

Comunicación

Materiales cultivables para la construcción. Panorama de productos derivados del micelio de hongos en la Argentina

Mühlmann, Susana Isabel; Caruso, Susana Inés; More, Mariela
susanamul@hotmail.com; argas1@yahoo.com.ar;
marielamore@hotmail.com

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro de Investigación Hábitat y Energía (CIHEFADUUBA). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina;
Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Centro Experimental de la Producción (CEP ATAE). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina

Línea temática 1. Categorías y enfoques (teoría y praxis)

Palabras clave

Materiales, Construcción, Micelio, Hongos, Argentina

Resumen

Ante el acelerado agotamiento de recursos y el agravamiento del cambio climático, con consecuencias que ya impactan en el presente, es imperiosa una selección de materiales basada en criterios de sustentabilidad, en los que prime el foco en lo renovable y regenerable, como los materiales cultivables. Esta categoría revaloriza materiales tradicionales como la madera y las cañas, al tiempo que catapultada novedades, como los derivados del micelio de hongos, material que no se tala, no se

corta, no se teje ni se somete a procedimientos para darle forma o protecciones acorde a solicitudes, sino que se lo hace crecer para que tome determinada forma, densidad, textura y tamaño para determinado uso.

Otra ventaja, es que frente a la evolución de productos químicos para la preservación y protección de materiales cultivables tan eficaces como cuestionados por su contenido tóxico, la producción en base a micelio tiene como eje el mínimo o nulo impacto en el ambiente y en la salud humana, y además, propiedades ignífugas. En ese sentido, el micelio es un material 100% biodegradable, concebido como tal, por lo que la aplicación de preservantes o acabados potencialmente tóxicos constituiría una contradicción y, precisamente, es una de las cuestiones a resolver en función de sus alcances y aplicaciones.

Su crecimiento también es diferente, dado que la producción de micelio requiere de instalaciones cerradas, con temperaturas y humedades bajo estricto control, y un alto nivel de asepsia para evitar que se contamine.

En cuanto a normativa, el incipiente micelio cuenta con profusa investigación científica mundial y avanza rápidamente hacia la verificación de propiedades para usos diversos y posible replicación a escala industrial. No hay, hasta el momento, derivados del micelio que puedan sustituir materiales estructurales, sin embargo, investigaciones en curso comprueban que el micelio ofrece resultados ciertos para revestimientos de paredes interiores y paneles aislantes. Este tipo de avances se encuentra en etapa experimental en facultades de Argentina y son llevados adelante por equipos interdisciplinarios en los que se articulan la arquitectura, la ingeniería, la biología y las artes aplicadas.

Encuadrado en un proyecto de investigación orientado a los materiales cultivables locales en el marco de la sustentabilidad, este trabajo expone los resultados obtenidos en esta etapa, posicionando al micelio de hongos como uno de los materiales del futuro y su sólida categoría como material cultivable, en armonía con la propuesta de estas jornadas.

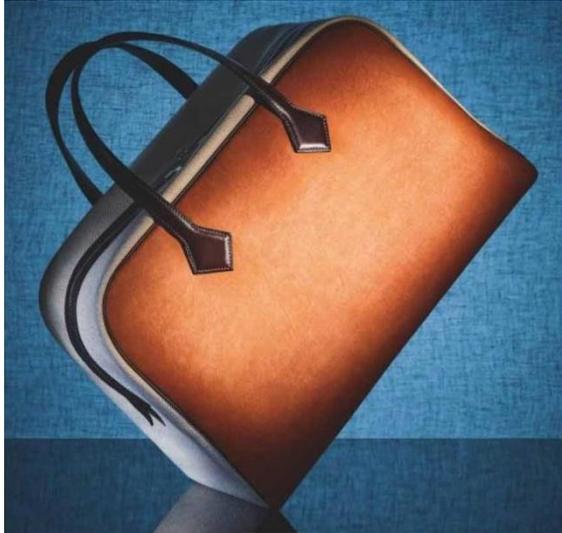
Introducción

Tradicionalmente en la construcción, la mínima señal de una potencial proliferación de hongos genera pavor debido a que remite directamente a contaminantes dañinos para la salud humana, implacables enemigos del sistema respiratorio, además de destructores de pinturas, revoques, madera, textiles y demás. Sin embargo, investigaciones actuales confirman la aptitud de nuevos materiales producidos a partir del cultivo del micelio de hongos sin, hasta el momento, impactos perjudiciales en ambiente ni en salud. Pero el alcance de los beneficios de los hongos es mucho más amplio y abarcativo. A sus ya conocidas propiedades medicinales¹ se suman, por ejemplo, estudios realizados en Chernobyl, que verifican la capacidad de un tipo de hongo para prosperar en sitios donde la radioactividad es demasiado alta y reducirla (Dighton et al, 2008). En el mismo sentido, estudios en estado experimental exponen la capacidad fúngica para reparar grietas en estructuras de hormigón (Jin, 2018), la posibilidad de que determinadas cepas de hongos y bacterias contribuyan a eliminar residuos plásticos (Woollacott, 2021) y hasta imbricar los campos de la informática, la biología y la arquitectura, implementando redes de micelio computacionalmente activas en función de proporcionar un paradigma radicalmente alternativo al estado del arte en los 'edificios inteligentes', actualmente dependientes de infraestructuras técnicas (Adamatzky et al, 2019). En cuanto a posibles sustitutos, en el campo de la indumentaria, la empresa MycoWorks de San Francisco manufactura un material similar al cuero hecho con hongos (Groskin, 2016) que en asociación con la marca francesa Hermès, propone reinventar el bolso Victoria en una alternativa cultivada a partir de micelio (Hahn, 2021) (Fig. 1). En concordancia, marcas como Adidas, Stella McCartney (Fig. 1), Lululemon y la empresa matriz de Gucci, Kering, se unieron para invertir en un material llamado Mylo, cultivado a partir de micelio y crear una cadena de suministro para el cuero vegano para fabricarlo a una escala comercialmente viable (Hahn, 2020). Este avance también se refleja a nivel local, a través del equipo de investigación del Instituto de Procesos Biotecnológicos y Químicos de Rosario dependiente del Conicet-UNR, para confeccionar ropa, carteras y calzado con cuero "ecológico" a base de hongos (Nodal, 2022). Paralelamente, los productos derivados del micelio también hacen pie en el campo del diseño y la construcción con propuestas en las que los hongos expanden las posibilidades de la arquitectura. A modo de ejemplo, dos iniciativas de Ecovative Design, pionero en utilizar micelio para la creación de objetos: el pabellón del Proyecto Hy-Fi, construido en el patio del MoMA PS1 por el estudio The Living en Nueva York (Fig. 1) y un panel aislante térmico y acústico que crece en sandwich (Fig. 1) (Souza, 2020). Un panorama tan variado como auspicioso amerita una indagación de su situación y grado de

¹Cultivo del *penicillium chrysogenum* o *notatum* por sus efectos antibióticos y propiedades bactericidas, descubiertas por el Dr. Alexander Flemming en 1928 (Hare, 1970).

evolución en Argentina. Este trabajo expone los resultados obtenidos hasta el momento.

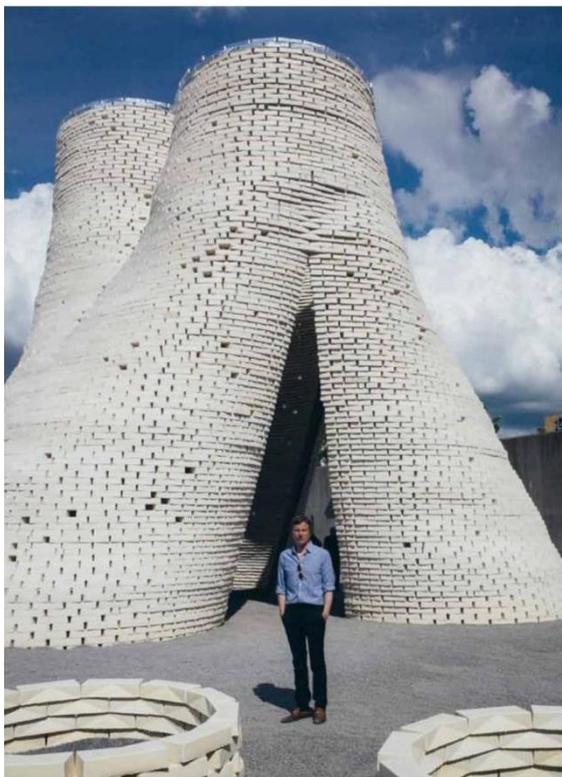
Figura 1. Derivados del micelio de hongos en el exterior



Bolso Victoria de dos paneles de cuero de micelio MycoWorks de Hermes



Conjunto de dos piezas de micelio Mylo de Stella McCartney



Hy-Fi Pavilion / The Living.
Image: Cortesía de Ecovative



Ecovative Mushroom® Insulation.
Image © Andrew Nunes

Fuentes: dezeen.com/2021/03/18/hermes-mycelium-leather-victoria-bag-mycoworks/, dezeen.com/2020/10/08/mylo-consortium-adidas-stella-mccartney-lululemon-kering-mycelium/ y plataformaarquitectura.cl/cl/949011/edificios-de-hongos-las-posibilidades-del-micelio-en-la-arquitectura

Entrevistas

El tema cuenta con gran difusión, desde artículos en medios masivos hasta tutoriales para su producción, con respaldo científico diverso. Dada la profusión de publicaciones y su incipiente estudio a nivel universitario, se consideró que el abordaje más apropiado para este proyecto, sería entrevistar investigadores que estuvieran llevando a cabo trabajos en ámbitos académicos locales, particularmente orientados a la producción de micelio para aplicaciones en el diseño y la construcción.

Especialistas consultadas

La Mg. Ana Laura Cantera investiga, desarrolla y capacita sobre biomateriales, y actualmente colabora con un equipo interdisciplinario en un proyecto de paneles aislantes con micelio de hongos para viviendas de interés social en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF). La Arq. Natalia Fernández desarrolla una tesis doctoral sobre productos para la construcción derivados del micelio en la Universidad Tecnológica Nacional en Córdoba (UTN) y se desempeña en el Centro Experimental de la Vivienda Económica, dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CEVE, CONICET-AVE), con dos líneas de investigación: *Micelio como bioligante*, con un estudio orientado a ver cómo funciona a través de un ensayo que evalúe la resistencia interna de los materiales y *Micelio como aislante*, que como material orgánico tiene la ventaja de ser ambientalmente amigable, sustentable y no liberar emisiones tóxicas, pero como contraparte, es muy atractivo para plagas de insectos, aspecto perjudicial para la salud que abre otro campo de estudio: Cómo hacer para que estos materiales cumplan con su vida útil y no se vean afectados negativamente. Los temas expuestos a continuación fueron extraídos de la entrevistas y conciernen directamente a aspectos de interés de este trabajo.

Reacciones del público ante los nuevos materiales

Según Fernández, los nuevos materiales conforman un campo interesante para explorar a nivel social por la aceptación de un material en base a hongos, dado que existe una asociación con los mohos y hongos tóxicos, y porque previamente, una tecnología tiene que tener una aceptación por parte de los usuarios. Cantera, por otro lado, manifiesta que según su experiencia, la gente no se acerca al micelio por temas de salud ni ambientales, sino por la novedad y posibilidades que ofrece un material diferente.

Inicios y publicaciones

A partir de un curso en el exterior, Cantera trabaja en el tema desde 2016. Ante la falta de referentes locales, tomó contacto con un ingeniero agrónomo que cultivaba hongos comestibles pero desconocía sus aplicaciones para objetos o materiales en general. El inicio concreto consistió en hacer numerosas pruebas con los consiguientes fracasos, sobre todo por la falta de información. Como contraparte, capitalizó el aprendizaje sobre la marcha para saber qué hacer y qué no, cristalizado en un protocolo para construir y diseñar objetos cultivados mediante especies fúngicas (Cantera y Gentile, 2019). En sus inicios en 2019, Fernández dedicó un año a investigar los sustratos más abundantes para ver cuál funcionaba mejor con las dos cepas de hongos comercialmente más asequibles en Córdoba. Como resultado, publicó un paper sobre el estado del arte de los biopolímeros en general y del micelio en particular (Fernández, 2019) y otro sobre el desarrollo de las cepas y residuos que usan en sus investigaciones (Fernández, 2020). *Actualmente, el tema está mucho más difundido y hay micro emprendimientos que están trabajando con esta tecnología, expresa Cantera y agrega: Que haya eventos exclusivamente sobre micelio es fantástico porque significa que algo está sucediendo con este material, al tiempo que tiene mucha convocatoria.*

Instalaciones - Controles ambientales, riesgo de contaminación y mediciones

Ambas investigadoras coinciden en que la tecnología básica consiste en contar con una incubadora para controlar las condiciones ambientales, probetas para realizar pruebas y, dado que micelio toma cualquier forma, pasar a moldes para su cultivo (Fig. 2). Fernández explica que como en el trabajo con micelio se corre el riesgo de proliferación fúngica, se hacen probetas de más, previendo que en el proceso muchas se contaminen y cambien completamente sus propiedades, quedando parte de la producción como descarte. Se podría evitar con *una cámara de flujo laminar*, que permite trabajar en condiciones totalmente estériles, pero sin esa tecnología es necesario buscar alternativas. Entre ellas, es posible probar métodos de esterilización química y aditivos que, agregados a la base del micelio, contribuyan a disminuir, por ejemplo, las larvas. Se está ensayando con cal o yeso en pequeñísimas cantidades, pero con ningún otro químico más nocivo. En el CEVE se montó un laboratorio que durante la pandemia se reemplazó por una incubadora casera, situación que ya se revirtió. Otro aspecto a contemplar, explica Fernández, es que durante la producción, el micelio tiene demasiadas variables y para un trabajo de investigación es necesario realizar controles. Por esa razón, en el laboratorio se fabricó una caja de policarbonato de 2m x 2m, con un humidificador, un controlador con Arduino y un ventilador, que controlan humedad y temperatura para arribar a resultados más científicos sobre qué se produce en tantos días, en tales condiciones ambientales. Fernández reflexiona sobre que *es altamente positivo que ante el volumen de residuos de la construcción, el micelio sea biodegradable pero a la vez, tiene que poder cumplir con su vida útil.* Cantera, por su parte, utiliza una incubadora casera para controlar la humedad y la

temperatura, que permite acelerar el crecimiento y también, dado que el micelio tiene su tiempo de crecimiento, controlar las fechas. Con esa incubadora no se hacen mediciones pero sí con el equipo de desarrollos sustentables de la UNTREF, que proyecta producir placas de micelio para forrar internamente las viviendas sociales, hacerles pruebas y verificar sus propiedades.

Figura 2. Crecimiento de micelio en probetas y moldes en Argentina



©Sistemas Materiales

Ganoderma lucidum. Sustrato gelatinoso y sólido. 4 muestras de aglomerado fúngico.



©Mycocrea

Ganoderma creciendo en bowl.



©Mycocrea

Gírgolas fructificando, en esfera plástica de estudio de curvatura para cultivo de biomateriales.



©Mycocrea

Macetas/contenedores hechas 100% de hongo.

Fuentes: <https://www.instagram.com/sistemasmateriales/?hl=es> y <https://www.instagram.com/analaauracanterana/?hl=es>

Especies

Cantera brinda información básica, al aclarar que no se parte de la espora de la que crece el hongo sino de la mitad del proceso, que es la semilla miceliada que venden los productores, factor que facilita los tiempos, reduce contaminaciones y facilita la tecnología en general. Fernández, a su vez, informa que partió de la idea de trabajar con semillas miceliadas de productores locales, sin inventar nada ni traer una cepa extranjera. En ese sentido, en su proyecto aún se están ajustando fórmulas con dos de los sustratos elegidos y tal vez, más adelante se aborden los aditivos naturales porque el tema de la conservación es muy importante y puede invalidar el material. En cuanto a especies, entre las que se producen en Córdoba y permiten que haya abundancia para hacer investigación, el *Pleurotus Ostreatus* es la cepa más usada y fácil de conseguir con los productores de semillas. Otra cepa es el *Ganoderma Lucidum*, que también utiliza Cantera.

Productores de semillas, sustratos y costos

La obtención de la semilla miceliada y los sustratos son puntos clave en la producción de objetos derivados del micelio y eso incide en el precio porque, por el momento, todo lo de micelio es caro en comparación con lo tradicional, expresa Cantera. En principio, el tema tiempo influye y es una limitante porque su producción es más lenta que la de otros materiales, pero el costo depende también de cómo se genere, qué es lo que se consigue. El sustrato proviene de desechos transformados en materia prima (yerba mate usada e industria agrícola en general) generando una economía circular, pero también inciden los acopios, traslados, transportes, consumo energético y huella de carbono integral. En relación a la bolsa de semilla miceliada, hay pocos productores. En la Provincia de Buenos Aires habrá cinco y en el resto del país están aislados, y al no tener un gran volumen que además, tarda en producirse, se cobra caro. Generar el micelio de cero lleva más tiempo aún, por eso es mejor conseguir las semillas miceliadas. Todo lleva tiempo y esfuerzo y termina saliendo muy caro. Las tecnologías en sus inicios son no económicas porque tienen que llegar a una escala masiva para bajar el precio y para abaratar los costos se necesitan más productores de micelio. Sus instalaciones consisten básicamente en galpones acondicionados como laboratorios biológicos. A modo de ejemplo, en la UNSAM hay un proveedor de micelio para hongos comestibles (IIB-UNSAM), también en Villa Adelina (ViVa), en Bahía Blanca (LBHCyMCERZOS), en Neuquén (LABHOC) y varios en Córdoba, pero en todo el país no llegan a veinte. En términos de proporciones, 1kg de semillas necesita 10kg de sustrato. Hay proveedores que dicen que pueden tener 2kg de material en dos meses. También hay gente que arranca por el hongo que encuentra en su contexto, pero con otros tiempos. En síntesis, *la tecnología se expande pero no se cuenta con material suficiente*, reflexiona Cantera.

Sustitutos en la construcción - Riesgos ante el agua y contaminación biológica

En relación a qué materiales de la construcción tradicional podría sustituir el micelio, Cantera expone que a corto plazo, puede haber producción de paneles y otros elementos aislantes a nivel local. Los ladrillos o bloques de micelio no son viables para estructuras portantes de mampostería porque sería una contradicción mantener la compostabilidad y la durabilidad. Sí serían aptos para arquitectura efímera y temporaria como, por ejemplo, instalaciones para olimpiadas, que suelen quedar abandonadas. En la región asiática, agrega, hay propuestas para esas construcciones y que al terminar el evento, se degraden y reduzcan el impacto en todo el ciclo de vida. Para lo portante o usos que generen solicitaciones agresivas o abrasivas, el micelio no es factible, pero hay proyectos con estructuras portantes semejantes a árboles, que lo combinan con madera y que ofrecen otra resistencia. Para paredes y separadores internos, como placas o paneles de construcción en seco, sería factible porque el micelio es liviano como el poliestireno, permitiendo su reemplazo. No sirve para nada que tenga contacto con el agua, como baños o cocinas, porque es material orgánico y aunque puede recibir terminaciones como ceras o lacas orgánicas, si algo queda sin cubrir puede entrar un insecto o podría llegar a formar hongos en un sector húmedo y en los intersticios. Los insectos se introducen por los poros y lo terminan deshaciendo. Hay observaciones de bloques desintegrados a los cuatro años. En el caso de formación fúngica, suelen aparecer los *trichoderma*, comunes en las frutas, que cuando no hay protección, se alimentan con el sustrato (Fig. 3). La ventaja es que cuando eso ocurre en un panel, se puede cambiar sin destrucción del resto, concepto que también aplica a textiles.

Figura 3. competencia biológica entre hongo *Ganoderma* y *Trichoderma*, en contaminación de esfera cultivada de producción local.



Fuente: <https://www.instagram.com/analauracantera/?hl=es>

Adhesivos, terminaciones y mantenimiento

El adhesivo se necesita dependiendo del uso que vaya a tener el derivado de micelio, expresa Cantera. En paredes de machimbre con micelio como aislante

en sandwich no se necesita porque ya se incorpora al hongo para que crezca y se adapte. Otro uso es externo en paneles; cuando el hongo ya está crecido y seco, el panel se pega a la pared con un adhesivo común, con componentes de químicos sintéticos contaminantes (Mühlmann, Caruso, Faifer e Isaías, 2021). No hay pegamentos biodegradables para micelio. Puede haber algo de factura casera, con propiedades adherentes, de carácter informal, pero no sirve para grandes paneles. Otra forma de adherencia es con imanes, que aunque estén pegados con adhesivo, reducen su uso y generan una adherencia menos invasiva y no definitiva, porque se pueden cambiar de lugar. Cantera no usa adhesivos ni barniz sintético. Explica que cuando el hongo está desarrollado, creció bien en el sustrato, adquiere propiedades muy impermeabilizantes y solo usa terminaciones naturales como ceras, goma arábica o goma laca, de origen vegetal o animal, compostables a corto plazo. Como tienen color, también se usan para teñir, propiedad con valor agregado. La goma laca, por ejemplo, es muy amarillenta. Los adhesivos que se comercializan están virando hacia versiones más sustentables pero todavía no carecen de químicos sintéticos. En cuanto a mantenimiento, si bien el micelio no está pensado para ser usado como revestimiento, con la aplicación de ceras y lacas prácticamente no lo necesitan, *se le pasa el trapito y ya está*, expresa Cantera. Cada tanto, si está muy reseco o pierde brillo, necesitará otra mano. El micelio tiene una textura muy suave, entre esponjosa y aterciopelada, que varía con lacas y ceras. Las variaciones de texturas y colores también tienen que ver con la manera de crecer, por lo tanto, también inciden en la terminación, la dureza y la aspereza al tacto. En esos casos, las texturas no se modifican a lo largo del tiempo. El sustrato hace que varíen los colores y las texturas. Las posibilidades son infinitas.

Comportamiento ante el fuego

El hongo es ignífugo en la medida que metabolice todo, si no, puede ser muy inflamable por el sustrato, explica Cantera. El micelio no está solo. La clave está en que el hongo esté completamente desarrollado y para eso, debe tener cierta temporalidad y metabolismo que aseguren que esté completo. En relación a los paneles para viviendas sociales, van a quedar de dos maneras: a la vista y en sandwich dentro de paredes, cubiertos con placas de otros materiales, no necesariamente sustentables pero si reciclados (plásticos), con adhesivos tradicionales, variables que inciden en el comportamiento ante el fuego del sistema constructivo y consecuentemente, de las viviendas, en particular, por la presencia de materiales sintéticos (Mühlmann y Damin, 2020).
Producción a escala - Moldes y variables

Según Fernández, el micelio es muy fácil de producir y con cuidados de higiene, habría posibilidades de escalarlo en el país. En concordancia, Cantera explica que en el caso de los revestimientos es posible porque alcanzan otro volumen, siendo fundamental un buen molde, por lo general, termoformado en 3D. Con la máquina se hacen moldes, se pone a cultivar el micelio y se saca a

gran escala. Todo depende de la cantidad de moldes. No hace falta un gran espacio y la producción de micelio requiere baja tecnología, aunque en el exterior hay laboratorios que cuentan con alta tecnología para producirlo a gran escala. Sobre el proyecto de la UNTREF, Cantera menciona que partiendo de la relación 1kg de semillas/10kg de sustrato, se estima que en 15 días podrían obtenerse paneles de 50cm x 50cm. Lo ideal son superficies chicas porque cuando se desmoldan no se cortan. Otra ventaja de los moldes chicos, es que si se cuele un hongo contaminante, se cambia. Con una pieza chica se limitan los riesgos. Los moldes son rectos y cuadrados, con bordes lisos y rectos, sin elementos de traba. Una termoformadora permite gran versatilidad para el diseño y rapidez, porque permite producir muchos moldes iguales. Luego, cada crecimiento puede ser diferente dependiendo de la oxidación del hongo, que depende a su vez de cada especie y como no es controlable, siempre es una sorpresa. Para estos paneles se usa la ganoderma, cuyo fruto anaranjado da lugar a las oxidaciones. Si se deja más tiempo de lo previsto en la incubadora, toma más color, pero si se lo deja demasiado, puede llegar a contraerse o deformarse. El crecimiento es aleatorio. La cantidad de paneles producidos a la vez depende de la incubadora y de la cantidad de moldes, y eventualmente, de las variables de color buscadas. Cantera informa que el crecimiento lo dan el molde y la temperatura, y después se estabiliza. Se lo deja unos días más para estar seguros de que creció en el interior y se pone al sol o en el horno para que se deshidrate completamente. Es mejor que se seque al exterior para que no se contraiga, pero también se seca con estufas o deshumidificadores. En cuanto al tipo de mano de obra y qué alcance puede tener, Cantera expresa que eso depende del tipo de micelio. Hay micelio que se prensa para lograr más resistencia, propiedad requerida en la construcción que necesita la ejecución de tipo industrial, no una factura artesanal. A nivel casero se le agrega azúcar o cal para controlar más el pH, que crezca y se seque, pero cuando hay prensado y embalaje, se necesitan otros cuidados. Las prensas suelen ser lisas pero hay con morfologías para determinadas placas, patentadas por empresas que comercializan a gran escala. En relación a la densidad, como revestimiento sin estar prensado podría tener un cierto juego, un hundimiento, por eso es apto como aislante. Aplicado a packaging no necesita protecciones ni una densidad muy elevada, que es lo opuesto a la construcción, que implica usos a largo plazo y requiere cumplir con más solicitudes. *A veces un producto es tan novedoso que no hay ensayos o se le aplican ensayos equivocados y ahí surge la primera medición y especificaciones, y la arquitectura es lo que más especificidad demanda,* resume Cantera.

Patentes

Fernández relata que como en 2020 la pandemia impidió avanzar en experimentos, se abocó a investigar productos verificados y patentados en el exterior. Las patentes abarcan método y cepas, aunque teóricamente no podría estar patentado ningún organismo. En el CEVE hay desarrollos patentados y, al revés de lo que parece, una patente ofrece credibilidad para inversionistas e

iniciar la producción, pero se requieren ensayos. La limitación radica en que una tecnología que no está patentada, difícilmente va a poder ser transferida. Es otra cuestión a abordar porque una patente respalda la credibilidad sobre el material y el dueño puede decidir liberarla. Mucho se puede mejorar con ensayos, pero a veces los tiempos de investigación locales no son los mismos que en otros ámbitos. Cantera coincide y reflexiona en que como lo producido y comercializado por las grandes empresas está patentado y cerrado para que no sea replicable, el tema no se expande. En ese sentido, se abre el interrogante sobre el alcance de una patente extranjera, hasta qué punto limita la posibilidad de replicación. Por otro lado, las patentes publicadas no son muy detalladas aunque es posible estudiarlas como base para desarrollos locales.

Campo normativo y certificaciones

Sobre si es posible que los productos derivados del micelio en la Argentina se adapten a los estándares internacionales y/o puedan llegar a aportar puntos en la normativa tipo LEED, Fernández afirma que la valoración de la huella de carbono del micelio es positiva en cuanto a que se biodegrada y es compostable, pero aún no hay estudios sino líneas para seguir investigando, para pasar de un desarrollo experimental a algo real. Cantera coincide en que es posible porque el micelio es medible y replicable pero, por el momento, el panorama local está en sus comienzos.

Selección de desarrollos con micelio a nivel local

El Laboratorio de biomateriales Mycocrea produce objetos en base a micelio (Cantera, 2022) (Fig. 4). El grupo de micólogos Hongos de Argentina (HONGOS.AR) trabaja con métodos para hongos comestibles, perfectamente aplicables a la construcción. En Chubut, el Centro de Producción de Hongos (CEPROH) desarrolla una planta piloto de cultivo de hongos comestibles a partir de sustratos recuperados de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de Esquel (CEPROH, 2022). En el grupo Sistemas Materiales FADU UBA, la DI Heidi Jalkh dirigió el Proyecto de Investigación PIA TPR 24, sobre *Materiales Bio fabricados, Vivos bio masas en sustrato sólido y líquido a partir de micelio* (Jalkh, 2019 y 2021) (Figs. 2 y 5). El grupo TaMaCo (Taller de Materiales y Construcción) del proyecto CheLa (Centro Hipermediático Experimental Latinoamericano), explora prototipos de micelio en su laboratorio de fabricación en el Barrio de Barracas, CABA (TaMaCo). En relación a construcción, el Estudio Superpraxis diseñó, cultivó y erigió *El Refugio Fúngico* a base de micelio, en Bariloche (Dejtjar, 2021) (Fig. 5) y lo expuso en el Centro Cultural Recoleta de la Ciudad de Buenos Aires (Punto de Partida, 2022).

Figura 4. Productos de Ana Laura Cantera en Mycocrea



Crecimiento de sillas en Mycocrea



Avance de dos días de cultivo



Paneles de hongos



Geohifas, proyecto de paneles aislantes térmicos y acústicos 100% de hongo



Bowl crecido con *Ganoderma lucidum*



Desarrollo de packaging crecido para botellas de vino. 100% hongo = 100% compostable

Fuente: <https://www.instagram.com/analauracantera/?hl=es>

Figura 5. Proyecto Sistemas Materiales y El Refugio Fúngico



Coloración hidrosoluble en bioaglomerado de *Ganoderma lucidum*.



Muestra de bioaglomerado de micelio de *Pycnoporus sanguineus*, color naranja intenso producido solo por el organismo.



Paleta biomaterial de expresiones cromáticas. Buenos Aires, 2019.



Secuencia de elaboración de bloques y armado de El Refugio Fúngico, instalación efímera en la ciudad de San Carlos de Bariloche, generada a partir de un biomaterial producido a base de desechos orgánicos y micelio.

Fuentes: <https://www.instagram.com/sistemasmateriales/?hl=es> y <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/970923/construyendo-con-hongos-en-argentina-el-refugio-fungico-a-base-de-micelio-en-bariloche>

Conclusiones

Ante lo expuesto, se verifica que la producción de derivados del micelio en la Argentina es una realidad que, como los hongos, se expande a gran velocidad. Con sólido respaldo científico e investigación académica, demuestra también un creciente alcance local en los campos del diseño y la construcción.

En cuanto a sus ventajas y desventajas, Argentina está en sintonía con las investigaciones internacionales orientadas a resolver la contradicción medular entre biodegradabilidad y resistencia/durabilidad, particularmente en el campo de la construcción.

Quedan temas por resolver, entre ellos, las patentes en relación a producción local y foránea y que, llegado el caso, dados los riesgos del micelio a proliferación fúngica por contacto con el agua, o de insectos por vicios constructivos, cuenten con protocolos de seguridad en la normativa local, como es esperable con todos los materiales nuevos.

A nivel local, es esperable que el impulso que los derivados del micelio están teniendo, amplíe la red de productores de semillas miceliadas, uno de los puntos clave para la expansión de la tecnología en cuanto a escala, tiempos de producción y costos, en todo el territorio nacional.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la articulación de los derivados del micelio con el variado stock construido existente. En ese sentido, es deseable que continúe la evolución tendiente a la inocuidad de los materiales que ofician de nexos, entre ellos, los adhesivos.

En cuanto al proyecto de investigación en curso que enmarca este trabajo, se prevé continuar con la lectura de bibliografía para ampliación e interpretación conceptual sobre productos derivados del micelio de hongos, particularmente para la construcción, al tiempo que profundizar en los trabajos de investigación en desarrollo, los resultados a los que se arribe, posibles aplicaciones, mediciones, monitoreos, comportamiento integral, posibilidades de industrialización, normalización y comercialización y sustitución de materiales tradicionales.

Por último, ante este panorama, la evolución de los productos derivados del micelio de hongos es más que bienvenida por sus promisorios avances en la construcción como reemplazo de materiales tradicionales, con la esperanza de verificación de nuevas propiedades que ofrezcan cada vez más respuestas, sobre todo a nivel local, ya afianzados en sendas categorías, de materiales cultivables y del futuro, en concordancia con el espíritu de estas jornadas.

Reconocimientos

Esta investigación se encuadra en el Proyecto de Investigación *Materiales cultivables para la construcción. Panorama del uso de materiales provenientes de cañas y micelio de hongos en la Argentina, PIA TPR 45*, con sede en el CIHE FADU UBA. Tutor: Dr. Arq. Daniel Kozak. Directora: Arq. Susana I. Mühlmann. Co-directora: Arq. Susana I. Caruso.

Agradecimientos

A la Mg. Ana Laura Cantera y a la Arq. Natalia Fernández por su generosa contribución a este trabajo.

Bibliografía

Libros:

Hare, R. (1970) *The Birth of Penicillin*, Allen & Unwin. ISBN 10: 0049250051 / ISBN 13: 9780049250055. London.

Texto en compilación ajena:

Mühlmann, S. y Damin, C. (2020) *La cara oculta de la arquitectura - Una mirada desde la salud y el ambiente*. En: XXXIII Jornadas de Investigación y XV Encuentro Regional, SI + Imágenes. Prácticas de investigación y cultura visual, SI-FADU-UBA 2019, pp 3031-3053. ISBN: 978-950-29-1865-5. Buenos Aires.

Mühlmann, S., Caruso, S., Faifer, A. e Isaías, M. (2021) *Herramientas para una alternativa más ecológica de preservantes y adhesivos en la madera*. En: XXXIV Jornadas de Investigación y XVI Encuentro Regional, si + herramientas y procedimientos. Instrumento y método, SI-FADU-UBA 2020, pp 3373-3376. ISSN: 2796-7905. Buenos Aires.

Material online:

Adamatzky, A., Ayres, P., Belotti, G., Wösten, H. (2019) *Fungal architecture*. Cornell University. Recuperado el 04/07/2022 de https://arxiv.org/abs/1912.13262?utm_medium=website&utm_source=plataformaarquitectura.cl

Cantera, A. L. (2022) *Biomateriales*. Recuperado el 07/07/2022 de <https://www.instagram.com/analauracantera/?hl=es>

Cantera, A. L. y Gentile, E. (2019) *Biofabricación con micelio. Protocolo para construir y diseñar objetos cultivados mediante especies fúngicas*. Mycocrea, Laboratorio de biomateriales. Recuperado el 06/07/2022 de https://www.academia.edu/42981429/Protocolo_de_Biofabricaci%C3%B3n_con_micelio

CEPROH - Centro de Producción de Hongos. Recuperado el 06/07/2022 de <https://hongos.ar/portfolio/centro-de-produccion-de-hongos-esquel-ceproh>

CEVE - Centro Experimental de la Vivienda Económica, dependiente del CONICET. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.ceve.org.ar/>

CONICET - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.conicet.gov.ar/>

Dejtjar, F. (2021) *Construyendo con hongos en Argentina: El Refugio Fúngico a base de micelio en Bariloche*. Recuperado el 04/04/2022 de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/970923/construyendo-con-hongos-en-argentina-el-refugio-fungico-a-base-de-micelio-en-bariloche>

Dighton, J. et al (2008) *Fungi and ionizing radiation from radionuclides*. Recuperado el 04/05/2022 de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1574-6968.2008.01076.x>

Ecovative (2022) *The Mycelium Technology Company*. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.ecovative.com/>

Fernández, N. (2019) *Desarrollo tecnológico de paneles multicapa a partir de residuos lignocelulósicos bioligados con micelio de hongos*. Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA). Recuperado el 02/07/2022 de <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/370>

Fernández, N. (2020) *Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuos lignocelulósicos. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat*. Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA). Recuperado el 02/07/2022 de <https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/ajea/article/view/774>

Groskin, L. (2016) *The Fungi in Your Future*. Recuperado el 04/07/2022 de https://www.sciencefriday.com/videos/the-fungi-in-your-future/?fbclid=IwAR2KTG5it-e6127gxvvSZPCc0WtUn3COmZi_AbF9WGHc71H_IS72hF7bK8w

Hahn, J. (2020) *Major fashion houses will sell products made from mushroom leather by next year*. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.dezeen.com/2020/10/08/mylo-consortium-adidas-stella-mccartney-lululemon-kering-mycelium/>

Hahn, J. (2021) *Hermès creates mycelium version of its classic leather Victoria bag*. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.dezeen.com/2021/03/18/hermes-mycelium-leather-victoria-bag-mycoworks/>

HONGOS.AR - Hongos de Argentina. Recuperado el 10/07/2022 de <https://hongos.ar>

IIB-UNSAM - Laboratorio de Micología y Cultivo de Hongos Comestibles y Medicinales. Sede Chascomús. Recuperado el 04/07/2022 de <http://www.iib.unsam.edu.ar/labs.php?sede=2&lab=9&mico=3&servi=2>

Jalkh, H. (2019) *Sistemas Materiales, PIA TPR 24 FADU UBA*. Recuperado el 11/07/2022 de <http://heidijalkh.com/sistemas-materiales-pia-trp-24/>

Jalkh, H. (2021) *Proyecto Expresión Cromática en la Biofabricación*. Sistemas Materiales. Recuperado el 11/07/2022 de <http://heidijalkh.com/portfolio-pdf/>

Jin, C. (2018) *Fungi can help concrete heal its own cracks*. Recuperado el 06/05/2022 de <https://theconversation.com/fungi-can-help-concrete-heal-its-own-cracks-90375>

LABHOC - Laboratorio de Hongos Comestibles, Neuquén, Argentina, Recuperado el 06/07/2022 de <https://laboratoriodehongos.com.ar/index.php/quienes-somos>

Nodal (2022) *Argentina | Investigadoras crearon un “cuero ecológico” desarrollado a base de hongos*. Recuperado el 06/07/2022 de <https://www.nodal.am/2022/07/argentina-investigadoras-crearon-un-cuero-ecologico-desarrollado-a-base-de-hongos/>

Punto de Partida (2022) *Una argentina creó un nuevo tipo de ladrillo a base de hongos*. Recuperado el 06/07/2022 de <http://puntodepartidatv.com/2022/06/27/una-argentina-creo-un-nuevo-tipo-de-ladrillo-a-base-de-hongos/>

Sistemas Materiales (2022) *PIA TPR 24 FADU UBA*. Recuperado el 11/07/2022 de <https://www.instagram.com/sistemasateriales/?hl=es>

Souza, E. (2020) *¿Edificios de hongos? Las posibilidades del micelio en la arquitectura*. Recuperado el 06/05/2022 de <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/949011/edificios-de-hongos-las-posibilidades-del-micelio-en-la-arquitectura>

TaMaCo -Taller de Materiales y Construcción. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.fablabs.io/labs/TaMaCo>

UNTREF - Universidad Nacional de Tres de Febrero. Recuperado el 04/07/2022 de <https://www.untref.edu.ar/>

ViVa - Vivero Villa Adelina. Recuperado el 08/07/2022 de <https://www.facebook.com/viverovillaadelina/>

Woollacott, E. (2021) *The fungus and bacteria tackling plastic waste*. Recuperado el 05/07/2022 de <https://www.bbc.com/news/business-57733178?fbclid=IwAR1Fzlrpp2uULpFcJ45JgICngah9vjrSrtuAhkM6myvY-50RZU185ImRBFs>

Xing et al (2018) *Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials*. Recuperado el 04/04/2022 de [file:///C:/Users/susan/Downloads/Xing17-Growing_and_testing_mycelium_bricks_as_building_in%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/susan/Downloads/Xing17-Growing_and_testing_mycelium_bricks_as_building_in%20(2).pdf)