5.61	24.72	1.44	12.44	0.11
0.37	37.73	5.61	24.72	1.53	12.94	0.11
0.39	39.77	5.61	24.72	1.61	13.43	0.12
0.40	41.13	5.61	24.72	1.66	13.92	0.12
0.42	42.83	5.61	24.72	1.73	14.41	0.13
0.43	44.19	5.61	24.72	1.79	14.90	0.13
0.45	45.55	5.61	24.72	1.84	15.41	0.14
0.46	46.91	5.61	24.72	1.90	15.91	0.14
0.47	47.93	5.61	24.72	1.94	16.43	0.15
0.48	48.95	5.61	24.72	1.98	16.93	0.15
0.49	50.31	5.61	24.72	2.04	17.42	0.15
0.51	51.67	5.61	24.72	2.09	17.92	0.16
0.52	52.69	5.61	24.72	2.13	18.43	0.16
0.52	53.37	5.61	24.72	2.16	18.92	0.17
0.53	54.04	5.61	24.72	2.19	19.41	0.17
0.54	54.72	5.61	24.72	2.21	19.91	0.18
0.54	55.40	5.61	24.72	2.24	20.42	0.18
0.55	56.08	5.61	24.72	2.27	20.92	0.19
0.56	56.76	5.61	24.72	2.30	21.43	0.19
0.56	57.10	5.61	24.72	2.31	21.93	0.19
0.56	57.44	5.61	24.72	2.32	22.43	0.20

Carga (kn)	Carga (Kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0.56	57.44	5.61	24.72	2.32	22.92	0.20
0.56	57.44	5.61	24.72	2.32	23.42	0.21
0.56	57.44	5.61	24.72	2.32	23.91	0.21
0.55	56.08	5.61	24.72	2.27	24.00	0.21

Tabla 36 Resultados promedio de ensayo de resistencia a la compresión de Pleurotus Ostreatus seco al horno durante 6 horas.

Carga (kn)	Carga (Kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm ²)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0.00	0.00	5.64	24.98	0.00	0.00	0.00
0.01	1.02	5.64	24.98	0.04	0.48	0.00
0.01	1.36	5.64	24.98	0.05	0.97	0.01
0.01	1.36	5.64	24.98	0.05	1.46	0.01
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	1.96	0.02
0.02	2.38	5.64	24.98	0.10	2.46	0.02
0.03	3.06	5.64	24.98	0.12	2.96	0.03
0.03	3.40	5.64	24.98	0.14	3.44	0.03
0.03	3.40	5.64	24.98	0.14	3.95	0.04
0.04	4.42	5.64	24.98	0.18	4.45	0.04
0.04	4.42	5.64	24.98	0.18	4.95	0.05
0.05	5.10	5.64	24.98	0.20	5.46	0.05
0.05	5.44	5.64	24.98	0.22	5.96	0.06
0.06	5.78	5.64	24.98	0.23	6.45	0.06
0.06	6.46	5.64	24.98	0.26	6.95	0.07
0.06	6.46	5.64	24.98	0.26	7.45	0.07
0.07	7.14	5.64	24.98	0.29	7.94	0.08
0.07	7.48	5.64	24.98	0.30	8.43	0.08
0.07	7.48	5.64	24.98	0.30	8.94	0.09
0.08	8.16	5.64	24.98	0.33	9.44	0.09
0.08	8.16	5.64	24.98	0.33	9.94	0.10
0.08	7.82	5.64	24.98	0.31	10.45	0.10
0.08	8.16	5.64	24.98	0.33	10.95	0.11
0.08	8.16	5.64	24.98	0.33	11.44	0.11
0.08	8.16	5.64	24.98	0.33	11.93	0.12
0.08	7.82	5.64	24.98	0.31	12.44	0.12
0.07	7.14	5.64	24.98	0.29	12.93	0.13
0.07	7.14	5.64	24.98	0.29	13.42	0.13
0.06	6.46	5.64	24.98	0.26	13.93	0.14

Carga (kn)	Carga (Kg)	Diámetro (cm)	Área de probeta (cm²)	Esfuerzo (kg/cm²)	Deformación (mm)	Deformación Unitaria (mm/mm)
0.06	6.12	5.64	24.98	0.24	14.40	0.14
0.07	7.14	5.64	24.98	0.25	14.93	0.15
0.07	6.63	5.64	24.98	0.24	15.44	0.15
0.06	6.12	5.64	24.98	0.22	15.95	0.16
0.05	5.10	5.64	24.98	0.20	16.45	0.16
0.05	4.59	5.64	24.98	0.18	16.94	0.17
0.04	4.08	5.64	24.98	0.16	17.44	0.17
0.04	3.57	5.64	24.98	0.14	17.93	0.18
0.04	3.57	5.64	24.98	0.14	18.42	0.18
0.03	3.06	5.64	24.98	0.12	18.91	0.19
0.03	2.55	5.64	24.98	0.10	19.43	0.19
0.03	2.55	5.64	24.98	0.10	19.93	0.20
0.03	2.55	5.64	24.98	0.10	20.45	0.20
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	20.72	0.21
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	21.45	0.21
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	21.95	0.22
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	22.45	0.22
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	22.95	0.23
0.02	2.04	5.64	24.98	0.08	23.42	0.23
0.01	1.02	5.64	24.98	0.04	23.91	0.24
0.01	1.02	5.64	24.98	0.04	24.00	0.24

BIBLIOGRAFÍA

- About The Growing Pavilion. (s/f). *The Growing Pavilion*. Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://thegrowingpavilion.com/about/>
- AITIM - Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera. (s/f). Recuperado el 6 de febrero de 2023, de <https://infomadera.net/modulos/index.php>
- Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., & Wösten, H. A. B. (2019a). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design, 161*, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.027>
- Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., & Wösten, H. A. B. (2019b). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design, 161*, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.027>
- Arenas, O. R., Lara, M. H., Huato, M. A. D., Hernández, F. D., & Victoria, D. A. A. (2009). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología, 11*(2), Art. 2.
- Arias, L. E., Alderete, C. E., & Mellace, R. F. (s/f). *CONTROL DE LA ABSORCIÓN DE AGUA EN BLOQUES COMPRIMIDOS DE SUELO-CEMENTO*.
- arixblog. (2016, marzo 21). Mushroom Packaging: Un imballaggio fatto di funghi? *Arix Blog*. <https://www.ariximballaggi.it/arixblog/mushroom-packaging/>

ASALE, R.-, & RAE. (s/f). *Micelio* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado el 27 de agosto de 2022, de <https://dle.rae.es/micelio>

ASALE, R.-, & RAE. (2021a). *Esterilizar* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/esterilizar>

ASALE, R.-, & RAE. (2021b). *Incubar* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/incubar>

ASTM *D-3501-94*. (s/f). Recuperado el 27 de noviembre de 2022, de <http://file.yzimgs.com/175706/2012061612112777.pdf>

Bärlocher, F. (2007). Introduction to Fungi. Third Edition. By John Webster and Roland Weber. *The Quarterly Review of Biology*, 82(4), 419–419. <https://doi.org/10.1086/527594>

Batra, P., Sharma, A. K., & Khajuria, R. (2013). Probing Lingzhi or Reishi medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* (higher Basidiomycetes): A bitter mushroom with amazing health benefits. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 15(2), 127–143. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v15.i2.20>

Beltran-Garcia, M. J., Estarron-Espinosa, M., & Ogura, T. (1997). Volatile Compounds Secreted by the Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and Their Antibacterial Activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(10), 4049–4052. <https://doi.org/10.1021/jf960876i>

Borchers, A. T., Stern, J. S., Hackman, R. M., Keen, C. L., & Gershwin, M. E. (1999). Mushrooms, tumors, and immunity. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and*

Medicine. Society for Experimental Biology and Medicine (New York, N.Y.), 221(4), 281–293. <https://doi.org/10.1046/j.1525-1373.1999.d01-86.x>

Coloma Hohlberg, V. S. (2021). *Uso de material a base de micelio para la elaboración de componente prefabricado que resulte compatible con construcciones sustentables: Construcción de Centro de Interpretación y Turismo en Bahía Exploradores.* <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/62940>

EAFIT. (s/f). *¿Qué es la contaminación?* Recuperado el 27 de agosto de 2022, de <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Paginas/que-es-la-contaminacion.aspx>

Ecovative. (2022). Ecovative. <https://www.ecovative.com/pages/packaging>

Eger, G., Eden, G., & Wissig, E. (1976). Pleurotus Ostreatus—Breeding potential of a new cultivated mushroom. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik, 47(4), 155–163.* <https://doi.org/10.1007/BF00278373>

Elsacker, E. (2021). *MYCELIUM MATTERS - An interdisciplinary exploration of the fabrication and properties of mycelium-based materials.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23578.77764>

Elsacker, E., Vandeloock, S., Brancart, J., Peeters, E., & Laet, L. D. (2019a). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLOS ONE, 14(7), e0213954.* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213954>

Elsacker, E., Vandeloos, S., Brancart, J., Peeters, E., & Laet, L. D. (2019b). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLOS ONE*, *14*(7), e0213954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213954>

Ensayo de compresión. (s/f). Ensayo de compresión. Recuperado el 26 de noviembre de 2022, de <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-compresion/>

Envases de hongos, la alternativa al plástico. (2021, enero 21). wokii. <https://wokii.com/envases-de-hongos/>

Exploring biofacture in a new collection of grown furniture | News. (s/f). Sebastian Cox. Recuperado el 26 de noviembre de 2022, de <https://www.sebastiancox.co.uk/news/mycelium-timber-exploring-biofacture-in-a-new-collection-of-grown-furniture>

Fuentes-Cantillana Monereo, I. (2020, junio). *Bio Fabricación. Micelio como material de construcción: Biocomposite en sustratos lignocelulósicos* [Info:eu-repo/semantics/bachelorThesis]. E.T.S. Arquitectura (UPM). <https://oa.upm.es/63507/>

Ganoderma lucidum (—) | *SIB, Parques Nacionales, Argentina*. (s/f). Sistema de Información de Biodiversidad. Recuperado el 11 de noviembre de 2022, de <https://sib.gob.ar/especies/ganoderma-lucidum>

Garcés de Granada, E. (2003). *Morfología y clasificación de los hongos* (1 ed). EDITORIAL UNIVERSIDAD DE COLOMBIA.

Gonzalez, J. M. (s/f). *El reino de los hongos*. Recuperado el 30 de octubre de 2022, de https://www.academia.edu/14634649/El_reino_de_los_hongos

Google Académico. (s/f). Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

Hawksworth, D. (2001). The magnitude of fungal diversity: The 1.5 million species estimate revisited * * Paper presented at the Asian Mycological Congress 2000 (AMC 2000), incorporating the 2nd Asia-Pacific Mycological Congress on Biodiversity and Biotechnology, and held at the University of Hong Kong on 9-13 July 2000. *Mycological Research*, 105, 1422–1432. <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>

Hernández, F., & Colás, P. (2001). *Tipos de variables*. https://www.ugr.es/~ugr_unt/Material%20M%F3dulo%201/variables.pdf.

Hunt, I. T. (2021, diciembre 14). What is mycelium and why should you care? *Innertreasurehunt.Com*. <https://innertreasurehunt.com/what-is-mycelium-and-why-should-you-care/>

Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., & John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials & Design*, 187, 108397. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108397>

Kuhar, F. (2013). *Reino Fungi: Morgologías y estructuras de los hongos*. file:///C:/Users/flanz/Downloads/CONICET_Digital_Nro.4632_A.pdf

- Kuhar, J. F., Castiglia, V. C., & Papinutti, V. L. (2013). *Reino Fungi: Morfologías y estructuras de los hongos*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/7765>
- Lelivelt. (2015). *The mechanical possibilities of mycelium materials*. Eindhoven University of Technology Research Portal. <https://research.tue.nl/en/studentTheses/the-mechanical-possibilities-of-mycelium-materials>
- Lelivelt, R., Lindner, G., Teuffel, P., & Lamers, H. (2015). *THE PRODUCTION PROCESS AND COMPRESSIVE STRENGTH OF MYCELIUM- BASED MATERIALS*. 7.
- Macias González, A. A., Crespo Zafra, L. M., Bordons, A., & Rodríguez-Porrata, B. (2022). PASTEURIZATION OF AGRICULTURAL SUBSTRATES FOR EDIBLE MUSHROOM PRODUCTION. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, e5729. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.5729>
- Monereo. (2020). *Bio Fabricación. Micelio como material de construcción: Biocomposite en sustratos lignocelulósicos—Archivo Digital UPM*. <https://oa.upm.es/63507/>
- Mushrooms by Roger Phillips—9780330442374*. (s/f). Recuperado el 6 de noviembre de 2022, de <https://www.panmacmillan.com/authors/roger-phillips/mushrooms/9780330442374>
- Mycelior. (s/f-a). *Esterilización y pasteurización*. Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de <https://mycelior.com/esterilizacion-y-pasteurizacion>
- Mycelior. (s/f-b). *Los 4 pasos del cultivo*. Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de <https://mycelior.com/los-4-pasos-del-cultivo>

Mycelium_Running.pdf. (s/f). Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de https://library.uniteddiversity.coop/Permaculture/Mycelium_Running.pdf

Nieto, I. J., & Chegwin A, C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 169–178.

Pasteurización: Para garantizar la inocuidad alimentaria y prolongar la vida útil de los alimentos. (s/f). Recuperado el 11 de diciembre de 2022, de <https://www.tetrapak.com/es/solutions/processing/main-technology-area/pasteurization>

Pavilion grown from mycelium acts as pop-up performance space. (2019, octubre 29). Dezeen. <https://www.dezeen.com/2019/10/29/growing-pavilion-mycelium-dutch-design-week/>

Pérez, J. C. (s/f). *Pleurotus ostreatus*. Fungipedia. Recuperado el 6 de noviembre de 2022, de <https://www.fungipedia.org/hongos/pleurotus-ostreatus.html>

Pérez, J., & Gardey, A. (2021). *Definición de sustrato—Definicion.de*. Definición.de. <https://definicion.de/sustrato/>

Pérez, & Merino, M. (2022). *Definición de inocular—Definicion.de*. Definición.de. <https://definicion.de/inocular/>

Pleurotus ostreatus, seta de ostra deliciosa y medicinal. (2019, febrero 4). *Blog La Casa de las Setas, tienda online de material setero y setas gourmet*. <https://lacasadelasetas.com/blog/pleurotus-ostreatus-seta-de-ostra/>

Portero, M., & José, M. (s/f). *Procesamiento de materiales conglomerantes: Cal, yeso y cemento*.

10.

PuntoSustentable. (2019, febrero 6). Micelio, el material de construcción a base de hongos.

Punto Sustentable. <https://puntosustentable.com/2019/02/06/micelio-el-material-de-construccion-a-base-de-hongos/>

Sánchez, C. R. (2017, agosto 9). Enroque de ciencia: ¿Es lo mismo un hongo que una seta? (y

2). *Enroque de ciencia*. <https://enroquedeciencia.blogspot.com/2017/08/es-lo-mismo-un-hongo-que-una-seta-y-2.html>

Sánchez, J., & Royse, D. (2001). *Book: La biología y el cultivo de Pleurotus spp.*

Servei Estació. (2022, enero 2). Biomateriales de construcción: Definición y tipos. *Servei*

Estació. <https://serveiestacio.com/blog/biomateriales-de-construccion-definicion-y-tipos/>

Torres Giraldo, D. A. (2018). *Caracterización de la cascarilla de arroz y extracción de celulosa*.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/39503>

Twenergy. (2020, mayo 13). 🦋 *Animales descomponedores: Funciones y ejemplos*. Twenergy.

<https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/animales-descomponedores/>

Underground Networking: The Amazing Connections Beneath Your Feet. (s/f). Recuperado el

12 de noviembre de 2022, de <https://www.nationalforests.org/blog/underground-mycorrhizal-network>

Universidad de Colima. (2022). *El portal de la tesis*.

<https://recursos.ucol.mx/tesis/investigacion.php>

Voisey, C. R. (2010). Intercalary growth in hyphae of filamentous fungi. *Fungal Biology Reviews*, 3–4(24), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2010.12.001>

Wachtel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J. A., & Benzie, I. F. F. (2011). Ganoderma lucidum (Lingzhi or Reishi): A Medicinal Mushroom. En I. F. F. Benzie & S. Wachtel-Galor (Eds.), *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects* (2nd ed.). CRC Press/Taylor & Francis. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92757/>

Walter Rosen, B. (1973). Stiffness of fibre composite materials. *Composites*, 4(1), 16–25. [https://doi.org/10.1016/0010-4361\(73\)90291-7](https://doi.org/10.1016/0010-4361(73)90291-7)

What Are the Benefits of Reishi Mushroom? (s/f). Om Mushroom Superfood. Recuperado el 30 de octubre de 2022, de <https://ommushrooms.com/blogs/blog/reishi-mushroom-benefits>