

## MICELIO COMPRIMIDO



Estudio sobre compactación de micelio para su uso en la arquitectura

## Índice

Motivación	3
Introducción	4
Área de Investigación	5
Pregunta de Investigación	5
Objetivos	5
Marco Teórico	6
Reino Fungi	7
producción de micelio	8
Referentes	14
Resumen	14
Procesos	15
Instrumentos	16
Experimentación N°1	20
Experimentación N°2	24
Experimentación N°3	28
Experimentación N°4	31
Resultados	44
Conclusión	45
Proyecciones	46
bibliografía	

## Motivación

En los últimos 60 años, nuestra sociedad se ha visto transformada completamente por la implementación de nuevas tecnologías, que llegaron a cambiar desde la forma en que nos comunicamos a la forma en que nos desenvolvemos con nuestro entorno. Siendo esta una era donde lo que antes era fantasía hoy se convierte en realidad, no podemos negarnos a pensar en grande y tratar de resolver, con estas nuevas herramientas, los problemas que nos afectan hoy como sociedad, como lo son la contaminación, el cambio climático y el agotamiento de recursos. Viéndolo desde el punto de vista de la arquitectura y la construcción, se han desarrollado muchos avances que permiten reducir la contaminación generada por las construcciones, tanto en impacto ambiental como en residuos. Sin embargo, creo que la solución para muchos de estos problemas debería estar ligada completamente a la naturaleza y lo orgánico, con el fin de poder generar un cambio radical en la forma de construir. La ambición de poder generar un cambio en la

## Introducción

Hoy en día, el mundo de la construcción es uno de los principales contaminantes al medio ambiente a nivel mundial, generando una gran cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD). Según la European Commission, los RCD son responsables de más del 33% de todos los residuos generados en toda la Unión Europea. En el caso de Chile, según Construye2025, un programa impulsado por la CORFO, se estima que el 35% de los desechos sólidos del país provienen del sector de la construcción y la demolición. Según el Minvu para el 2025 se espera que estos desechos alcancen las 7.4 toneladas anuales. Los principales problemas de estos residuos es que son pesados y voluminosos, por lo que su movilidad es costosa, no se pueden incinerar y no son compostables.

Como respuesta a esta problemática han surgido normativas que regulan las responsabilidades de las empresas constructoras con el objetivo de poder reciclar y reducir los RCD, pero estos nunca son reciclables en su totalidad. También han surgido diferentes investigaciones y propuestas en cuanto a materiales que podrían reducir este impacto medio ambiental, tanto en los residuos de producción que se generan para la construcción de la obra, como en los residuos que esta genera al terminar su vida útil. El objetivo de esto es poder tener una economía sustentable, tanto en términos económicos, como medio ambientales, donde sea posible construir a un bajo costo a corto, mediano y largo plazo.

La biofabricación es una de las opciones más exploradas en los últimos tiempos, por las posibilidades de biodegradación que ofrecen los biomateriales conformados. Las cualidades de estos biomateriales o materiales biobasados, tienen directa relación con su procedencia, y los procesos de biofabricación que se aplique a cada caso en particular. Es por esta razón, que la biofabricación hoy en día está siendo utilizada en muchos aspectos de la sociedad, como sistemas de packaging, confección de muebles, ropa, elementos decorativos, entre otros, la arquitectura.

Uno de los biomateriales que ha generado expectativas con sus recientes aplicaciones, es el Micelio. Un biomaterial que se encuentra presente en la naturaleza, siendo esta la parte vegetativa de los hongos. Ofrece una serie de características que pueden asemejarse mucho a los materiales de construcción que se utilizan hoy en día a nivel mundial, como el hecho de ser totalmente biodegradable, de gran resistencia mecánica, con alta resistencia al fuego, impermeabilidad al agua, entre otros.

El fin de esta investigación es un estudio práctico en cuanto a los procesos de biofabricación que pueden aplicarse al micelio para ampliar el uso de este a diferentes aspectos y escalas de la arquitectura.

## Área de investigación

El concepto biomateriales ha utilizado desde el siglo XX para hacer mención de objetos creados con fines médicos. Según la definición de la RAE, los biomateriales son un “Material tolerado por el organismo, utilizado para prótesis y otros fines”. Sin embargo, hoy en día este término se puede asociar a materiales derivados de la biomasa. Bajo la necesidad anteriormente descrita, de generar una economía ecológica y sustentable en cuanto a los desechos que hoy genera la construcción, esta investigación se basará en la exploración de procesos de biofabricación aplicables al micelio. Hoy en día el micelio tiene diferentes usos gracias a su investigación, desde la confección de muebles, artículos de embalaje, construcción de ladrillos, estructuras efímeras, entre otros. Una de las cualidades más importantes del micelio, entre otras que posee, es el hecho de ser completamente biodegradable. Esto quiere decir que tanto su proceso de biofabricación, como el manejo de sus residuos, tiene un porcentaje de emisión muy bajo para el medio ambiente. Si bien ya se han levantado estructuras en base a micelio, el área que este abarca dentro de la arquitectura es mínimo. La mayoría de las estructuras son efímeras y las que no utilizan el apilamiento como método estructural, por lo general necesitan elementos adicionales para ayudar a sostener el total de la estructura. Esta investigación busca biofabricar micelio, donde a través de diferentes procesos de biofabricación y de post producción del material, se logre generar un nuevo método constructivo, permitiendo la implementación de este biomaterial en estructuras más complejas, durables y con una proyección mayor en el tiempo.

## Pregunta de Investigación

¿Qué procesos de biofabricación se pueden aplicar al micelio para mejorar sus cualidades aplicables a la arquitectura y ampliar su uso en esta?

### Objetivos

Explorar procesos de biofabricación, aplicables al micelio para mejorar sus cualidades y ampliar su aplicación en área de la construcción.

Investigar los procesos o tratamientos que pueden modificar las cualidades del micelio en una etapa de producción

Desarrollar una etapa experimental de aplicación de prensado que puedan modificar el comportamiento del micelio.

Analizar los resultados de la experimentación en base a las condiciones que permitan un mejor desempeño del micelio como un elemento arquitectónico y constructivo.

## Marco teórico

### Renio Fungi

Hace millones de años, cuando la tierra ni siquiera estaba poblada por las plantas, la superficie terrestre estaba habitada por bacterias y hongos. Los hongos se alimentaban de los minerales de la roca volcánica que cubría la corteza. Estos liberaban esporas, las cuales, al entrar en contacto con la roca volcánica, liberaban ácido, lo que les permitía romper la superficie de la roca. Luego, pequeños filamentos que surgían de la espora, se abrían paso a través de la roca por un medio de un proceso que podría llamarse una “minería molecular”, con el fin de alimentarse de sus minerales. Este proceso llevado a cabo por los hongos permitió transformar la roca volcánica en tierra, de cierta manera, preparando el terreno para la llegada de las primeras plantas. De esta manera las algas que habían surgido en el agua generaron relaciones simbióticas con los hongos presentes en las rocas, permitiendo a las plantas obtener nutrientes fuera del agua y comenzar a habitar en la tierra.

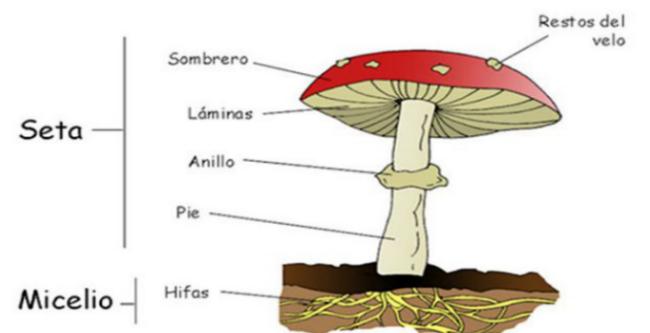
Los hongos están clasificados en un reino aparte de las plantas y los animales, estos pertenecen al reino Fungi. Estos pueden tener variadas formas, colores y tamaños. Se estima que en el mundo existen alrededor de 1.500.000 especies de hongos, según Guzmán (1995), en una estimación llevada a cabo en Inglaterra. En el año 2019 un proyecto financiado principalmente por la UE y la Fundación de Ciencias de Estonia, se lograron descubrir 80,486 nuevas especies, pero se estima que aún no se conoce ni el 50% del total existente.

Para entender cómo funcionan estos organismos, podemos decir que su anatomía se divide en dos partes, la seta y el micelio.

La Seta es lo que comúnmente nosotros llamamos “hongo”, pudiéndose entender esto como el pie y el sombrero que conforman la seta. Esta parte del hongo es el cuerpo fructífero del organismo y a través de la producción de esporas permite la reproducción sexual del hongo. Por otra parte, el micelio es el verdadero cuerpo del hongo, que se encuentran en la tierra o madera donde crece el hongo. Está conformado por un conjunto de filamentos denominados hifas, las cuales se propagan en la superficie donde comienzan a proliferar el organismo, con el fin de obtener nutrientes. El micelio, por lo tanto, conforma el aparato vegetativo del organismo.

La parte que nosotros podemos ver del hongo a simple

vista es, por lo general una pequeña porción del organismo completo. Las hifas que conforman al micelio pueden extenderse por kilómetros, generando relaciones simbióticas con árboles y plantas, facilitando el intercambio de nutrientes entre ellos y también favoreciéndose de esto. A este fenómeno se le llama Wood Wide Web, donde los hongos son agentes importantes en la conformación de ecosistemas y en la mantención del equilibrio ecológico. Uno de los especímenes más grandes conocidos se encuentra en Michigan, Estados Unidos. Tiene una edad aproximada de 2.500 años, un peso cercano a las 400 toneladas y se extiende a lo largo de 75 hectáreas.



Fuente imagene: <http://galicianopeto.blogspot.com>

### Producción de micelio

Dentro de la vasta lista de especies de hongos, existen diversas maneras en que las diferentes especies se reproducen. Algunos tienen la capacidad de reproducirse de manera sexual y asexualmente. Otras especies se reproducen solo de manera asexual, implicando solo a un padre y otras solo sexualmente, implicando a dos padres.

Los métodos de reproducción asexual se dividen en tres: Reproducción por esporas. En la seta del hongo se producen esporas, que son liberadas al aire cuando esta llega a un estado maduro de fructificación.

Reproducción por gemación se produce cuando una parte de la seta se rompe, separándose del organismo original y pasando a ser un nuevo organismo.

Reproducción por fragmentación sucede cuando un trozo de micelio se separa del cuerpo del hongo. Este nuevo organismo puede producir una nueva colonia de hongos.

La reproducción sexual en los hongos se produce cuando dos hifas haploides se reúnen y fusionan sus núcleos. Al ser dos padres, diferenciados en el caso de los hongos como (+) o (-), esto aumenta la diversidad genética en la especie.

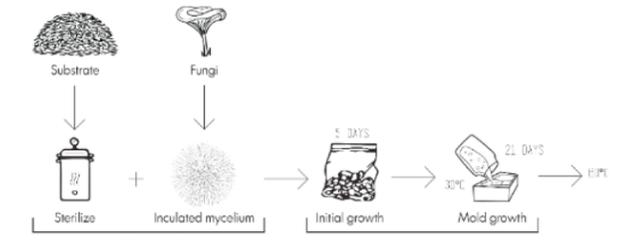
Para la producción de micelio, por lo tanto, la manera de obtener una especie de hongo para su reproducción es variada. Puede ser a través de sus esporas o recolectando hongos en áreas verdes, dependiendo de la especie. Además del hongo, se requiere biomasa que sirva de alimento para el hongo, la cual será colonizada por las hifas hasta conformar el micelio.

Para comenzar la producción del micelio, se puede seccionar una parte de la seta o esporas de estos, disponiéndolas en una placa Petri esterilizada. La placa debe contener agar, lo que servirá de alimento para el organismo y permitirá el crecimiento de micelio en esta placa. Una vez que el micelio está formado, al cabo de unos 6 días, este puede seccionarse y mezclarse con la biomasa, de forma que comience a colonizarla. En este punto de la biofabricación se puede traspasar el cultivo a un molde para que este tome su forma o se puede dar unos días dentro de un recipiente, para que el micelio comience a alimentarse de la biomasa, generando una producción mayor.

Luego de que el micelio termina de absorber todos los nutrientes de la biomasa, suponiendo que el cultivo tuvo condiciones óptimas de crecimientos, el resultado debería ser un micelio sólido, donde toda la biomasa fue absorbida por el organismo, pasando este a tener su forma.

Cuando se quiere detener el proceso de crecimiento del cultivo, este puede ser llevado al horno a una temperatura

aproximada de 45° donde el organismo muere, conservando sus cualidades físicas. Este proceso también puede no realizarse y el organismo puede seguir creciendo, alimentándose e incluso aportando setas comestibles en algunos casos.



Fuente De Bruin, S. (2019). Mycelium; Building Block for Parkstad Limburg. Faculty of Architecture & the Built Environment, Delft University of Technology.

## Referentes

### MycoTree

Autor: Research Group at ETH Zürich / Karlsruhe Institute of Technology  
Año: 2017

El proyecto se basa en crear una estructura portante en base a micelio. Conectados a través de placas de bambú y piezas metálicas que actúan como fijaciones y conectores, los módulos de micelio soportan la carga de la estructura.

La fabricación de los módulos, en cuanto a lo que la producción del micelio respecta, se podría resumir en tres partes. Primero, se inocula biomasa estéril con tejidos de micelio dentro de un contenedor también estéril. Después de unos días, los filamentos que conforman el micelio comienzan a degradar y alimentarse de la biomasa. Como segundo paso, la biomasa colonizada es traspasada a los moldes que dan forma a la estructura, donde el organismo continúa con su proceso de degradación de la biomasa hasta obtener una forma final más densa. En este punto la biomasa ha sido digerida por el organismo, convirtiéndose en micelio. Como parte final de la producción de los módulos se dejan secar, deteniendo el crecimiento del organismo.

El elemento resultante luego de este proceso es completamente biodegradable transformándose en nutriente para otro organismo.

Fuente imagenes: <https://www.world-architects.com>



### Growing Pavilion

Autor: Company New Heroes / Dutch Design Foundation  
Año: 2019

El proyecto implementa el uso del micelio como un cerramiento/envolvente de la estructura, en conjunto con una tenso estructura como cerramiento superior que canaliza el agua. El micelio no juega un papel estructural en el proyecto, pudiendo estos paneles ser removidos y cambiados según las necesidades espaciales del proyecto.

Fuente imagenes: <https://thegrowingpavilion.com>



### Autor: The Living, Hy-fi

Año: 2014

Esta estructura está hecha en base a ladrillos de micelio cultivados en moldes, siendo estos moldes dispuestos en la parte superior de la torre.

La torre estuvo 3 meses en el lugar donde fue construida. Luego de este periodo los ladrillos de micelio fueron compostados y los moldes de acero retirados pudiendo ser reutilizados.

Fuente imagenes: <https://www.archdaily.com>



## The circular garden

Autor: CRA-Carlo Ratti Associati para ENI

Año: 2019

Para la construcción de las estructuras, se construyó un kilómetro de micelio, seccionado en 60 arcos de 4 metros de largo. El arquitecto se inspiró en Antonio Gaudí para dar estabilidad a los arcos, por lo que su morfología viene de las catenarias invertidas. Luego de la exposición los arcos fueron compostados, volviendo a la tierra.

Fuente imagenes: <https://carloratti.com>



## Shell Mycelium

Autor: Indio Beetles 3.3 / Yassin Arreida Design

Año: 2016

Esta estructura está hecha en base a madera, modulada de manera triangular, logrando una estructura final arqueada. Sobre los módulos triangulares de la estructura es puesta la biomasa inoculada con esporas de hongos. El micelio comienza a colonizar y degradar la biomasa y la madera, convirtiéndose toda la estructura en micelio, para luego degradarse y comportarse.

Fuente imagenes: <https://www.plataformaarquitectura.cl>



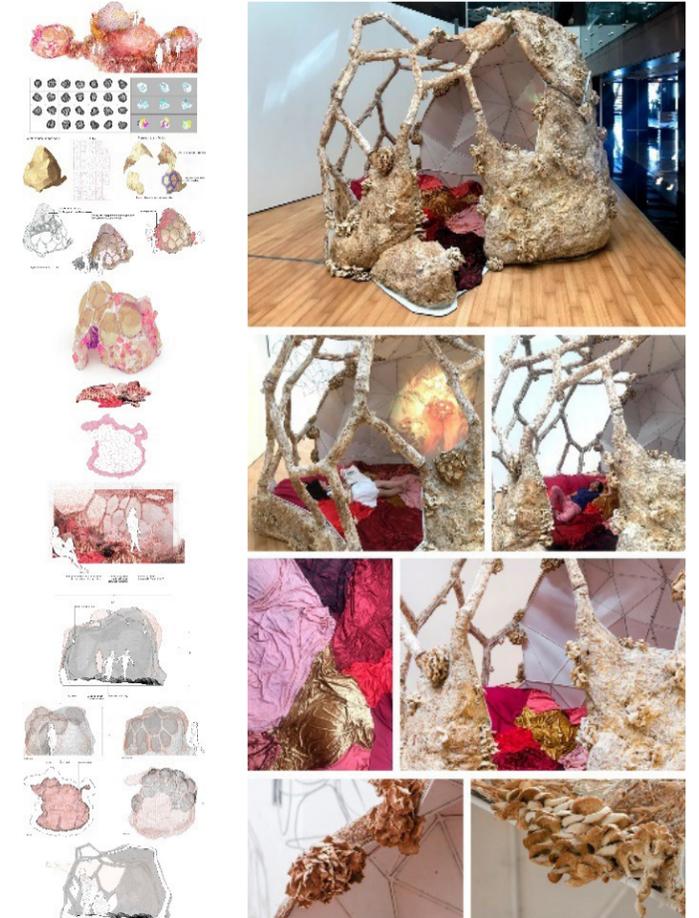
## Mycelium Chair

Autor: Studio Erick Klarenbeek

Año: 2013

Con una mezcla de agua, paja en polvo y micelio, se pudo fabricar esta silla por medio de impresión 3D. La mezcla conforma la estructura del interior de la silla, mientras que una fina capa de bioplástico la envuelve para contener el crecimiento del hongo. El resultado es un material sólido, pero extremadamente liviano. En el momento en que comenzaron a brotar las setas en la silla, esta fue secada para detener su crecimiento

Fuente imagenes: <https://www.dezeen.com>



## Breeding Space

Autor: Maria Mallo

Año: 2019

El módulo creado está prácticamente vivo, tiene la capacidad de alimentarse, crecer, regenerarse, e incluso entregar subproductos comestibles. Esto, gracias a que, en la etapa final de la producción de micelio, su crecimiento no fue detenido, manteniéndose vivo el organismo. La estructura del proyecto está hecha, en su exterior, de placas irregulares de micelio, en su interior necesito de elementos auxiliares para su estructuración, como metal y madera.

Fuente imagenes: <https://www.plataformaarquitectura.cl>



## Grow Structures

Autor: Vesaluma / Astudio

Año: 2017

En este proyecto, el micelio es mezclado con cartón antes de ser vaciado en los moldes. El conjunto de micelio y cartón es cubierto en telas de algodón y dispuesto en moldes para su crecimiento. Como resultado final, la estructura final está unida por completo, permitiendo mantener la forma que se le dio a través del moldaje. El tiempo dentro del molde fue alrededor de 4 semanas. Como el proceso de crecimiento no ha sido detenido, sobre la estructura crecen setas comestibles.

Fuente imagenes: <https://materialdistrict.com>



## Fungal Futures Bio Ex - Machina

Autor: Oficina Corpuscoli

Año: 2014

Esta oficina explora las posibilidades que entregan distintos tipos de hongos en conjunto con distintos tipos de biomásas, además de explorar las cualidades particulares de cada uno y ligarlo directamente a una producción modular e industrial del micelio. Para poder imprimir el micelio en la impresora 3D se necesita un material que sea capaz de ser extruido, pero al mismo tiempo que no se deforme al ser dispuesto en su lugar. Para esto se trabaja el micelio y la biomasa en un grano muy fino.

Fuente imagenes: <https://www.corpuscoli.com>



## Mycotecture

Autor: Phil Ross

Año: 2015

A través del moldaje se da forma a los ladrillos de micelio que conforman esta estructura. Los ladrillos tienen intencionalmente una cara superior libre, cuya cara no es lisa y en la cual también crecen las setas del hongo. De esta manera se posicionan estas caras orientadas hacia arriba en los ladrillos que conforman el arco. Otorgando un interior más acabado de la pared de la estructura y hacia el exterior una superficie rugosa, con un aspecto más "orgánico", sobre el cual crecen hongos comestibles.

Fuente imagenes: <https://www.moma.org>



## Poliominoes

Autor: MycoWorks

Año: 2008

Este proyecto explora las capacidades de modulación que se pueden obtener a través del moldaje con el micelio, específicamente la capacidad de actuar como un elemento constructivo y modular que sea capaz de reemplazar o relacionarse con los materiales constructivos actuales y sus modulaciones. Las relaciones morfológicas que se producen con las distintas modulaciones podrían permitir una medición del desempeño del micelio en distintas exigencias estructurales.

Fuente imagenes: <https://www.pinterest.cl>



## Resumen

Tomando en consideración la información antes expuesta, se identifican ciertas variables dentro del proceso de bio-fabricación del micelio, que podrían ser clave como punto de partida en la fase experimental:

La afinidad que tengan la especie de hongo con la biomasa que se utiliza para la producción. Hay ciertos tipos de hongos que crecen de una manera más homogénea y rápida al momento de ser alimentado con una biomasa específica. Un ejemplo de esto es la especie *Pleurotus ostreatus*, comúnmente conocido como "hongo ostra", cuyo micelio presenta mejores índices de crecimiento cuando la biomasa en la cual es inoculado es el trigo.

La homogeneidad en la colonización de la biomasa por parte de las hifas. Cuando se logra una colonización completa de la biomasa, el objeto resultante es mucho más resistente a golpes y esfuerzos. Si esta colonización no es homogénea, es muy probable que el micelio comience a despedazarse desde los espacios en los cuales las hifas del micelio no pudieron llegar. A veces esta colonización puede verse interrumpida por la llegada de agentes externos como bacterias u otros hongos que generen competencia por los nutrientes, por lo que el proceso de biofabricación debe ocurrir en un espacio esterilizado.

La aplicación de procesos o subprocesos, dentro de la biofabricación, pueden alterar las cualidades del resultado final. La mayoría de las investigaciones prácticas que se han realizado en base a micelio tiene una receta particular para la biofabricación del biomaterial. Algunas recetas investigan distintos tipos de biomasa con distintas especies

de hongos. Otras trabajan distintas granulometrías, tanto de la biomasa usada, como del micelio ya inoculado para depositar en moldes. También se han aplicado distintos procesos de post producción al micelio, como el prensado en calor, prensado en frío, extrusión en impresoras 3D y procesos de secado rápido y lento. Cada una de estas variables ha generado algún cambio en el producto final por mínimo que sea, afectando o su textura, o su peso, o su capacidad de soportar cargas, su volumen o su vida útil, entre otros.

Al final de la biofabricación, mantener el organismo vivo o detener su crecimiento, es determinante para el futuro del objeto. Cuando se obtiene un resultado final de la biofabricación de micelio, el organismo sigue vivo. Esto quiere decir que, si incorporamos más biomasa, este va a ser capaz de tomarla como nutriente, seguir creciendo y expandiéndose. También sería más vulnerable a su entorno, en el sentido de que se degradaría más rápido a causa de la acción de los agentes externos. Por otra parte, si se detiene el crecimiento del organismo por medio de la exposición de este a más de 38°, las condiciones que el objeto tendrá varían. Va a ser un producto más liviano, debido a la pérdida de agua por el calor. El organismo ya no será

capaz de seguir creciendo ni de expandirse convirtiéndose en un objeto inerte que conserva las cualidades físicas del micelio. Se reduce su vulnerabilidad al entorno, aunque si es expuesto directamente en un entorno natural este se degradara totalmente de igual manera.

Tomando en cuenta estas variables identificadas, profundizar en la inferencia que tiene el estado de la biomasa al entrar en contacto con el micelio, podría ser un punto de partida. Esto dado a la forma en que el micelio absorbe la biomasa y las huellas que la biomasa deja en el micelio. Hasta el momento, en las investigaciones observadas, solo se ha trabajado la biomasa en sus estados de granulometría, pero surge la interrogante, de que sucedería si la biomasa es trabajada en diferentes granulometrías, en diferente orden, proporciones, incluso como una estructura que pueda otorgar alguna cualidad extra al micelio en términos de su conformación.

La opción de intervenir la biomasa, en conjunto con todas las otras variables que se pueden aplicar en el proceso de biofabricación, podrían generar un cambio en cómo se utiliza hoy en micelio en la arquitectura.

## Experimentación

El proceso de investigación está contemplado en dos etapas experimentales. La primera parte enfocada en la obtención de un micelio capaz de colonizar la biomasa de manera homogénea.

Para eso se definen los siguientes procesos:

Obtención de diferentes muestras de esporas de hongos y de diferentes tipos de biomasa.

Inoculación de las biomásas con las distintas esporas, para estudiar su comportamiento y establecer compatibilidades.

Selección de un set de tres a cuatro combinaciones de esporas y biomasa para llevarlos a la fase de experimentación 2.

Para la etapa experimental N°2 se postula realizar pruebas de prensado del micelio.

Para poder realizar estas pruebas, se fabricarán moldes, que en primera instancia den forma al micelio, por lo que luego de que la biomasa sea inoculada, esta será dispuesta en los moldes para que tomen la forma de estos.

Por otra parte, se requiere llevar un control del crecimiento del micelio, por lo que estos deben tener alguna cara transparente para que no sea necesario abrirlos durante el tiempo de incubación del hongo. Para esto se propone hacer los moldes con madera y planchas de policarbon-

ato, las cuales pueden entregar un efecto de transparencia y al mismo tiempo actuar como aislante de cultivo, para protegerlo de cambios de temperatura y factores climáticos. Cada molde debe ser independiente, ya que, en caso de contaminarse un cultivo, los otros no corran peligro de infectarse.

## Instrumentos necesarios

Para la fase 1:

Para el cultivo:

- Placas Petri para iniciar el cultivo de micelio
- PDA como medio de cultivo
- Placa de calor
- Alcohol
- Guantes
- Caja de plástico
- Esporas de hongos

Para la inoculación:

- Biomasa como alimento del micelio
- Fracos para la inoculación
- Cartón o plástico para la fabricación de los moldes.

Para la fase 2:

- Madera y plástico para la fabricación de moldes en serie
- Herramientas necesarias para los procesos de biofabricación que se establecerán luego de la fase 1
- Prensa hidráulica
- Placas de metal
- Soplete

## Resultados esperados

Como resultado, se espera que el proceso de prensado sea capaz de mejorar las cualidades del micelio, tanto como su dureza, compactación, homogeneidad, entre otras.

también se espera poder comparar los resultados en base a las diferentes formas de prensar el micelio, como pueden ser la prensa en frío o con calor, esperando que la prensa con calor pueda entregar una forma más compacta y resistente, ya que sería una manera de aplicar un termoformado que actualmente se aplica en otros materiales

## Experimentación N°1

Para comenzar un cultivo de hongos se recolectan distintas especies encontradas en la naturaleza, con la intención de reproducirlos en un medio de cultivo y utilizarlos para las fases de moldaje propuestas anteriormente. Como medio de cultivo se utiliza una base de Agar en placas Petri esterilizadas previamente. Las especies recolectadas son dispuestas en las placas para que estas se reproduzcan por medio de sus esporas o por gemación dependiendo de cada especie.

Fueron recolectadas 3 especies de hongos distintas, con las cuales se hacen dos pruebas de cultivo por cada una de ellas.

### Procesos:

1. Esterilización de placas Petri
2. Preparación de Agar
3. Disposición de Agar en placas Petri
4. Disposición de muestras en placas

En los primeros días se pudo observar un crecimiento leve en cuatro de ellas, sin poder identificar si este crecimiento se debe al micelio o a bacterias externas. Al cabo de 10 días se puede identificar que el organismo que crece en las placas son bacterias que crecieron, en casi todos los casos, contaminando las muestras recolectadas. Se piensa que estas muestras estaban contaminadas previamente su recolección, por lo que se determina eliminar el cultivo para evitar contaminaciones previas.



Hongo silvestre

Fuente: elaboración propia



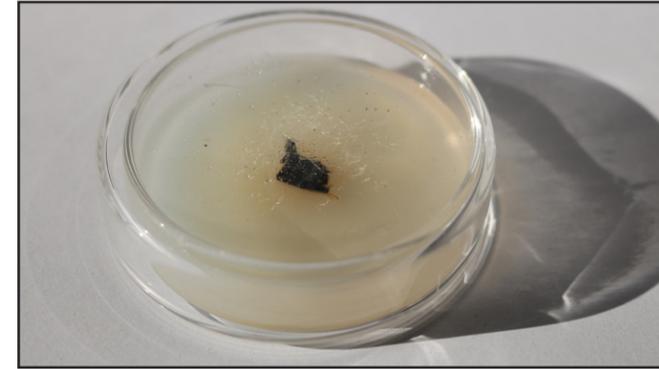
Astreatus Hygrometricus



Hongo silvestre

Fuente: elaboración propia

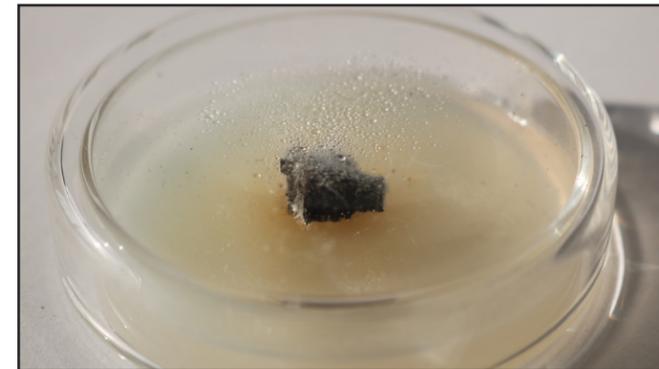
## Día 5 de cultivos



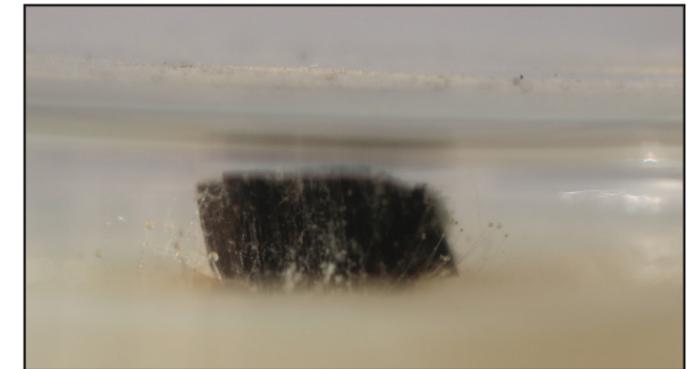
Fuente: elaboración propia



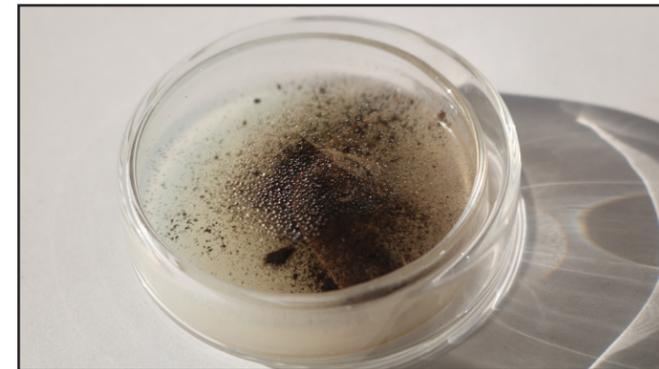
Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



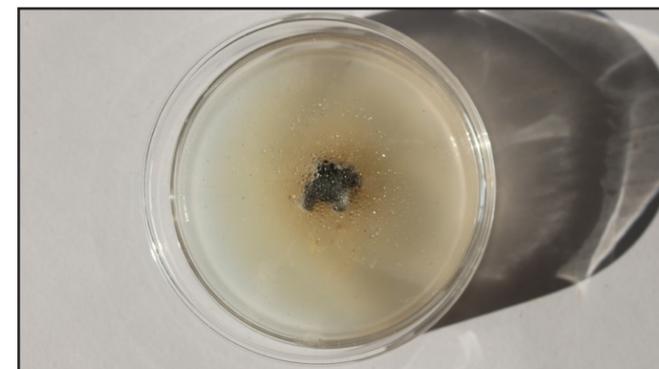
Fuente: elaboración propia



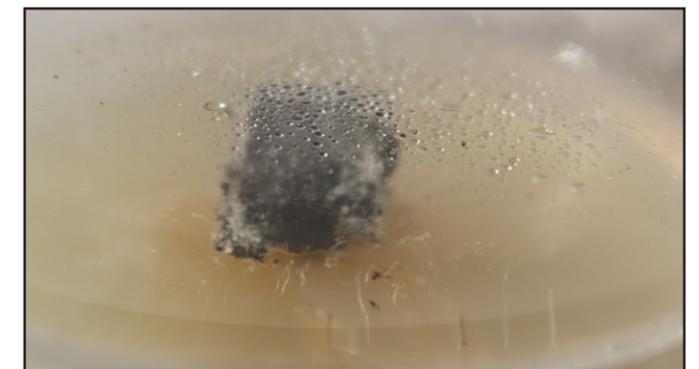
Fuente: elaboración propia



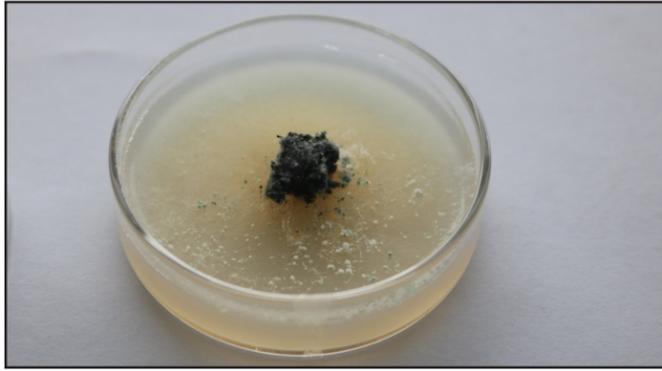
Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



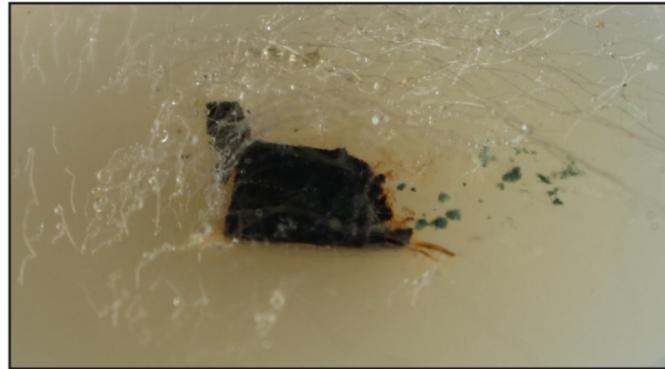
Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



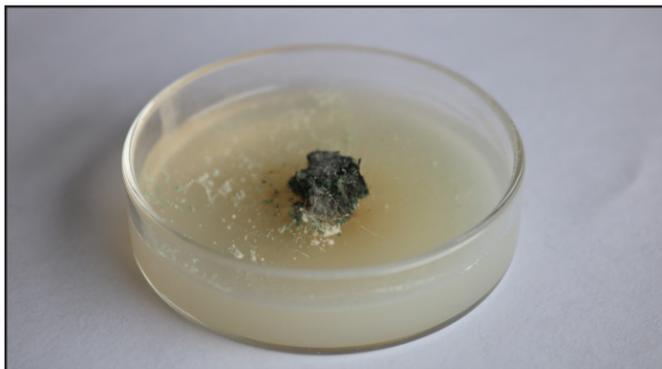
Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Conclusión de la experimentación N°1:

Todas las muestras obtenidas fueron contaminadas. Se cree que las muestras venían contaminadas posteriormente su recolección por lo que se decide trabajar con micelio en su estado puro y reproducirlo por medio de la inoculación de biomasa directamente

Por otra parte, el Agar parece no estar en un estado adecuado para la propagación de micelio. también es probable que las bacterias tengan ventaja en cuanto al hongo en la lucha por alimento.

## Experimentación N°2

Debido a la contaminación total de la primera etapa de cultivo se determina trabajar con semillas de micelio en su estado puro, el cual se puede conseguir en algunas tiendas que se dedican a la venta de hongos comestibles.

Para esta fase experimental se compran semillas de hongo *Pleotorus Ostreatus*, específicamente del hongo ostra y del hongo ostra perla. La elección de esta especie se debe a que, según investigaciones estudiadas, este presenta una capacidad de crecimiento relativamente rápida, estimada en un periodo de tres a cuatro semanas.

Con la intención de poder realizar más muestras, estas semillas se reproducen en un medio de cultivo en base a semillas de trigo previamente cocidas y esterilizadas.

### Procesos:

1. Esterilización de la biomasa
2. Esterilización de las bolsas contenedoras del cultivo
3. Disposición de la biomasa en bolsas esterilizadas
4. Disposición de la cosecha en un ambiente adecuado

### Especificaciones:

1. Esterilización: Para esterilizar la biomasa se necesita exponerla a una fuente de calor. El tiempo de exposición depende de la manera en que se introduce la biomasa. Para esta cosecha se introduce la biomasa en bolsas al vacío, las cuales poseen un agujero cerrado con cinta media, la cual permite que la bolsa respire, pero que no entren bacterias contaminantes. Estas bolsas se introducen a una olla a presión, la cual en su base y su borde disponen de moldes de aluminio, con el fin de que la bolsa sea expuesta al calor y la presión que se genera en la olla pero que no se derrita al tocar la base o bordes de esta. La biomasa debe permanecer una hora y media en la olla a partir del momento en que esta comienza a sonar, lo cual es indicador de que dentro se ha alcanzado una presión de 15 psi. Al final de este proceso, la biomasa debería ser estéril, ya que debido al calor y la presión todos los microorganismos deberían haber muerto.

2. Bolsas y frascos contenedores. Se utilizan bolsas al vacío para separar la biomasa en diferentes muestras. Estas bolsas están perforadas y esta perforación es cubierta con cinta medica al igual que las bolsas que se introducen a la olla a presión. Esto también con el fin de dejar respirar el cultivo sin dejar entrar bacterias que compitan con el hongo. En el caso de los frascos se realiza el mismo proceso que las bolsas, con una perforación en su tapa que es cubierto con cinta medica

3. Disposición de la biomasa: El traspaso de la biomasa, desde la olla a presión hasta las bolsas de cultivo se debe realizar en un ambiente sin viento y lo más estéril posible, para cuidar que el cultivo se contamine con bacterias o esporas que circulan en el aire. Para esto se esteriliza una zona de trabajo y se abre la olla justo en el instante en que las bolsas están esterilizadas, intentando de exponer la biomasa lo menos posible. Luego de esto las bolsas son cerradas y solo se abren una vez más para introducir las semillas de hongos.

4. Ambiente apropiado de la cosecha: Para que la cosecha tenga un crecimiento sano, esta debe permanecer con una temperatura constante entre los 20° y 27° C, además de encontrarse en un lugar oscuro donde no llega luz directa. Debido a la falta de un medio de control de temperatura exacto se ubican en un espacio aislado de la casa, donde no existen corrientes de viento ni cambios de temperatura bruscos, siendo este espacio un closet dentro de una bodega.

### Conclusión de la experimentación N°2:

Como conclusión de esta fase de experimentación se establece que la viruta y aserrín de pino no son las mejores para realizar un cultivo con estas especies de hongo en específico.

El micelio creció de buena manera en la paja de trigo, por lo que se decide continuar con esta biomasa a pesar de que se haya contaminado y agregar fibra de coco como biomasa para poder establecer puntos de comparación entre una y otra.

Se establece aumentar el tiempo de esterilización de las biomásas en la olla a presión para lograr una esterilización completa y evitar que las nuevas cosechas se infecten.

Por otra parte, se establece un lugar dentro de la casa que tenga menor variaciones de temperatura, las cuales pueden influir en la contaminación del cultivo.

## Cultivos en aserrín de pino



Día 5 cultivo ostra perla

Fuente: elaboración propia



Día 30 cultivo ostra perla

Fuente: elaboración propia



Día 60 cultivo ostra perla

Fuente: elaboración propia



Día 5 cultivo ostra

Fuente: elaboración propia



Día 30 cultivo ostra

Fuente: elaboración propia



Día 60 cultivo ostra

Fuente: elaboración propia

Cutlivos en viruta de pino



Día 5 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 30 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 60 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 30 cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 60 cultivo ostra Fuente: elaboración propia

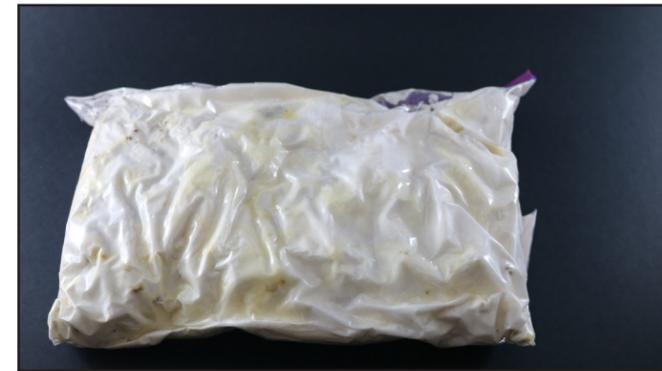
Cutlivos en semillas de trigo



Día 5 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 21 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



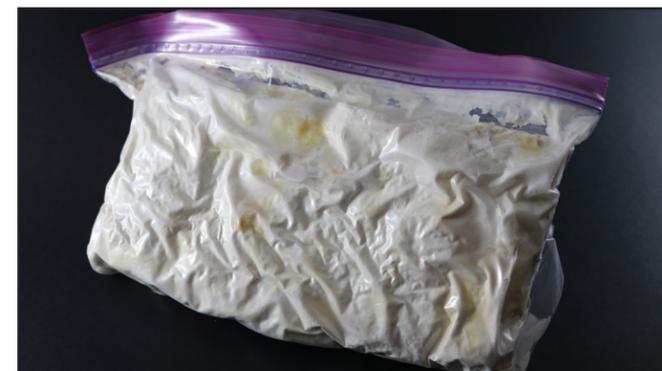
Día 30 cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 21 cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 30 cultivo ostra Fuente: elaboración propia

### Experimentación N°3

Para esta nueva fase experimental se realiza una cosecha de semillas de hongos en base al micelio obtenido de los proveedores. Esto con el fin de inocular la biomasa con micelio en su punto exacto de maduración y poder generar una correcta colonización de la biomasa. además, se aumenta el tiempo de cocción de la biomasa en la olla de presión con el objetivo de generar una esterilización total de esta.

#### Procesos:

1. Cocción de semillas de trigo en una olla
2. Disposición de semillas en frascos perforados
3. Esterilización de semillas de trigo
4. Inoculación de semillas de trigo esterilizadas
5. Esterilización de la biomasa
6. Esterilización de las bolsas contenedoras del cultivo
7. Disposición de la biomasa en bolsas esterilizadas
8. Disposición de la cosecha en un ambiente adecuado

#### Cambios:

1. Micelio Maduro: Un micelio sano es de color blanco con una textura esponjosa. En la experimentación anterior el micelio utilizado presentaba un color ligeramente opaco, lo que hace pensar que no estaba en sus condiciones óptimas. Para esto se genera una cosecha de semillas de micelio en base a semillas de trigo. El objetivo de esto es obtener un micelio maduro óptimo para ser introducido en la biomasa esterilizada para que sea capaz de colonizar correctamente la biomasa.

2. Esterilización de biomasa: Debido a que gran parte de la cosecha anterior se contaminó, se decide aumentar el tiempo de cocción de la biomasa en la olla a presión, con el motivo de asegurar una esterilización completa. también se intenta reducir el tiempo de traspaso de la biomasa esterilizada a las bolsas esterilizadas, con el objetivo de reducir el tiempo de exposición de la biomasa en el aire.

### Conclusión de la experimentación N°3:

Todas las muestras se contaminaron o detuvieron su crecimiento, a pesar de una esterilización más extensa de las biomásas

Se establece cambiar la forma de esterilización de las biomásas por un método de cocción directa en la olla a presión, sin una bolsa contenedora, con el fin de que todos los organismos que transporta el trigo, mueran.

Por otra parte, se reduce el tamaño de las fibras de trigo con el objetivo de que reduzca el tiempo de colonización de la biomasa y existan más posibilidades de obtener una colonización completa



Micelio hongo ostra

Fuente: elaboración propia



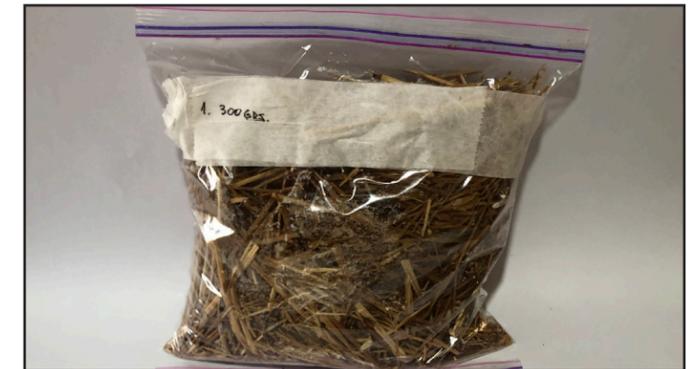
Micelio hongo ostra perla

Fuente: elaboración propia



Paja de trigo esterilizada

Fuente elaboración propia



Paja de trigo esterilizada

Fuente: elaboración propia



Paja de trigo esterilizada

Fuente: elaboración propia



Fibra de coco esterilizada

Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra perla Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 30 de cultivo ostra Fuente: elaboración propia



Día 5 de cultivo ostra



Día 30 de cultivo ostra Fuente: elaboración propia

## experimentación N°4

Dadas las experiencias anteriores, se propone una cuarta experimentación para una cuarta cosecha, donde se modifican los métodos de esterilización de la biomasa. Esto con el fin de obtener una cosecha que no se contamine y con un menor tiempo de esterilización.

### Procesos:

1. Disminución del tamaño de la biomasa
2. Preparación de los moldes para ser prensados
3. Esterilización de la Biomasa
4. Preparación de contenedores de la cosecha
5. Separación de biomasa esterilizada en bolsas
6. Inoculación de biomasa con sepas de hongos
7. Disposición de cultivo en moldes
8. Disposición de moldes en un ambiente adecuado

### Cambios:

1. Biomasa: Para disminuir el tiempo de colonización de los hongos se disminuye el tamaño de las fibras de paja de trigo, en fibras de 4 a 5 centímetros aproximadamente.

2. Moldes: Si bien el cultivo es dispuesto dentro de bolsas plásticas, se crean moldes de madera, con el fin de aislar cada cultivo y darle forma a cada cosecha, para luego ser prensadas por medio del mismo molde.

3. Esterilización: La esterilización se lleva a cabo por medio de la cocción de la paja de trigo y la fibra de coco en una olla a presión por una hora y media, con la diferencia de que el trigo ya no lleva un contenedor. En esta ocasión el trigo es dispuesto directamente en el agua. Al fin de este proceso, el agua remanente en la olla es de un color oscuro, debido a nutrientes y minerales del trigo. Esto genera un trigo "menos nutritivo" para el hongo, por lo que se cree que el tiempo de colonización será más rápido, debido a la necesidad de alimentarse del hongo.

4. Sepa de hongos: Con el fin de obtener una colonización más rápida, se utilizan semillas de hongo ostra perla recién preparadas y una nueva especie de hongo llamada *Trametes Versicolor*, o popularmente conocida como "Hongo cola de pavo". Luego de consultar a diferentes distribuidores, la mayoría de ellos aconsejaron usar esta nueva cepa, ya que posee un tiempo de colonización menor, respecto a las otras cepas.

## conclusión de la experimentación N°4:

La colonización de la biomasa por el hongo fue exitosa en la mayoría de los casos. A pesar de que existe contaminación en uno de los moldes, el hongo fue capaz de combatir la infección y colonizar de igual manera la biomasa.

El trigo tiene un mejor rendimiento en cuanto a tiempo de colonización del cultivo, colonizando la biomasa por completo en todos los casos.

Se estima que la nueva forma de esterilización en conjunto con la reducción de las fibras de trigo, fueron una buena elección ya que se logró una colonización completa en un tiempo de 14 días.

En cuanto a la fase de la experimentación con la prensa, se puede inferir que el prensado con calor entrega una mejor terminación a los moldes de micelio, permitiendo mantener un grosor constante luego de ser prensados y también entrega una mayor dureza al elemento final. también se puede apreciar que la homogeneidad de la superficie del elemento obtenido es mucho mayor en los moldes prensado con calor.

En cuanto a la presión aplicada, se infiere que una mayor presión no necesariamente entrega un molde más compacto, sino todo lo contrario. En los moldes que se aplicó más presión, las fibras tendieron a desgarrarse, quitándole resistencia al elemento final, el cual terminada quebrándose y perdiendo todas las propiedades que el hongo había logrado.

En cuanto a la cepa de hongos no se observa una mayor diferencia, tanto la ostra perla como la cola de pavo tienen características similares en cuanto a su dureza, tiempo de colonización y resistencia al prensado, aunque ambos tuvieron un mejor desempeño en la fibra de trigo que en la fibra de coco.



Día 2 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 2 cultivo

Fuente: elaboración propia



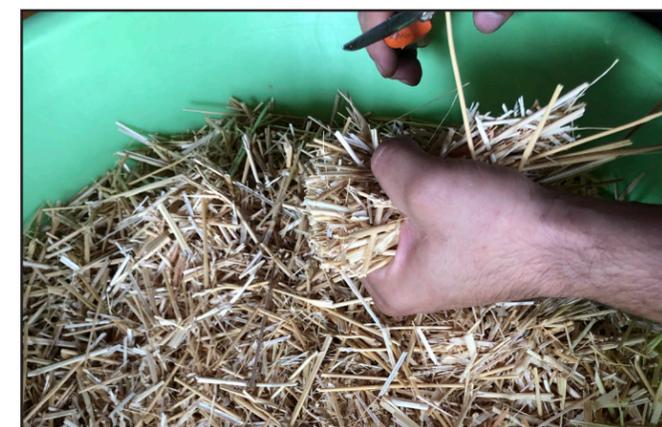
Día 2 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 2 cultivo

Fuente: elaboración propia



Reducción fibras trigo

Fuente: elaboración propia



Reducción fibras trigo

Fuente: elaboración propia

Cultivos en moldes



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Día 12 cultivo

Fuente: elaboración propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra Perla  
 Biomasa: Fibra de coco  
 Proceso: Prensado en frío  
 Presión aplicada: 40 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 40%. Si bien el resultado es un objeto con una dureza mayor al molde inicial, al momento de tomarlo se resquebraja en varias partes.

ostra



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



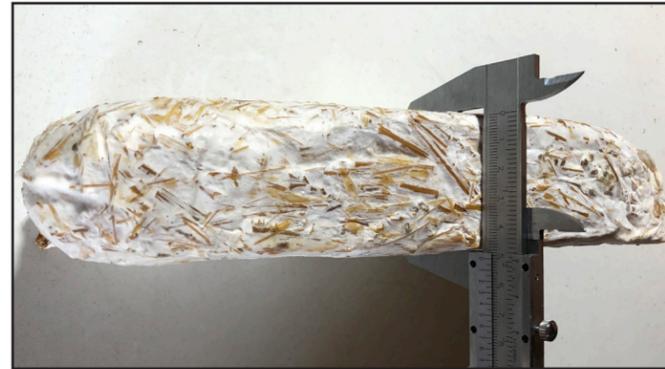
Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra Perla  
 Biomasa: Fibra de coco  
 Proceso: Prensado en calor  
 Presión aplicada: 40 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 50%. El resultado es un objeto con mayor dureza que el molde inicial y no se resquebraja al tomarlo, a pesar de que parte de el material se salio del molde producto de la presión.



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra Perla  
 Biomasa: Paja de trigo  
 Proceso: Prensado en Frío  
 Presión aplicada: 60 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 70%. Si bien el resultado es un objeto con una dureza mayor al molde inicial, al momento de tomarlo se resquebraja en varias partes.



Hongo: Cola de pavo  
 Biomasa: Paja de trigo  
 Proceso: Prensado en calor  
 Presión aplicada: 50 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 60%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. No se quiebra al tomarlo a pesar de qe una parte del material salio del molde producto de la presión.

ostra



Hongo: Cola de pavo  
 Biomasa: Paja de trigo  
 Proceso: Prensado en Calor  
 Presión aplicada: 40 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 70%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. No se quiebra al tomarlo a pesar de qe una parte del material salio del molde producto de la presión.

ostra



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Cola de pavo  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en Calor  
Presión aplicada: 50 BAR  
Tiempo: 10 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 70%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. No se quiebra al tomarlo a pesar de qe una parte del material salio del molde producto de la presión.

ostra



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Cola de pavo  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en Calor  
Presión aplicada: 60 BAR  
Tiempo: 10 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 75%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo se quiebra en varias partes producto de la perdida de material por la presión.

ostra



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra perla  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en frío  
Presión aplicada: 50 BAR  
Tiempo: 5 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 40%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo se quiebra en varias partes producto de la perdida de material por la presión.



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra perla  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en frío  
Presión aplicada: 45 BAR  
Tiempo: 5 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 40%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo se quiebra en varias partes producto de la perdida de material por la presión.



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra perla  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en calor  
Presión aplicada: 35 BAR  
Tiempo: 10 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 65%. El objeto resultante posee una dureza mucho mayor a la del molde inicial. No se quiebra al tomarlo y no pierde material ya que la presión aplicada es menor.



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Ostra perla  
Biomasa: Paja de trigo  
Proceso: Prensado en calor  
Presión aplicada: 30 BAR  
Tiempo: 10 min.  
Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 40%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo no se quiebra y no pierde material producto de la presión.



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Cola de pavo  
 Biomasa: Fibra de coco  
 Proceso: Prensado en frío  
 Presión aplicada: 40 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se consigue reducir el grosor de la muestra aproximadamente en un 75%. El objeto resultante posee una dureza mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo no se quiebra pero si se desprenden los sectores menos colonizados de la biomasa.



Fuente: Elaboracion Propia

Hongo: Cola de pavo  
 Biomasa: Fibra de coco  
 Proceso: Prensado en calor  
 Presión aplicada: 40 BAR  
 Tiempo: 5 min.  
 Observaciones: Se reduce el grosor de la muestra aproximadamente en un 65%. El objeto resultante posee una dureza mucho mayor a la del molde inicial. Al momento de tomarlo no se quiebra pero si se desprenden los sectores menos colonizados de la biomasa.

## Conclusiones

### Cultivo

En base a la experimentación realizada para poder obtener un cultivo propicio para la experimentación, se pueden considerar ciertas variables que son importantes para la biofabricación exitosa del micelio.

#### 1. Ambiente estéril

Uno de los factores que implicó mayor complejidad en la producción del micelio, fue mantener un ambiente estéril y lograr una esterilización completa de las biomásas utilizadas. Las primeras tres fases experimentales fallaron debido a la contaminación de los cultivos, donde se genera una competencia entre el hongo y las bacterias por la colonización de la biomasa. En el momento en que el cultivo se contamina existe la posibilidad de que el hongo gane esta competencia sobre las bacterias y termine colonizando de todas maneras la biomasa, caso que solo se dio en un cultivo de la cuarta experimentación. En todos los otros cultivos que se contaminaron se produjo un estancamiento del crecimiento de las hifas del micelio, seguido por la muerte de este, pudiéndose evidenciar en su cambio de color y posterior deshidratación.

Por otra parte, se determina que el sistema de esterilización de la biomasa que se utilizó en la segunda y tercera cosecha no fue el propicio y puede haber sido la causal de la contaminación de ambos cultivos. Esto ya que la biomasa, al momento de ser esterilizada en la olla a presión, se encontraba encapsulada por la bolsa al vacío, haciendo difícil que el calor se propagara en esta por completo y por lo tanto impidiendo que muriesen todos los organismos que esta albergaba. Es posible inferir esto, ya que en la cuarta cosecha se cambia el método de esterilización a una inmersión total y directa del trigo en la olla a presión, resultando un cultivo exitoso con una tasa muy baja de contaminación que solo afectó a una de las catorce bolsas que guardaban la biomasa inoculada.

#### 2. Temperatura

Otro de los factores importantes que se cree pudieron potenciar la contaminación del cultivo, son los cambios de temperatura en los periodos de colonización de estos. Esto debido a que durante un día de mucho calor y una equivocación propia de dejar abierta la puerta que almacenaba los hongos, estos sufrieron un incremento de calor, donde no tardaron en aparecer bacterias. Por otra parte, cuando la segunda cosecha fue dispuesta en una temperatura inferior a la óptima para estas especies de hongos (21° - 27°), se pudo observar una ralentización del crecimiento de las hifas en la biomasa. Es por estas razones que se considera la temperatura del cultivo

como un factor importante en la producción, ya que puede contribuir a la contaminación del cultivo o a disminuir la velocidad de colonización de la biomasa.

#### 3. Luz

Con la primera cosecha no se tomó en consideración la luz para su almacenamiento. En la segunda y tercera cosecha estos se mantuvieron en un lugar oscuro, pero se sacaban periódicamente para ser fotografiados. En la cuarta cosecha se mantuvo un estricto cuidado con estos a la exposición de la luz, siendo estos fotografiados solo al inicio del cultivo y en sus etapas finales. Si bien esto no influye mayormente a la contaminación del micelio propiamente tal, puede generar un efecto parecido al que provocan las bajas temperaturas, causando un atarjamamiento del crecimiento de las hifas, prolongando los periodos de colonización.

#### 4. Biomasa

Es muy importante considerar que ciertas especies de hongos tienen afinidad con ciertos tipos de biomasa. En esta investigación se utilizaron tres tipos de biomasa. La madera de pino en su estado de viruta y de aserrín resultó ser la de mayor tiempo de crecimiento, donde la colonización de esta no se realizaba por completo incluso después de los dos meses. Por otra parte, la fibra de coco y la paja de trigo resultaron tener un crecimiento bastante rápido, sobre todo en la cuarta cosecha. Esto debido al hervir directamente la biomasa en el agua de la olla a presión, obteniendo como resultado un líquido oscuro con un tono café ya que la biomasa puede tener minerales y nutrientes, siendo esta más insípida en el sentido nutricional para el hongo. Esto ayudó a que el cultivo fuese colonizado por completo en un tiempo mucho menor y en condiciones óptimas, ya que el hongo debe avanzar más rápido en su expansión para poder obtener minerales y nutrientes necesarios para su crecimiento.

### Proceso de prensado

El proceso de prensado cumple de cierta manera con los resultados esperados. Puede entregarles una mayor dureza a los elementos finales. Por otra parte, el prensado en calor, entrega un prensado elemento más fino en su compactación y en la resistencia propia que tiene el elemento al ser manipulado.

Si bien hay que establecer un punto de presión aplicable al micelio, en esta investigación estaría entre los 30 a 40 BAR, considerando la forma, tamaño y capacidad de los moldes utilizados.

Si bien el calor, al momento de prensar los elementos fue dispuesto en su zona superior e inferior, el calor entregado a las planchas de metal fue suficiente para generar un cambio en cuanto al prensado en frío.

La mayoría de los elementos prensados en frío, obtuvieron entre 0.5 a 1 cm de grosor nueva, entre el cabo de dos horas. Esto no sucede en el caso de los prensados con calor, los cuales mantienen fijo el grosor obtenido en la prensa.

### Proyecciones

Como antes mencionaba, el micelio es un elemento 100% orgánico, el cual, luego de ser llevado a una temperatura sobre 40°, el hongo muere.

Con los resultados obtenidos, se puede inferir que se pueden hacer moldes de micelio, prensarlos, llevarlos a temperaturas y usar los elementos obtenidos para ser introducidos en nuevos moldes. Se podría esperar que este micelio muerto y prensado puede servir de alimento para la nueva cosecha en conjunto con más biomasa inoculada y otorgarle ciertas cualidades como, rigidez, dureza y resistencia, con el fin de poder generar elementos de micelio, aun más rígidos y resistencia a la carga o flexión que involucre el uso de menos material y menos espacio.

Por otra parte, en cuanto al sistema de prensado, el usado en esta experimentación fue bastante rudimentario, pero usando un molde que sea capaz de entregar calor contante en todas sus caras durante el prensado y que no deje que el material se fuge, se podrían obtener elementos aún más rígidos y resistencia, con una homogeneidad en cuanto a su porosidad. Esto podría tener su uso en elementos autoportantes, tabiquería, aislante de sonido, entre otros. Para esto se necesita tanto una producción como una maquinaria industrial para poder realizarse de manera óptima

<https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>

<https://thegrowingpavilion.com/about/>

<https://www.archdaily.com/521266/hy-fi-the-organic-mushroom-brick-tower-opens-at-moma-s-ps1-courtyard>

<https://carloratti.com/project/the-circular-garden/>

<https://projects.archiexpo.es/project-263383.html>

<https://es.furniturehomewares.com/2017-08-26-shell-mycelium-fungus-pavilion-beetles-3-3-yassin-arredia-design-kerala-india>

<https://www.archdaily.com/878519/this-pavillion-lives-and-dies-through-its-sustainable-agenda>

<https://www.mycoworks.com/>

<https://www.dezeen.com/2013/10/20/mycelium-chair-by-eric-klarenbeek-is-3d-printed-with-living-fungus/>

<https://mariamallo.com/Breeding-Space>

<https://www.treehugger.com/mycotecture-mushroom-bricks-philip-ross-4857225>

<https://www.corpuscoli.com/projects/bio-ex-machina/>

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-46652542>

“Fungus: The 3<sup>rd</sup> kingdom” [https://www.youtube.com/watch?v=ZGEdHxiWo\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=ZGEdHxiWo_Y)

[https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/hongos-habitantes-de-otro-reino-2\\_9068/16](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/hongos-habitantes-de-otro-reino-2_9068/16)

“How to Grow Giant Mycelium Parts” [https://www.youtube.com/watch?v=p1BV9oJTUN8&list=PL8nK9bRk\\_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=7](https://www.youtube.com/watch?v=p1BV9oJTUN8&list=PL8nK9bRk_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=7)

“Fungus: The Plastic of the Future” [https://www.youtube.com/watch?v=jnMXH5TqqG8&list=PL8nK9bRk\\_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=6&t=45s](https://www.youtube.com/watch?v=jnMXH5TqqG8&list=PL8nK9bRk_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=6&t=45s)

“Eric Klarenbeek talks about his chair made of 3D-printed mushrooms” [https://www.youtube.com/watch?v=3iQGD-tiPzFU&list=PL8nK9bRk\\_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=5](https://www.youtube.com/watch?v=3iQGD-tiPzFU&list=PL8nK9bRk_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=5)

“Lovely Trash - Mycelium 3d printing from waste” [https://www.youtube.com/watch?v=W8tpiWSZfm0&list=PL8nK9bRk\\_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=W8tpiWSZfm0&list=PL8nK9bRk_GVqJjeT8DljzE2XbvnWt4OE8&index=4)

de Lucio-Flores, S. A., Otazo-Sánchez, E. M., Romero-Bautista, L., & Gaytán-Oyarzún, J. C. (2021). Hongos macroscópicos como bioacumuladores de metales pesados. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 8(16), 60–65. <https://doi.org/10.29057/icbi.v8i16.5823>

Urzola, G. A. B. (2016). Lineamientos para la Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en Barranquilla D. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Karimjee, M.Z. (2014). Biodegradable Architecture Finite Construction for Endless Futures. Azrieli School of Architecture and Urbanism Ottawa, Ontario.

De Bruin, S. (2019). Mycelium; Building Block for Parkstad Limburg. Faculty of Architecture & the Built Environment, Delft University of Technology.

Picazo, C.R. (2019) Bioconstruction: Parametros que configuran una relectura contemporánea de la arquitectura vernácula. Faculty of Architecture & the Built Environment, Delft University of Technology.

Guzmán, G. (1995) La diversidad de los hongos en Mexico. *EJournal*, UNAM.

García, M. H. (2009) Las micorrizas: una relación planta-hongo que dura más de 400 millones de años. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, vol. 66, núm. 1, 2009, pp. 133-144