





UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
TRABAJO FIN DE GRADO

BIOCOMPUESTOS DE MICELIO
Y SUS POSIBLES APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA

Alumno: Iñigo Conde Santiago

Tutor: Félix Jové Sandoval

Curso 2020/2021

Resumen/ Abstract

El siguiente trabajo se basa en el estudio de la tecnología de creación de materiales a partir de micelio Fúngico, enfocándolo a sus posibles aplicaciones en la construcción. Las bio-espumas de micelio son un material en desarrollo que, aunque desconocidas para la mayoría tienen unas propiedades muy interesante de cara a la arquitectura y se postulan como una posible alternativa respetuosa con el medio ambiente, frente a los aislantes plásticos derivados del petróleo. El hecho de que esta tecnología esté disponible en proximidad es una de las claves para mantener su baja huella de carbono, por lo que se dan a conocer los avances de la empresa IDForest en Palencia.

The following work is based on the study of the technology for creating materials from fungal mycelium, focusing on its possible applications in construction. Mycelium bio-foams are a material in development that, although unknown to most, have very interesting properties for architecture and are postulated as a possible alternative that is respectful with the environment, compared to petroleum-derived plastic insulators. . The fact that this technology is available in close proximity is one of the keys to maintaining its low carbon footprint, which is why the advances of the IDForest company in Palencia are announced.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN :	Pg: 9-12
-Motivación y justificación.	
-Objetivos y metodología.	
-Estado de la cuestión.	
II. ARQUITECTURA Y MEDIO AMBIENTE	Pg: 13-20
-Impacto de la arquitectura.	
-Principios de la arquitectura sostenible.	
-Abandono de los materiales naturales en arquitectura.	
III. ARQUITECTURA EN LA ACTUALIDAD	Pg: 21-32
-Materiales de construcción predominantes.	
-Los aislantes plásticos en la construcción.	
-Aislantes naturales del mercado.	
-Fin de la vida de los materiales.	
IV. LA ESPUMA MICELIO COMO MATERIAL	Pg: 33-44
-¿Qué es el micelio?	
-Biocomponentes a base de micelio.	
-Proceso de fabricación espumas de micelio.	
V. CARACTERISTICAS DE LAS ESPUMAS DE MICELIO	Pg: 45-56
-Cualidades Termico-Acusticas.	
-Carcteristicas Fisico-Quimicas.	
-Comportamiento frente al fuego.	
-Problematicas a tener en cuenta.	
VI. MICELIO EN ARQUITECTURA EJEMPLOS	Pg:57-60
VII. MUESTRAS REALIZADAS POR ID-FOREST	Pg: 61-68
VIII. PROPUESTA DE FORMATO	Pg: 69-76
VII. CONCLUSIONES.	Pg: 77-80
VII. BIBLIOGRAFIA.	Pg: 81

1_ Introduccion

MOTIVACIÓN

La elección de este tema en concreto de investigación viene por un lado, de un interés personal por la investigación de nuevos materiales y de su aplicación directa en la arquitectura, que surgió a raíz de unas prácticas en el programa de Erasmus Mundus que se centraron realizar una patente de un sistema prefabricado en tierra.

Y por otro lado por la necesidad de atender a unos requisitos de sostenibilidad, que si bien cada vez son más comunes de cara a la eficiencia de las edificaciones, se tratan con un carácter más marginal si hablamos de origen, procesos de fabricación y final de vida de los materiales que empleamos en la construcción.

OBJETIVOS Y METODOLOGIA

Estudio y puesta en conocimiento de la espuma de micelio para su empleo en la construcción, como un material en desarrollo con amplias posibilidades, del que aun se conocen pocas aplicaciones en arquitectura, pero del que los estudios realizados muestran unas características muy interesantes en este campo.

Realizar un estudio del impacto de la arquitectura actual, de los materiales más utilizados centrándose en el ciclo de vida de los mismos, y en especial en los materiales aislantes plásticos, cuya fabricación alta en emisiones y con la dificultad que los materiales convencionales presentan al final de su vida útil, hacen que sea necesaria la búsqueda alternativas sostenibles a estos materiales.

Conocer el micelio como base para entender de producción de estos materiales y sus características y comportamiento en relación a la construcción. El desarrollo de soluciones constructivas a base de micelio, como un acercamiento teórico a las aplicaciones reales del material, teniendo en cuentas los estudios anteriormente expuestos.

ESTADO DE LA CUESTIÓN

Estamos en un momento en el que bajo la pertinente premisa de sostenibilidad estamos replanteando todos los procesos humanos, con el objetivo de ejercer el menor impacto en nuestros ecosistemas y con la ambición de equilibrar la balanza que, durante muchos años hemos estado cargando en la dirección errónea.

Por esta razón, como hemos comentado nos hemos visto obligados a replantear todas nuestras acciones, desde los procesos de fabricación de los que consumimos, lo eficientes que son nuestras bombillas, lavadoras, coches... , hasta donde van a parar al final de su vida útil. Esta corriente tiene tal repercusión que hasta se empiezan a ver cambios en hábitos tan básicos como son la alimentación, los productos BIO inundan las estanterías y se empieza ser más común la gente que adopta dietas alternativas...

En el ámbito de la construcción, nuestras edificaciones han comenzado a distinguirse por clasificaciones como los electrodomésticos, de más a menos eficientes, y siendo obligatorio llegar a unos estándares de eficiencia, y que en algunos casos no se limitan a los mínimos establecidos sino que los llevan mucho más allá como los estándares Passive House, LEED o Net Zero Building.

No es ninguna locura pensar que en futuro no muy lejano empecemos a ver que desde las administraciones se empiece valorar positivamente el bajo impacto de los materiales que utilizamos en construcción, desde su fabricación, su eficiencia y el final de su vida útil.

Los compuestos de micelio están despertando el interés en la investigación y comercialización en EE.UU y UE, por sus interesantes propiedades en muchos campos como el del embalaje, mobiliario, construcción... siendo las características del material no solo interesante por sus propiedades físicas sino por ser perfectamente coherente con los actuales requerimientos de sostenibilidad.

Desde que la compañía Ecoative Desing, empezara investigar en los compuestos a base de micelio son numerosos los estudios que les han seguido. En la actualidad estos materiales son utilizados en embalaje de productos, como sustituto de poliestireno expandido. De igual manera algunos diseñadores utilizan este material como base de sus obras de decoración y mobiliario.

La línea de la construcción por sus requisitos esta menos extendida pero es sobre la que los estudios son más numerosos. Por su baja conductividad térmica y alta absorción acústica estos materiales se posicionan como un firme sustituto a los aislantes térmicos plásticos. Sin embargo, las limitaciones derivadas de sus propiedades típicas de las espumas como la absorción de agua o ciertas lagunas que aun existen en las propiedades del material hacen que el uso este dirigido a la funciones no estructurales.

No obstante, las propiedades útiles de los materiales, además de los bajos costos, la simplicidad de fabricación y la sostenibilidad ambiental de estos materiales, sugieren que jugarán un papel significativo en el futuro de la construcción ecológica.

2_ Arquitectura Y Medio Ambiente



<https://www.mascastillayleon.com/castilla-y-leon/cultura/patrimonio/la-arquitectura-popular-mas-humilde/>



<https://www.ebooking.com/es/noticias/alhambra-de-granada>

Desde aparición de la Arquitectura con la construcción de los primeros refugios, hasta la construcción de los rascacielos más increíbles, la arquitectura y su materialidad ha sido testigo activo de la evolución de las sociedades humanas, cumpliendo como lo hace actualmente un papel social importantísimo dentro de la misma.

Y es que la evolución de los materiales de construcción, es la historia de la evolución de la arquitectura, que ha determinado la arquitectura en sí y las formas en las que hemos cohabitado.

En una parte muy consustancial de nuestra historia la arquitectura estaba absolutamente condicionada por un contexto geográfico. Donde los conocimientos constructivos eran compartidos a nivel local, y la difusión de los mismos era lento y escaso. Los transportes en la inmensa mayoría de los casos, condicionaban a un uso local del material.

Estos condicionantes no solo se reducían a la arquitectura, se extendían es todos los aspectos de la vida de las personas como la alimentación y la Cultura. Este modelo de vida condicionado por lugar daba como resultado inconsciente, un impacto ambiental mínimo que la naturaleza era capaz de absorber.

La industrialización y la globalización aunque muy positiva en muchísimos aspectos, a traído en este sentido consecuencias muy negativas. No hace demasiado tiempo que hemos empezado a ser conscientes de estas repercusiones negativas y aun menos que se han empezado a notar una reacción por parte de la sociedad a las mismas.

Este momentos histórico trajo un cambio de la paradigma en la arquitectura, en ese momento aparecieron materiales nuevos y novedosos. Estos se extendieron rápidamente por todas las sociedades modernas de la época, relegando a los materiales locales y sus técnicas a la marginalidad, algunas de las cuales no han llegado hasta nuestros días cayendo en el olvido.

Los materiales que surgieron implicaban en muchos casos procesos de fabricación que requerían altas demandas de energía y los cuales eran irreversibles lo que dificulta su reciclaje o reutilización.

La realidad es que en la actualidad el modelo productivo considera a la tierra como una fuente ilimitada de recursos cuando en realidad no lo es y entra en absoluta contradicción con la definición de sostenibilidad: satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de nuestras próximas generaciones.

Veamos ahora unos datos suministrados por el World Watch Institute.

- El 40% de la energía consumida en el mundo corresponde a los edificios y a la construcción de los mismos.
- El 40% de los materiales usados en el mundo son destinados a la construcción de edificios.
- El 55% de la madera aserrada, sin finalidad de combustible, es usada para la construcción.
- El 30% de obras de nueva construcción o rehabilitación presentan el síndrome del 'edificio enfermo', definido por la Organización Mundial de la Salud como un conjunto de enfermedades originadas por la contaminación del aire en los espacios cerrados.

La construcción es un sector de productivo de una importancia enorme dentro de nuestra sociedad. Consume una gran cantidad de recursos materiales y humanos, generando una repercusión económica de altísimo valor. Pero es también el causante de un gran impacto medioambiental, que modela el paisaje terrestre a gran escala, contribuyendo a su deterioro.

Es necesario un cambio de planteamiento dentro del sector de la construcción, no solo a nivel de eficiencia de nuestras edificaciones, como ya se está apostando fuerte dentro del sector. Es también necesario ser conscientes de todo el ciclo de vida de los edificios.

Es pertinente que el impacto ambiental de los materiales que utilizamos en la construcción, desde su extracción y fabricación hasta su posible reutilización, reciclaje o compostaje.



<https://www.ingenieriayestructuras.com/especialistas-en-calculo-de-estructuras-de-hormigon-armado-en-valencia/>



<https://www.artchitectours.es/tour/cuatro-torres-madrid/>

Los avances en ciencia de materiales traerán soluciones a muchas de estas necesidades, no solo innovando, sino modernizando y adaptando materiales y sistemas constructivos propios de la arquitectura tradicional de cada zona. Dentro de estos reside una sabiduría estrechamente relacionada con el medio de la que mucho se debería de aprender.

Por último apelar a la función social y de cambio que históricamente ha tenido la arquitectura, que puede contribuir a hacernos más conscientes de nuestro medio y de las repercusiones que en él tienen nuestro paso por el mismo, por medio de construcciones auto-abastecidas o con materiales de nuestro entorno inmediato.

ARQUITECTURA BIOCLIMATICA-SOSTENIBLE

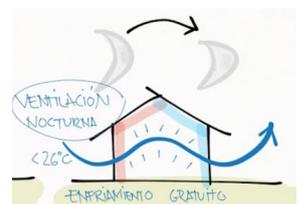
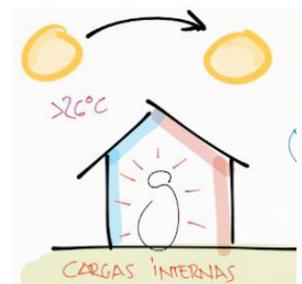
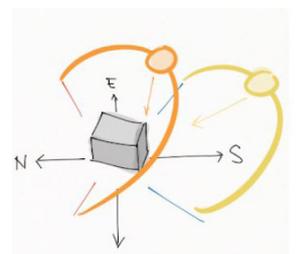
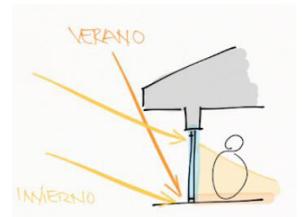
La arquitectura bioclimática, es una de las corrientes del movimiento de arquitectura sostenible que tiene en cuenta todas las variables para un diseño sostenible, desde la huella de carbono de los materiales utilizados al consumo de los edificios, todo ello vinculado muy estrechamente con el territorio.

A continuación se describen someramente los principios para un diseño bioclimático.

Uno de los objetivos más importantes, es la reducción de la demanda de energética los espacios construidos. A través de un diseño pasivo que vendrá de un conocimiento profundo de los factores climáticos de la zona que puede determinar la mayor reducción dentro de todas las estrategias que se pueden adaptar. En este punto entran valores tan importantes como; orientación, el factor de forma, adecuada apertura de huecos, idoneidad de la envolvente del edificio, eliminación de puentes térmicos, ventilación natural, climatización natural.

Una vez reducida la demanda por medio de estrategias pasivas, la demanda que queda por cubrir es también una estrategia crucial dentro del diseño. Disminuir el consumo de energía mediante utilización de sistemas eficientes de iluminación, climatización, ventilación y ACS, e incorporar si fuera posible el autoconsumo introduciendo energías renovables como la solar térmica, fotovoltaica, biomasa...

La utilización de materiales reciclados y reciclables, naturales renovables, no tóxicos, con baja energía incorporada en su fabricación, de origen y producción local debe convertirse en un estándar y no en una excepción a la regla dentro del mercado. La introducción de conceptos como el de análisis de ciclo de vida y certificaciones como pueden ser Passive House o Cradle to Cradle, sobre los procesos de fabricación debe ser una constante, puesto que es un hecho positivo que ayuda a conocer el comportamiento medioambiental de los productos y aportar transparencia al sector de la construcción.



<https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>



<https://www.agi-architects.com/>



<https://www.experimenta.es/blog/andrea-cegarra/cradle-cradle-2955/>

Docuemntacion: "Sostenibilidad en la arquitectura", 2015, Canales Sectoriales Interempresas, Arquitectura y construccion. Julio Vermejo

CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES

El análisis de ciclo de vida (ACV) no permite conocer el impacto ambiental de los productos que se emplean en la construcción. Desde el proceso de fabricación, transporte, puesta en obra eficiencia, hasta que ese material se convierte en residuo.



<https://mineriaenlinea.com>



<https://economipedia.com/definiciones/fabrica.html>



<http://www.eydlogistics.com>



<https://es.123rf.com/photo>

- **Extracción:** En muchos casos la extracción o acopio de la materia prima requiere altas demandas de energía y altos impactos ambientales. Algunas empresas se esfuerzan en buscar alternativas a para sustituir sus materias primas desde otros ciclos productivos e incluso incorporando criterios de la economía circular, reduciendo la presión sobre los ecosistemas, pero aun estamos alejados de cerrar ciertos ciclos abiertos de las construcción.
- **Fabricación:** Proceso donde se lleva a cabo la transformación de las materias primas en productos de construcción, con unos estándares de calidad, homogeneidad requeridos para su comercialización. Los fabricantes han comenzado a repensar sus procesos de fabricación con el objetivo de reducir sus emisiones y dan a conocer las repercusiones ambientales de sus materiales durante este proceso. La información se recoge en las Declaraciones Ambientales del Producto (DAPs).
- **Distribución y transporte:** Se analizan las emisiones resultantes del traslado de los materiales a la obra desde el lugar de fabricación. Aquí el factor mas determinante es la distancia recorrida, pero también influyen aspectos como el tipo de transporte o combustible utilizado. La medida más útil en este aspecto es el consumo de materiales de origen local, favoreciendo la economía circular.
- **Uso y mantenimiento:** El aspecto mas importante a tener en cuenta en este punto es el consumo de energía, aspecto que cobra mayor o menor importancia dependiendo de la función que cumpla el mismo en la obra. También es un aspecto a tener en cuenta la durabilidad del mismo, si su colocación necesita elementos auxiliares o no, así como el mantenimiento.

Documentacion: " El Ciclo de vida de los materiales" Green Building España . Portal Kömmerling

- Reciclaje: Siempre que se pueda a final de la vida útil de un material, lo idóneo es su reciclaje o reutilización y en caso contrario su reintegración en la naturaleza, por lo que se considera imprescindible la composición de los mismos.
- Disposición de los desechos: Es importante en caso muy habitual que no se pueda reutilizar, reciclar o devolver al ciclo natural, una gestión adecuada de los residuos, para evitar contaminaciones en el medio natural.
- Demolición y reciclado: En la actualidad, se realiza un plan de gestión de residuos por parte de la constructora, que deposita los escombros en una o varias plantas de residuos y son estas las que separan clasifican los materiales para su reciclado o tratamiento como residuo.



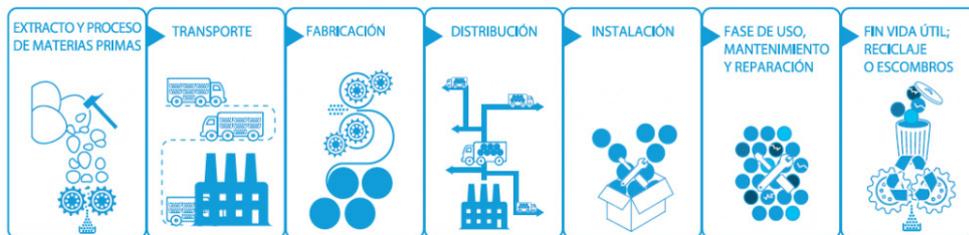
<https://www.alamy.es/imagenes/contenedor-de-escombros.html>



<https://muchosnegociosrentables.com/montar-negocio-demolicion/>

“Cada vez son más las expectativas que se abren entorno al concepto de ciclo de vida de los materiales. Es importante que innovemos y reemplacemos los recursos naturales finitos por energías renovables o materiales reciclables, y nos decantemos por materiales de construcción locales que reduzcan las emisiones por transporte”

Green Building Council España, 13 enero 2021, “ El Ciclo de vida de los materiales”



Ciclo de vida de Materiales.

Fuente: <https://aislamientosostenibilidad.es/analisis-ciclo-de-vida-en-la-edificacion-sostenible/>

3- Arquitectura en la Actualidad

MATERIALES MAS UTILIZADOS E IMPACTO AMBIENTAL

Una vez introducido los conceptos de arquitectura bioclimática, ciclo de vida de los materiales y siendo conscientes del gran impacto que tiene la construcción en el medio ambiente, vamos a hacer un pequeño repaso de los materiales más utilizados en la actualidad y las consecuencias de su empleo.

En la siguiente tabla se exponen los materiales primarios más comunes utilizados en construcción, donde se puede apreciar el impacto que tienen durante su ciclo de vida en aspectos como: Acidificación del suelo, Efecto invernadero durante proceso de fabricación, contaminación atmosférica...

Cuadro 3: Impacto ambiental de los principales materiales de construcción

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Piedra	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
Acero	++	++	+	+++	++	++	+++
Aluminio	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
Poliestireno	++	+	+	++	+	+	++
Poliuretano	+	++	+	+	++	++	+++
Pino	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ impacto pequeño; ++ impacto medio; + impacto elevado.

Según el Programa Simapró de Análisis de Ciclo de Vida.

Fuente: A. Baño Nieva (2005) Guía de construcción sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, Madrid. (34-40)

PETREOS

Aunque en la grafica se puede observar que estos materiales presentan un impacto bajo, esto requiere de una aclaración pues efectivamente lo es por kilo de material empleado, pero cuando se tiene en cuenta que el uso de estos materiales se realiza de manera masiva, entran en juego otros factores como el impacto en la zona de extracción con la modificación del paisaje y del ecosistema.

Una consecuencia de uso masivo es también el colapso de los vertederos. Últimamente surgen iniciativas de utilización de áridos reciclados para la fabricación de morteros y hormigones.

Uno de los puntos más positivos de estos materiales es su durabilidad en el tiempo, sin duda la mayor de los materiales del mercado.

METALES

Los metales en este aspectos presentan una dualidad como muchos otros. Por una parte su proceso de fabricación requiere de altas demandas energéticas y así como los procesos de acabo y protección que estos materiales requieren.

Por otro lado es uno de los materiales que más valor adquieren al final de su vida útil, pues la chatarra es uno de los materiales más valiosos en cualquier derribo. Un punto a favor que se puede introducir, son sus excelentes características estructurales, lo que hace que se empleen secciones mucho menores que con la utilización de otros sistemas.

MADERAS

Las maderas pueden considerarse unos de los materiales de menor impacto ambiental dentro de los productos de las construcción, siempre que se cumplan dos requisitos importantes como son el certificado de gestión forestal sostenible de donde procede el material.

Y por otro lado la utilización de tratamientos no tóxicos para el medio ambiente o la salud humana, por medio de aplicación de resinas naturales.

A la hora de demolición, la madera es un material se recupera la elaboración de tableros aglomerados o para su utilización como biomasa.

Documentacion : A. Baño Nieva (2005) Guía de construcción sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, Madrid. (34-40)



<https://es.dreamstime.com/fotograf%C3%ADa-de-archivo-libre>



https://es.123rf.com/photo_44595649_bobinas-de-acero-laminados.html



<https://www.madera21.cl/blog/2017/03/23/>



<https://aislaconpoliuretano.com/aislar-una-pared-interior-planchas-poliuretano/>

AISLANTES

Es este campo de materiales el abanico de posibilidades es amplio, de pero los más utilizados, son precisamente los que más impacto generan. Estos son las espumas proyectadas y en forma de placas aislantes. Analizaremos estos materiales mas en profundizad, así como las alternativas de menor impacto disponibles en el mercado.



<https://infocorrosion.com/index.php/noticia/mercados-y-companias/item/>

PINTURAS

las pinturas se componen de de elementos muy variados, y muchos de ellos son derivados petróleo, en la actualidad existen pinturas que han ido sustituyendo estos hidrocarburos por componentes naturales.

Uno de los principales problemas del uso de las pinturas son los sobrantes de su utilización, que en muchos casos de vierten de forma inadecuada, generalmente en la red de saneamiento.

MATERIALES AISLANTES DE ORIGEN SINTETICO ORGANICO

Los materiales que se encuentran dentro de esta clasificación, comparten con los plásticos el origen de su materia principal proveniente que es el petróleo, el cual se utiliza para la fabricación de estos compuestos.

Para la fabricación de estos materiales se requiere de largos procesos de producción, que comprenden desde la obtención de las materias primas y los elementos necesarios antes de comenzar con el propiamente dicho proceso de fabricación. Cada material dentro de este grupo tiene diferencias en su proceso de fabricación, pero podemos hacernos una idea general de su complicado proceso de fabricación con la siguiente explicación.

“La materia prima se calienta en unas máquinas especiales denominadas preexpansores, con vapor de agua a temperaturas situadas entre aprox. 80 y 110°C. En función de la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m³ a densidades que oscilan entre los 10 - 30 kg/m³.

En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas ligeras de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

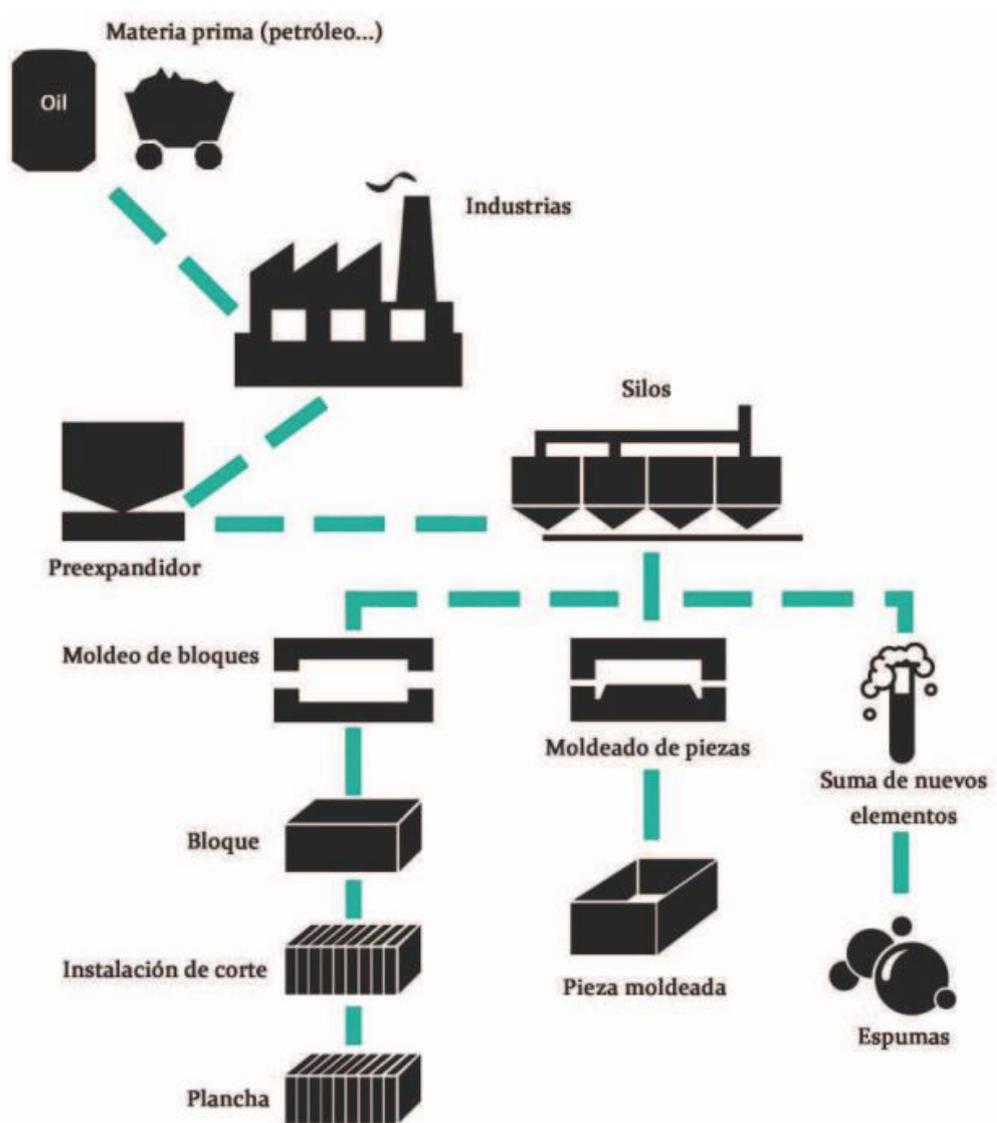
Al enfriarse las partículas recién expandidas se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material preexpandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

En esta etapa las perlas preexpandidas y estabilizadas se transportan a unos moldes donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas se sueldan entre sí.

De esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc..) o productos conformados con su acabado definitivo.”¹

Documentación: Marta Palomo Cano.
TFG “Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos” Pg: 10

1_ “Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos” Pg: 9



Fuente: Marta Palomo Cano. TFG "Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos" Pg: 10

A continuación vamos exponer las posibilidades de aplicación que tiene estos materiales dentro de la obra, pues el material de Micelio es un muy posible candidato para poder sustituir a estos materiales contaminantes en muchas de sus aplicaciones en construcción.

Relleno o aligerante: en muchas ocasiones se utilizan como aligerante de estructuras de forjado, que mejoran la capacidad aislante térmico-acústica de los muros.

Como ejemplo de este uso podemos ver Forel, una empresa de forjados ligeros que utiliza por sistema el Poliestireno Expandido, para la ejecución de forjados tanto unidireccionales como reticulares.

También las espumas expansivas se utilizan para relleno de juntas, para evitar las infiltraciones de aire al interior de los edificios.

Aislante Projectado: el poliuretano proyectado es una forma de ejecución rápida de aislamiento in situ, que se adapta a cualquier forma y permite la ejecución de grandes superficies de aislamiento en poco tiempo.

Formato de Paneles: placas de polietireno extruido que tienen posibilidad de aislar desde cubierta o suelos hasta tabiquería o fachada. Su resistencia a la compresión hace que puedan aislar suelos sin necesidad de una subestructura que reciba las cargas.

Estas placas se comercializan en muchas ocasiones en forma de panel sándwich para reducir tiempo de ejecución y dar facilidades en obra.

Como Encofrado Perdido aislante: Sistema que utiliza placas de poliestireno extruido para constituir un encofrado perdido que se rellena posteriormente con hormigón armado, lo que da un muro estructural aislado.

Bloque de Autoconstrucción: Este sistema reciente y menos conocido, está orientado a una posible autoconstrucción, se trata de bloque de piel de madera aglomerada rellenos de poliestireno extruido que se apilan como un lego y conforman un muro estructural con el que se pueden levantar hasta tres plantas de uso residencial.



http://www.forel.es/sistema_constructivo_forel_1-3.php



<https://arefachadas.es/sistemas-de-poliuretano-un-aislante-optimo/>



<https://www.construible.es/empresas/thermochip>



<https://www.sismospain.com/promotoras-apuestas-por-sismo-spain/>



<https://gablok.be/>

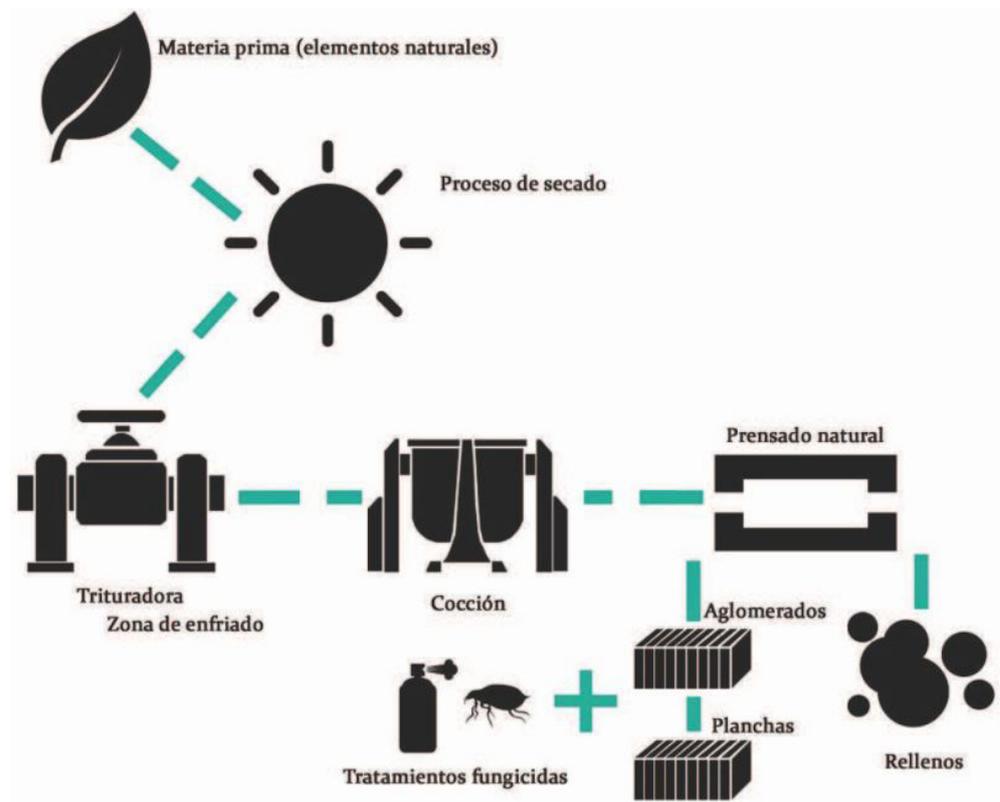
MATERIALES AISLANTES DE ORIGEN NATURAL ORGANICO

Se expone este grupo de materiales pues es donde los compuestos de micelio entrarían a formar parte. Los materiales de origen natural orgánico, son aquellos que cuya materia prima proviene de origen vegetal o animal.

Por lo general estos materiales para su utilización en construcción siguen unos procesos de fabricación de bajo impacto ambiental, desde la recolección del material a su fin de vida.

Estos materiales, que en su mayoría son de origen vegetal, menos en algunos casos como la lana de oveja que veremos más adelante, se obtienen de la naturaleza bien sea por explotaciones específicas o en muchos casos se producen a partir de desechos de otras industrias.

Por lo general una vez recogidos se dejan secar y con las propias resinas se aglutinan para conformar plancha o rellenos. En muchos casos los materiales después de el secado se trituran y mediante procesos de cocción se prensan de manera natural.



Fuente: Marta Palomo Cano. TFG "Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos" Pg: 30

Documentación: Marta Palomo Cano.

TFG "Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos" Pg: 12

En muchos casos los materiales de este grupo se someten a tratamiento fungicidas o para elevar las prestaciones de resistencia al fuego.

Veamos algunos de ejemplo de los materiales aislantes de origen natural que podemos encontrar en el mercado y con los que los productos derivados del micelio entrarían a competir si estos se hacen un hueco en el mercado.

PAJA: Existen muchas técnicas de utilización de la paja en arquitectura algunas de ellas incluso estructurales. Los primeros sistemas como Nebraska, GREB o Cut se podrían clasificar como tradicionales pero en la actualidad cada vez son más comunes los paneles prefabricados de suelo a techo de armazón de madera, con los cuales se pueden ejecutar edificaciones más elevadas.

MADERA: Se fabrican paneles aislantes de virutas de madera, que se denominan lanas de madera. También se puede insuflar en cámaras de aire.

CORCHO: Paneles de corcho 100% donde se utiliza su propia resina como aglutinante una vez triturada las placas de corcho brutas que se obtienen del árbol. Se puede granular en sacos o proyectado. Las características más década de este material es su posibilidad de utilización como aislamiento exterior visto con cualidad estéticas elevadas.

CELULOSA: es una lana de fibra suelta y seca, que se puede insuflar en cámaras o también fabricar paneles rellenos de celulosa. En un alto porcentaje se constituye de materia prima reciclada.

LANA DE OVEJA: La lana de oveja se puede aplicar en bruto cuidando mucho de su limpieza y desinfección. Se fabrican mantas de aislantes para la construcción. Tiene unos valores de conductividad térmica muy destacables.

CAÑAMO: Se utilizan las fibras de cáñamo mezcladas con mortero de cal o cemento para la realización de paneles y bloques no estructurales que se utilizan para nueva construcción y rehabilitación.



<https://ecococon.eu/es/>



<https://ecoemas.com/aislantes-naturales-fibras-madera/>



<https://www.aislamientosalbacork.es/corcho-natural-aislante-termico/>



<https://ecogreenhome.es/la-celulosa-para-aislamiento-es-inflamable/>



<https://naturclay.com/tienda/aislantes-naturales/lana-de-oveja-aislantes-naturales-ecologicos-no-toxicos/>



<https://www.hempcrete.es/>

Una vez expuestos tanto los aislante de origen sintético que como hemos comentado, las espumas de micelio son un fuerte candidato para poder sustituirlos e incluso con podemos ver más adelante estéticamente parecidos. Y los aislantes naturales del mercado, vamos apoyarnos en un estudio comparativo de los aislantes que hemos expuesto donde se entra a valorar aspectos como: Conductividad térmica, resistencia compresión, precio, emisiones de CO₂, entropía y reciclabilidad.

Solo aclarar que en este estudio los conceptos de emisiones de CO₂ y entropía son un poco ambiguos.

Producción de CO₂, *“Sobre este parámetro sabemos que los edificios emiten constantemente CO₂ contribuyendo, por tanto, de manera negativa al cambio climatico. Por lo tanto con la producción de CO₂ nos referimos a la cantidad, en kgCO₂/kg, que emite un m² de material”*²

Entropía: *“La entropía hace referencia a la energía primaria o a la energía empleada en el proceso de fabricación que supone el material. Por lo que podríamos estimarlo como coste energético que pretende ser reducido”*³

Documentación: Marta Palomo Cano.
TFG “ Aislantes termicos, criterios de seleccion por requisitos energeticos” Pg: 27-29

2,3_ “ Aislantes termicos, criterios de seleccion por requisitos energeticos” Pg: 27-29

Las tabla que se muestra a continuación es una comparativa de los materiales aislantes que hemos visto anteriormente, pudiéndose observar de manera clara el impacto que tiene los materiales de origen sintético orgánico respecto de los materiales naturales, siendo estos los de menor impacto en los conceptos de Producción de CO₂ y entropía. La tabla también introduce una variable económica donde se puede ver que los materiales más contaminantes y nocivos para el medio ambiente son por otra parte los más económicos.

	CONDUCTIVIDAD λ (W/m·K)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (kPa)	PRECIO (€)
ORIGEN SINTÉTICO ORGÁNICO			
1. POLIESTIRENO EXPANDIDO	0,037	300	12,51
2. POLIESTIRENO EXTRUIDO	0,032	200	11,62
3. POLIURETANO	0,028	200	17,81
4. ESPUMA FENÓLICA	0,021	200	8,6
5. ESPUMA ELASTÓMERA	0,035	200	26,94
6. ESPUMA DE POLIETILENO	0,035	200	19,12
7. ESPUMA DE POLIPROPILENO	0,032	250	16,00
8. ESPUMA DE MELAMINA	0,035	20	60,00
9. ESPUMA DE POLIISOCIANURATO	0,022	300	16,00
10. POLICARBONATO CELULAR	0,021	800	29,95
ORIGEN NATURAL ORGÁNICO			
19. CORCHO NEGRO	0,040	180	16,25
20. CORCHO NATURAL	0,045	180	40,00
21. FIBRA DE MADERA	0,036	290	20,00
22. FIBRA DE CÁÑAMO	0,039	147	30,00
23. FIBRA DE LINO	0,039	5	20,00
24. PASTA DE CELULOSA	0,038	78	25,70
25. LANA DE OVEJA	0,040	68	20,00

Fuente: Marta Palomo Cano. TFG "Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos" Pg: 31

	PRODUCCIÓN DE CO ₂ (kgCO ₂ /kg)	ENTROPÍA (MJ/kg)	RECICLABILIDAD
ORIGEN SINTÉTICO ORGÁNICO			
1. POLIESTIRENO EXPANDIDO	18,18	122,85	SÍ
2. POLIESTIRENO EXTRUIDO	51,81	125,00	SÍ
3. POLIURETANO	103,32	70,00	SÍ
4. ESPUMA FENÓLICA	4,95	65,00	NO
5. ESPUMA ELASTÓMERA	19,18	130,00	SÍ
6. ESPUMA DE POLIETILENO	21,34	144,58	SÍ
7. ESPUMA DE POLIPROPILENO	22,00	80,00	SÍ
8. ESPUMA DE MELAMINA	7,00	125,00	NO
9. ESPUMA DE POLIISOCIANURATO	14,00	125,00	SÍ
10. POLICARBONATO CELULAR	22,00	100,00	NO
ORIGEN NATURAL ORGÁNICO			
19. CORCHO NEGRO	16,5	45,51	SÍ
20. CORCHO NATURAL	16,5	19,00	SÍ
21. FIBRA DE MADERA	1,89	25,00	SÍ
22. FIBRA DE CÁÑAMO	5,45	32,25	SÍ
23. FIBRA DE LINO	3,05	49,03	SÍ
24. PASTA DE CELULOSA	1,29	5,47	SÍ
25. LANA DE OVEJA	1,55	40,00	NO

Fuente: Marta Palomo Cano. TFG "Aislantes térmicos, criterios de selección por requisitos energéticos" Pg: 32

No obstante convendría matizar que en la columna de la derecha no se tiene en cuenta la huella de carbono que implica el proceso de reciclaje de los materiales.

4_ Espuma de Micelio como Material

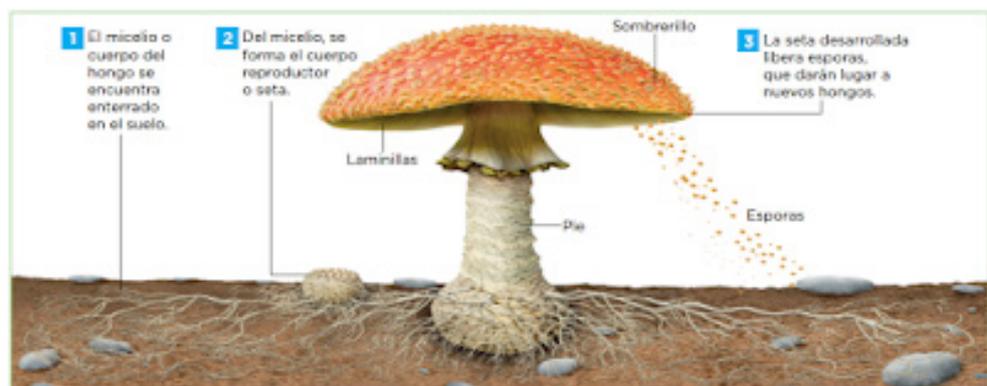
¿QUÉ ES MICELIO?

El micelio fúngico es una red compleja de cadenas celulares fibrosas denominadas hifas, de tamaño microscópico y entrelazado en forma de tubo, las cuales forman la parte corporal de los hongos.

La forma del micelio se debe a que los hongos se alimentan de materia orgánica muerta, por lo que intenta maximizar su superficie de contacto con su entorno, lo que da explicación a su forma densa y ramificada, que para ilustrar mejor podemos decir que se asemeja a los capilares sanguíneos que riegan nuestro cuerpo, o a las raíces de plantas.

Los hongos tienen un papel fundamental como descomponedores en los ecosistemas. Su capacidad única de descomponer estructuras moleculares complejas se ha empleado para la biorremediación ambiental en desechos agrícolas, así como una amplia variedad de compuestos químicos, terapéuticos, explosivos y muchos otros compuestos. Una reciente revisión analiza el empleo de los hongos en la industria, y concluye que aunque los materiales de origen fúngico se utilizan en la industria, las posibilidades de biotecnológicas de estos seres vivos no se ha estudiado aun lo suficiente.

Como curiosidad, “se dice que el ser vivo más grande del mundo es un hongo de la especie *Armillaria Ostoyae*, y que su red micelar se extiende por unas 900 hectáreas, en Oregón Estados Unidos, que su grosor medio es de un metro bajo tierra y cuya edad se estima en unos 2.400 años”. (1)



Fuente: <https://enroquedeciencia.blogspot.com/2017/08/es-lo-mismo-un-hongo-que-una-seta-y-2.html>

Documentación: “Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis”, Revista: Claner Production (2019)

1_ “El hongo subterráneo de 2.500 años que es más grande que 100 canchas de fútbol” BBC news.

BIOCOMPUESTOS A BASE DE MICELIO

En la última década el micelio y su potencialidad a suscitado el interés de investigadores y empresas que ven este material, una candidato viable y ambientalmente sostenible, cuyas aplicaciones son muy variadas.

Estos materiales aparte de sus propiedades físicas, se caracterizan por tener un espíritu muy adecuado a los tiempos que corren, donde todo se mira desde una perspectiva medio ambiental.

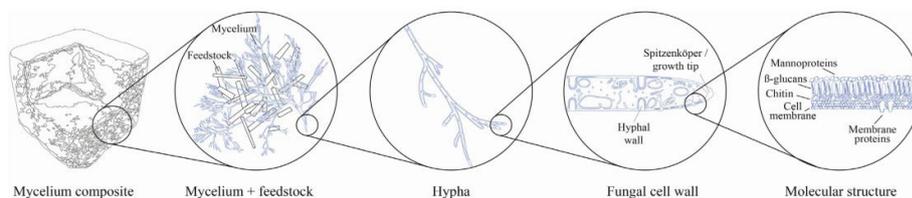
Y es que estos compuestos cuya fabricación no requiere altas demandas de energía, se basa en el crecimiento de un ser vivo sobre un sustrato de materia orgánica como puede ser resto de poda, desechos de la agricultura o aserrín de madera... en resumen aprovechan los excedentes de otras actividades.

Una de las empresas líderes es Ecovative Design LLC, Su enfoque principal son los materiales a base de micelio como productos de embalaje de protección y materiales de aislamiento para reemplazar los materiales tradicionales a base de poliestireno.

Otra empresa que explora los compuestos de micelio es MycoWorks Inc, que hizo unas de las primeras exploraciones en ladrillos a base de micelio.

Otra empresa que explora los potenciales de este compuesto es MOGU que desarrolla alternativas sostenibles para aplicaciones de interiorismo y diseño de producto, centrándose actualmente en suelos y baldosas acústicas.

Estas empresas lanzan continuamente aplicaciones y métodos de fabricación innovadores a través de sus sitios web y redes sociales. Sin embargo, según la revisión de la literatura, la mayoría de las publicaciones académicas asociadas a la empresa carecen de datos esenciales sobre materiales y métodos, aparentemente debido a consideraciones comerciales.



Representacion esquematica de micelio a direntes escalas.

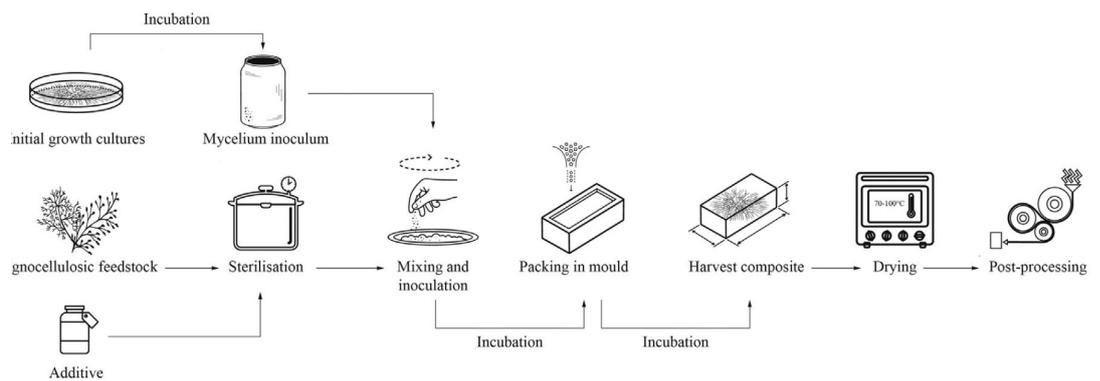
Fuente: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"

Revista:Science total enviroment

PROCESO DE FABRICACIÓN

A modo de introducción y como síntesis de lo que posteriormente se va a desarrollar, el proceso de fabricación de las espumas de micelio, se basa en la creación del ambiente más propicio para la proliferación del hongo dentro de un sustrato de materia orgánica esterilizada. El micelio es inoculado en este sustrato para su crecimiento hasta que la colonización del mismo es adecuada momento en el cual a través de un tratamiento térmico, que corta el crecimiento y mata el Micelio.

Existen muchas variables a tener en cuenta a la hora de comenzar el proceso de producción de estos compuestos, algunas de las cuales no siempre están bien descritas en los artículos y publicaciones que se generan de estas investigaciones. Algunos ejemplos de estos factores son, las condiciones específicas de laboratorio, la temperatura durante el crecimiento, los métodos de secado o los procedimientos de postprocesamiento.



Resumen esquemático del proceso de fabricación

Fuente: "A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total environment

Dejando al margen ciertos parámetros como la cepa a genética a utilizar y el tipo de sustrato en el que el hongo va a desarrollarse, tema que comentaremos mas adelante. El objetivo es dar exponer un protocolo general recogido de los trabajos de investigación ya realizados:

1. El micelio se cultiva inicialmente en placas de agar, sustrato de grano, en una solución nutritiva líquida, o en el sustrato homogeneizado pre-cultivado.
2. El sustrato se trata con autoclave o pasteuriza para eliminar cualquier tipo de microorganismos ya presentes en el sustrato y, por lo tanto, evitando la contaminación durante el proceso de crecimiento o incubación.
3. El micelio en el medio de cultivo que se haya elegido se mezcla con el sustrato, de la manera mas homogénea posible para favorecer un crecimiento optimo. Si el sustrato no estaba húmedo antes de la esterilización en autoclave se añade una cantidad de agua esterilizada. . Para mejorar el crecimiento, también se puede agregar una solución estéril de nutrientes.
4. El sustrato inoculado se envasa a mano en un molde esterilizado. que tiene la forma deseada. El molde está sellado pero dispone de una parte permeable al aire para mantener un microclima.
5. El micelio crece a través del sustrato en un entorno cuya temperatura ambiente se encuentra controlada. Es este punto existen dos posibilidades, una es realizar todo el crecimiento en el molde, y pasar directamente al paso 6. O bien realizar una fase final de crecimiento fuera del molde que consolida la piel exterior del material.
6. El material crecido se trata térmicamente para finalizar el proceso de crecimiento matando el hongo y deshidratando el material, el cual tenía un contenido de humedad para su crecimiento.
7. Pos tratamiento: se le puede aplicar un recubrimiento o posprocesamiento al material para modificar sus propiedades en cierta dirección.

Documentación: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total enviroment Pg(6-11)

ESTERILIZACION DEL SUSTRATO



Esterilización de grano de mijo en olla express (metodo casero).
<https://mycelior.com/esterilizacion-y-pasteurizacion>



<https://www.mundoreishi.com/cultivo-reishi/>

Se emplean varios métodos para la inoculación del sustrato, haciendo este inerte y creando el ambiente ideal para el crecimiento del hongo, eliminando cualquier microorganismo que pueda competir con el micelio, contaminando la muestra.

Para este proceso se puede utilizar temperatura, como esterilización en autoclave y pasteurización o tratamiento con agentes químicos o microbianos. La elección del método de esterilización puede influir en las características del producto final, como por ejemplo influir en la capacidad elástica de las fibras que componen el sustrato en el caso de los tratamientos térmicos, y su vez influir en las propiedades físicas del material. Y otros muchos factores a tener en cuenta que afectan más a un fabricante que a este trabajo en cuestión.

En varios estudios se analizó el crecimiento de hongos después de usar diferentes métodos de esterilización del sustrato, y cuya conclusión fue que los sustratos esterilizados por autoclave tomaban menos tiempo para el ciclo de crecimiento.

Documentación: "A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total environment Pg(6-11)

MÉTODO DE INCULCACIÓN

Se pueden utilizar diferentes enfoques para inocular el sustrato con micelio. Cuando se cultiva en placas de agar peptona de extracto de malta, se cortan uno o más tapones de agar (10 mm · 10 mm) de una placa completamente colonizada y se inoculan directamente en el sustrato.

El micelio también se puede cultivar en semillas de grano antes de la inoculación y posteriormente se utiliza para inocular el sustrato con micelio (10% a 20% del peso del sustrato).

Alternativamente al proceso convencional de inoculación y moldeo, el sustrato se puede pre-cultivar en bolsas de plástico que hacen que el micelio colonice la mezcla para su posterior desmenuzamiento y moldeo, para que este adquiera su forma final. Este método según algunos estudios favorece el crecimiento de las hifas y su robustez.



Micelio Inoculado en Grano de mijo.
<https://mycelior.com/los-4-pasos-del-cultivo>



Inoculación en solución de Agar
<https://setascanarias.com/como-empece-cultivar-setas/>



Foto de detalle de crecimiento de micelio en solución nutritiva dentro de una placa de petri.
Fuente: <https://mycelior.com/los-4-pasos-del-cultivo>

Documentación: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total enviroment Pg(6-11)

METODO DE EMBALAJE



Llenado del molde.

En cuanto al método de embalaje uno de los factores a parte de la esterilización de todas las superficies y los útiles de trabajo, es la cantidad de aire que se almacenara en producto final, pues el contenido de aire influye en la conductividad del material. Un alto contenido en aire provoca una baja conductividad térmica.

Es por esto que dependiendo del producto final, puede ser recomendable o no pre comprimir la mezcla a la hora de introducirla en el molde. . Las muestras densas exhiben mayor rigidez que las muestras sueltas y, en general, los módulos de Young son más altos que los módulos de corte.



Pre-crecimiento en bolsas plasticas.

TIEMPO DE CRECIMIENTO

El tiempo de incubación depende del tamaño del material y generalmente se determina in situ debido a la escasa previsibilidad. Los periodos de crecimiento pueden variar desde los más escasos de 7 días a los más prolongados de hasta 42 días de crecimiento micelial.



Disposicion de los moldes para crecimiento. <https://ecovatedesign.com/>

Los materiales que han crecido durante un período mayor son menos porosos y, por lo tanto, dan como resultado una disminución de la permeabilidad hidráulica. De manera similar, el período aumentado de crecimiento del micelio mejora la estabilidad térmica. El mejor resultado en la descomposición térmica se obtuvo después de 25 días de incubacion, lo que retrasó el inicio de la descomposición térmica.



Crecimiento en moldes. <https://ecovatedesign.com/>

Por otro lado los periodos de incubación muy prolongados tienen como resultado un impacto negativo en los módulos elásticos y de corte, lo que puede deberse a una mayor degradación del sustrato por parte de los hongos, que de otro modo es esencial para contribuir a la rigidez elástica. Por el contrario, un tiempo de incubación tan largo tiene un impacto positivo en la resistencia a la compresión con el mayor aumento de valor absoluto de 350 a 570 kPa, o más del 60%.

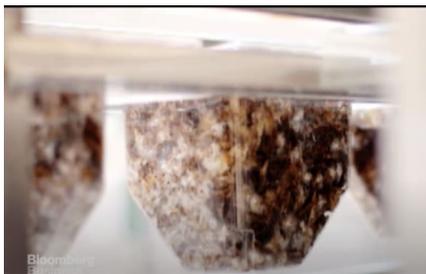
Documentación: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total enviroment Pg(6-11)

CONDICIONES DE CRECIMIENTO

Las condiciones óptimas de crecimiento se alcanzan bajo condiciones específicas ambientales que difieren para cada especie/cepa de hongo en un sustrato diferente.). Las temperaturas de incubación varían entre 21 y 30 ° C.

Pocos estudios especifican el nivel exacto de humedad del sustrato, pero el conocimiento patentado indica un nivel de hidratación de aproximadamente el 66%. El peso total después de la hidratación está compuesto por 2/3 de agua y 1/3 de sustrato y el contenido de humedad relativa suele oscilar entre el 70 y el 100%.

Por último la incubación se realiza principalmente en la oscuridad, en un ambiente controlado donde es posible el intercambio de gases y la circulación de aire.



Fotos de detalle de las fases de crecimiento.

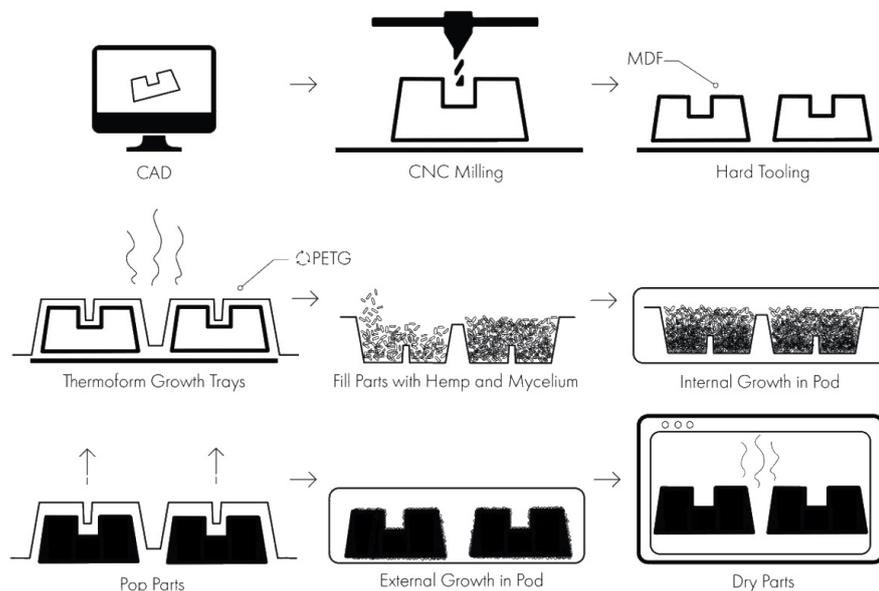
Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=DCjoiRa6aMQ>

Documentación: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total enviroment Pg(6-11)

Existen numerosas formas, duraciones y temperaturas de deshidratar y desnaturalizar los materiales, como el calentamiento por microondas, calentamiento del horno por infrarrojos, Calentamiento de la lámpara IR (una combinación de una herramienta calentada y una lámpara de infrarrojos)... entre otros.

Las muestras secas no están 100% secas debido a las condiciones de los laboratorios que contienen aire húmedo. El contenido de humedad de los materiales secos está entre 0,6% y 20%.

Para extraer la mayor parte de la humedad, las muestras deben secarse en un horno con circulación de aire. Como era de esperar, el proceso de secado influye en la conductividad térmica de los materiales. Como los materiales vivos consisten en un alto contenido de humedad, la conductividad térmica es mayor con cantidades más variables de humedad en comparación con los materiales completamente secos donde la humedad es reemplazada por aire.

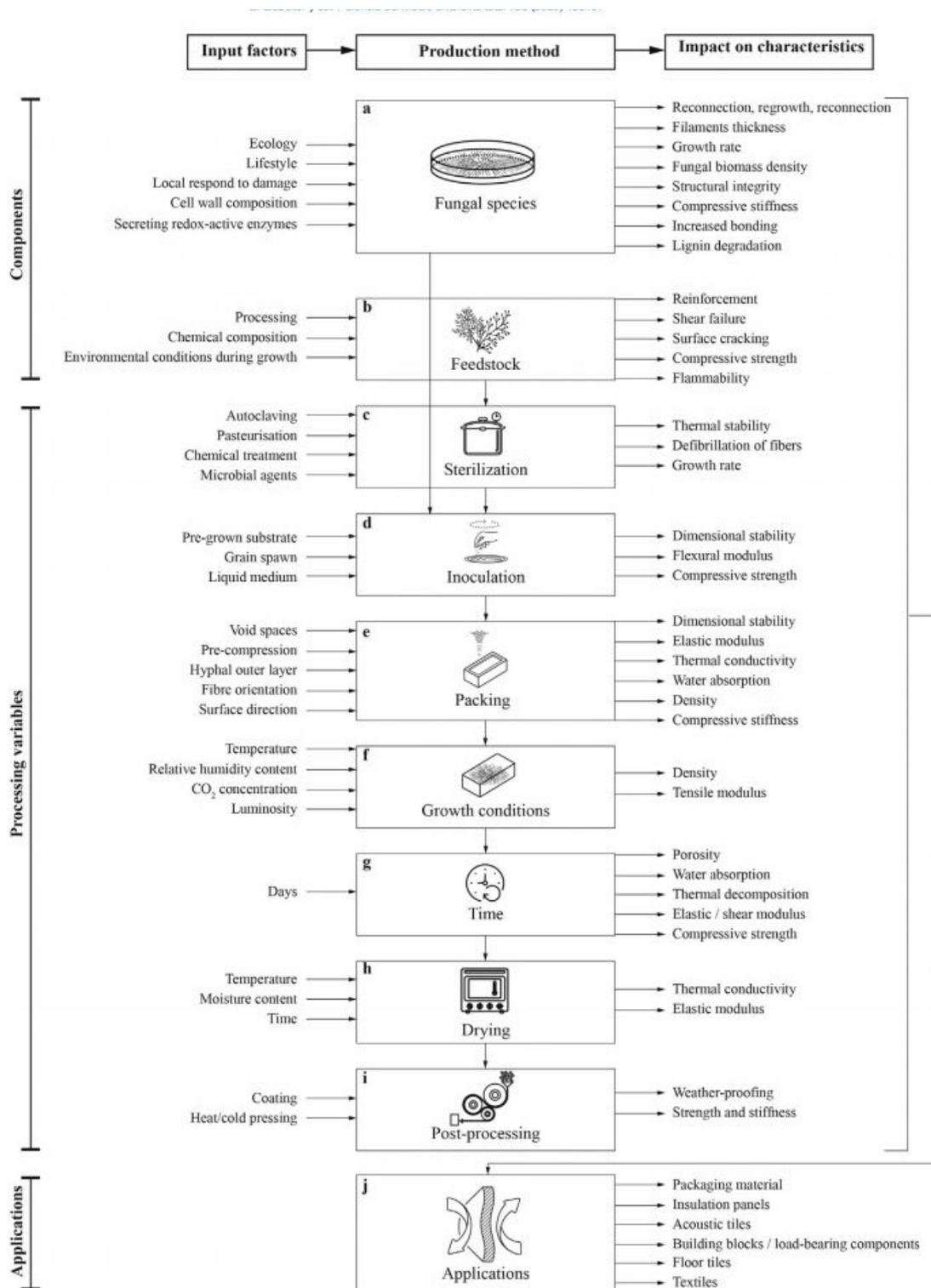


Proceso de creación del molde, llenado, crecimiento y secado.

Fuente: <https://mycopedia.net/Production-Techniques>

Documentación: "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista: Science total enviroment Pg(6-11)

En esta tabla se muestran las diferentes variables en los métodos de fabricación y su repercusión en las características del producto final.



Fuente : "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites"
Revista:Science total enviroment Pg(6-11)

5_Caracteristicas De Las Espumas de micelio

En primer lugar hemos de decir que puede haber una gran variedad de compuestos de micelio, cuyas características son personalizables dentro de lo unos límites, dependiendo de la finalidad del propio material, siendo en algunos casos una mejora destinada un fin concreto, una desventaja en otros.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

En primer lugar destacar que los compuestos de micelio contienen aislantes naturales de alto rendimiento como pueden ser la paja, el cáñamo o las virutas de madera... y que haciendo como aglutinante el crecimiento del micelio, da lugar a unas densidades bajas.

Estas densidades varían en función del método de fabricación y del material del sustrato utilizado, pero por lo general varían entre los 57-99 kg/m³. Y generando unos resultados de conductividad térmica entre (0,04-0,08 W/mK).

Las conductividades térmicas más bajas están asociadas con mejores materiales de aislamiento. Existe fuerte correlación entre la densidad del material y la conductividad térmica es el resultado de la presencia de grandes cantidades de aire seco, que tiene una conductividad térmica muy baja.

Los valores de conductividad térmica observados en los compuestos de micelio, los posicionan como un competidor dentro del mercado, como se puede observar en el grafico siguiente y que se sumarian a una línea de productos sostenibles como los anteriormente expuestos.

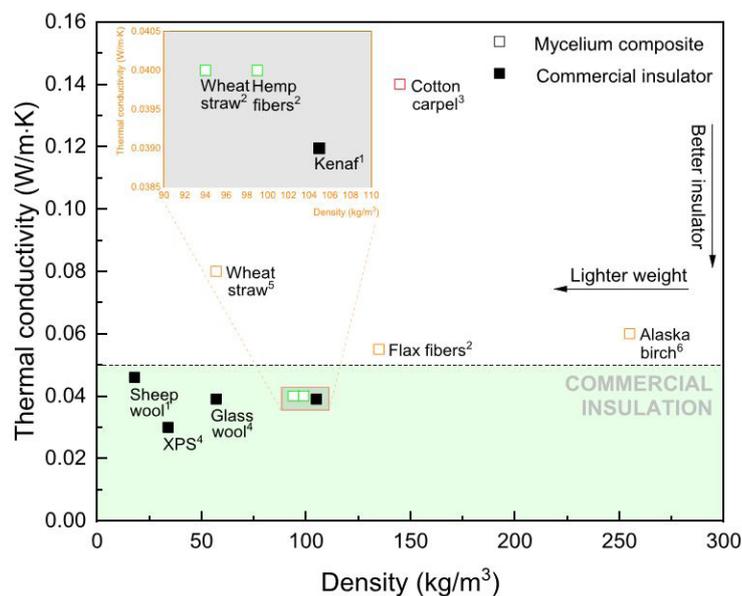


Tabla: Densidad y conductividad termica de compuesto de micelio con diferentes sustratos

Fuente: "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review" Pg: 8

Documentación: "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review" Pg: 7-8

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

El micelio en si es un excelente absorbente acústico, que muestra una absorción acústica importante en sonidos de baja frecuencia (< 1500 Hz), una propiedad no típica que significa que la espuma de micelio se puede utilizar junto con otros materiales para mejorar sus propiedades de absorción de baja frecuencia.

Alternativamente, el compuesto de micelio que comprende residuos agrícolas ligados al micelio también puede proporcionar una absorción acústica de rango de frecuencia más amplio con 70 - 75% de absorción.

Las fibras en los compuestos de micelio actúan como elementos de fricción, resistiendo el movimiento de las ondas acústicas y disminuyendo su amplitud a medida que las ondas sonoras intentan moverse a través de los tortuosos pasajes del material. Las estructuras menos densas y más abiertas absorben el sonido de baja frecuencia (500Hz), mientras que las estructuras más densas son mejores para frecuencias superiores a 2000 Hz.

Por otro lado la compresión de los materiales repercute en una reducción de la absorción acústica, como resultado de un menor espesor y un aumento de la densidad. Por lo que los materiales de micelio destinados a aislamiento acústico, no deben pasar por tratamiento de pos procesamiento como prensado en frio o en caliente.

Uno de los principales abales de que estos materiales son especialmente útiles cuando se habla de sonido, es que la empresa italiana MOGU (<https://mogu.bio>), es una de las primeras iniciativas mundiales en la utilización de compuestos de micelio precisamente para el acondicionamiento acústico de espacios, que cambian con una apuesta fuerte a nivel estético.



Paneles Acusticos MOGU
Fuente: <https://mogu.bio/>

Documentación: "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review" Pg: 8-9

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos de micelio, dependen a menudo del sustrato donde crecen, y en menor medida de la variedad de hongo utilizada. A nivel de sustrato se hace una diferenciación entre los sustratos que tienen cuya composición es fibrosa como las la paja de trigo o fibras de cáñamo y los sustratos con una composición es partículas, como puede ser el la viruta de madera o serrín.

Loading	Substrate type	Substrate	ρ_{envelope} (kg/m ³)	E MPa	σ_{ultimate} MPa
Tension	Fibrous	Rapeseed straw ^a	115	3.0	0.025
	Particulate	Beech sawdust ^a	170	13.0	0.05
		Red oak sawdust ^b	300	1.30	0.18
Compression	Fibrous	Flax hurd ^c	99	0.73	–
		Hemp hurd ^c	94	0.64	–
		Wheat straw ^d	192	–	0.17
		Particulate	Pine shavings ^c	87	0.14
	Particulate	Red oak sawdust ^b	300	1.0	0.49
		White oak sawdust ^d	552	–	1.1
		Fibrous	Cotton fibers ^a	130	1.0
Flexure	Particulate	Rapeseed straw ^a	115	1.5	0.14
		Beech sawdust ^a	170	9.0	0.29

Tabla: Densidad, tensión, compresión, y flexión de compuestos de micelio por sustratos particulados o fibrosos. Fuente: "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review" Pg: 5

Desgraciadamente de todas las publicaciones observadas, se puede decir que se dispone de datos poco consensuados para dar unos valores generales de las propiedades mecánicas del material y que la tabla anterior es un ejemplo concreto para poder ilustrar las mismas.

A pesar de esto, las propiedades de de los compuestos de micelio se siguen investigando y experimentando con las misma. El campo más inmediato de aplicación parece ser el aislante térmico rígido de ahí que sea vital el estudio de los valores de resistencia compresión del material. Pero también se ha experimentado en otras líneas más ambiciosas aunque más alejadas de la realidad inmediata.

Documentación: "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review" Pg: 5-6

Este es el caso de el diseño de una estructura portante de micelio mediante el método de ingeniería informada que se realizó para la Bienal de Arquitectura de Seúl 2017. Mycotree es el resultado de la colaboración entre la cátedra de construcción sostenible del Instituto de Tecnología de Karlsruhe (KIT) y el Instituto Federal Suizo de Tecnología (ETH) de Zúrich.

Consiste en una estructura portante formada por piezas de micelio, cuyo diseño está encaminado a que estos bloques reciban esfuerzos solamente de compresión. Esta estructura soporta una rejilla de bambú 134kg y de cuatro metros a una altura de tres metros sobre el suelo. Son 36 miembros de micelio de una longitud máxima de 60cm, que en conjunto pesan unos 182 kg.

De esta experiencia sacaron la conclusión de que:

*“The structure represents a provocative vision... structural materials for a more sustainable building industry”.*⁴

*“La estructura representa una visión provocativa de cómo podemos ir más allá de la extracción de nuestros materiales de construcción desde la corteza terrestre hasta su cultivo y crecimiento urbano; cómo lograr la estabilidad a través de la geometría en lugar de la resistencia del material abre la posibilidad de utilizar materiales más débiles de manera estructural y segura; y, en última instancia, cómo los recursos regenerativos en combinación con el diseño estructural informado tienen el potencial de proponer una alternativa a los materiales estructurales establecidos para una industria de la construcción más sostenible.”*⁴



Documentación: “Design of a load-bearing mycelium structure through informed structural engineering”

⁴Cita traducida. “Design of a load-bearing mycelium structure through informed structural engineering” Pg: 4



Primer crecimiento en bolsas.



Llenado en molde definitivo.



Ejemplo de pieza final.



Foto detalle union entre piezas.

Fuente: “Design of a load-bearing mycelium structure through informed structural engineering”

COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Para el análisis de este punto nos vamos apoyar en un estudio concreto sobre las reacción al fuego de los compuestos de micelio.

Autores: Mitchell Jones , Tanmay Bhat , Chun H. Wang , Khalid Moinuddin y Sabu John. Todos pertenecientes a Instituciones Universitarias de la ciudad de Melbourne, Australia.

Para la realización del estudio se utilizo la variedad de de hongo de *Trametes versicolor* (Basidiomycota) y cascara de arroz como material de sustrato basándose en su contenido en sílice, su bajo costo y contenido en polisacáridos. Las especificaciones del proceso de fabricación se asemejan en a los expuestos anteriormente de carácter general, pero pueden ser consultados en las publicación del artículo de referencia.



Muestras des estudio de resistencia al fuego.

Fuente: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites " Pg: 1-3

"Las propiedades de reacción al fuego del compuesto de micelio se compararon con la espuma de poliestireno extruido (XPS) disponible comercialmente comprada a Knauf Insulation (Brisbane, Australia)."



Foto detalle: formación de carbonilla en parte expuesta.

Fuente: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites "

Documentación: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites " Pg: 1-3

tipo de material	TTI (s)	PHRR (kW / m ²)	THR (MJ / m ²)	MAHRE (kW / m ²)	TSR (metro ² / metro ²)	Promedio Rendimiento de CO ₂ (kg / kg)	Promedio CO ₂ rendimiento (kg / kg)
Espuma XPS	9	536	21	212	1146	0,07	2,32
MicelioCompuesto	7	133	45	87	50	0,04	1,42

* TTI = tiempo de ignición, PHRR = tasa máxima de liberación de calor, THR = liberación total de calor, MAHRE = tasa promedio máxima de emisión de calor, TSR = liberación total de humo.

Tabla comparativa (Aislamiento XPS y compuesto de micelio) parametros de rendimiento de calorimetria
Fuente: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites "

Se registraron resultados de un mejor comportamiento de los materiales de micelio, menos en la tasa total de liberación de calor, dato engañoso al no estar cruzado el tiempo de liberación que como podemos ver en la tabla siguiente, el XPS libera una gran cantidad de calor en un tiempo muy reducido hasta la pérdida total de su masa mientras que el micelio tienen un liberación más homogénea sin grandes picos de liberación.

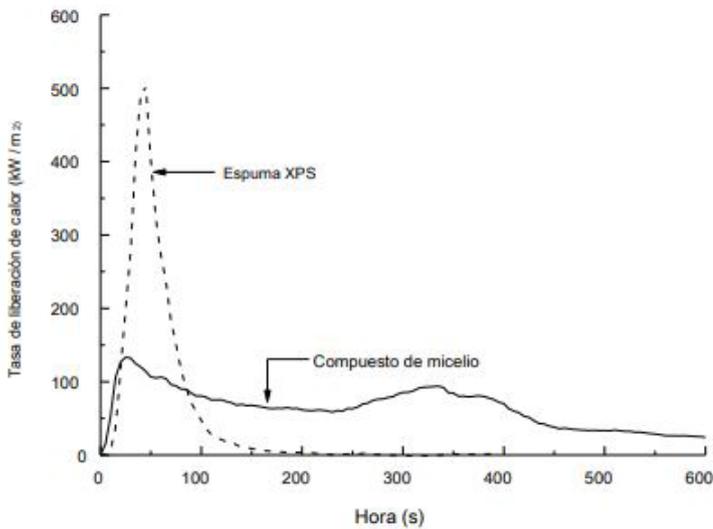


Tabla comparativa (Aislamiento XPS y compuesto de micelio) de reaccion al fuego por tiempo y liberacion de calor.
Fuente: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites "

Conclusiones del estudio:

*"Mycelium composites are a viable fire-resistant material for non-structural and semi-structural applications... them suitable replacements for traditional synthetic insulation foams"*⁵

*"Los compuestos de micelio son un material resistente al fuego viable para aplicaciones no estructurales y semi-estructurales en lugar de espumas sintéticas y materiales similares. A pesar de encenderse y quemarse, estos materiales orgánicos baratos y respetuosos con el medio ambiente exhibieron menores tasas de liberación de calor y pérdida de masa y una menor producción de monóxido de carbono y dióxido de carbono. Las propiedades favorables de reacción al fuego del compuesto de micelio se atribuyeron individualmente al alto rendimiento de carbón tanto del micelio como de la cáscara del arroz"... "La menor inflamabilidad de los compuestos de micelio atribuida a estos factores, junto con su proceso de fabricación de bajo costo y respetuoso con el medio ambiente y su cualidad de biodegradables, los convierte en sustitutos adecuados para las espumas aislantes sintéticas tradicionales.."*⁵

Documentación: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites " Pg: 4-6

⁵Cita traducida: "Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites " Pg: 8

Absorción de agua:

Es una de las problemáticas a tener en cuenta, y que limita el uso de estos materiales en cierta medida. Los compuestos de micelio tienen tendencia a absorber grandes cantidades de agua rápidamente, pues su carácter higroscópico hace que pueda aumentar su peso entre un 40% y 580%, cuando está en contacto con el agua de 48 a 192h.

Aunque una absorción de agua tan masiva puede parecer un problema importante, algunas aplicaciones de construcción para compuestos de micelio, como el aislamiento acústico o térmico, son afortunadamente para ubicaciones internas o secas que no están expuestas a la intemperie, lo que mitiga esto de otra manera significativa.

Los compuestos de micelio que comprenden sustrato en partículas como el serrín, son mucho menos susceptibles a la absorción de agua.

Por otro lado los compuestos de micelio prensados en caliente o en frío también experimentan menos de la mitad de la absorción de agua que los compuestos secados al aire. Por lo que parece una problemática de posible solución si estos materiales se quisieran destinar a aplicaciones en las que puedan estar en contacto con el agua.

Resistencia a las Termitas:

Los daños de origen biótico que causan organismos vivos dentro de las edificaciones son una amenaza de carácter incalculable en muchos países, por lo que es un factor a tener en cuenta de cara a la utilización de estos materiales, aunque de momento sus aplicaciones estructurales no son muy reales.

Los compuestos de micelio no tienen propiedades de resistencia a las termitas propias, y comprenden material completamente biológico y predominantemente lignocelulósico. Sin embargo, la resistencia a las termitas de los compuestos de micelio se puede mejorar mediante la selección del sustrato y la aplicación de termiticidas naturales o comerciales.

Los compuestos de micelio a base de cáñamo tienen alta resistencia a las termitas, exhibiendo altas tasas de mortalidad y bajas pérdidas de masa resultantes de la acción de termitas durante 4 semanas (16 - 53% del peso)...” mientras que “Los compuestos a base de maíz tienen una baja resistencia a las termitas con una ligera mortalidad de termitas y un 42 - 43% en peso de pérdida de masa.

Documentación: “Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review” Pg: 11-12

Una vez expuesto las características de material, se expone un caso de estudio particular con el objetivo de aclarar la relación entre procesos de fabricación y cualidades del material, que aunque no tenga todas variables en cuenta puede aclarar ciertos conceptos:

En este estudio Se probaron tres protocolos de mezcla diferentes con varios materiales de sustrato, que incluyen pulpa de madera, grano de mijo, salvado de trigo, una fibra natural y sulfato de calcio, y dos condiciones de empaque para producir muestras para la caracterización de propiedades físicas, térmicas y mecánicas.

Se probaron tres lotes de muestras, designados como SP, SL y SPL, respectivamente, para evaluar la efectividad del protocolo de incubación y el estado de la prueba en las propiedades. Las muestras son cilindros rectos con un diámetro de aproximadamente 5 cm y una altura de aproximadamente 6 cm formados por moldes tubulares de policarbonato.

Las muestras en SP y SL se incubaron durante 2 semanas, mientras que las muestras en SPL fueron las mismas que las de SL excepto que se incubaron durante 4 semanas adicionales antes de la prueba. En la tabla siguiente se muestra de manera resumida las diferentes variables de protocolo que se utilizaron en las muestras.

Grupo número	Numero de muestra	Mezcla		Incubación		Prueba estado
		protocolo	Embalaje	tiempo / semanas		
SP1	G1: SP 01 - SP 05	yo	Denso	Dos	Seco	
SP2	G2: SP 06 - SP 10	yo	Suelto	Dos	Seco	
SP3	G3: SP 11 - SP 15	II	Denso	Dos	Seco	
SP4	G4: SP dieciséis - SP 20	II	Suelto	Dos	Seco	
SP5	G5: SP 21 - SP 25	III	Denso	Dos	Seco	
SP6	G6: SP 26 - SP 30	III	Suelto	Dos	Seco	
SL1	G1: SL 01 - SL 05	yo	Denso	Dos	En Vivo	
SL2	G2: SL 06 - SL 10	yo	Suelto	Dos	En Vivo	
SL3	G3: SL 11 - SL 15	II	Denso	Dos	En Vivo	
SL4	G4: SL dieciséis - SL 20	II	Suelto	Dos	En Vivo	
SL5	G5: SL 21 - SL 25	III	Denso	Dos	En Vivo	
SL6	G6: SL 26 - SL 30	III	Suelto	Dos	En Vivo	
SPL1	G1: SPL 01 - SPL 05	yo	Denso	Seis	Seco	
SPL2	G2: SPL 06 - SPL 10	yo	Suelto	Seis	Seco	
SPL3	G3: SPL 11 - SPL 15	II	Denso	Seis	Seco	
SPL4	G4: SPL dieciséis - SPL 20	II	Suelto	Seis	Seco	
SPL5	G5: SPL 21 - SPL 25	III	Denso	Seis	Seco	
SPL6	G6: SPL 26 - SPL 30	III	Suelto	Seis	Seco	

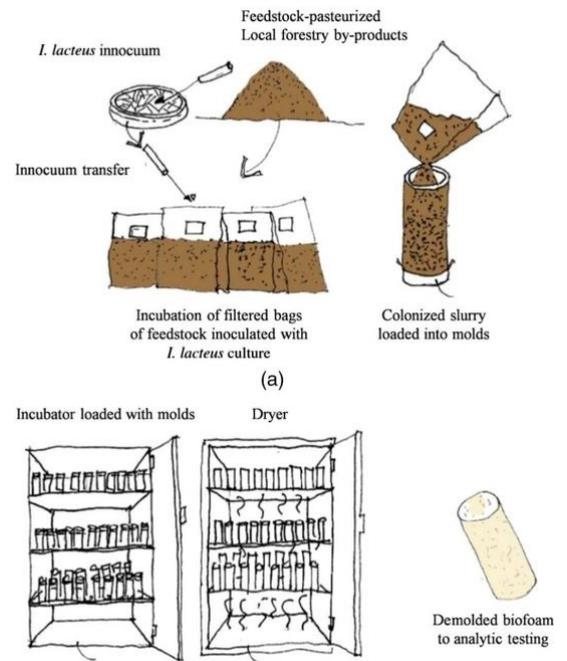


Tabla: especificación de grupo por mezcla, envasado e incuvación.
Fuente: "Physical and Mechanical Properties Of Fungal Mycelium-Based Biofoam"

Esquema de proceso de creación de muestras.

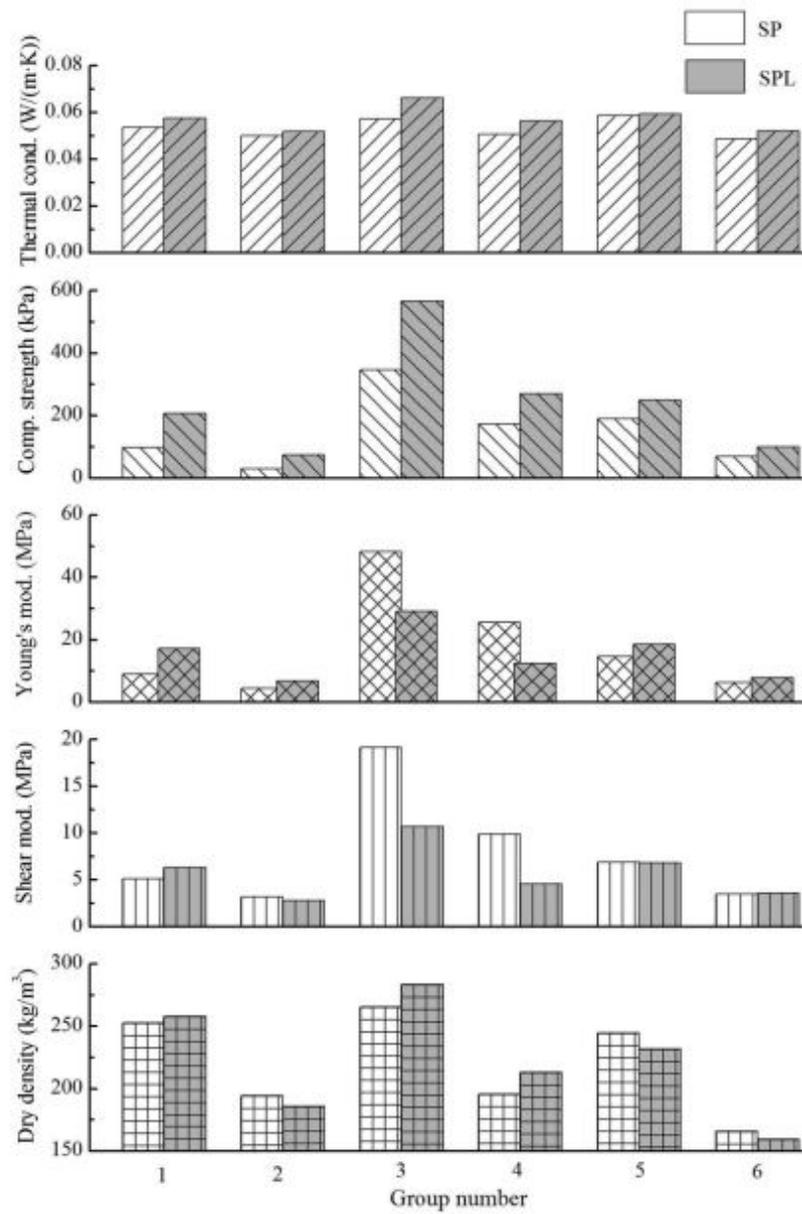


Tabla: Propiedades térmicas y mecánicas de componente de micelio en grupo SP y SPL.
Fuente: "Physical and Mechanical Properties Of Fungal Mycelium-Based Biofoam"

Las conclusiones sacadas de este estudio fueron las siguientes:

- 1. Los resultados muestran que las muestras densamente empaquetadas siguiendo el Protocolo de mezcla II, es decir, las muestras G3, tienen la densidad seca, los módulos elásticos y la resistencia a la compresión más altos.*
- 2. La bioespuma seca muestra una buena conductividad térmica, que se encuentra en el rango de $0,05 - 0,07 \text{ W} \cdot \text{re m} \cdot \text{K}^{-1}$. Las muestras vivas poseen una conductividad más alta debido a la existencia de un contenido de humedad relativamente alto;*
- 3. Esta bioespuma presenta módulos elásticos bastante buenos cuando se seca. Sin embargo, la muestra viva presenta módulos elásticos mucho más bajos;*
- 4. Esta bioespuma presenta una fuerte anisotropía elástica, con Young 's y módulos de corte en dirección horizontal 20 - 60% más grandes que los de la dirección vertical. Esta fuerte anisotropía elástica se puede atribuir al método de empaquetado y a una piel fuerte formada en la superficie circunferencial de las muestras durante el proceso de incubación;*
- 5. Esta bioespuma demuestra una excelente resistencia a la compresión, con un valor medio de 350 - 570 kPa para muestras G3;*
- 6. El tiempo de incubación tiene un pequeño impacto en la densidad seca y la conductividad térmica, un impacto negativo en los módulos elásticos, pero un claro impacto positivo en la resistencia a la compresión.*
- 7. La adición de fibra natural ayuda a mejorar los módulos elásticos y la resistencia a la compresión, cambia el modo de falla de las muestras densamente empaquetadas de falla por cizallamiento a abombamiento y previene o minimiza la aparición de grietas en la superficie durante las pruebas de compresión.*
- 8. Esta bioespuma ha cumplido o excedido características similares a las espumas térmicas poliméricas convencionales, excepto la densidad en seco. El estudio futuro de dicha bioespuma debería centrarse en la resistencia al fuego, los problemas de absorción de agua y el impacto de las condiciones ambientales.*⁶

Este estudio, sin embargo, demuestra que esta bioespuma a base de micelio de hongos ofrece un gran potencial para su aplicación como material de aislamiento alternativo para la construcción de edificios e infraestructura, particularmente en regiones frías, o un material de relleno ligero alternativo.

Documentación: "Physical and Mechanical Properties Of Fungal Mycelium-Based Biofoam" Pg: 8

⁶ Cita Traducida: "Physical and Mechanical Properties Of Fungal Mycelium-Based Biofoam" Pg: 8

6- Ejemplos Practicos

THE GROWING PAVILLION



“The Growing Pavillion” o el pabellón creciente fue diseñado como un espacio de exposición temporal para la semana del diseño de la holandés de 2019.

El diseño del pabellon por Krown-Design, una empresa que se dedica a realizar mobiliario en micelio, es un magnífico ejemplo del potencial plástico del material.



El pabellón está enteramente construido por materiales de origen orgánico, los marcos de la estructura de madera, sobre los que se encajan los paneles de micelio que constituyen el cerramiento, al ser al exterior estos tuviera que ser protegidos por una capa protectora de revestimiento orgánico.

“Según explicaba el cofundador de la compañía, Jan Berbee, los paneles tradicionales de poliestireno expandido emiten el triple de su peso en CO₂. Por su parte, el micelio es capaz de capturar el doble de su peso en dióxido de carbono, reduciendo la huella ecológica de un edificio.”⁷



Fuente: <https://nomadaq.blogspot.com/2020/04/the-growing-pavilion-la-casa-que-se.html>

Documentación: <https://nomadaq.blogspot.com/2020/04/the-growing-pavilion-la-casa-que-se.html>

⁷ <https://www.bioeconomia.info/2019/11/19/con-paredes-recubiertas-con-micelio-este-edificio-limpia-el-aire-a-medida-que-crece/>

THE LIVING. HY-FI TOWER.

Obra del estudio neoyorquino The living, ganó con esta propuesta el concurso del Moma young architects, que se instaló en el patio de la galería de Nueva York.

Esta construcción es la de mayor tamaño construida hasta la fecha en micelio. Está constituida por 10.000 ladrillos prefabricados de micelio y tiene una altura de 12 metros, se exhibió en el museo de arte contemporáneo de Nueva York en 2014.

Para la construcción se contó con la empresa Ecovative Design, la responsable del desarrollo de esta tecnología. En la parte superior de ambas chimeneas se ejecutó con ladrillos reflectantes producidos utilizando una película de espejo especialmente desarrollada.



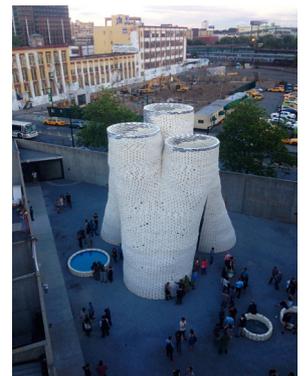
Documentación: <https://www.archdaily.com/521266/hy-fi-the-organic-mushroom-brick-tower-opens-at-moma-s-psi-courtyard>



Fuente: <https://arquitecturaviva.com/obras/pabellon-hy-fi-nueva-york>.



Fuente: <https://www.inexhibit.com/case-studies/hy-fi-summer-installation-moma-psi/>



Fuente: <https://www.archdaily.com/521266/hy-fi-the-organic-mushroom-brick-tower>

“MUSHROOM TINY HOUSE “

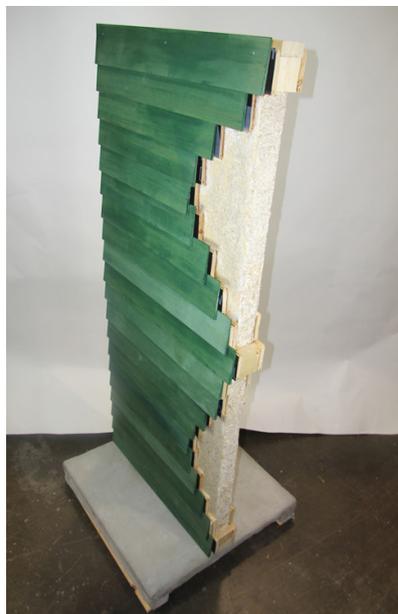
Este proyecto de la empresa Ecovative Desing, pionera en la utilización del micelio es uno de los pocos sino el único proyecto que aplica de manera practica el aislamiento térmico a un espacio habitable.

Este proyecto aunque de dimensiones reducidas, es totalmente innovador en cuanto a su sistema constructivo. Pues el aislante de micelio que compone el interior de las paredes se cultivo en el interior de las mismas formando un sello hermético que se en el mes posterior. Como resultado se obtiene un cerramiento continuamente aislado, un panel sándwich de madera-micelio-madera.

Este sistema se concibe como una réplica sostenible a los sistemas constructivos de paneles sándwich con núcleo de poliestireno, con una huella de carbono positiva.

“No solo construimos una casa pequeña, la cultivamos.”

Ecovative Desing



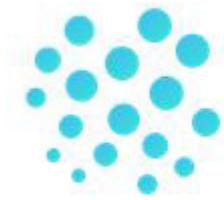
Seccion del muro.
Fuente: <https://mushroomtinyhouse.com/>



Mushroom Tiny House.
Fuente: <https://mushroomtinyhouse.com/>

Documentación: <https://mushroomtinyhouse.com/>

7- Muestras Realizadas IDforest



ID Forest

IDforest una empresa de biotecnología forestal aplicada de Palencia, cuya trabajo está enfocado a “investiga los hongos y sus aplicaciones en sectores diversos como la agricultura, la construcción, la alimentación o la salud. En todos ellos los hongos tienen un papel destacado”.

Tras ponerme en contacto con IDForest para obtener información, en un primer momento para la realización de este trabajo se mostro muy interesada en desarrollar productos a base de micelio, sobre los que ya habían investigado, llegando a realizar una muestra de este material.

Uno de los campos donde la empresa ve mas futuro para los materiales a base de micelio es el sector de la construcción, por lo que se decidieron a empezar a realizar muestras para tener un mayor conocimiento de todas las variables de este complejo proceso.

Se planteo desde un principio orientar los esfuerzos en direccionar el material a una función de aislante, tanto térmico como acústico, pues la literatura existente lo indicaba como la opción mas real y factible. Así como para tener in mayor conocimiento de las propiedades físicas del mismo.

Se concluyo especialmente oportuno conocer las siguientes propiedades:

- Absorción de Agua y estabilidad dimensional, por ser uno de los datos mas desconocidos dentro de los artículos y publicaciones. Y por una posible aplicación como sistema de aislamiento exterior.
- Permeabilidad al vapor de agua, por ser un material con posibles aplicaciones en la bioconstrucción donde este aspecto es muy relevante, la hora de ser compatible con otros materiales.

- Resistencia a la compresión, para una posible aplicación como aislante rígido sin estructura auxiliar, incluso con posibilidad de aplicación para suelos radiantes.
- Comportamiento frente al fuego.
- Transmitancia Térmica.

De igual manera es oportuno estudiar como los materiales de micelio se comportaban junto con elementos complementarios, que de cara un futuro producto con aplicación real ayudarían a su instalación tanto para ser soportado como para recibir otros materiales y también con previsiones a una posible prefabricación junto con otros elementos.

El elemento mas idóneo con el que los compuestos de micelio a priori es la madera. Por lo que se realizaran pruebas unión de los dos materiales, siendo una forma de agilizar procesos que durante la fase de crecimiento del mismo el micelio este en contacto con elemento de madera y se forme una unión natural, por el propio crecimiento del micelio sobre la madera, que en ningun momento puede comprometer las características resistentes del elemento de madera.

Si esta unión micelio-madera no se produjera de manera natural, habría que recurrir a una unión por geometría de las piezas o colas y resinas.

PROCESO DE FABRICACIÓN

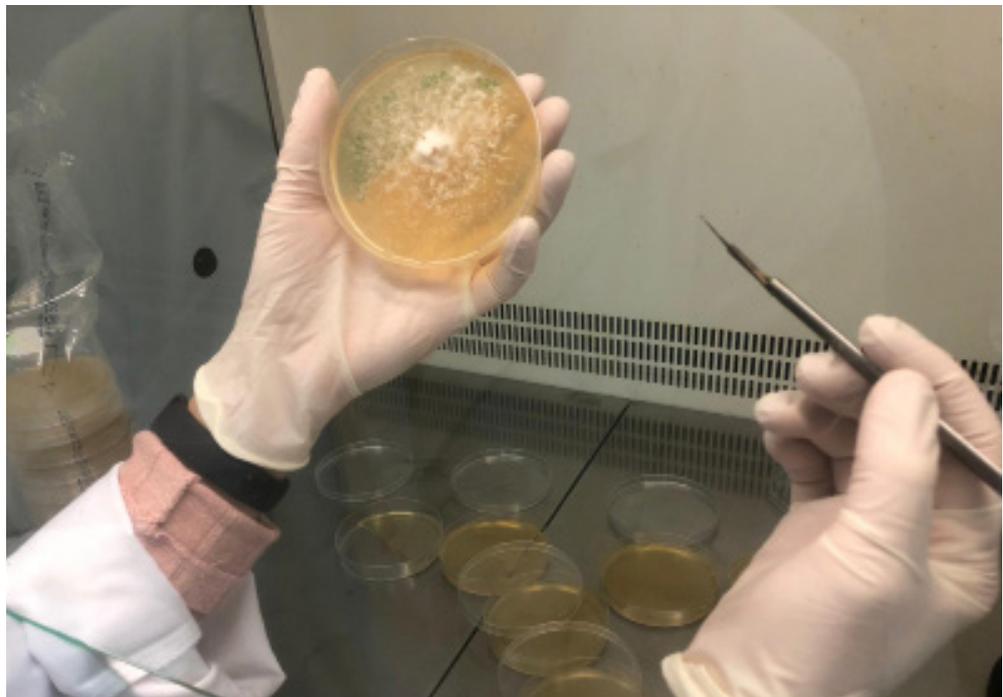
Se parte con el micelio en placas de cultivo que se van repicando periódicamente para mantenerlos frescos.

De las placas de cultivo se pasamos a grano esterilizado en autoclave (utilizamos trigo o mijo) en unas bolsas plásticas con filtros que permiten la respiración de los hongos y evita la contaminación por parte de otros organismos que entrarían a competir con el hongo.

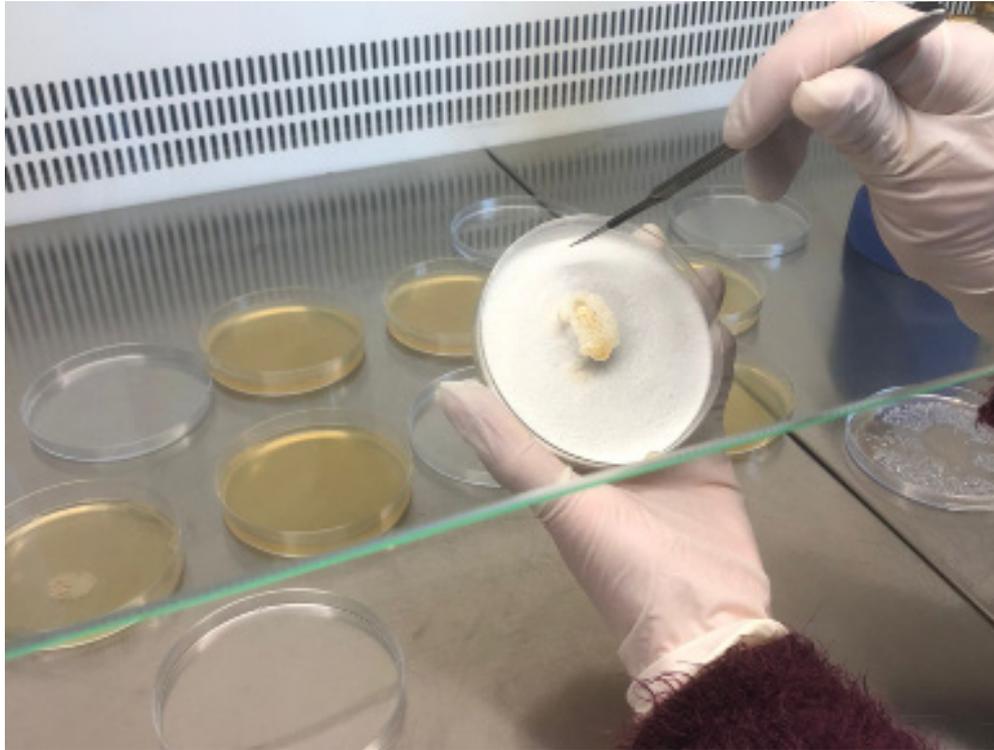
En el grano crece muy rápido y nos permite distribuir mejor el micelio al pasarlo al serrín.

Una vez estas bolsas están bien colonizadas se inocula el serrín, también esterilizado, y cuando está ya en crecimiento, se mete en el molde para darle la forma deseada.

FOTOS DE LAS MUESTRAS



Crecimiento del Micelio en placa de Petri



Placa Completamente colonizada de Micelio



Preparación del grano para inocular el Micelio.



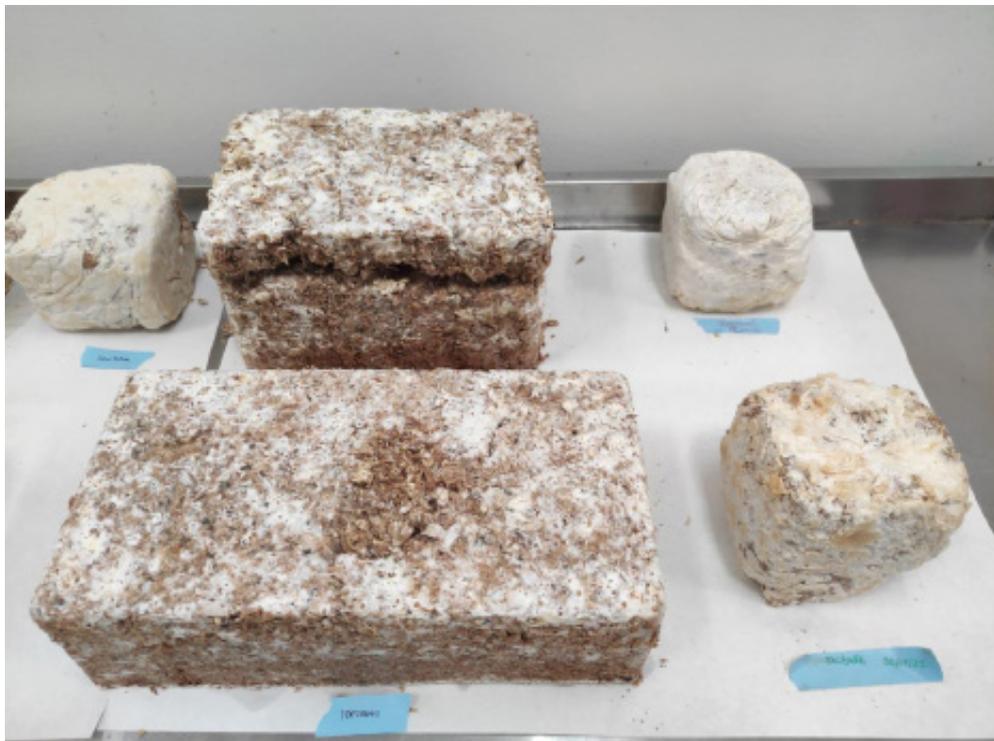
Crecimiento del Micelio a temperatura y Hmedad controlada.



Crecimiento del Micelio a temperatura y Hmedad controlada.



Muestras



Muestras



Muestras



Fotos realizadas por IDForest.

8- Proposición de Formato

Para finalizar este trabajo sobre las posibles aplicaciones del micelio en la arquitectura, se propone de un formato de aplicación. El objetivo de la propuesta es acercarse a lo que sería una aplicación dentro de proyectos de edificación, buscando la rapidez en la ejecución con un sistema de montaje extremadamente sencillo, orientado tanto a la construcción convencional como a la autoconstrucción.

La prefabricación de los bloques de medio formato y su fácil ensamble hace que también pueda cubrir demandas de viviendas de emergencia o realojo temporal en zonas de climas exigentes.

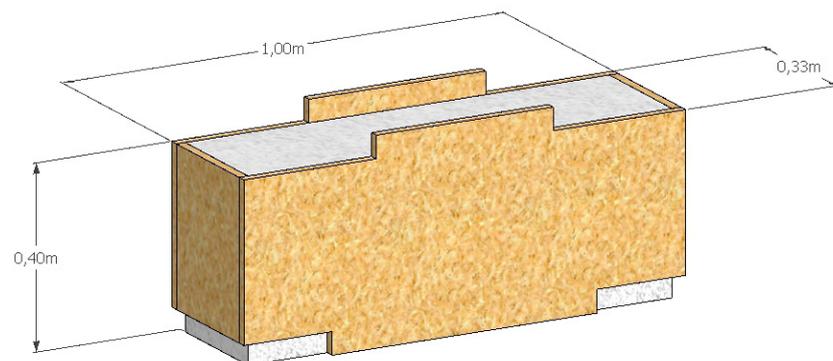
La propuesta se nutre en gran medida del sistema patentado de GAblock del cual hemos hablado con anterioridad.

Se propone un bloque prefabricado de núcleo aislante de biocompuesto de micelio, el cual crece dentro de un molde placas OSB que dan rigidez al prefabricado, facilidad y precisión en el montaje.

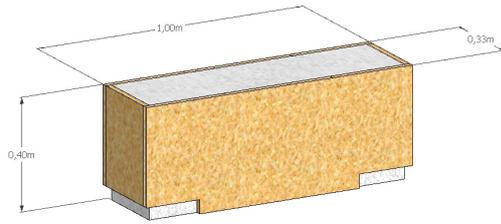
Como vemos en las imágenes siguientes el sistema se compone de un bloque genérico que compone la mayoría del muro, y variaciones del mismo que resuelven los encuentros con las carpinterías, el arranque del muro o el encuentro con la estructura horizontal.

Las placa de OSB del las caras largas del bloque son machihembradas en su parte superior e inferior para garantizar una correcta traba de muro y los bloques trabajen de manera solidaria.

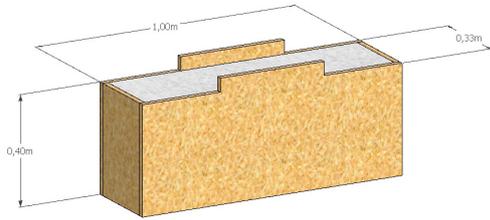
El bloque genérico contando con una densidad de micelio que favorezca la menor conductividad ($\pm 75 \text{ kg/m}^2$), por lo que el bloque en total pesaría entorno a los 18 kilos.



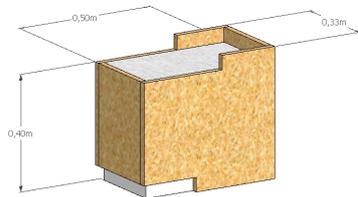
Bloque genérico.



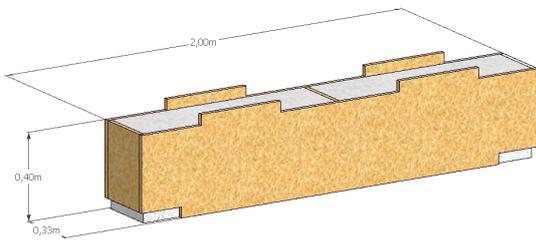
Pieza intersección con estructura horizontal



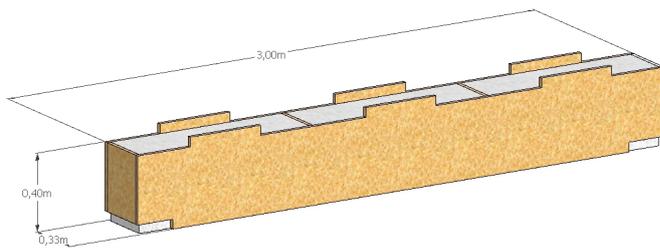
Pieza arranque sobre muerete



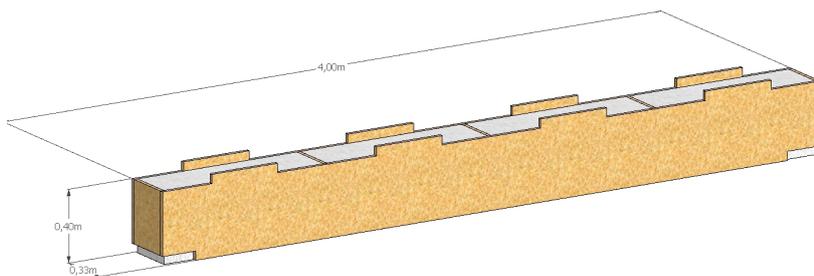
Medio Bloque



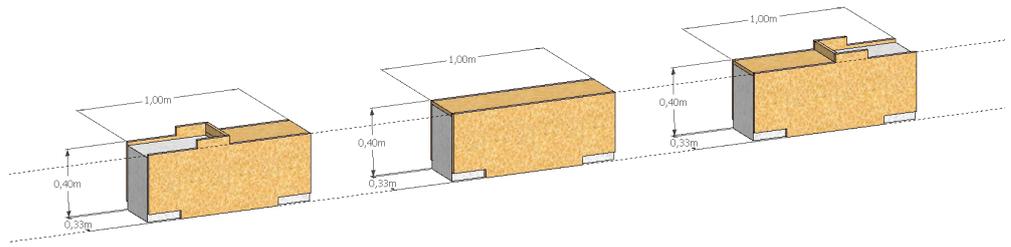
Cargadero 1



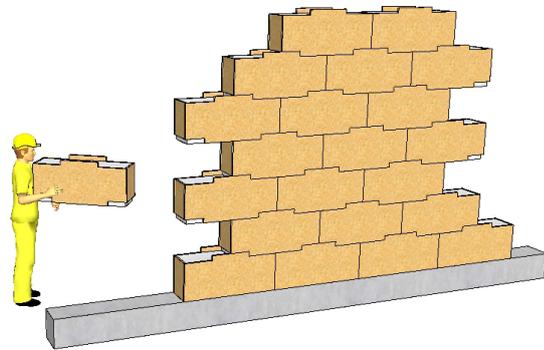
Cargadero 2



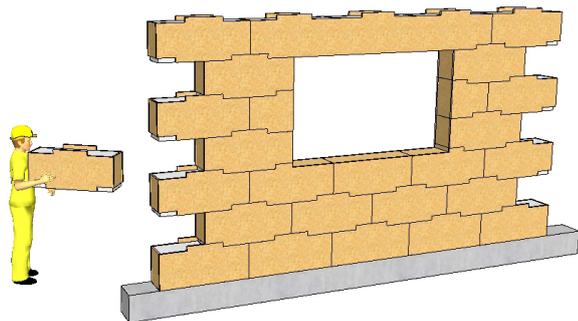
Cargadero 3



Piezas parte inferior del hueco



Ejemplo de Muro



Ejemplo de Muro con hueco (Cargadero 2)

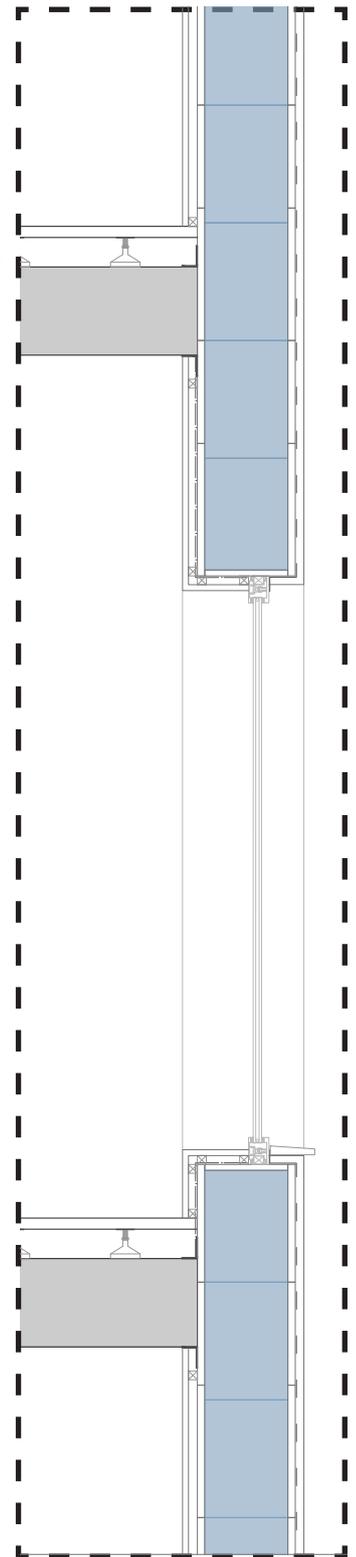
Se plantean dos posibles aplicaciones de bloque prefabricado de micelio:

1_Como cerramiento dentro de sistemas de estructura puntual.

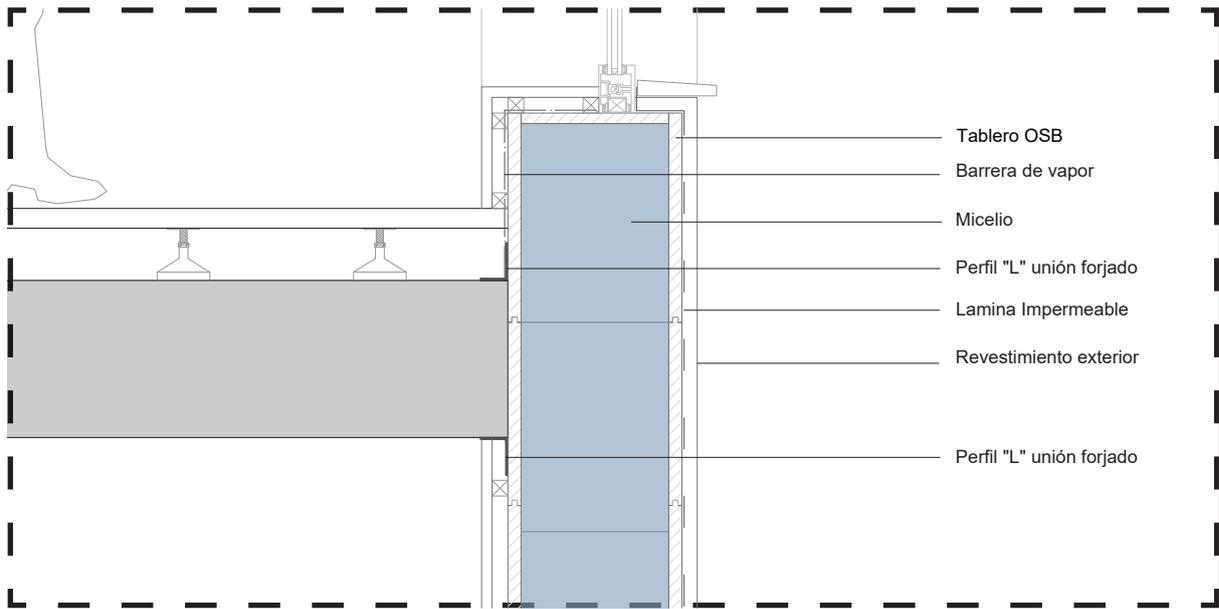
El bloque prefabricado se apoya por el perímetro exterior de los forjados, creando un aislamiento continuo por toda la estructura. Los bloques se unen a los forjados por un perfil en "L", que sujeta dos hiladas, una por la parte superior y otra por la parte inferior del forjado como se puede ver en el detalle a continuación, el resto de las hiladas se van apilando como un lego garantizando la estabilidad del sistema por el solape de su geometría. El machiembredo de los bloques y el solape por la forma de cruz favorece la resistencia a los esfuerzos de viento, aunque quizás sea necesario montantes verticales para resistir las cargas de viento.



Ilustración sistema constructivo.



Sección de muro



Detalle de Union Bloques-Forjado

2_Como muro portante en edificaciones de hasta dos alturas:

En este caso el bloque cumpliría una función estructural y de cerramiento a su vez, que en el caso de viviendas de baja altura puede suponer un ahorro económico importante, aun mas si se plantea la posibilidad de realizar algunas partes de la obra en autoconstrucción.

En este caso el muro arranca sobre un murete que lo separa del contacto con el suelo, en el arranque el bloque se aísla de la subida de humedad por capilaridad y en el encuentro con la estructura horizontal es necesario el reparto de las cargas con un durmiente de madera.

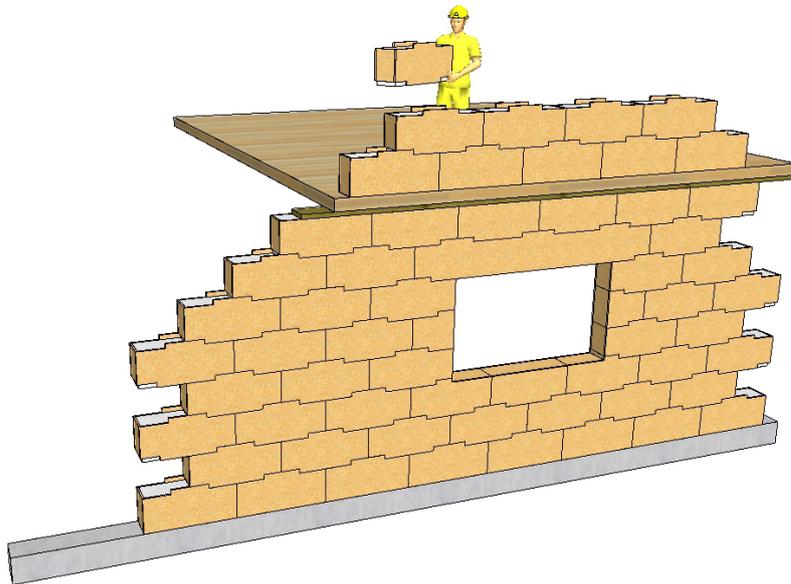
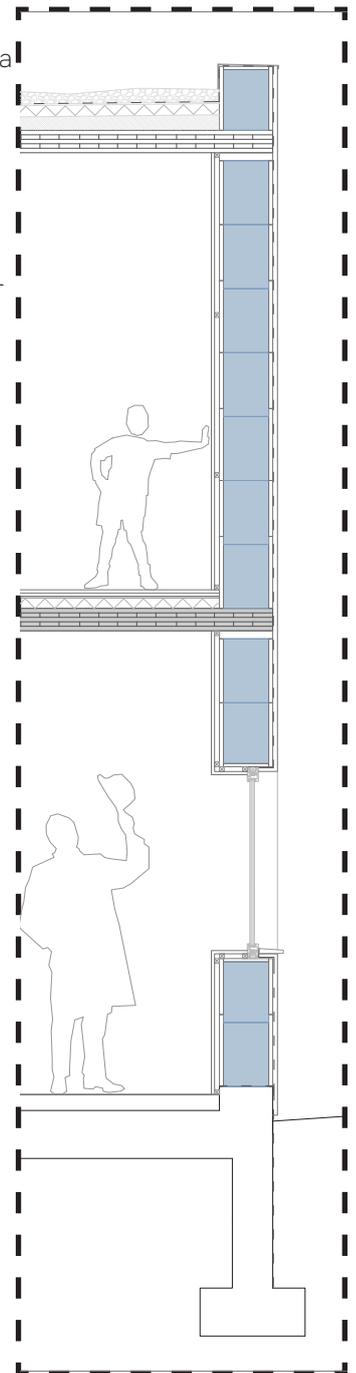
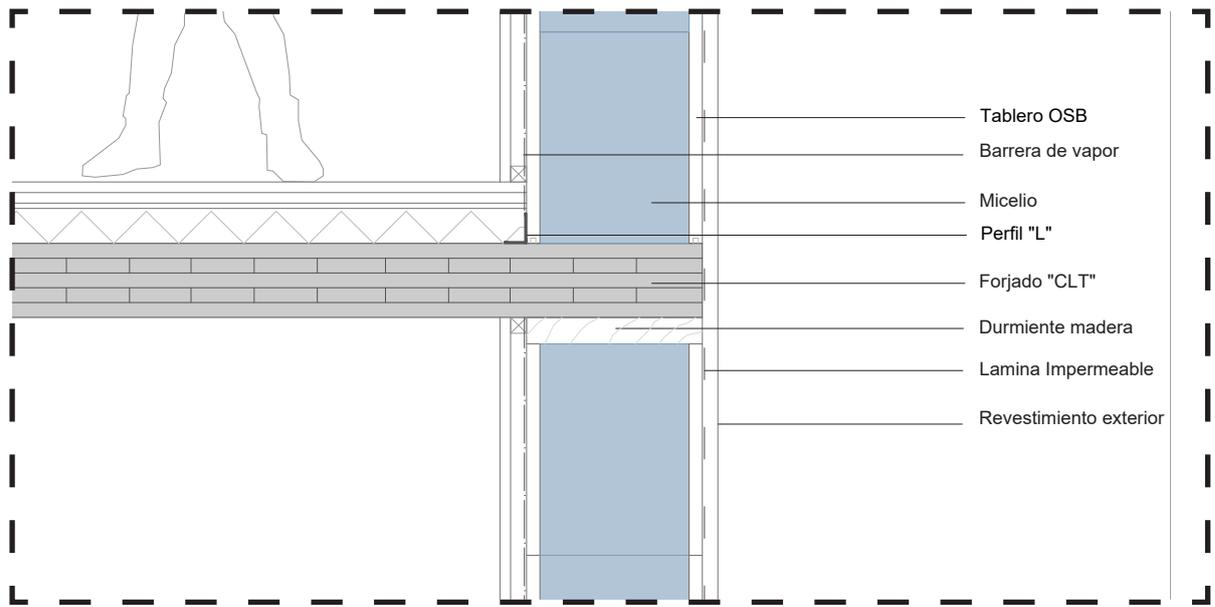


Ilustración sistema constructivo.



Sección de muro



Detalle encuentro forjado: muro portante de Prefabricado de Micelio

8- Conclusiones

Después de la realización de este estudio, donde se ha dado a conocer un material para la gran mayoría desconocido y que sin duda restaura extrañeza para muchos, no por sus propiedades y comportamiento como material, sino más bien por los procesos que requiere su producción. Y es que en los compuestos de micelio, un ser vivo es absolutamente imprescindible para la fabricación del mismo, algo revolucionario en cuanto a ingeniería de materiales se refiere, concepto que las empresas pioneras en la producción de estos materiales utilizan como slogan publicitario.

En cuanto al material se refiere, los campos de aplicación son muy amplios. Ecovative Design, empresa que comenzó a utilizar esta tecnología por primera vez, tiene varias líneas de aplicación como: Moda, comida, embalaje, mobiliario... Siendo el embalaje su aplicación más exitosa consiguiendo importantes contratos con empresas para realizar un packing de calidad y totalmente respetuoso con el medio.

Las posibilidades de los compuestos en la arquitectura son muy amplias, y aunque estos materiales se podría decir que tienen una presencia casi nula en el mercado, hemos visto algunos ejemplos como Mogu y sus paneles acústicos. La arquitectura existente que hemos visto se limita a exposiciones donde el material se utiliza de una manera más vistosa que lo que sería una aplicación real de mismo en la construcción.

Los biocompuestos de micelio son una alternativa real a los aislantes plásticos que son ampliamente utilizados en la construcción en muchas de sus aplicaciones, siendo esta una opción que no solo utiliza desechos vegetales de otras industrias como paja, serrín o cáñamo sino que su proceso de fabricación no implica grandes demandas de energía.

Como hemos visto y aunque haga falta profundizar en el conocimiento los biocompuestos de micelio, tiene unas características físicas muy competitivas y adecuadas para su aplicación en arquitectura como su conductividad térmica, atenuación acústica, reacción al fuego... Siendo la función de aislante la opción más real en inmediata para su comercialización como material de construcción.

Es importante que el conocimiento de esta tecnología se extienda por el territorio, y que aumente el número de empresas que trabajan con ella favoreciendo la innovación y lo que es más importante, que se disponga del material en proximidad lo que mantendría una baja huella de carbono y ofrece una alternativa más de valorización de desechos vegetales de otras industrias. Por esto es importante la apuesta de IDforest por el desarrollo del material, que puede derivar en la creación de una producción en nuestra realidad geográfica.

Uno de los aspectos más importantes y del que menos datos aporta la literatura existente, son los costes de fabricación del material siendo una de las variables más importante para que los biocompuestos de micelio puedan introducirse en el mercado.

Para finalizar destacar como hemos dicho en repetidas ocasiones que el Biocompuesto de micelio es un material que aprovecha desechos vegetales de otras industrias, que es compostable al final de su vida útil, de huella de carbono casi nula y con características muy competitivas para su aplicación en arquitectura... Unas características especialmente oportunas en la situación actual de crisis climática.

9- Bibliografía

_A. Baño Nieva (2005) Guía de construcción sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, Madrid.

_B. Bjorn. The ecology of building Material. Oxford: elservier, 2019.

_C. Mijangos, J.S. Moya (2007) Nuevos materiales en la sociedad del siglo XXI.

_F. Julio (2007) El impacto ambiental en la edificación: Criterios para una construcción sostenible. Edisofer, Madrid.

_H. Derek, (2003) Materiales compuestos. Ed. Reverté, Sevilla.

_M.Rcoha, F. Jové (2015) Técnicas de construcción con tierra. Argumentum, Lisboa.

_U. Valladolid. (2016) Edificio Lucia, Edificio para lanzadera universitaria de centros de investigacion aplicada.

ARTICULOS

_J. Vermejo. Sostenibilidad en la arquitectura. 2015, Canales Sectoriales Intempresas, Arquitectura y construcción.

_Portal Kömmerling. El Ciclo de vida de los materiales. Green Building España .

_Claner Production. "Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis". Elsevier (2019)

_Science total enviroment "A comprehensive frame wrok for the production of mycelium-based lignocellulosic composites" Elsevier (2019)

_Materials And Desing. "Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review". Elsevier, (2020).

_Industrial Crops and Products. “An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates”. Elsevier 2013.

_Felix Heisel .“Design of a load-bearing mycelium structure through informed structural engineering” Elsevier (2017)

_Mitchell Jones. “Thermal Degradation and fire reaction propertis of mycelium composites” 21st International Conference on Composite Materials (2017)

_Feng Zhang. “Physical and Mechanical Properties Of Fungal Mycelium-Based Biofoam”. American Society of Civil Engineers (2017)

_ University of British Columbia “Research on Mycelium Construction Materials” . Joomi Seo, Yan Luo (2016)

_Cleaner Production “Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis”. Elsevier (2019)

TRABAJOS FINALES

_Marta Palomo Cano. TFG “ Aislantes termicos, criterios de seleccion por requisitos energeticos”

_Alicia De La Fuente. TFG “Estudio de nuevos materiales sostenibles como alternativa a la construccion tradicional con ladrillo”

_ Ferando Hidalgo Diego. TFG “ Guía práctica para la gestión de residuos de construcción y demolición en Castilla y León”

Ecococon:

<https://ecococon.eu/es/>

Wool4build:

<http://www.wool4build.com/>

Forel:

<http://www.forel.es/index.php>

Thermochip:

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

Sismo Spain:

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

Gablok:

<https://gablok.be/>

Barnacork:

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

Angel Sanchez Inocencio:

<https://angelsinocencio.com/estrategias-bioclimaticas-mejorar-eficiencia/>

Aislamineto y Sostenibilidad

<https://aislamientoysostenibilidad.es/analisis-ciclo-de-vida-en-la-edificacion-sostenible/>

Passive House:

<https://www.passivehouse.es/>

Cradle To Cradle:

<https://www.c2ccertified.org/>

_Archdaily:

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

_Ecovative Desing:
<https://ecovatedesign.com/>

_MOGU:
<https://mogu.bio/acoustic/mogu-plain/>

_Mushroom Tiny House:
<https://mushroomtinyhouse.com/>

_Bioeconomia:
<https://www.bioeconomia.info/2019/11/19/con-paredes-recubiertas-con-micelio-este-edificio-limpia-el-aire-a-medida-que-crece/>

_Nomad Arquitectura:
<https://nomadaq.blogspot.com/2020/04/the-growing-pavilion-la-casa-que-se.html>

_Mycopedia:
<https://mycopedia.net/Production-Techniques>

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

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

_Hempcrete:
<https://www.hempcrete.es/>

_Haiman el Troudi. Art: El micelio de hongos revoluciona la construcción:
<https://haimaneltroudi.com/el-micelio-de-hongos-revoluciona-la-construccion/>

_Biomason.
<http://biomason.com/>

_Revista EcoHabitar Art: El impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida.
<http://www.ecohabitar.org/analisis-de-ciclo-de-vida-de-los-materiales-de-construccion/>

