

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



PRODUCCIÓN DE BIOMATERIALES A PARTIR DE MICELIO DE
HONGOS BASIDIOMICETOS

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

PORTELLA RUIZ, KATEREN VICTORIA

Tingo María – Perú

2024



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 057-2024-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de mayo de 2024, a horas 9:00 a.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

“PRODUCCIÓN DE BIOMATERIALES A PARTIR DE MICELIO DE HONGOS BASIDIOMICETOS”

Presentado por el Bachiller: **KATEREN VICTORIA, PORTELLA RUIZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENA”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 24 de mayo de 2024

Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ
PRESIDENTE

Ing. MSc. SANDRA LORENA ZAVALA GUERRERO
MIEMBRO

Ing. MSc. MARIBEL FLORA ROCA CAPCHA
MIEMBRO



Dr. VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
ASESOR

Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 176 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Ingeniero Ambiental

Tipo de documento:

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/>
-------	-------------------------------------	------------------------------------	--------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
PRODUCCIÓN DE BIOMATERIALES A PARTIR DE MICELIO DE HONGOS BASIDIOMICETOS	PORTELLA RUIZ, KATEREN VICTORIA	15 % Quince

Tingo María, 05 de junio de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



PRODUCCIÓN DE BIOMATERIALES A PARTIR DE MICELIO DE
HONGOS BASIDIOMICETOS

Autor : PORTELLA RUIZ, Kateren Victoria

Asesores : Dr. BETETA ALVARADO, VICTOR MANUEL
Dr. RUIZ RENGIFO, LADISLAO

Programa de investigación : Bioproducción: aditivos, combustibles, fertilizantes y otros

Línea de Investigación : Ciencia y tecnologías ambientales

Eje Temático : Desarrollo de tecnologías limpias

Lugar de ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María

Duración : 16 meses

Financiamiento : S/. 4 503,10

FEDU : No

Propio : Sí

Otros : No

Tingo María – Perú

2024

DEDICATORIA

A mis padres, **Jaime Portella** y **Luz Ruiz** por el apoyo incondicional que siempre me han brindado, por creer en mi potencial, estar a mi lado en todo lo que me propongo y hacer todo lo posible para que siempre me supere. Los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos, **Jimmy** y **Giulliana** por ser un ejemplo para mí en el ámbito académico y profesional, los quiero mucho.

A las que siempre veré como mis chiquitas, **Fabiana** y **Mariana**, por ser el mayor motivo para superarme y querer ser un ejemplo, las quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Agraria de la Selva** y a los docentes por el gran aporte académico que me brindaron.

A mi asesor **Dr. Victor Manuel Beteta Alvarado**, por la enseñanza, dedicación y sobre todo paciencia que me dedicó en todo el proceso de la investigación. Gracias por estar ahí cuando quería desistir y siempre animarme a continuar.

A mi asesor **Dr. Ladislao Ruíz Rengifo** por todos los aportes que me brindó y por recibirme en el Laboratorio de Microbiología y Tecnología de la Propagación.

A mis jurados, **Dr. César López, Ing. Msc. Maribel Roca e Ing. Msc. Sandra Zavala** por el tiempo y dedicación en los aportes y corrección del informe.

Al **Ing. Richar Sias** por los consejos y las enseñanzas brindadas. A la **Ing. Barbara López** por su apoyo y aporte de ideas durante la ejecución de la investigación. A la **Ing. Koyli Sandoval** por acogerme en el Laboratorio de Microbiología y Tecnología de la Propagación y volverse un apoyo desde que la conocí, brindarme sus conocimientos y hacerme sentir parte de su familia.

A **Leonel** por apoyarme en la recolección de muestras en el BRUNAS y ser una constante compañía durante el resto de la ejecución. A **Annghy** por acompañarme en la recolección de muestras y ser un gran apoyo emocional.

A mis grandes y queridas amigas **Camila, Julissa y Josh** por todo el apoyo incondicional que me brindaron de inicio a fin, muchas gracias por siempre estar para mí. Las quiero muchísimo.

A **Celia y Ricardo** por acogerme en su familia y preocuparse por mí.

A **Ricky** por estar a mi lado, motivarme a diario y ser un apoyo incondicional. Muchas gracias por dedicarme tu tiempo y cariño.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Objetivo General	2
1.2.	Objetivos Específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	Antecedentes	3
2.1.1.	Internacionales	3
2.1.3.	Locales	4
2.2.	Reino Fungi	5
2.2.1.	Partes de los hongos.....	5
2.2.2.	Hongos descomponedores de madera.....	6
2.2.3.	Tasa de crecimiento	7
2.2.4.	Aplicaciones.....	7
2.3.	Biomateriales.....	7
2.3.1.	Especies productoras.....	8
2.3.2.	Sustrato	8
2.3.3.	Propiedades estructurales.....	8
2.3.4.	Empresas de biomateriales de micelio.....	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1.	Lugar de ejecución	9
3.1.1.	Ubicación Política.....	9
3.1.2.	Ubicación Geográfica	9
3.1.3.	Ecología y Clima.....	9
3.2.	Materiales y equipos.....	10
3.2.1.	Materiales de campo	10
3.2.2.	Materiales e insumos de laboratorio	10
3.2.3.	Equipos	10
3.3.	Tipo de investigación	10
3.3.1.	Nivel de investigación.....	10
3.3.2.	Método de investigación	10
3.3.3.	Variable de estudio	10
3.3.4.	Diseño de investigación	11

3.4. Metodología	11
3.4.1. Recolección, aislamiento e identificación de hongos	11
3.4.2. Determinación de los hongos con mayor producción de micelio	11
3.4.3. Determinación de la densidad e inflamabilidad de los polímeros producidos..	12
IV. RESULTADOS.....	15
4.1. Identificación de los cuerpos fructíferos recolectados en la quebrada Cocheros (BRUNAS).....	15
4.2. Hongos con mayor producción de micelio.....	19
4.2.1. Selección de especies con mayor crecimiento micelial	19
4.2.2. Tasa de crecimiento de las especies seleccionadas.....	20
4.3. Determinación de la densidad e inflamabilidad del biomaterial	22
4.3.1. Producción de biomateriales	22
4.3.2. Densidad de los biomateriales	23
4.3.3. Inflamabilidad de los biomateriales	24
V. CONCLUSIONES	26
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	27
VII. REFERENCIAS.....	28
VIII. ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLA

Tabla	Página
1. Empresas especializadas en la producción de materiales a base de micelio de hongos. .9	
2. Nombres científicos, familia y orden de las especies recolectadas en la quebrada Cocheros (BRUNAS).	15
3. Selección de las especies con mayor crecimiento de micelio.	19
4. Crecimiento micelial en moldes durante 4 meses.	22
5. Densidad promedio de los biomateriales en g/cm ³	23
6. Análisis de varianza de la densidad de los biomateriales.	24
7. Porcentaje de inflamabilidad de los biomateriales.	24
8. Análisis de varianza de la inflamabilidad de los biomateriales.	25
9. Nombre científico y ubicación geográfica de las especies de hongos recolectadas en el Bosque Reservado de la UNAS.	35
10. Medida del radio micelial de las especies durante ocho días.	38
11. Tasa de crecimiento de las especies seleccionadas.	39
12. Tiempo de crecimiento micelial en granos de cebada y trigo.	39
13. Tiempo de crecimiento micelial en aserrín durante el embolsado y reembolsado.	40
14. Densidad de los biomateriales en g/cm ³	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Productos elaborados por Ecovative	10
2. Productos elaborados por Biohm.	11
3. Ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad de Aire, Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación.	9
4. Cantidad de especies pertenecientes a los cinco órdenes encontrados.	18
5. Crecimiento micelial de las cuatro especies seleccionadas durante ocho días.	20
6. Tasa de crecimiento en cm ³ /día de las cuatro especies seleccionadas.	20
7. Ficha de registro de ubicación de especies fúngicas.	34
8. Ficha de registro de características de los basidiocarpos.	34
9. Mapa de ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad del Aire, Laboratorio de Micología y la quebrada Cocheros.....	36
10. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de recolección de hongos.....	37
11. Preparación de medio de cultivo.	42
12. Registro de la ubicación de los basidiocarpos.....	42
13. Registro de datos de la especie.....	43
14. Extracción de la muestra.	43
15. Desinfección de las muestras.	44
16. Extracción de la cepa.	44
17. Corte del basidiocarpo.....	45
18. Cepas sembradas en medio Agar Papa Dextrosa y Extracto de Malta.	45
19. Selección de especies con mayor crecimiento.	46
20. Repique de las muestras seleccionadas.	46
21. Medición del micelio en las placas.	47
22. Recojo de aserrín para el sustrato.....	47
23. Madera para cajonería.	48
24. Mezcla del sustrato.....	48
25. Crecimiento del micelio en placas.	49
26. Selección de semillas.	49
27. Esterilización de semillas en autoclave.....	50
28. Siembra de micelio en semilla.	50
29. Embolsado de sustrato.....	51

30. Sustrato embolsado.	51
31. Esterilización de sustrato en autoclave.	52
32. Siembra de semillas en el sustrato.	52
33. Armado del estante para almacenar los sustratos.....	53
34. Almacenamiento de los sustratos inoculados.....	53
35. Crecimiento del micelio en el sustrato.	54
36. Desinfección de moldes con luz UV.....	54
37. Llenado del sustrato en los moldes.	55
38. Medición de los biomateriales.	55
39. Pesado de los biomateriales.	56
40. Combustión del biomaterial.	56
41. Resultado de la combustión del biomaterial.	57

I. INTRODUCCIÓN

La revolución industrial marca un hito significativo en la historia, introduciendo nuevas tecnologías y productos que inicialmente se perciben como mejoras en la calidad de vida. Sin embargo, al examinar más de cerca, se revela que también conlleva una explotación desmedida de los recursos naturales, tanto renovables como no renovables. Aunque se reconoce que los recursos no renovables se agotarán eventualmente, la explotación descontrolada persiste. En el último siglo, la humanidad se enfrenta a la posibilidad de autodestrucción, adquiriendo una conciencia inédita de esta amenaza. La conciencia emergente impulsa la innovación en productos y servicios que minimizan el impacto ambiental, optimizando la utilización de recursos.

Cada vez es más común encontrar en el mercado productos fabricados a partir de residuos o generados por organismos vivos, como los hongos. El crecimiento vegetativo del micelio ha ganado interés tanto académico como comercial en la última década, presentándose como una forma innovadora de biofabricación de baja energía y reciclaje de residuos. Un gran aliado para la fabricación de biomateriales son los hongos, seres vivos capaces de degradar una amplia variedad de sustratos orgánicos, además sus potentes enzimas pueden ser utilizadas en procesos de biotransformación para convertir materias primas en productos útiles.

Los micomateriales ofrecen una amplia diversidad de estructuras y funciones, siendo su control determinado por el sustrato y el método de procesamiento. La facilidad con la que se pueden obtener productos de bajo costo, como rellenos o envases, responde a la creciente demanda del comercio en línea. Asimismo, es posible fabricar materiales estructurales de alto costo. En comparación con aleaciones metálicas o polímeros complejos que requieren mucha energía, el micelio une los componentes del sustrato de manera natural con un consumo mínimo de energía externa. Incluso características como la resistencia al fuego a veces se logran añadiendo cáscara de arroz y partículas de vidrio al sustrato.

Por ello se plantea la siguiente interrogante ¿Puede producirse biomateriales a partir de hongos basidiomicetos?

Teniendo como hipótesis alternativa “Se puede producir biomateriales a partir de hongos basidiomicetos”. Y como hipótesis nula alternativa “No se puede producir biomateriales a partir de hongos”.

Considerando que actualmente estos biomateriales producidos por hongos no se encuentran en el mercado peruano, esta investigación permitirá introducir al mercado productos alternativos a los sintéticos que generarán menor impacto ambiental al momento de su producción y disposición final.

1.1. Objetivo General

Producir biomateriales a partir de hongos basidiomicetos.

1.2. Objetivos Específicos

Recolectar, aislar e identificar hongos con potencial de producción de biomateriales.

Determinar los hongos con mayor producción de micelio.

Determinar la inflamabilidad y densidad de los biomateriales producidos por hongos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Rodriguez (2018) centra su investigación en la exploración y experimentación con un nuevo material de origen biobasado, compuesto mediante el uso del micelio de hongos descomponedores de madera y subproductos de la industria agrícola chilena. Para llevar a cabo la investigación, se recolectaron, identificaron y propagaron hongos descomponedores de madera del género basidiomicetos, centrándose particularmente en las especies *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor*. El producto final fue comparado con tableros de madera y placa de yeso-cartón. La densidad, resistencia al impacto y a la compresión del biomaterial fue menor en comparación con el tablero de madera y la placa yeso-cartón, en cambio, la resistencia al agua por inmersión fue mayor.

Quevedo y Quinde (2023) tuvo como objetivo comparar probetas de micelio elaboradas a partir del hongo *Pleurotus Ostreatus* con respecto a probetas elaboradas de *Ganoderma Lucidum*, buscando diferencias entre sus propiedades mecánicas. Como resultado del estudio se obtuvo similitud entre los datos generados para dureza y tracción. Por otro lado, el hongo *P. Ostreatus* obtuvo mejores valores a comparación de *G. Lucidum* en la prueba de resistencia a la compresión. Ambos hongos generaron materiales no inflamables y con una densidad menor a la del agua.

Aristizábal (2022) selecciona diferentes residuos agroindustriales colombianos como aserrín, vástago de plátano y borra de café para desarrollar un material compuesto a base del micelio de *Trichoderma asperellum*. Dichos materiales fueron sometidos a pruebas de resistencia a la compresión, densidad y absorción de humedad para determinar su viabilidad para sustituir al poliestireno como material de embalaje. La muestra compuesta únicamente por café obtuvo muy buenos resultados en la prueba de absorción de humedad, pero fue la muestra que presentó la mayor densidad. Por otro lado, las muestras a base de aserrín-café y vástago-café obtuvieron los mejores resultados en las pruebas de resistencia a la compresión, pero su absorción de humedad fue mucho mayor que el material de control.

Soto (2021) estudia el micelio como material en la industria de la construcción, específicamente en bovedillas para losas prefabricadas. El biomaterial fabricado a partir de micelio de *Pleurotus ostreatus* es más viable que el poliestireno expandido, incluso

posee propiedades ignífugas que el poliestireno expandido no satisface. La utilización de este tipo de materiales brinda nuevas posibilidades, como la reutilización de materia orgánica, la biodegradabilidad completa de un material que puede funcionar de manera estructural y la cuestión de ética.

2.1.2. Nacionales

Huari (2024) tuvo como propósito evaluar la obtención de un biomaterial fabricado a partir de diferentes mezclas de residuos agrícolas, como son tallos de quinua, pseudotallo de plátano y micelio de *Ganoderma Lucidum*, como producto alternativo al uso del poliestireno expandido como material de empaque. Las propiedades físicas y mecánicas de los biomateriales obtenidos fueron comparadas con las propiedades del poliestireno expandido, teniendo una densidad promedio de 0,2 g/cm³, siendo superior al del poliestireno expandido que es de 0,005 g/cm³, sin embargo, comparando al biomaterial de embalaje producido por la empresa Ecovative Design LLC 0,12 g/cm³, están en el rango. El biomaterial obtenido es biodegradable, el material obtenido fue expuesto al aire libre y por la acción de los microorganismos, agua y sol se descompusieron en 120 días.

Gallegos (2022) tuvo como finalidad aplicar el micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes residuos lignocelulósicos, cascarilla de arroz, aserrín y viruta, con el objetivo de obtener biomateriales. La metodología empleada empezó con la obtención de la semilla del hongo *P. ostreatus* para inocular e incubar en los residuos lignocelulósicos, para después someterlos a altas temperaturas y obtener los biomateriales. Los biomateriales obtenidos son de baja densidad (44 kg/m³), por lo tanto, son ligeros y no son inflamables, pudiendo tener varias aplicaciones en el mercado.

Palacios (2016) aporta datos para incrementar el conocimiento de hongos macroscópicos del Phylum Basidiomycota registrados en el bosque de neblina de Cuyas, Ayabaca, para la región Piura en Perú. Los muestreos se realizaron entre enero y mayo del 2014 en cinco zonas: Montaña abierta, Bernardo Calle, Aguilera Calle, La Cruz y Ambasal. Se determinaron 17 especies, distribuidos en 16 géneros, 12 familias, 6 órdenes y 2 clases, siendo el orden Agaricales (8 especies), la familia Polyporaceae (4 especies), el género *Lentinus* Fries, 1825 (2 especies), los hongos lignícolas (11 especies) y la zona Ambasal (9 especies) los más representativos.

2.1.3. Locales

Pinedo (2011) llevó a cabo su investigación en el Jardín Botánico de Tingo María, con el propósito de identificar los hongos macroscópicos que crecen en la madera.

La identificación se basó en características macroscópicas como la forma del carpóforo, el estípite, el color, el margen, y la presencia o ausencia de estructuras visibles (pelos, poros, láminas, espinas, escamas, grietas, carnosidad, entre otras). Se encontraron un total de 49 muestras de hongos macroscópicos en el Jardín Botánico, siendo la clase Basidiomycetes la más predominante con un 82%, seguida de la clase Hymenomycetes con un 12%. El género *Polyporus* representó el 22% del total de las muestras, seguido de *Rigidoporus* y *Trametes* con un 10% y 8%, respectivamente.

2.2. Reino Fungi

Los hongos pertenecen al Reino Fungi, que constituye el tercer reino más extenso de la vida, con aproximadamente 50 mil especies estimadas. Estos organismos desempeñan funciones cruciales en los ecosistemas, y no sería una afirmación exagerada decir que la vida tal como la conocemos no sería posible sin su presencia. Los hongos cumplen un papel fundamental como recicladores en la naturaleza, descomponiendo desechos vegetales y animales y liberando los nutrientes resultantes para favorecer el crecimiento de nuevas plantas, animales e incluso contribuir al desarrollo de la vida humana (Rinaudo, 2007).

2.2.1. Partes de los hongos

2.2.1.1. Las hifas

Los hongos se expanden en su entorno mediante estructuras filamentosas alargadas denominadas hifas. Estas hifas se desarrollan y configuran una red tridimensional entrelazada conocida como micelio (Vidal-Diez et al., 2017). Una densa y compleja estructura fibrosa compuesta principalmente de quitina, junto con otros polisacáridos como glucanos, manoproteínas, quitosano, ácido poliglucurónico o celulosa, así como proporciones reducidas de proteínas y glicoproteínas (Bartnick-García, 1968; Wessels y Sietsma, 1990).

2.2.1.2. El micelio

La parte vegetativa de un hongo, conocida como micelio, constituye el cuerpo orgánico que generalmente permanece oculto en ambientes naturales, ya que se encuentra mayormente bajo la superficie del suelo o de cualquier sustrato visible. Lo que comúnmente percibimos como el hongo o la seta es simplemente el fruto del micelio. Este cuerpo subterráneo forma una red extensa de conexiones e intercambio de información en un ecosistema dado. Podemos comparar este sistema con una red de internet que facilita la comunicación constante entre diversos organismos vivos en un bosque, al mismo tiempo que cumple la función de absorber nutrientes del entorno (Fricker et al., 2017).

El micelio libera enzimas que descomponen diversos sustratos en componentes más simples, los cuales pueden ser utilizados como nutrientes para su propio crecimiento. Este proceso de degradación y absorción de nutrientes se lleva a cabo tanto en la superficie del sustrato como al penetrar en su estructura, contribuyendo así al aumento de la biomasa del micelio (Vidal-Diez et al., 2017). El micelio exhibe propiedades mecánicas características de materiales lignocelulósicos, similares a las presentes en la madera y el corcho (Appels et al., 2018).

2.2.1.3. Cuerpo fructífero

El cuerpo fructífero, también conocido como cuerpo reproductivo o esporocarpio, representa la fase reproductiva y sexual de los hongos filamentosos. En esta parte del hongo, se desarrollan estructuras especializadas para la producción de esporas, específicas para cada tipo de hongo. Algunos cuerpos fructíferos pueden emerger sobre la superficie del suelo, denominándose epigeos, mientras que otros crecen bajo el suelo y se llaman hipogeos. Aunque comúnmente nos referimos a este cuerpo fructífero como "hongo", es importante destacar que es solo una parte de la anatomía completa de los hongos (Osorio, 2021).

2.2.2. Hongos descomponedores de madera

La composición de la madera se basa en tres polímeros. La celulosa, que constituye el componente principal de la madera desde un punto de vista químico, es un polímero natural compuesto por unidades de glucosa. La hemicelulosa forma parte de las paredes celulares de los diversos tejidos vegetales, mientras que la lignina, una sustancia química resistente a la degradación, cumple la función de proporcionar rigidez y proteger contra el ataque de microorganismos (Rodríguez, 2018).

La elección de trabajar con hongos descomponedores de madera se debe a que estos hongos son capaces de descomponer un sustrato y modificarlo a través del micelio, permitiendo así el desarrollo de nuevos materiales.

2.2.2.1. Hongos de podredumbre parda

Estos se alimentan de celulosa y hemicelulosa, dejando la lignina prácticamente intacta. Estos hongos son responsables del color pardo que a menudo se observa en la madera descompuesta, de ahí su denominación (Rodríguez, 2018).

2.2.2.2. Hongos de podredumbre blanda

Estos hongos tienen la capacidad de modificar la lignina, lo que resulta en un ablandamiento de la madera (Rodríguez, 2018).

2.2.2.3. Hongos de podredumbre blanca

Estos hongos se alimentan específicamente de lignina, lo que resulta en la exposición de la celulosa y confiere a la madera un color blanco. Se anticipa que estos hongos serán protagonistas en la producción de biomateriales (Rodríguez, 2018).

2.2.3. Tasa de crecimiento

La presencia de humedad desempeña un papel crucial en el desarrollo de hongos, y la duración de esta fase fluctúa de un sustrato a otro de acuerdo con las condiciones requeridas (Elsacker et al., 2019). Las condiciones ambientales darán como resultado un crecimiento más lento que los ambientes de temperatura elevada (McIntyre, 2012). La velocidad de crecimiento se verá influenciada por la especie de hongo seleccionada y el sustrato utilizado (Jones et al., 2018)

2.2.4. Aplicaciones

A pesar de que los hongos continúan siendo esenciales en diversos ámbitos, como la producción de medicamentos antibióticos y alimentos como cerveza, vino, pan, salsa de soja, tempeh y sustitutos de carne, investigaciones recientes y estrategias de mercado han destacado el considerable potencial de los materiales y compuestos derivados del micelio, especialmente en el ámbito del empaque (Holt et al., 2012), aislamiento térmico (Xing et al., 2018) y espumas de absorción acústica (Mogu, 2019) incluyendo propiedades ignífugas (Jones, et al., 2017).

2.3. Biomateriales

El micelio conecta la materia orgánica mediante una red de microfilamentos de hifas en un proceso biológico natural que puede ser aprovechado para la fabricación de materiales con diversos niveles de valor. Estos van desde envases de bajo coste hasta compuestos de mayor valor, como materiales destinados al sector de la construcción (Islam et al., 2017). Los materiales fabricados a partir de micelio, ya sea de manera independiente o en forma de compuestos, se generan cultivando la parte vegetativa de los hongos que forman el micelio en diversos sustratos orgánicos. Estos materiales se obtienen mediante la completa descomposición del sustrato. (Pelletier et al., 2018).

Los materiales provenientes del micelio presentan diversas ventajas fundamentales en comparación con los materiales tradicionales sintéticos, tales como su costo reducido, menor densidad y consumo energético, así como su biodegradabilidad, bajo impacto ambiental y huella de carbono (Haneef et al., 2017). La variabilidad en la capacidad de adaptación biológica y el rango de hábitats hacen de los hongos un candidato prometedor para la síntesis de biomateriales (Manan et al., 2021).

2.3.1. Especies productoras

En términos generales, las especies filamentosas empleadas en la fabricación de compuestos basados en micelio pertenecen al grupo de hongos de la pudrición blanca. Estos hongos exhiben una alta capacidad de colonización y tienen la habilidad de descomponer una amplia gama de biomasa orgánica. Además, son capaces de purificar sustratos que contienen compuestos aromáticos dañinos, como los terpenos (Eastwood et al., 2011; Floudas et al., 2012).

El micelio derivado de géneros de basidiomicetos, como *Pleurotus ostreatus* y *Trametes versicolor*, aporta una mayor rigidez y resistencia al material sintetizado (Lelivelt et al., 2015). Asimismo, los materiales producidos por *P. ostreatus* utilizando celulosa exhiben una mayor firmeza en comparación con los sintetizados por *Ganoderma lucidum*. La incorporación de dextrosa mejora aún más la elasticidad de los materiales fabricados por ambas especies de hongos (Haneef et al., 2017).

2.3.2. Sustrato

La materia prima se necesita como un precursor y puede ser prácticamente cualquier material capaz de respaldar el crecimiento de hongos, como los carbohidratos (Jones et al., 2018). Los subproductos o residuos agrícolas o forestales con contenido lignocelulósico de bajo costo se emplean comúnmente como sustratos fibrosos, como la paja, o como sustratos de partículas, como el aserrín, con el objetivo de mantener bajos los costos de los compuestos de micelio y facilitar el reciclaje de residuos, promoviendo así la economía circular (Camere y Karana, 2018). En ocasiones, se recurre a sustratos de mayor calidad y más costosos, como granos de trigo nutritivos y aserrín, especialmente cuando se priorizan las propiedades mecánicas (Travaglini et al., 2013).

2.3.3. Propiedades estructurales

Las características estructurales de los materiales elaborados a partir de micelio puro varían según la cepa fúngica, la composición del sustrato, las condiciones de

cultivo y los procedimientos de procesamiento posteriores a la síntesis (Appels et al., 2018). El tipo de sustrato empleado en el cultivo del micelio es otro factor crucial que influye en las propiedades del material resultante. Los sustratos que conservan fibras naturales intactas aportan cualidades de endurecimiento por deformación a los materiales basados en micelio, ofreciendo resistencia y evitando fallas por cizallamiento. Además, estas fibras naturales contribuyen a minimizar eventos de agrietamiento durante procesos de corte (Yang et al., 2017)

Debido a su baja densidad, conducción térmica reducida y estructura altamente porosa, los materiales elaborados con micelio resultan más apropiados para aplicaciones de aislamiento térmico y acústico en comparación con la espuma sintética y las fibras de madera. Además, estos materiales exhiben rigidez y una notable resistencia al fuego, convirtiéndolos en alternativas viables a los materiales de construcción convencionales. Su ligereza y biodegradabilidad los posicionan como opciones ecológicas en lugar de los materiales de empaque derivados del petróleo (Manan et al., 2021).

2.3.4. Empresas de biomateriales de micelio

Cada vez es más frecuente encontrar empresas que apuesten por la producción de biomateriales y esto se debe principalmente al incremento de consumidores que empiezan a preocuparse por la huella ecológica que generan sus compras.

Tabla 1. Empresas especializadas en la producción de materiales a base de micelio de hongos.

Empresa	Ubicación	Especificación del material
Ecovative Design LLC	New Jersey, Estados Unidos	Espumas para empaquetamiento y fabricación de chaquetas aislantes, forros térmicos, calzados y más. Paneles de construcción para diseños arquitectónicos
Ford Global Technologies LLC	Michigan, Estados Unidos	Piezas moldeadas de espuma de micelio para el empaquetamiento de interiores de vehículos
Mogu Radial Biomateriales	Inarzo, Italia Jalisco, México	Paneles modulares acústicos Materiales diseñados a la medida para paquetería y embalaje
Loop Biotech	JD Delft, Países Bajos	Materiales diseñados a la medida para paquetería y embalaje. Ataúdes Lop Cocon a base de micelio y residuos orgánicos

Fuente: Feijo et al. (2021)

Ecovative: emplea principios biológicos para abordar las necesidades esenciales de la humanidad a niveles industriales y en usos cotidianos. La empresa utiliza micelio para crear una variedad de productos innovadores, que abarcan desde textiles, como cuero, hasta envases respetuosos con el medio ambiente y espumas de alto rendimiento utilizadas en la industria de la moda y la belleza.



Figura 1. Productos elaborados por Ecovative

Biohm: utiliza la potencia del micelio, la estructura de la raíz de los hongos formada por filamentos vegetativos, para desarrollar soluciones altamente efectivas y eficientes. Este micelio se cultiva a través de sustratos orgánicos y sintéticos, utilizando "subproductos" provenientes de diversas industrias. La tecnología de micelio de Biohm proporciona propiedades de productos sin igual, con aplicaciones en campos como la construcción, la automoción, la moda, la textil, la electrónica, la energía, la agricultura, la aeroespacial, la salud y muchos otros sectores.



Figura 2. Productos elaborados por Biohm.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación Política

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en tres lugares: Bosque Reservado (quebrada Cocheros), Laboratorio de Calidad del Aire y Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación de la Facultad de Recursos Naturales Renovables; ubicados en la ciudad de Tingo María, distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

3.1.2. Ubicación Geográfica

El Laboratorio de Calidad del Aire y el Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación están localizados a una altura de 660 m.s.n.m. y en las siguientes coordenadas UTM; Este: 390262 y Norte: 8970844. El trabajo de campo para la colección de muestra se realizó en la quebrada Cocheros (Anexo B).

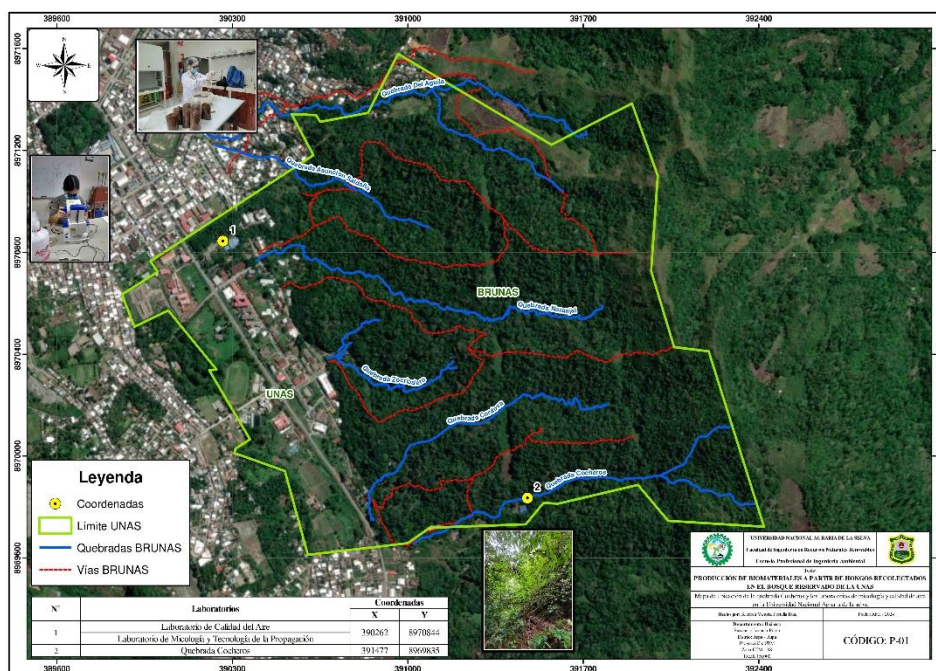


Figura 3. Ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad de Aire, Laboratorio de Micología y Tecnología de la Propagación y quebrada Cocheros.

3.1.3. Ecología y Clima

Holdridge (1987) menciona que la zona del Alto Huallaga pertenece a un bosque muy húmedo Pre Montano Tropical (bmh-PT). La ciudad de Tingo María se caracteriza por tener registros de humedad relativa de 84%, temperatura máxima de 30,05 °C, temperatura

mínima de 20,7 °C y temperatura media de 25,6 °C. Las mayores precipitaciones se dan entre setiembre y abril, siendo febrero el mes de mayor precipitación.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales de campo

Para la recolección de muestras se utilizó guantes, botas, chaleco, casco, mascarilla, linterna, navaja, tapers, libreta, lapicero, brocha, etiquetas, marcador, regla, cinta adhesiva, aserrín, bolsas, pala y aspersor.

3.2.2. Materiales e insumos de laboratorio

Para llevar a cabo la investigación en el laboratorio se requirió placas Petri, matraz, vaso precipitado, frascos de vidrio, varilla de vidrio, mechero bunsen, encendedor, bisturí, pinzas, moldes de silicona, bolsas de polipropileno, cajas de plástico, algodón, cuchilla, guantes, mascarilla, gorro quirúrgico, parafina, pabilo, papel Kraft, papel toalla, etiquetas, marcador, alcohol al 96%, agua destilada, agua oxigenada, lejía, detergente, trigo, cebada, agar papa dextrosa, agar extracto de malta y ceftriaxona.

3.2.3. Equipos

Los equipos necesarios para el estudio fueron GPS Garmin, Balanza analítica, autoclave, cámara de flujo laminar, cámara de incubación, estufa y cocina eléctrica.

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es aplicativo; en este contexto, Supo (2023) sugiere aplicar los hallazgos de la investigación en situaciones reales o para resolver problemas específicos. En resumen, se busca poner en práctica los conocimientos obtenidos durante la investigación. Con lo experimentado en el laboratorio se busca crear materiales biodegradables que puedan reducir la generación de residuos sólidos plásticos.

3.3.2. Método de investigación

El método de investigación es cuantitativo ya que vamos a obtener datos cuantitativos o medibles como son la densidad e inflamabilidad de los biomateriales (Academy, 2021).

3.3.3. Variable de estudio

- Variables independientes: Hongos basidiomicetos
- Variables dependientes: Producción de polímeros.
- Variables intervinientes: Tipo de sustrato y género de hongo

3.3.4. Diseño de investigación

La investigación implementó un diseño de tipo experimental, puesto que se realizó la colecta de cepas de hongos de distintas áreas de la cuenca de la quebrada Cocheros, evaluándose su tasa de crecimiento, densidad e inflamabilidad.

3.4. Metodología

3.4.1. Recolección, aislamiento e identificación de hongos

Se recolectaron cuidadosamente basidiocarpos a lo largo del curso de la quebrada Cocheros, seleccionando aquellos que estaban en mejor estado y utilizando una navaja para su extracción. Se registraron las características de los cuerpos fructíferos en un formato (Anexo A) y se tomaron fotografías. Después de recopilar los datos, los especímenes se almacenaron en recipientes de plástico. Para la identificación de las especies, se compararon las muestras obtenidas con diversas guías de identificación y sitios web:

- Macrohongos de Tambopata, Madre de Dios, Perú (Cárdenas et al., 2019)
- Aporte a la diversidad de macrohongos (Ascomycetes y Basidiomycetes) presentes en el sendero ecológico de la quebrada Las Delicias, Chapinero, Bogotá (Quiroga y Supelano, 2019).
- Diversidad de hongos basidiomicetes en bosque inundable del puesto de vigilancia “Yarana”, Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú (Gomez y Curto, 2021).
- Lista preliminar de hongos (Ascomycota y Basidiomycota) y mixomicetos (Myxomycota) de la Isla del Coco, Puntarenas, Costa Rica (Ruiz y Rodríguez, 2019).
- Composición de macromicetos (Basidiomycota) en un bosque de galería en la Finca Guadalito en Tauramena, Casanare, Colombia (Suárez, 2023).
- Mushroom Observer.
- Picture mushroom.
- MycoKey.

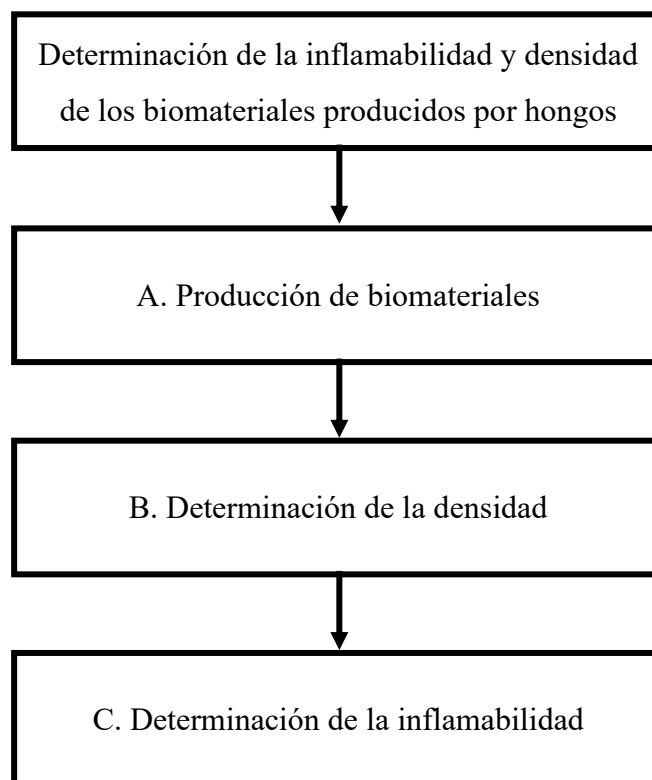
3.4.2. Determinación de los hongos con mayor producción de micelio

A. Aislamiento por medio de tejido: En un ambiente de absoluta asepsia, se colocó el hongo, el cual debía estar en buen estado y libre de tierra y/o insectos. El hongo se cortó longitudinalmente con una navaja; utilizando unas pinzas estériles y frías, se

tomaron fragmentos del micelio o carne del hongo y se colocaron en placas Petri con medio de cultivo (extracto de malta y agar papa dextrosa). Las placas Petri con los aislamientos se incubaron entre 25 – 28 °C. Dos o tres días después, se observó crecimiento micelial en forma algodonosa sobre la superficie del medio. El color era blanco o blanco amarillento, lo que indicaba que el aislamiento se realizó correctamente. Se seleccionaron los cultivos con mejor apariencia y se transfirieron a nuevas placas con medio de cultivo, siguiendo el procedimiento descrito por Gaitán-Hernández (2006).

B. Selección de las especies de mayor crecimiento de micelio: A lo largo de una semana, se vigiló el desarrollo del micelio en las placas Petri, descartando aquellas que mostraban signos de contaminación y eligiendo aquellas que exhibían mayor resistencia a la contaminación y un evidente crecimiento.

3.4.3. Determinación de la inflamabilidad y densidad de los biomateriales producidos por hongos



A. Producción de biomateriales

Preparación de la semilla: En un recipiente con agua hirviendo, se sumergió trigo durante 12 minutos para facilitar su hidratación. Luego de este periodo, se

escurrió el trigo, se envasó en bolsas de polipropileno y se cerraron con hilo pabilo en la parte superior. Estas bolsas, conteniendo el trigo, fueron sometidas al autoclave a 121°C y una presión de 1,5 lb/cm³ durante 45 minutos. Una vez completado este proceso, las bolsas fueron trasladadas a una cámara de flujo para ser desinfectadas mediante la exposición a rayos UV durante 15 minutos. Posteriormente, se inocularon los fragmentos de micelio de las especies seleccionadas. Al concluir este procedimiento, las bolsas fueron selladas adecuadamente y etiquetadas para su posterior incubación, la cual se prolongó por aproximadamente dos semanas.

Preparación del sustrato: Se recolectó aserrín de cajonería, formando pilas que se humedecieron y mezclaron durante una semana para lograr una homogeneización. Cada día, se voltearon las pilas para asegurar una fermentación uniforme. Una vez alcanzada la fermentación deseada, el sustrato resultante se introdujo en bolsas de polipropileno, las cuales se sellaron con hilo pabilo. Estas bolsas fueron luego sometidas a un autoclave por un período de 2 horas, a una temperatura de 120°C y a una presión de 1,3 lb/cm³.

Siembra de semilla en el sustrato: En la cámara de flujo, se desinfectaron las bolsas que contenían el sustrato junto con una varilla de madera mediante luz UV. Luego, se abrió cada bolsa y se realizó un agujero en el sustrato para facilitar la introducción de las semillas inoculadas con micelio. Después de completar este paso, se colocó algodón en la parte superior de cada bolsa, la cual fue atada con hilo pabilo. Este proceso se repitió con todas las bolsas. Las bolsas fueron colocadas en un entorno oscuro durante un mes para permitir el desarrollo del micelio. Una vez observado el crecimiento micelial en el sustrato, se abrieron las bolsas y se desmenuzó el sustrato colonizado para mezclarlo homogéneamente y se volvió a embolsar.

Crecimiento del micelio en el molde: Una vez que el micelio colonizó completamente las bolsas, estas fueron abiertas y el sustrato colonizado se vertió en un recipiente previamente desinfectado para su desmenuzado. En un entorno completamente estéril, el sustrato desmenuzado se colocó en moldes desinfectados y se compactó gradualmente. Los moldes se almacenaron durante 4 meses en recipientes de plástico con tapa, los cuales contaban con cuatro agujeros tapados con algodón en las paredes para permitir el intercambio de oxígeno.

Secado del material de micelio: El biomaterial desmoldado fue transferido a un horno precalentado a 170 °C durante 20 minutos, luego se redujo la temperatura

a 100 °C durante 40 minutos. Se abrió la puerta del horno cada 20 minutos para facilitar la salida de la humedad. Durante esta fase, se llevó a cabo la caracterización de las propiedades físicas del biomaterial, incluyendo la densidad y el porcentaje de inflamabilidad.

B. Determinación de la densidad de los biomateriales: Se sacaron los biomateriales de los moldes, se tomaron medidas para calcular el volumen, luego fueron pesados en la balanza. La densidad se calculó con la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

C. Determinación de la inflamabilidad de los biomateriales: Los biomateriales fueron expuestos a un mechero encendido. Se tomaron datos del volumen inicial y el volumen final. Por último, se determinó el porcentaje de inflamabilidad con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inflamabilidad} = \frac{volumen \text{ inicial} - volumen \text{ final}}{volumen \text{ inicial}} * 100$$

IV. RESULTADOS

4.1. Recolección, aislamiento e identificación de los cuerpos fructíferos recolectados en la quebrada Cocheros

Tabla 2. Nombres científicos, familia y orden de las especies recolectadas en la quebrada Cocheros (BRUNAS).

Código	Sustrato	Especie	Taxonomía
H1	Tronco caído en descomposición		No identificada
H2	Corteza seca de un árbol		Orden: Auriculariales Familia: Auriculariaceae <i>Auricularia auricula</i>
H3	Bambú		Orden: Agaricales Familia: Marasmiaceae <i>Crysomphalina aurantiaca</i>
H4	Tronco recién caído		Orden: Agaricales Familia: Physalacriaceae <i>Oudemansiella canarii</i>
H5	Tronco caído en descomposición		Orden: Agaricales Familia: Entolomataceae <i>Cotylidia Diaphana</i>

H6 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Polyporaceae
Trametes polyzona

H7 Tronco caído en
descomposición



Orden: Russulales
Familia: Stereaceae
Stereum ostrea

H8 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Polyporaceae
Favolus tenuiculus

H9 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Ganodermataceae
Ganoderma sp.

H10 Árbol



Orden: Russulales
Familia: Stereaceae
Stereum lobatum

H11 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Polyporaceae
Lentinus crinitus

H12 Tronco caído en
descomposición



Orden: Agaricales
Familia: Hygrophoraceae
Hygroaster cleefii

H13 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Ganodermataceae
Ganoderma sp.

H14 Tronco caído en
descomposición



No identificada

H15 Corteza seca de
un árbol



No identificada

H16 Tronco caído en
descomposición






Orden: Auriculariales
Familia: Auriculariaceae
Auricularia sp.

H17 Tronco caído en
descomposición



Orden: Polyporales
Familia: Ganodermataceae
Ganoderma podocarpense

H18	Tronco caído en descomposición		Orden: Polyporales Familia: Meruliaceae <i>Rigidoporus microporus</i>
H19	Tronco caído en descomposición		Orden: Pezizales Familia: Pyronemataceae <i>Cookeina speciosa</i>
H20	Tronco caído en descomposición		Orden: Polyporales Familia: Meripilaceae <i>Flaviporus brownii</i>

Kuhar et al. (2013) comentan que los basidiomicetos suelen crecer sobre troncos de árboles en pie o caídos, una muestra de ello es esta investigación, la mayor parte las especies encontradas en la quebrada Cocheros estaban sobre troncos de árboles caídos.

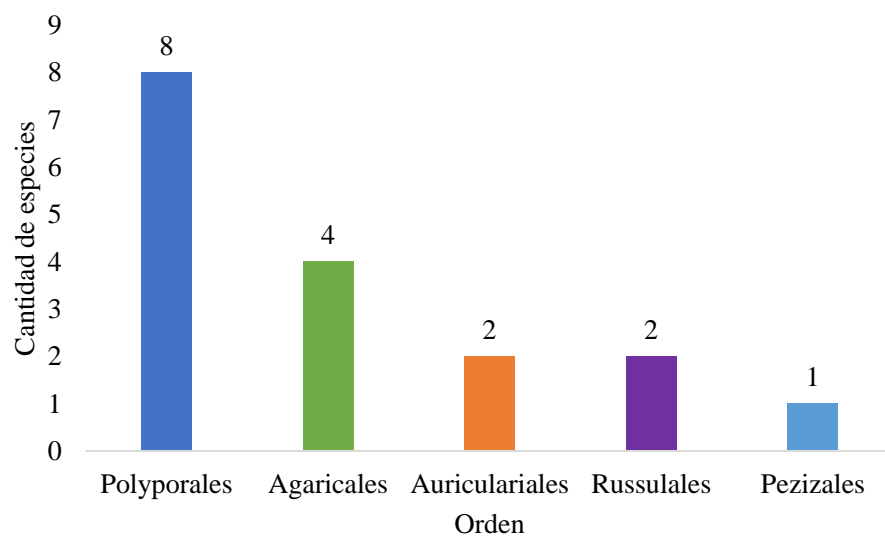


Figura 4. Cantidad de especies pertenecientes a los cinco órdenes encontrados.

Alrededor de la quebrada Cocheros se encontró 20 especies de hongos, hallándose en mayor cantidad especies del orden Polyporales (Figura 4). En Perú, Pinedo (2011) menciona que en el Jardín Botánico de Tingo María el mayor número de especies encontradas pertenecen al orden Polyporales, mientras que Palacios (2016) en el Bosque Nublado de Cuyas en Piura encontró mayor presencia del orden Agaricales.

4.2. Hongos con mayor producción de micelio

4.2.1. Selección de especies con mayor crecimiento micelial

Tabla 3. Selección de las especies con mayor crecimiento de micelio.

Código	Hongo	Crecimiento de micelio				Selección
		R1	R2	R3	R4	
H1	No identificada	-	-	-	-	No
H2	<i>Auricularia auricula</i>	X	X	X	X	Sí
H3	<i>Crysomphalina aurantiaca</i>	X	X	X	X	Sí
H4	<i>Oudemansiella canarii</i>	-	-	-	-	No
H5	<i>Cotylidia Diaphana</i>	X	X	X	X	No
H6	<i>Trametes polyzona</i>	X	X	X	X	Sí
H7	<i>Stereum ostrea</i>	-	-	-	-	No
H8	<i>Favolus tenuiculus</i>	X	X	-	-	No
H9	<i>Ganoderma sp</i>	-	-	-	-	No
H10	<i>Stereum lobatum</i>	-	-	-	-	No
H11	<i>Lentinus crinitus</i>	X	X	X	X	No
H12	<i>Hygroaster cleefii</i>	-	X	-	X	No
H13	<i>Ganoderma sp.</i>	-	-	-	-	No
H14	No identificada	X	X	X	X	No
H15	No identificada	X	X	X	X	No
H16	<i>Auricularia sp.</i>	-	-	-	-	No
H17	<i>Ganoderma podocarpense</i>	-	-	-	-	No
H18	<i>Rigidoporus microporus</i>	-	X	-	-	No
H19	<i>Cookeina speciosa</i>	X	-	X	X	No
H20	<i>Flaviporus brownii</i>	X	X	X	X	Sí

Se inoculó 4 placas por cada especie recolectada para poder observar el crecimiento micelial. Pasados 5 días se observó que la totalidad de las placas estaban contaminadas por lo que se escogió las placas que mostraban mayor crecimiento micelial. Las especies seleccionadas fueron H2 (*Auricularia aurícula*), H3 (*Crysomphalina aurantiaca*), H6 (*Trametes polyzona*) y H20 (*Flaviporus brownii*) como se muestra en la Tabla 3.

4.2.2. Tasa de crecimiento de las especies seleccionadas

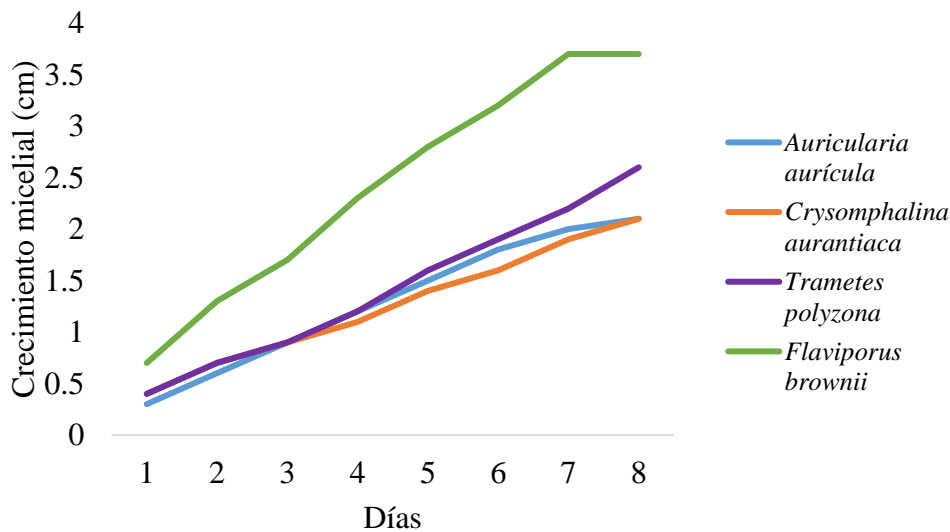


Figura 5. Crecimiento micelial de las cuatro especies seleccionadas durante ocho días.

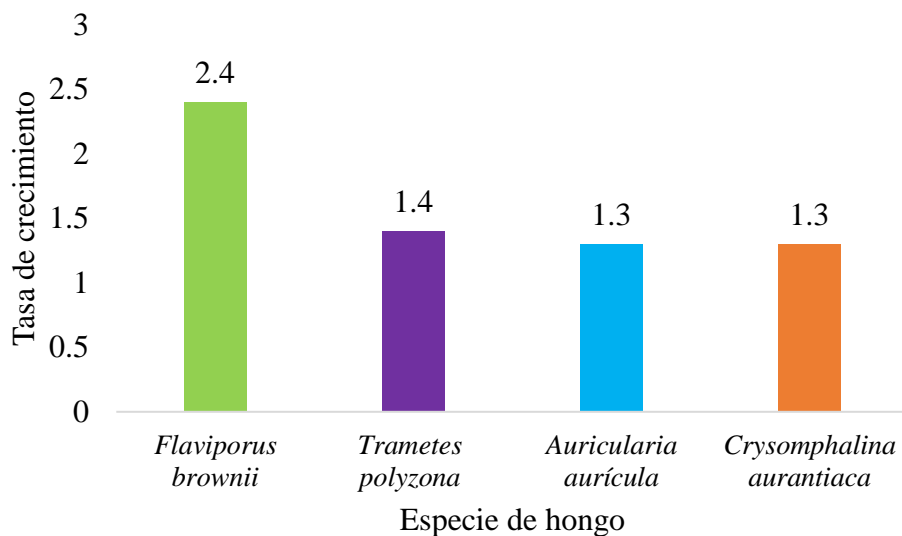


Figura 6. Tasa de crecimiento en cm³/día de las cuatro especies seleccionadas.

La especie con mayor tasa de crecimiento es H20 (*Flaviporus brownii*) con 2,4 cm/día, mientras que la especie con menor tasa de crecimiento es H3 (*Crysomphalina aurantiaca*) con 1,3 cm/día. Un estudio realizado en San Martín muestra los resultados del crecimiento micelial de dos especies, *Auricularia sp.* y *Pleurotus sp.*, siendo 0,15 cm y 0,18 cm su crecimiento diario promedio respectivamente (Jiménez, 2016). En la investigación realizada por Rojas y Hormata (2014), se evalúa el crecimiento micelial de *Trametes versicolor*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* obteniendo una tasa de 1,42 cm/día, 0,94 cm/día y 0,94 cm/día respectivamente. La diferencia notoria entre las tasas de crecimientos en los diferentes estudios puede deberse a la calidad de la cepa aislada.

Se evaluó el crecimiento del micelio en dos semillas (Anexo C) cebada y trigo. La mayoría de las especies logró desarrollarse de mejor forma en la cebada, a excepción de H6 (*Trametes polyzona*) que logró desarrollarse en ambas semillas. Niño et al. (2017) también realizó una comparación entre semillas de trigo y cebada en dos especies, *Auricularia fuscusuccinea* mostró mayor vigor en la semilla de trigo, mientras que *Crepidotus palmarum* se desarrolló mejor en cebada. Otros investigadores usaron granos de maíz (Cueva y Luna, 2015), sorgo (Gaitán-Hernández y Salmenes, 2008), maíz y salvado (Rivera-Omen et al., 2013) y rastrojos de trigo (Sastre-Ahuatzi et al., 2007).

En la primera etapa de sustrato (Anexo C) se observó crecimiento micelial de *A. auricula* y *T. polyzona*, el crecimiento fue mínimo, las bolsas no se tornaron de color blanquecino como se esperaba. Jiménez (2016) manejó cuatro sustratos, aserrín, arroz pilado, cascarilla de arroz y pulpa de café para las especies *Auricularia sp.* y *Pleurotus sp.* Ambas especies mostraron mejor colonización en arroz pilado en un periodo de 30 días. Otros sustratos recomendados para el crecimiento de *Auricularia* son bagazo de caña de azúcar, paja de arroz, fibra de coco y paja de trigo (Ardón y Pringle, 2007).

4.3. Determinación de la densidad e inflamabilidad del biomaterial

4.3.1. Producción de biomateriales

Tabla 4. Crecimiento micelial en moldes durante 4 meses.

Hongo	Grano	Tiempo	Molde	Rep.	Crecimiento	Contaminación
<i>Trametes polyzona</i>	Cebada	4 meses	Circular	R1	no	no
				R2	no	no
				R3	no	no
				R4	no	no
				R5	no	no
				R6	no	no
				R7	no	no
				R8	no	no
				R9	no	no
				R10	no	no
				R11	no	no
				R12	no	no
				R13	no	no
				R14	no	no
				R15	no	no
			Rectangular	R1	no	no
				R2	no	no
				R3	no	no
				R4	no	no
				R5	no	no
				R6	no	no
				R7	no	no
				R8	no	no
				R9	no	no
				R10	no	no
				R11	no	no
				R12	no	no
				R13	no	no

R14	no	no
R15	no	no
R16	no	no
R17	no	no
R18	no	no
R19	no	no
R20	no	no

No se llegó a observar crecimiento micelial de *Trametes polyzona* en los moldes, esto se puede deber principalmente a que es una muestra silvestre y no ha sido acondicionada para su productividad. Otros estudios realizados con especies más conocidas para producción de micomateriales obtuvieron resultados positivos. Una de las especies con mayor éxito en elaboración de micomateriales es *Pleurotus Ostreatus*, Gallegos (2022) en 7 días observó crecimiento micelial en aserrín, viruta y cascarilla de arroz durante la etapa de moldeo, Castro (2021) logró una colonización total del molde en 24 días en fibra de coco.

4.3.2. Densidad de los biomateriales

Tabla 5. Densidad promedio de los biomateriales en g/cm³.

Hongo	Envase	Masa	Volumen	Densidad
<i>Trametes</i>	Circular	2.09	13.22	0.16
<i>polyzona</i>	Rectangular	1.45	10.48	0.14

Los biomateriales obtenidos de *T. polyzona* obtuvieron una densidad promedio de 0,15 g/cm³, siendo una densidad alta a comparación del poliestireno expandido que varía entre 0,012 y 0,032 g/cm³ (Bustamante y Díaz, 2014). Huari (2024) elaboró biomateriales a base de tallos de plátano y quinua con micelio de *Ganoderma lucidum*, la densidad de los biomateriales estaba entre 0,23 y 0,31 g/cm³. Castro (2021) experimentó con especies de *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum* en fibra de coco y aserrín obteniendo una densidad que variaba entre 0,04 y 0,1 g/cm³.

Tabla 6. Análisis de varianza de la densidad de los biomateriales.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1137,166	7	162,452	3,821	,008
Dentro de grupos	892,834	21	42,516		
Total	2030,000	28			

Se utilizó un ANOVA de un factor para analizar la diferencia existente entre los valores obtenidos. El análisis reveló que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos para la densidad de los biomateriales. Este resultado se debe a que la composición, forma y tamaño de los biomateriales son similares.

4.3.3. Inflamabilidad de los biomateriales

Tabla 7. Porcentaje de inflamabilidad de los biomateriales.

Hongo	Envase	Repetición	V inicial (cm ³)	V final (cm ³)	Inflamabilidad (%)	Promedio
<i>Trametes polyzona</i>	Circular	B1	14,47	1,7	88,25	88,9
		B2	13,88	1,6	88,47	
		B3	14,47	1,65	88,60	
	Rectangular	B5	13,2	1,4	89,39	88,0
		B6	12,67	1,3	89,74	
		B1	10,44	1,2	88,51	
		B2	11,25	1,25	88,89	
		B3	10,35	1,35	86,96	
		B5	9,52	1,15	87,92	
		B6	11,59	1,4	87,92	

Los biomateriales fueron consumidos lentamente llegando a convertirse en cenizas, lo que era de esperarse debido a que no había presencia de micelio. El promedio de inflamabilidad de los biomateriales fue 88,45%, un valor muy elevado si lo comparamos con los resultados obtenidos por Huari (2024) que obtuvo un valor promedio de 15,2% para *Ganoderma lucidum* y Gallegos (2022) con 25% para *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 8. Análisis de varianza de la inflamabilidad de los biomateriales.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	82,000	8	10,250	20,500	,169
Dentro de grupos	,500	1	,500		
Total	82,500	9			

Se utilizó un ANOVA de un factor para analizar la diferencia existente entre los valores obtenidos. El análisis reveló que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos para el porcentaje de inflamabilidad de los biomateriales. El resultado obtenido puede deberse a la temperatura, el biomaterial podría volverse más inflamable si se expone a altas temperaturas durante un periodo prolongado. Algunos de los biomateriales podrían haberse expuesto a mayor temperatura en el periodo de secado o durante la prueba de inflamabilidad.

V. CONCLUSIONES

1. Se encontró 20 especies pertenecientes al filo Basidiomycota.
2. Se seleccionaron cuatro especies que mostraron mayor producción micelial, *Crysomphalina aurantiaca*, *Auricularia aurícula*, *Trametes polyzona* y *Flaviporus brownii*.
3. No se contrastó lo propuesto en el objetivo general, solo se obtuvo bloques de aserrín con una densidad promedio de $0,15 \text{ g/cm}^3$ y un porcentaje de inflamabilidad de 88,45%.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Experimentar con mayor variedad de sustratos, de preferencia residuos agrícolas que abunden en la zona de estudio, para el caso de Tingo María se podría utilizar bagazo de plátano, mazorca de maíz amarillo, mazorca de cacao y borra de café.
2. Investigar la capacidad de producir biomateriales de alguna especie silvestre que no sea común para este fin, se recomienda tener como testigo una cepa adaptada en laboratorio.
3. Formular sustratos con suplementos alimenticios para aumentar la concentración de nitrógeno y mejorar el rendimiento, algunos ejemplos son salvado de trigo, torta de soya, pasta de algodón y cascarilla de arroz.
4. Comparar la calidad de los biomateriales producidos con kits de producción de biomateriales que ofrecen en el mercado, un ejemplo es la empresa Ecovative.
5. Experimentar con especies de hongos que tengan micelio colorido para obtener biomateriales de diversas tonalidades, un ejemplo es *Pycnoporus sanguineus*.
6. Realizar un análisis genético a las especies que son recolectadas, para tener un registro detallado y conocer la biodiversidad fúngica de la localidad de estudio.

VII. REFERENCIAS

- Academy (2021, Octubre 29). ¿Cómo elegir la mejor metodología de investigación para su estudio? Enago Academy Spanish. <https://www.enago.com/es/academy/choose-best-research-methodology/>
- Appels, F., Dijksterhuis, J., Lukasiewicz, C., Jansen, K., Wösten, H. y Krijgheld, P. (2018). Hydrophobin gene deletion and environmental growth conditions impact mechanical properties of mycelium by affecting the density of the material. *Sci. Rep.* 8, 4703.
- Ardón, M. y Pringle, C. 2007. La calidad de la materia orgánica media la respuesta de biofilms heterotróficas con el enriquecimiento de fósforo de la columna de agua y sustrato. *Freshwater Biology* 52: 1762-1772
- Aristizábal, S. (2022). Desarrollo de un sustituto al poliestireno a partir de residuos agroindustriales colombianos y micelio de un hongo comercial. (Tesis de pregrado en Ingeniería Industrial, Universidad EIA, Colombia). <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/7b2d3294-04a5-4215-977f-12fed9c82f55>
- Bartnicki-Garcia, S. (1968). Cell wall chemistry, morphogenesis, and taxonomy of fungi, *Annu. Rev. Microbiol.* 22 (1) 87–108.
- Bustamante, D. y Díaz, C. 2014. Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto alivianado con perlas de poliestireno expandido reciclado. (Tesis de pregrado en Ingeniería de materiales, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa). <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/83295191-7380-4560-b6f3-c6ed1449f8ac>
- Camere, S. y Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: an emerging design practice, *J. Clean. Prod.* 186 (1), 570–584.
- Cárdenas, A., García, M., Shrestha, B. y Pavlich, M. (2019). Macrohongos de Tambopata, Madre de Dios, Perú. Concesión de Conservación Inotawa, Concesión de Conservación Gallocunca, Tambopata.
- Castro, G. 2021. Bovedilla de Micelio: Una alternativa ecológica para la construcción de losas aligeradas con materiales de rápida renovación. (Tesis de Maestría en Ingeniería Civil,

Universidad Autónoma de Aguascalientes, México).
<http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/2188>

Cueva, A. y Luna, L. (2015). Producción de semilla a escala piloto de hongos comestibles nativos en la provincia de San Martín. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto.
<https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/284>

Eastwood, D., Floudas, D., Binder, M., Majcherczyk, A., Schneider, P. y Aerts, A. (2011). The plant cell wall-decomposing machinery underlies the functional diversity of forest fungi. *Science* 333, 762–765.

Elsacker, E., Vandeloock, S., Brancart, E., Peeters, E. y De Laet, L. (2019). Mechanical, physical and chemical characterization of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLoS ONE*, 4(7).

Feijóo, K., Bermúdez, S., Rebolledo, H., Figueroa, J., Zamora, P., y Naranjo, L. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, 6(1), 1637–1652.

Floudas, D., Binder, M., Riley, R., Barry, K., Blanchette, R. y Henrissat, B. (2012). The paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. *Science* 336, 1715–1719.

Fricker, M., Heaton, L., Jones, N. y Boddy, L. (2017). The Mycelium as a Network. *The Fungal Kingdom* (p. Chapter 15). American Society for Microbiology

Gaitán-Hernández, R. y Salmenes, D. (2008). Obtaining and Characterizing *Pleurotus ostreatus* strains for commercial cultivation under warm environmental conditions. *Scientia Horticulturae*. 118: 106-11 O.

Gaitán-Hernández, R., Salmenes, D., Pérez, R. & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción, 1era. ed., 2a. reimp. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa. México. 56 pp.

Gallegos, A. 2022. Aplicación de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales. (Tesis de pregrado en Ingeniería ambiental, Universidad Continental, Arequipa).
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12024>

- Gómez, H. y Curto, K. (2021). Diversidad de hongos basidiomicetes en bosque inundable del puesto de vigilancia “Yarana”, Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, Loreto, Perú.
- Haneef, M, Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I., Heredia-Guerrero, J. y Athanassiou, A. (2017). Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties. *Sci. Rep.* 7, 41292.
- Holdridge, L. (1987). *Ecología basada en zonas de vida*. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.
- Holt, G., McIntyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. y Pelletier, M. (2012). Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: evaluation study of select blends of cotton byproducts, *J. Biobased Mater. Bioenergy* 6 (4). 431–439.
- Huari, R. 2024. Obtención de biomaterial alternativo al poliestireno expandido a partir de tallos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) y micelio de reishi (*Ganoderma lucidum*) para ser utilizado como empaque. (Tesis de pregrado en Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho). <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6491>
- Islam, M., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L. y Picu, R. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium, *Sci. Rep.* 7 (1), 13070.
- Jiménez, J. (2016). Determinación de la eficiencia biológica de *Auricularia* spp y *Pleurotus* spp cultivados sobre sustratos agroindustriales. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3225>
- Jones, M., Bhat, T., Wang, C., Moinuddin, K. y John, S. (2017). Thermal degradation and fire reaction properties of mycelium composites, 21st International Conference on Composite Materials, Xi'an, China.
- Jones, M., Huynh, T. y John, S. (2018), Inherent species characteristic influence and growth performance assessment for mycelium composite applications, *Adv. Mater. Lett.* 9 (1). 71–80.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., y John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials & Design*, 187(108397), 108397.

- Kuhar, F., Castiglia, V. y Papinutti, L. (2013). Reino Fungi: morfología y estructura de los hongos. PAO. Revista Boletín Biológica. 2013. 28. 10-2013.11-18.
- Lelivelt, R., Lindner, G., Teuffel, P. y Lamers, H. (2015). The production process and compressive strength of Mycelium-based materials. First Int. Conf. Bio-based Build. Mater.
- Liu, R., Long, L., Sheng, Y., Xu, J., Qiu, H., Li, X., Wang, Y. y Wu, H. (2019). Preparation of a kind of novel sustainable mycelium/cotton stalk composites and effects of pressing temperature on the properties. Ind. Crop. Prod. 141, 111732.
- Manan, S., Ullah, M., Ul-Islam, M., Atta, O. y Yang, G. (2021). Synthesis and applications of fungal mycelium-based advanced functional materials. Journal of Bioresources and Bioproducts, 6(1), 1–10.
- McIntyre, G., Poetzsch, A., Van Hook, S. y Flagg, D. (2012). Method for Producing a Composite Material.
- Mogu, S. (2019). Mycelium Technology. <https://mogu.bio/technology/>
- Mushroom observer: Observaciones por actividad reciente. <https://mushroomobserver.org/>
- MycoKey. Sitio de información micológica. <https://www.mycokey.com/>
- Niño, Y., Peña, E. y Enao, L. (2017). Aislamiento y producción de semilla de *Auricularia fuscusuccinea* (Mont.) Henn. y *Crepidotus palmarum* Sing. usados tradicionalmente en Pauna (Boyacá, Colombia). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 11 (1), 151-158.
- Osorio, U. (2021). Estructura de los hongos. [ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/estructura-de-los-hongos-3676.html](https://www.ecologiaverde.com/estructura-de-los-hongos-3676.html)
- Palacios, L. (2016). Hongos Macroscópicos del Phylum Basidiomycota en el Bosque de Neblina de Cuyas, Ayabaca, Piura, Perú. The Biologist (Lima). 14(2), 233-256.
- Pelletier, M., Holt, G., Wanjura, J., Bayer, E. y McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. Ind. Crop. Prod. 51, 480–485.
- Picture Mushroom. Enciclopedia de hongos en línea e identificador de hongos. <https://picturemushroom.com/>

- Pinedo, M. (2011). Identificación de macrofungi lignícolas del jardín botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. (Tesis de pregrado en Ingeniería en Recursos Naturales Renovables mención Forrestales, Universidad Nacional Agraria de la Selva). <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/544>
- Quevedo, K y Quinde, J. (2023). Comparación de las propiedades mecánicas de probetas elaboradas a partir de micelio de los hongos *Ganoderma lucidum* y *Pleurotus ostreatus* en un sustrato de rastrojo de maíz. (Tesis de pregrado en Biotecnología, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador). <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25733>
- Quiroga, Y. y Supelano. W. (2019). Aporte a la diversidad de macrohongos (Ascomycetes y Basidiomycetes) presentes en el sendero ecológico de la quebrada Las Delicias, Chapinero, Bogotá.
- Rinaudo, M. (2007). Chitin and chitosan – general properties and applications. *ChemInform*, 38(7), 603–632.
- Ríos, M. del P., Hoyos, J. L. y Mosquera, S.A. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 8(2): 86-94.
- Rivera, R, Martínez, C. y Morales, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Luna Azul*. Universidad de Caldas. 37: 89-100.
- Rodríguez, S. (2018). Material biobasado compuesto por el micelio de hongos descomponedores de madera y residuos agroindustriales. *RChD: creación y pensamiento*, 3(5).
- Rojas, J. y Hormaza, A. (2014). Evaluación del crecimiento y compatibilidad de hongos de la podredumbre blanca. *Ciencia en Desarrollo*, 5(2), 197-205.
- Ruiz, A. y Rodríguez, A. (2019). Lista preliminar de hongos (Ascomycota y Basidiomycota) y mixomicetos (Myxomycota) de la Isla del Coco, Puntarenas, Costa Rica.
- Sastre, M., Téllez, M., Díaz, G., Montiel, A., Díaz, R. y Sánchez, C. (2007). Mycelial growth of strains of *Pleurotus ostreatus* developed on agar and its correlation with the productivity in pilot Production farm. *Brazilian Journal of Microbiology*. 38: 568-572.

- Suárez, A. (2023). Composición de macromicetos (Basidiomycota) en un bosque de galería en la Finca Guadalito en Tauramena, Casanare, Colombia.
- Supo, J. (2023, abril 2). Niveles de investigación. Bioestadístico. <https://bioestadistico.com/niveles-de-investigacion>
- Thoemen, H. y Humphrey, P. (2006). Modeling the physical processes relevant during hot pressing of wood-based composites. Part I. Heat and mass transfer, 64. Holz Als Roh - Und Werkstoff, pp. 1–10.
- Travaglini, S., Noble, J., Ross, P. y Dharan, C. (2013). Mycology Matrix Composites, 28th Annual Technical Conference of the American Society for Composites, State College, PA, 2013.
- Vidal-Diez, G., Baetens, J., Bulcke, J. y De Baets, B. (2017). Modelling three-dimensional fungal growth in response to environmental stimuli. *J. Theor. Biol.* 414, 35–49.
- Wessels, J., Mol, P., Sietsma, J. y Vermeulen, C. (1990). Wall Structure, Wall Growth, and Fungal Cell Morphogenesis, *Biochemistry of Cell Walls and Membranes in Fungi*, Springer, Berlin, Germany.
- Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G. y Jones, P. (2018). Growing and testing mycelium ricks as building insulation materials, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 121 (2), 022032.
- Yang, Z., Zhang, F., Still, B., White, M. y Amstislavski, P. (2017). Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based biofoam. *J. Mater. Civ. Eng.* 29, 040170

VIII. ANEXOS

Anexo A. Fichas de registro de muestras

N. Científico:.....	Código: <input type="text"/>
Det :	
Loc :	
Pais : Prov..... Dpto:.....	
Fecha : Colector:.....	
Coordenadas :	
Sustrato :	
Hábitat :	
OBSERVACIONES:.....	
.....	

Figura 7. Ficha de registro de ubicación de especies fúngicas.

<u>BASIDIOCARPO:</u>
Medidas.....x.....x.....cm Consistencia:.....
Forma.....Indumento.....
Color: Pileo.....himenio.....
Superficie del pileo: Textura.....Margen.....
<u>LAMINAS:</u> Forma.....Tamaño...../mm/cm
<u>POROS:</u> Forma.....Tamaño...../mm/cm
Capa de tubos.....contexto.....
<u>PIE:</u> Forma.....Tamaño.....cm
Color:.....
<u>OBSERVACIONES</u>
.....

Figura 8. Ficha de registro de características de los basidiocarpos.

Anexo B. Ubicación geográfica de las especies recolectadas

Tabla 9. Nombre científico y ubicación geográfica de las especies de hongos recolectadas en el Bosque Reservado de la UNAS.

Código	Nombre científico	Ubicación				Fecha	Coordenadas		
		País	Departamento	Provincia	Localidad		X	Y	H
H1	<i>No identificada</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	390851	8969840	685
H2	<i>Auricularia auricula</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391094	8969703	714
H3	<i>Crysocephala aurantiaca</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391086	8969704	715
H4	<i>Oudemansiella Canarii</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391122	8969698	712
H5	<i>Cotylidia Diaphana</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391122	8969688	724
H6	<i>Trametes polyzona</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391186	8969737	723
H7	<i>Stereum ostrea</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391127	8969707	738
H8	<i>Favolus tenuiculus</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391205	8969780	755
H9	<i>Ganoderma sp.</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	24/05/2022	391257	8969797	763
H10	<i>Stereum lobatum</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	25/05/2022	391477	8969835	740
H11	<i>Lentinus crinitus</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	25/05/2022	391476	8969839	740
H12	<i>Hygroaster cleefii</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	25/05/2022	391479	8969837	740
H13	<i>Ganoderma sp.</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	25/05/2022	391567	8969874	801
H14	<i>No identificada</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	25/05/2022	391549	89699873	798
H15	<i>No identificada</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391549	8969844	806
H16	<i>Auricularia sp.</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391649	8969861	806
H17	<i>Ganoderma podocarpense</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391607	8969879	802
H18	<i>Rigidoporus microporus</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391601	8969899	792
H19	<i>Cookeina speciosa</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391507	8969880	759
H20	<i>Flaviporus brownii</i>	Perú	Huánuco	Leoncio Prado	Quebrada Cocheros	26/05/2022	391509	8969853	761

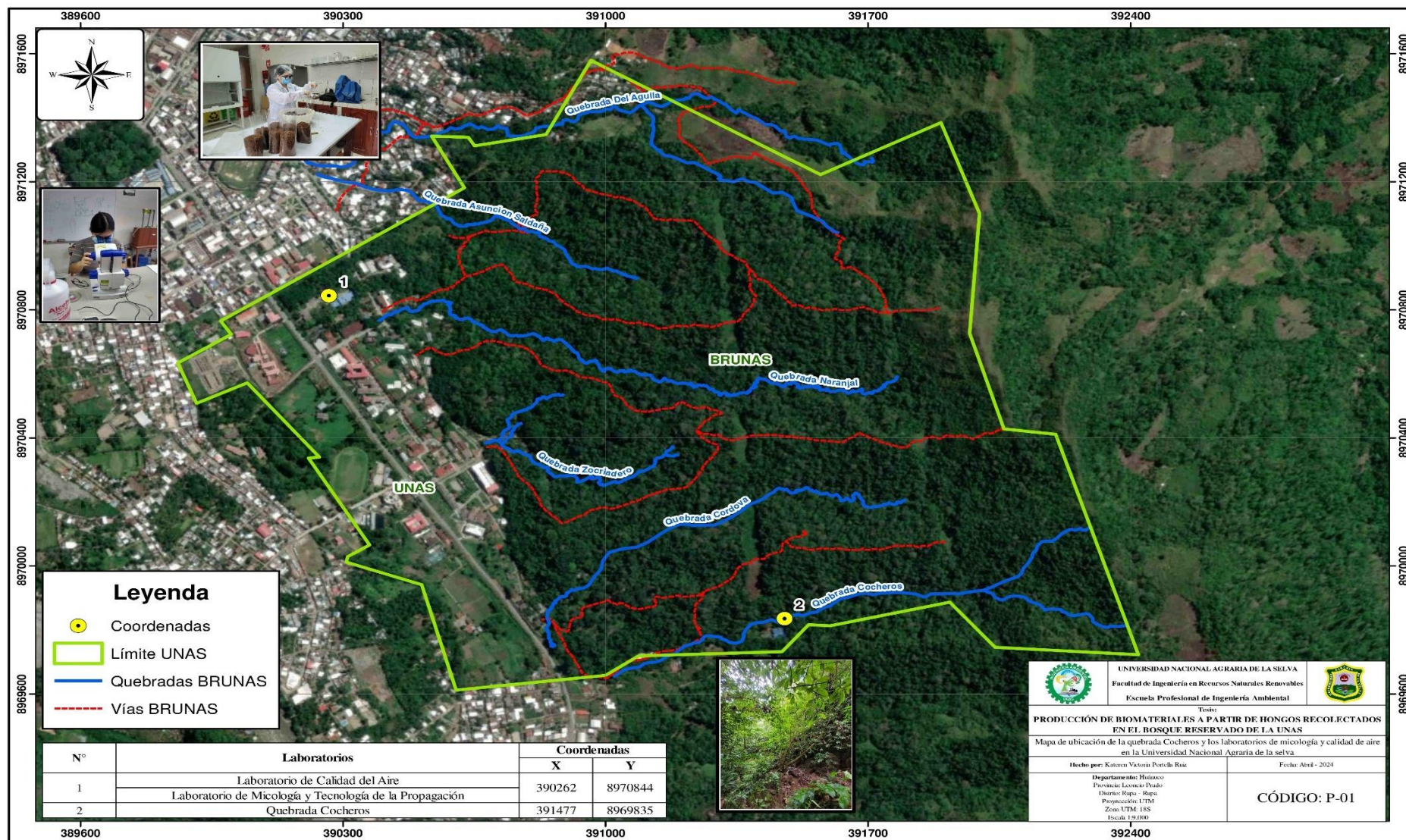


Figura 9. Mapa de ubicación geográfica del Laboratorio de Calidad del Aire, Laboratorio de Micología y la quebrada Cocheros.

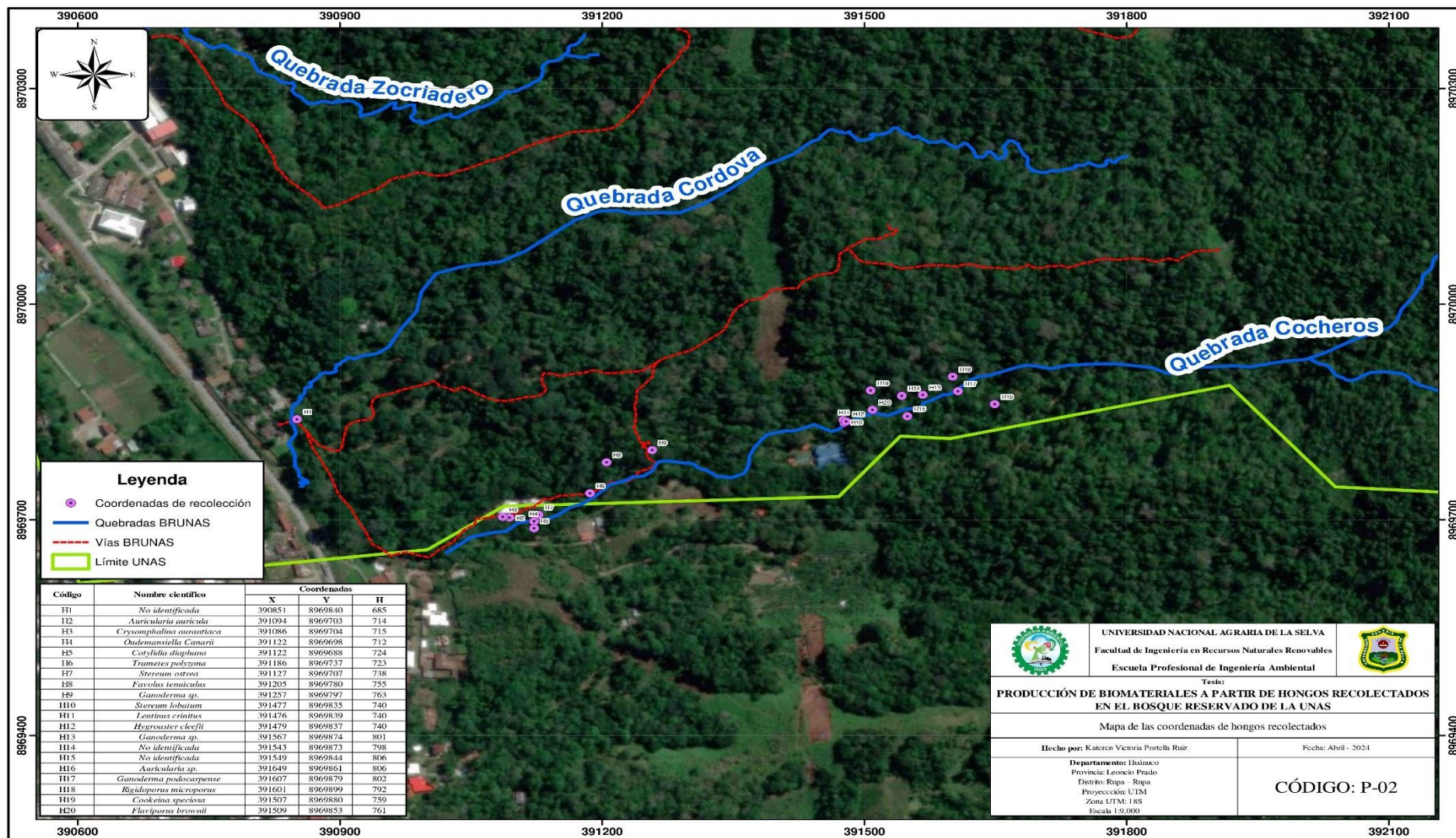


Figura 10. Mapa de ubicación geográfica de los puntos de recolección de hongos.

Anexo C. Detalles de la producción de biomateriales a base de micelio

Tabla 10. Medida del radio micelial de las especies durante ocho días.

Especie	Repetición	Días							
		1	2	3	4	5	6	7	8
H2	R1	0.2	0.6	0.8	1.2	1.4	1.7	2.1	2.2
	R2	0.4	0.6	0.9	1.2				
	R3	0.5	0.6	1	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8
	R4	0.2	0.6	0.9	1.2	1.7	1.9	2.1	2.2
	R5	0.2	0.4	0.8	1	1.7			
	R6	0.4	0.8	1.1	1.4	1.6			
	R7	0.4	0.6	0.9	1.2	1.6	2	2.2	2.4
	R8	0.3	0.7	1	1.3	1.6	1.9	2.3	
	R9	0.4	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	2	2.1
	R10	0.4	0.6	1.1	1.3	1.5	1.8	1.9	
	Promedio	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.0	2.1
H3	R1	0.3	0.5	0.8	1	1.5	1.7	2	2.2
	R2	0.5	0.7	0.9	1.2	1.4	1.5	1.8	2
	R3	0.5	1.2	1.2	1.3	2	2.3	2.6	2.8
	R4	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.5	1.9	2
	R5	0.4	0.7	0.8					
	R6	0.5	0.8	1					
	R7	0.4	0.7	1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9
	R8	0.4	0.6	0.8	1	1.3			
	R9	0.4	0.7	0.9	1	1.2	1.4	1.6	1.8
	R10	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.7	
	Promedio	0.4	0.7	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1
H6	R1	0.4	0.7	1	1.3	1.7			
	R2	0.4	0.7	1					
	R3	0.3	0.6	0.8	1.3	1.5			
	R4	0.5	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	
	R5	0.3	0.6	0.9	1.2				
	R6	0.4	0.7	0.8	1.2	1.4	1.7	2.1	2.6
	R7	0.4	0.7	1	1.2	1.5	1.9	2.3	2.5
	R8	0.4	0.7	0.9	1.2	1.9	2.1	2.5	2.8
	R9	0.4	0.7						
	R10	0.3	0.6	0.8	1.1	1.6	1.8	2.2	2.4
	Promedio	0.4	0.7	0.9	1.2	1.6	1.9	2.2	2.6
H20	R1	0.6	1.2						
	R2	0.6	1.3	1.5	2.2	2.6			
	R3	0.6	1.1	1.6	2.1				
	R4	0.7	1.6	1.7	2.5				
	R5	0.7	1.3	1.6	2.5	2.9	3.2		
	R6	0.6	1.3	1.8	2.4				

R7	0.6	1.4	1.8				
R8	0.8	1.4	1.8	2.3	3		
R9	0.7	1.3	1.9	2.3			
R10	0.7	1.5	2	2.4	2.8	3.2	3.7
Promedio	0.7	1.3	1.7	2.3	2.8	3.2	3.7

Tabla 11. Tasa de crecimiento de las especies seleccionadas.

Día	Especie			
	H2	H3	H6	H20
1	0.3	0.4	0.4	0.7
2	0.6	0.7	0.7	1.3
3	0.9	0.9	0.9	1.7
4	1.2	1.1	1.2	2.3
5	1.5	1.4	1.6	2.8
6	1.8	1.6	1.9	3.2
7	2	1.9	2.2	3.7
8	2.1	2.1	2.6	3.7
Tasa de crecimiento	1.3	1.3	1.4	2.4

Tabla 12. Tiempo de crecimiento micelial en granos de cebada y trigo.

Grano	Hongo	Repetición	Tiempo (días)	Crecimiento	Contaminación	
Cebada	H2	G1	28	x		
		G2	28	x		
		G3	31	x		
		G4	29	x		
	H3	G1	23	x		X
		G2	23	x		X
		G3	-			X
		G4	-			X
	H6	G1	14	x		
		G2	12	x		
		G3	13	x		
		G4	12	x		
		G5	13	x		
		G6	12	x		
	H20	G1	21	x		
		G2	19	x		
		G3	-			X
		G4	-			X
	Trigo	H2	G1	-		

		G2	-			
	H3	G1	-			
		G2	-			
		G1	16	x		
	H6	G2	15	x		
		G3	16	x		
		G4	18	x		
	H20	G1	-			X
		G2	-			X

Tabla 13. Tiempo de crecimiento micelial en aserrín durante el embolsado y reembolsado.

Sustrato	Hongo	Rep.	Embolsado			Reembolsado		
			Tiempo (días)	Crecim	Contamin	Tiempo (días)	Crecim	Contamin
		S1	33	x		32		X
		S2	33	x		32		X
	H2	S3	33	x		32		x
		S4	33	x		32		x
		S1	77	x		28	x	
		S2	77	x		28	x	
		S3	77	x		28	x	
Aserrin	H6	S4	77		X	-	-	-
		S5	77	x		27	x	
		S6	77	x		27	x	
		S7	77	x		27	x	
		S1	77		X	-	-	-
	H20	S2	77		X	-	-	-
		S3	77		X	-	-	-
		S4	77		X	-	-	-

Tabla 14. Densidad de los biomateriales en g/cm³.

Hongo	Envase	Repetición	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)	Promedio
		B1	2,35	14,47	0,16	
		B2	2,1	13,88	0,15	
H6	Circular	B3	2,34	14,47	0,16	0,16
		B4	-	-	-	
		B5	2,29	13,2	0,17	
		B6	1,93	12,67	0,15	

	B7	1,98	12,67	0,16	
	B8	1,61	10,86	0,15	
	B9	-	-	-	
	B10	1,92	12,67	0,15	
	B11	1,92	12,67	0,15	
	B12	2,09	13,88	0,15	
	B13	2,27	12,67	0,18	
	B14	2,24	14,48	0,15	
	B15	-	-	-	
	B1	1,37	10,44	0,13	
	B2	1,65	11,25	0,15	
	B3	1,64	10,35	0,16	
	B4	-	-	-	
	B5	1,4	9,52	0,15	
	B6	1,47	11,59	0,13	
	B7	1,63	10,8	0,15	
	B8	-	-	-	
	B9	1,42	10,58	0,13	
Rectangular	B10	1,33	10,84	0,12	0,14
	B11	1,53	11,48	0,13	
	B12	1,38	12,27	0,11	
	B13	-	-	-	
	B14	1,21	8,64	0,14	
	B15	1,29	9,72	0,13	
	B16	1,33	9,94	0,13	
	B17	1,38	9,5	0,15	
	B18	1,44	10,13	0,14	
	B19	1,56	8,83	0,18	
	B20	1,57	12,22	0,13	

Anexo D. Panel Fotográfico



Figura 11. Preparación de medio de cultivo.



Figura 12. Registro de la ubicación de los basidiocarpos.



Figura 13. Registro de datos de la especie.



Figura 14. Extracción de la muestra.



Figura 15. Desinfección de las muestras.



Figura 16. Extracción de la cepa.



Figura 17. Corte del basidiocarp.

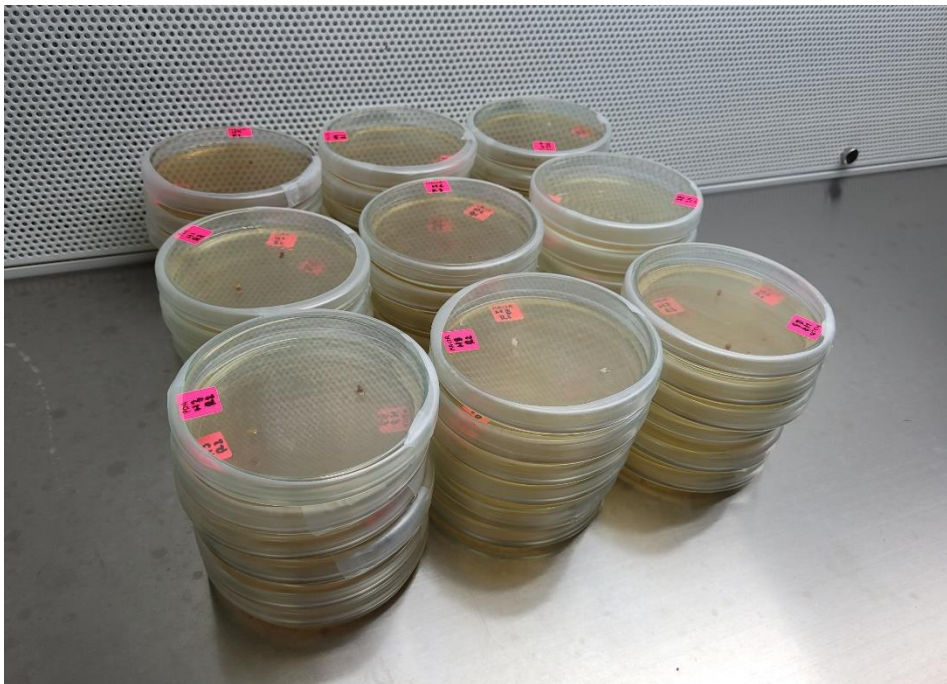


Figura 18. Cepas sembradas en medio Agar Papa Dextrosa y Extracto de Malta.



Figura 19. Selección de especies con mayor crecimiento.

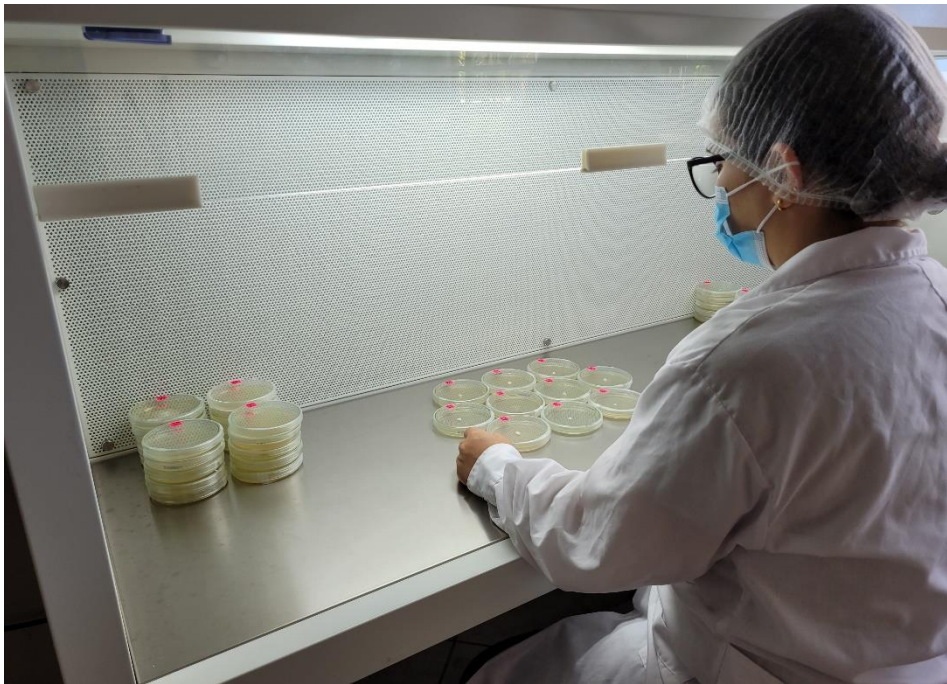


Figura 20. Repique de las muestras seleccionadas.

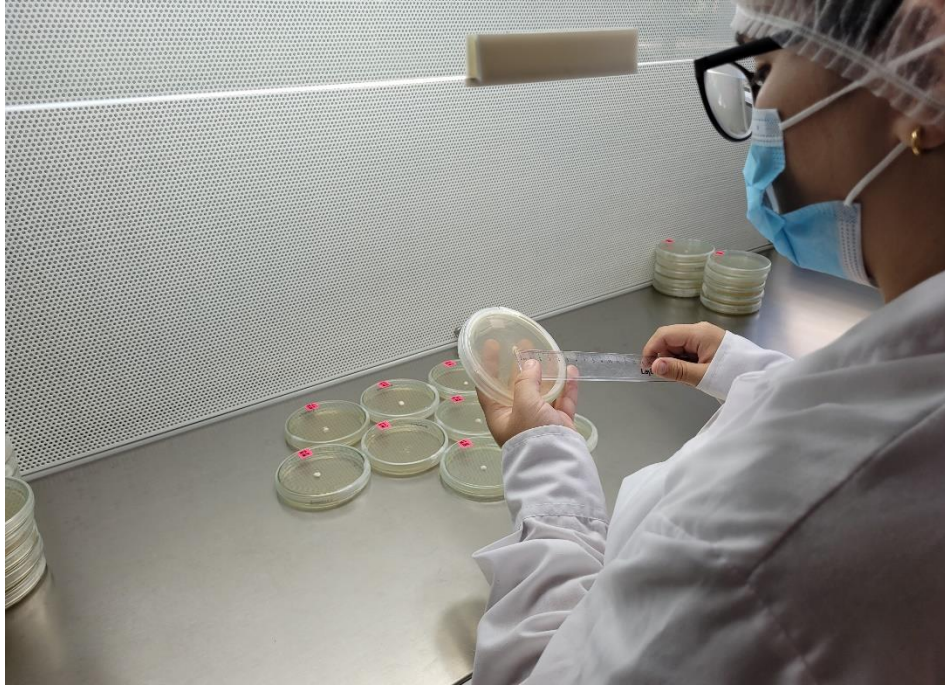


Figura 21. Medición del micelio en las placas.



Figura 22. Recojo de aserrín para el sustrato.



Figura 23. Madera para cajonería.



Figura 24. Mezcla del sustrato.



Figura 25. Crecimiento del micelio en placas.



Figura 26. Selección de semillas.



Figura 27. Esterilización de semillas en autoclave.



Figura 28. Siembra de micelio en semilla.



Figura 29. Embolsado de sustrato.



Figura 30. Sustrato embolsado.



Figura 31. Esterilización de sustrato en autoclave.



Figura 32. Siembra de semillas en el sustrato.



Figura 33. Armado del estante para almacenar los sustratos.



Figura 34. Almacenamiento de los sustratos inoculados.



Figura 35. Crecimiento del micelio en el sustrato.

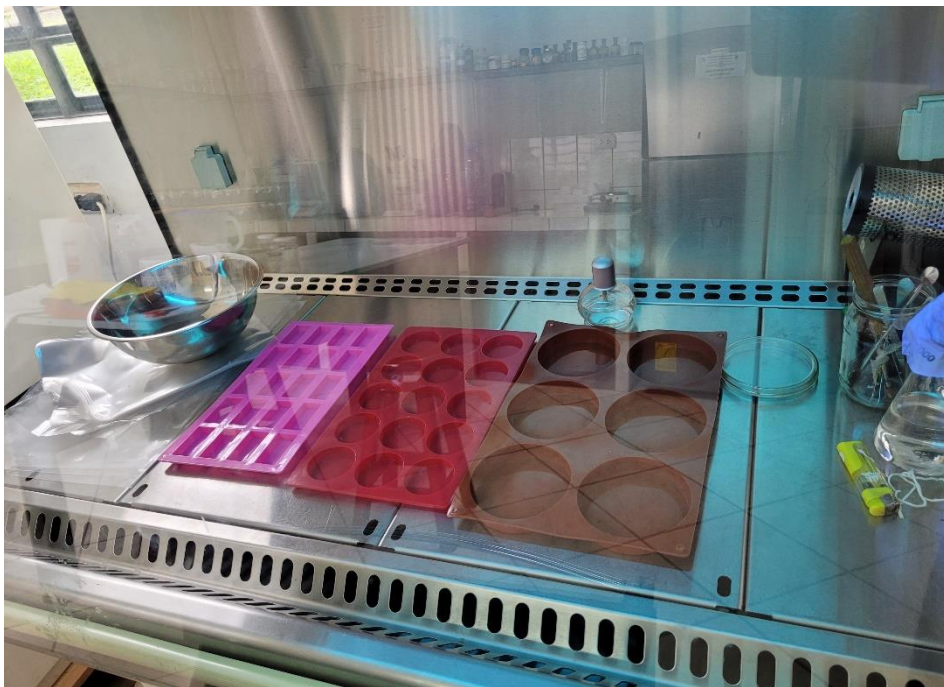


Figura 36. Desinfección de moldes con luz UV.



Figura 37. Llenado del sustrato en los moldes.



Figura 38. Medición de los biomateriales.



Figura 39. Pesado de los biomateriales.

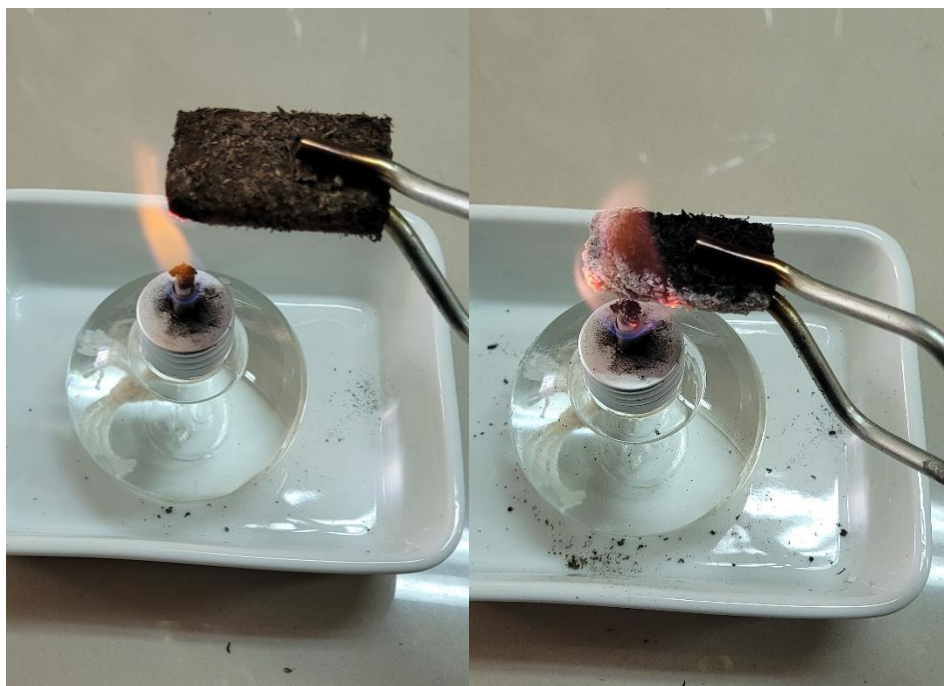


Figura 40. Combustión del biomaterial.



Figura 41. Resultado de la combustión del biomaterial.