

*Paper*

## **Descarbonización arquitectónica, utilización de materiales biobasados en una construcción sustentable**

**Boglietti, Cristian Nicolás; Evans, John Martin, Fernandez Luco, Luis**

[cboglietti@gmail.com](mailto:cboglietti@gmail.com); [evansjmartin@gmail.com](mailto:evansjmartin@gmail.com);  
[lfdezluco@gmail.com](mailto:lfdezluco@gmail.com)

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Maestría en Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo. Buenos Aires, Argentina.

### **Palabras clave**

Arquitectura sustentable, Materiales biobasados, Biomímesis, Micelio.

### **Resumen**

Dentro de un contexto de crisis bioambiental, con una necesidad imperiosa en el sector de la construcción en lograr las emisiones netas cero para 2050, todavía se encuentra la actividad de la construcción como una de las tareas productivas antropocéntricas más generadoras de gases de efecto invernadero. Según estos estudios, se toma en cuenta no solo la energía de construcción sino el consumo de energía dentro del ciclo de vida de los edificios, siendo en algunos casos más elevadas las emisiones que en la propia construcción.

Enunciado el problema y su relevancia, se enmarca la Arquitectura en un desplazamiento conceptual desde su desarrollo antropocéntrico hacia un avance dentro de un paradigma "biocéntrico", promovido por construcciones sustentables dentro de un entorno y una economía circular. Este principio Biocéntrico se basa en la corriente de pensamiento denominado

“deep ecology” (Término acuñado entre 1972-1973, por Arne Næss), basado en las teorías de Aldo Leopold y Paul W. Taylor, que denuncia a comienzo de los años 70 la devastación del medioambiente y el rol en ella del ser humano, sacándolo de su lugar central, para ponerlo en relación a cuanto lo rodea, proponiendo así una alternativa al antropocentrismo. Dentro de estos criterios se cita el abordaje de la arquitectura, bajo la corriente filosófica alemana nombrada “Baubiologie” cerca de los años 70, teniendo como traducción literal “biología de la construcción” estudiando las relaciones globales del ser humano con su entorno edificado residencial y laboral.

Encuadrado dentro del proyecto de tesis de Magister en Arquitectura Sustentable, titulado “Materiales biobasados aplicados en Arquitectura y construcción sustentable” este trabajo cuestiona ¿Qué materiales pueden llegar a concebir una arquitectura sustentable? Y más específicamente, busca encontrar dicha respuesta en el análisis de materiales biobasados, dentro del escenario de crisis ambiental actual.

## Introducción

### Conceptualización del problema

Dentro de un contexto de crisis bioambiental, con una necesidad imperiosa en el sector de la construcción en lograr las emisiones netas cero para 2050, todavía se encuentra a la actividad de la construcción como una de las tareas productivas antropocéntricas más generadoras de gases de efecto invernadero e impacto al entorno natural.

Según la IEA (Agencia Internacional de Energía), además de las emisiones generadas en la construcción de edificios, se pondera la huella de carbono generada en la producción de energía utilizada para el funcionamiento de los mismos.

Teniendo como resultado en 2021 la operación de los edificios representó el 30% del consumo de energía final global y el 27% de las emisiones totales del sector energético. A su vez si a estos números se agrega los emanados de la construcción de los edificios asciende a un 40% de las emisiones globales de energía vinculadas de manera directa o indirecta a la construcción.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Fuente: IEA (Agencia Internacional de Energía), Emisiones de CO2 de la operación de edificios en el Escenario Net Zero, 2010-2030 , IEA, París

Dentro de este contexto mundial tanto de crisis energética como la imposibilidad de reducir emisiones de los edificios, es importante la eficiencia de la envolvente edificable y su impacto de manera directa en el consumo de energía durante el ciclo de vida.

### Marco Teórico

Enunciado el problema y su relevancia, enmarcamos a la Arquitectura en un desplazamiento conceptual desde su desarrollo antropocéntrico hacia un avance dentro de un paradigma “biocéntrico”, promovido por construcciones sustentables dentro de un entorno y una economía circular.

Este principio Biocéntrico se basa de una corriente de pensamiento denominado “deep ecology” (Término acuñado entre 1972-1973, por Arne Næss), basado en las teorías de Aldo Leopold y Paul W. Taylor, que denuncia a comienzo de los años 70 la devastación del medioambiente y el rol en ella del ser humano, sacándolo de su lugar central, para ponerlo en relación a cuanto lo rodea, proponiendo así una alternativa al antropocentrismo.

Dentro de estos criterios se cita el abordaje de la arquitectura, bajo la corriente filosófica alemana nombrada “Baubiologie” cerca de los años 70, teniendo como traducción literal “biología de la construcción” estudiando las relaciones globales del ser humano con su entorno edificado residencial y laboral. Mediante la determinación de cinco campos de trabajo: clima interior, materiales de construcción y equipamiento, diseño interior y arquitectónico, medio ambiente energía y agua, hábitat eco-social.<sup>2</sup>

En referencia al término sustentabilidad se adopta la definición que en el documento “Nuestro Futuro Común” de la Comisión sobre Medioambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, en el capítulo 2 “Hacia un desarrollo sustentable”, expresa: “Desarrollo sustentable es aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”<sup>3</sup>

Dentro de este concepto aplicado al presente trabajo, es necesario incluir el análisis de la Huella de Carbono en la concepción de nuestros edificios, y el análisis de su ciclo de vida. Cuantificar la cantidad total de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, asociadas a un producto a lo largo de su ciclo de vida, esto es:

- La fabricación de los materiales, se debe considerar desde que se extraen las materias primas del ambiente, se procesan, se transportan, se elabora un producto, se distribuyen al mercado, y su desecho luego de concluir su vida útil.

---

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/co2-emissions-from-the-operation-of-buildings-in-the-net-zero-scenario-2010-2030>, IEA. Licencia: CC BY 4.0

<sup>2</sup> Mühlmann, Damin en *SI+Imágenes*, XXXIII Jornadas de investigación, 2019).

<https://www.baubiologie.es/que-es-la-baubiologie>. Instituto Español de Baubiologie. Acceso 28 de Enero de 2023. Huesca.

<sup>3</sup> Brundtland, 1987.

- Analizando el edificio construido es necesario el estudio de su utilización junto a su mantenimiento, como un conjunto cuantificando en consumo de energía y emisiones.<sup>4</sup>
- El desmantelamiento y el tratamiento de los residuos al final de la vida útil, procurando su reutilización o bien su compostaje para el cultivo de nuevos materiales orgánicos.

Se busca conceptualizar la materialidad tectónica de los edificios en función de la elección de los materiales dentro de criterios de análisis y composición de su ciclo virtuoso, en retornar al medio en el cual fue creado, en un esquema “De la cuna a la cuna”.<sup>5</sup>

## Objetivo

El presente estudio se enfoca en la presentación del potencial de algunos materiales biobasados innovadores producidos dentro de una economía circular, logrando de esta manera contribuir en reducir emisiones tanto en la fabricación, como durante el ciclo de vida de los edificios, aportando eficiencia aislante y su consecuente reducción de energía empleada durante su ciclo de vida en obras de Arquitectura.

Además de los materiales que se incluyen en el trabajo, vale la pena destacar la valorización de la madera y su reconocimiento como material constructivo cultivable y mensurable en sus variadas resistencias a solicitaciones, incluida en códigos constructivos de ciudades y regiones. En Argentina, se definió, según la Resolución 3-E/2018, el Sistema de Construcción de Entramado de madera para uso de estructuras portantes de edificios, como sistema constructivo Tradicional.<sup>6</sup>

Sin embargo, se hará mención explícita a otros materiales biobasados con potencial para contribuir a mejorar la eficiencia energética.

## Justificación

Se consideran en este trabajo a las envolventes como un elemento constructivo del edificio a cumplir con ciertas características de eficiencia que la normativa de distintos países presenta en cada caso. Por lo cual, el presente estudio se enfoca en las cualidades de los materiales que la constituyen.

Los materiales más divulgados en el mercado con óptimas características aislantes son de origen extractivo y con altos niveles de emisiones como ser el

---

<sup>4</sup> Arena, Pablo Alejandro. *Guía Metodológica: Análisis del ciclo de vida*. Univ. Tecnológica Nac. Delegación Mendoza, Conicet.

<sup>5</sup> McDonough Braungart, 2012.

<sup>6</sup> Mühlmann, Susana Isabel; Caruso, Susana Inés; Reobo, Mariano; Cianis, Laura; Boote, Alexia; Durand, Victoria; Faifer, Agustina; Isaías, Mariana. *Lineamientos para la adopción de prácticas de sostenibilidad en la elección y uso de madera para construcción en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina*. IV Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco Eficientes CICSE 2021, organizado por la FADU UBA y la Universidad de Sevilla, 26, 27 y 28 de abril de 2021, pp 730 y 884, ISBN: 978-1-64360-542-5, ISBN EBOOK: 978-1-64360-543-2, Buenos Aires. Ponencia y Póster.  
URL: <https://drive.google.com/file/d/1Y1N17kuMm6nxfKZF3wFJew9SkIzTVJCq/view>

poliestireno expandido (EPS) y lana de vidrio (LV), encontrándolos no aptos para el uso, dentro de una arquitectura orientada a las bajas emisiones.

Según Evans y Schiller: *“El análisis de datos nacionales indica la importancia de la generación de emisiones GEI de los materiales de construcción, al compararlos con las emisiones de edificaciones durante su vida útil. Las emisiones totales de edificios representan 22 % a 24 % de los totales nacionales, mientras los materiales de construcción corresponden a 5 %, y emiten entre 21 % a 23 % de las emisiones totales de edificaciones. El mejoramiento de la aislación térmica en la Provincia de Buenos Aires, partiendo del Nivel C al Nivel B permite reducir las emisiones GEI, recuperándola energía utilizada en un plazo de uno o dos años”*.<sup>7</sup>

## Desarrollo

Para el inicio de este proceso de clasificación sería necesario un recorte en el análisis concentrando la respuesta en la definición del objetivo, enunciando los más relevantes con una focalización en el micelio, entre otros que conviene observar tales como, bioplásticos, bambú y fibra celulósica.

Para el caso del micelio y como aspecto innovador, se incluye en el análisis el concepto de biomímesis, tanto en su forma como en su nanoestructura.

## Antecedentes y alcance

Son escasas las normativas sobre la generación de CO<sub>2</sub>, como de gases efecto invernadero en nuestra región, lo cual no genera un escenario normativo propicio de aplicación. Pero sí el aumento de la crisis energética, conlleva a configurar de manera más eficiente las envolventes.

Es extenso el espacio abarcado por los trabajos tomados como antecedentes realizados sobre materiales biobasados, más específicamente los enunciados.

No obstante, en la región de trabajo, los materiales naturales se encuentran subordinados, encontrando pocas obras de arquitectura contemporánea que los utilizan.

En contrasentido, existen obras patrimoniales catalogadas, como también del patrimonio modesto, donde utilizan la madera como material estructural y de cierre, o bien como elementos estructurales complementarios sujetos a flexión, como dinteles de vanos o vigas de techos. Casos para ejemplificar serían las viviendas tipo conventillo de barrios urbanos carenciados hoy puestos en valor patrimonial o bien las viviendas utilizadas por los pioneros patagónicos.

Los distintos sistemas de certificaciones a nivel internacional favorecen en puntuación a las construcciones desarrolladas con materiales naturales, que tampoco se encuentran muy desarrollados a nivel nacional, como no se puede encontrar un abanico de posibilidades de compra dentro del mercado nacional;

---

<sup>7</sup> John Martin Evans; Silvia de Schiller. ASADES 2015. Tema 5 - Arquitectura ambientalmente consciente. San Rafael 2015.

por más que existan bosques certificados, es difícil la utilización de estos productos en obras de arquitectura, incluso de media o baja escala.<sup>8</sup>

A continuación, se realizará una breve descripción del estado del arte sobre los materiales biobasados no tradicionales seleccionados para este trabajo.

## Bioplásticos

Existen varios trabajos de laboratorio en el desarrollo de bioplásticos, en donde conceptualmente se genera una estructura polimérica a base de almidón o glicerina natural, adhiriéndole diversas biomásas. De esta manera, se encuentran varios trabajos de laboratorio utilizando el mango, algas, cáscara de plátano, residuos vegetales, residuos de pescado, etc. Luego, aplicado a distintos procesos industriales, es posible la obtención de productos comerciales mediante moldeo o conformado del material, dentro de escenarios controlados de humedad y temperatura.

Si bien es vasta la bibliografía encontrada, y sin ser el presente trabajo una monografía, se presenta una leve observación que atañe a dichos materiales a base de almidones o gliceras naturales, donde utilizando productos con potencial alimenticio, se desea encontrar una solución a la generación de CO<sub>2</sub>e en Arquitectura, dejando de lado la crisis alimentaria del planeta. Proceso de sustitución poco viable.

No obstante, se podrían desarrollar los mismos con componentes orgánicos no comestibles, sin haber podido encontrar todavía algún caso de referencia más que la celulosa.

*Avilés Vargas, M. I., & Velarde Haramuniz, M. D. (2021). Prototipo de chapa decorativa a base de bioplástico de cáscara de mango para mobiliario de hogar (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2021.).*

*Holguin Castañeda, L. Y. (2022). Procesos de obtención de bioplásticos a partir de microalgas y materiales que contienen almidón, para su posible aplicación en Colombia.*

*De Álvarez, V. (2016). Diseño y desarrollo de productos a base de compuestos formados por residuos de fibra de agave y bioplástico.*

*Enríquez Huepud, A. I. (2022). Aplicación de un acabado textil repelente al agua a base de un bioplástico de cáscara de plátano (musa paradisiaca) en un tejido plano 100% PES (Bachelor's thesis).*

## Bambú

Dentro de la gran cantidad de especies de bambú, conocidas comúnmente, los trabajos se centran en la investigación del Bambú del tipo *Guadua angustifolia kunth*, o similares especies capaces de lograr determinada altura y ancho del tronco, compuesto por sus partes denominadas varillón, sobrebasa, basa y cepa.

Se puede observar un similar desarrollo a la madera suscitada en otras regiones. Dónde la Guada se utiliza ancestralmente es en el lejano oriente, y su utilización continua hasta la actualidad para construcciones de baja y mediana

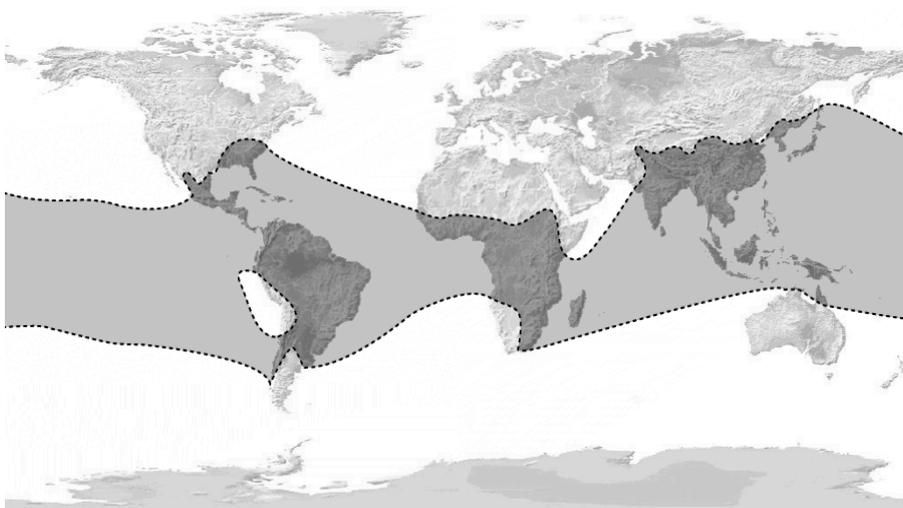
---

<sup>8</sup> Mühlmann, Susana Isabel. XXXII Jornadas de Investigación XIV Encuentro Regional.

escala, encontrándose dentro de la cultura oriental como material resistente en la obra de arquitectura.

En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos, como en las partes cultas del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. Indirectamente, alude a este reconocimiento de las virtudes especiales del bambú

Si bien hablamos de una especie invasiva, es necesario 6 características climáticas: temperatura (°C) 20 – 26, precipitación (mm / año) 2000 – 2500, brillo solar (horas/luz/año) 1800 – 2200, humedad Relativa (%) 75 – 85, vientos Débiles – Moderados



*Figura 1: Principales áreas de crecimiento del bambú.*

No sólo se encuentra dicho material utilizado en su forma natural, sino que también, en las regiones más desarrolladas del material se encuentran productos comerciales tales como tablas y revestimiento de pisos.

Algunos trabajos lo analizan de igual manera que el hormigón, dentro de sistemas normativos estatales de exigencias relativas a su resistencia, rigidez y sismo-resistencia. Incluso se encuentran ensayos a flexión simple del material procesado en láminas con entrecruzamiento de fibras, obteniendo buenos parámetros de trabajo.

Cabe destacar algunos resultados de ensayos realizados en probetas de bambú del tipo Guada, bajo el proceso de laminación. Vale la pena observar el valor máximo alcanzado de tracción paralelo a la fibra en 132 MPa, con una

desviación estándar de los distintos ensayos en 24 MPa y un coeficiente de variación del 18%.<sup>9 10</sup>

Se encuentran dentro del territorio nacional plantaciones de especies nativas en la Provincia de Misiones, controlada dentro la normativa forestal. El Plan Bambú Misiones hace hincapié en la plantación de *Dendrocalamus asper* debido a que no es invasora. Según los registros que se tienen en la localidad de San Ignacio, Misiones. La especie tiene una excelente caña lo que le confiere mucho potencial para uso estructural. Por otra parte, también este género aporta otras grandes ventajas para el medio ambiente debido a su gran capacidad de fijación de carbono en biomasa, en el orden de las 30 a 104 t/ha, dependiendo de la densidad de plantación y edad.

*Diego Broz (UNaM-CONICET), Hernán Sosa (UNaM), Juan Carlos Camargo (UTP-Colombia), Christian Bulman (UNaM), Silvia Korth (UNaM), Ignacio Gutierrez (UNaM-UTP Colombia).*  
<https://www.argentinaforestal.com/2020/03/28/bambu-una-alternativa-productiva>. Último acceso 05/02/2023

*Stéphane Schröder*

<https://www.guaduabambu.com.co/blog/las-mejores-condiciones-climaticas-para-el-cultivo-del-bambu-guadua#:~:text=La%20Guadua%20angustifolia%20se%20puede,2000%20mm%20y%202500%20mm>. Último acceso 05/02/2023

*Silva, H., Comoglio, S., Terán, A., Méndez-Muñoz, J. A., & Sabaté, M. F. (1997). Estructuras de bambú en la arquitectura moderna.*

## Fibra celulósica

La fibra celulósica es un material a base de fibras vegetales, adaptable a una economía circular en el recupero de desechos, como también producto de fibras naturales vírgenes provenientes de producciones destinadas para tal fin.

Según ciertos análisis de mercado, se encuentran 17 distintas fuentes de celulosa. Como principal actividad productora del material se encuentra la papelería, aportando los desechos celulósicos y la celulosa proveniente de papel reciclado, fibras de algodón reciclado, fibras de lino, residuos de fibra de cáñamo, residuos de la industria maderera, celulosa de residuos de alga marina, guata de celulosa, malla de celulosa y chapa de bambú, bagazo de caña, fibras de coco, fibras de agave, fibras de cáscara de banano, cáscara de arroz, residuos de celulosa de kombucha, fibras de lino y cáñamo, fibras de celulosa y arcilla, entre otras.

Como todo material biodegradable, su principal condicionante son las relacionadas con el desarrollo de hongos e insectos, con la presencia de humedad y con la reacción respecto al fuego.

Contra el desarrollo de hongos e insectos, dentro de su proceso productivo se le aplica sales de bórax, según dicen los trabajos, es de origen natural y es inofensivos para el ser humano.

---

<sup>9</sup> Lopez Luis Felipe, Correal Juan Francisco. (2021) Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural (Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, Bogotá D.C. Colombia)

<sup>10</sup> 1 MPa = 9,8 kg/cm<sup>2</sup>

Se encuentran tres sistemas de aplicación como aislante en la industria de la construcción: Insuflado, consiste en el relleno de cámaras internas de los muros ya existentes o nuevos. Proyectado, se aplica proyectándolo de manera directa sobre el muro del lado interior cubriéndolo en su totalidad para luego llevar un revestimiento. Soplado, aplicación del material sobre el forjado.

Menos común es su aplicación en placas, donde para mantener su forma estable es combinada con un 20% de plásticos adhesivos.

El aislante térmico de celulosa tiene un buen comportamiento como aislante térmico (0,038 – 0,040 W/mK), pero es ligeramente superior a los materiales líderes del mercado de origen mineral.

*Chacón Castillo, V. M. (2022). Revisión de paneles de celulosa y materiales de origen vegetal en la construcción (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).*

*Segura Cruz, J. (2020). Estudio comparativo de materiales sostenibles aislantes en arquitectura (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).*

*Artica García, A. (2019). K-BIOTEX: Material biotextil de celulosa bacteriana gestado en kombucha.*

## Biomímesis

Se propone la aplicación del concepto de biomímesis en el desarrollo de los materiales biobasados, dentro del diseño de su nano estructura interior y forma exterior para la absorción de las distintas solicitaciones, tomando a la naturaleza como fuente de inspiración donde a lo largo de 3,8 billones de años de evolución, ha dado lugar a estructuras de “diseño inteligente” para reinterpretar conceptos, tomándolo como aprendizaje en la aplicación de tecnologías más sostenibles.

*“La arquitectura biomimética busca soluciones sostenibles en la naturaleza, sin replicar puramente sus formas, sino que a través de la comprensión de las normas que la rigen, utiliza ideas de diseño en estructuras y fachadas”.<sup>11</sup>*

En el desarrollo de nuevas tecnologías partiendo de un escrito del Arq. Antonio Gaudí: “el arquitecto del futuro se basará en la imitación de la naturaleza, porque es la forma más racional, duradera y económica de todos los métodos”; Gaudí tomando como modelo la naturaleza, optimiza sus edificios apelando en analizar el sistema estructural zoomorfo de cada uno de sus obras, con el objetivo de encontrar una eficiencia estructural de los elementos resistentes.

Un caso de ejemplo, la cubierta de la casa Milá, aportando arcos catenarios solicitados a la compresión, de similar esbeltez formal a la estructura ósea de una serpiente pitón, estudiada por el arquitecto para su concreción estructural.

Dentro este análisis biomimético, se encuentran obras de arquitectura, como del Ing. Eladio Dieste, Arq. Félix Candela o más contemporáneos como Arq. Ing. Santiago Calatrava.

---

<sup>11</sup> Espinoza De La Grecca, L. (2019). *Arquitectura biomimética*.

*Mirat, C. S., Frutos, C. B., & Argilés, J. M. A. (2018). Antonio Gaudí, precursor de la sostenibilidad y la biomimética en la arquitectura, con 100 años de antelación. ACE: Arquitectura, Ciudad y Entorno.*

*Marlén, L. F., Ramón, R. G., Álvaro, B. S., & Santiago, M. G. (2017). Biomimética aplicada a la Arquitectura y Construcción. In Congreso INGEGRAF.*

## **Micelio**

Dentro de las tendencias actuales de innovación en biomateriales, se encuentra el proceso de “siembra y cosecha” de materiales. Incluido en este grupo se encuentra el micelio, como material compuesto de diseño con alto grado de adaptabilidad a distintas funciones y compostable bajo ciertas condiciones. Como se verá más adelante, no es otra cosa que la parte vegetativa del hongo, que crece, en ciertas condiciones, hasta “colonizar” el espacio disponible.

### *Antecedentes de desarrollo y uso de micelio*

A continuación, se muestran algunos proyectos de investigación que concluyeron, de manera satisfactoria, con algún objeto o construcción de arquitectura efímera.

Las empresas líderes mundiales son, Mycoworks, sita en Nueva York desarrollo productos de empaquetado, ladrillos, y aislaciones. Y por otro lado Micotech, en la isla de Java Occidental, pionera en el desarrollo de bio cueros, a base de micelio, con alta flexibilidad y resistencia a la tracción, como cualidades para su costura y uso de capellana para zapatillas.

Si bien se encuentran muchos ejemplos publicados, dentro de la presente descripción sólo se incluirán los conceptualmente alineados al presente trabajo.

*The mycotree. Mycotech 2017 Zurich Suiza*

*Figura 2: The mycotree.*

Mycotree es una estructura de ramificación espacial hecha de componentes de micelio que soportan su peso propio. Su geometría fue diseñada usando impresión 3D, manteniendo el material solo a solicitaciones de compresión. Sus nodos complejos se cultivaron en moldes fabricados digitalmente.<sup>12</sup>

*The Growing Pavillon. Leboucq 2019 Zaandaam, Paises Bajos.*

*Figura 3: The Growing Pavillon.*

---

<sup>12</sup> <https://www.world-architects.com/en/architecture-news/works/mycotree>. Último acceso 08-02-2023

La inspiración de Leboucq empieza en los hongos y se fortalece bajo el abrigo de los procesos biológicos de la naturaleza, al transformar residuos a objetos funcionales. Por tanto, se establece una relación empática y circular con los residuos de la agricultura y horticultura.<sup>13</sup>

*SuperPraxis. 2020 Bariloche, Argentina.*



*Figura 4: SuperPraxis.*

Refugio Fúngico, es un proyecto experimental de investigación y desarrollo biotecnológico que propone la materialización de una instalación efímera en la ciudad de San Carlos de Bariloche, Argentina, generada a partir de un biomaterial producido a base de desechos orgánicos y la incorporación de micelio.<sup>14</sup>

#### *Descripción del micelio*

El micelio, es la parte vegetativa del hongo, siendo las setas, su “floración” o adaptabilidad del componente para su reproducción mediante la difusión de esporas.

Como material, dicho organismo se utiliza para la unificación de determinados sustratos orgánicos de diseño, los cuales, una vez concluida su etapa de proceso industrial, permiten obtener materiales con características físicas y químicas medibles y adaptables a distintos usos. Esas características varían según las cualidades de los dos principales componentes del micelio, la cepa de la seta y el sustrato.

De manera sintética podemos describir al micelio como un biomaterial compuesto, para cuya concepción se debe ajustar tres factores primordiales, tales como el sustrato para el desarrollo micelar, la variedad de la seta fúngica

<sup>13</sup> <https://mycomaker.club/the-growing-pavilion-la-belleza-y-el-poder-de-los-bio-materiales/#>  
Último acceso 08-02-2023

<sup>14</sup> <https://arqa.com/arquitectura/refugio-fungico.html> Último acceso 08-02-2023

a inocular y el proceso técnico industrial para la producción del material en su forma y dimensión final para su uso.

Todos estos factores son preponderantes en la conformación final del producto a base de micelio.

Al determinarse como material de cultivo, es importante tener en cuenta el objetivo a cumplir con cada muestra a realizar. Con esto se basa la elección de los materiales para configurar el sustrato de crecimiento del micelio.

### *Sustrato*

Es importante definir de ante mano las solicitudes a las cuales será sometida la probeta de ensayo, y con eso determinar los materiales a utilizar para el sustrato, como por ejemplo se obtuvieron buenas lecturas en probetas a base de paja de trigo con respecto a solicitudes aislantes de temperaturas, pero absolutamente ineficiente para la absorción de humedad.

No obstante se observó que algunos estudios pudieron lograr cierta impermeabilización de la masa miceliar con la aplicación de algunos repelentes hidrófugos, poniendo en duda su posterior degradación orgánica para lograr el ciclo virtuoso de la circularidad.

### *Las setas.*

Existen 144.000 variedades de setas conocidas, variando con ellas principalmente las formas y conformación de las hifas, las cuales son los elementos fúngicos de crecimiento constituidas por células filamentosas dando estructura al micelio, determinando con ello los tiempos de colonización de los sustratos, elasticidad o rigidez del material, pero sobre todo la adaptabilidad del cultivo al medio ambiente.

Dentro de las múltiples variables que se pueden obtener de los sustratos, es clave, en primera instancia responder con la siguiente pregunta. ¿Qué especie usar? Las más comunes utilizadas son: Gírgolas (*Pleurotus Ostratus*), Shiitake (*Lentinula Edodes*), o Reishi (*Ganoderma Lucidum*).

Pero se encuentran otras, que según estudios realizados son más compatibles con determinados sustratos.

*Ganoderma applanatum* – Paja de trigo.

*Trametes versicolor* – Cáñamo / Viruta de madera.

*Ganoderma lucidum* / *Pleurotus Ostratus* – Celulosa / Granos de café / Astillas de madera / P. de trigo

*Polyporus fomentarius* - Aserrín y astillas de álamo.

*Perenniporia faxinea* - Aserrín y astillas de álamo.

*Irpex lacteus* – Aserrín abedul / grano de mijo / salvado de trigo / fibras naturales



Figura 5: Esporas, e hifas micelares.

### Elaboración de objetos

Según los distintos métodos observados, se podría tomar como el más eficiente, el que se utilizó para realizar las insipientes muestras para el presente trabajo, que se denomina “moldeo del sustrato activado con micelio madre”. En cualquier caso, como en todo proceso biológico controlado, es importante mantener la asepsia en la mesa de trabajo, como con los elementos a utilizar, y el correcto empleo de elementos de uso personal como guantes y barbijo.

A modo indicativo, se muestran los pasos a desarrollar para la obtención de objetos simples con moldes cóncavos y convexos abiertos.<sup>15</sup>

- 1.- Colocación del sustrato recientemente inoculado dentro del molde, presionando para que “copie la forma”, lo que genera una base homogénea,
- 2.- Colocación del contra molde, realizando también una leve presión, hasta completar el llenado de los bordes con sustrato. Evitar el uso del sustrato que se cae sobre la mesa de trabajo.
- 3.- Envolver con papel film de modo que quede cubierta toda la mezcla introducida. Realizar pequeños agujeros (con aguja desinfectada con alcohol al 70%), para facilitar la salida de gases y la entrada de oxígeno.
- 4.- Dejar en un lugar oscuro y fresco. Como procedimiento más efectivo y controlado, se recomienda una incubadora con capacidad de regulación de humedad y temperatura.
- 5.- Controlar de manera periódica.
- 6.- Una vez observada la colonización, desmoldar con cuidado y ventilar el lado posterior para que continúe con la colonización en partes aún no colonizadas por falta de contacto con el aire.

<sup>15</sup> Ana Laura Cantera, Emiliano Alberto Gentile. “Protocolo para construir y diseñar objetos cultivados mediante especies fúngicas”. [www.micocrea.com](http://www.micocrea.com) Ultimo ingreso Agosto 2021  
Media Lab Prado “Fabricación digital y formas de vida” <https://www.medialab-prado.es/medialab>  
Ultimo ingreso Septiembre 2021

7.- Observar el crecimiento del hongo en el sustrato. Recordar que el crecimiento es de los extremos hacia el interior. Esperar que se complete la colonización hasta quedar blanco.

8.- Extraer el film y secarlo en horno, dependiendo el tamaño, aproximadamente 30 minutos 70° C.

9.- Retirar del horno y realizar terminaciones superficiales con elementos cortantes. Durante el secado, el volumen se reduce en un 10%, dado la evaporación de agua.

### *Recopilación de ensayos*

Las propiedades que se condensan a continuación emanan de algunos ensayos publicados:

- Compresión 70MPa
- Tracción 0.15 - 0.24 MPa / 8 – 11 MPa
- Conductividad térmica 0.04 – 0.05 W/(m\*K)
- Elasticidad 35-97 MPa
- Absorción acústica 45.5 – 60 dBa. <sup>16</sup>

Nótese la diferencia de valores con respecto a las mismas sollicitaciones a tracción, es un claro ejemplo del diseño de sustrato. El segundo rango de valores de 8 a 11 MPa, corresponde a un cuero miceliar, preparado el sustrato con fibras vegetales, brindándole resistividad a la tracción necesaria para tela.

### *Desafíos*

Son grandes los desafíos que presentan los biomateriales a base de micelio, ya que los mismos permiten el diseño de sus cualidades logrando un material compuesto. El generar una “bio-aleación” sería el mayor desafío, la tarea de identificar los compuestos necesarios para suplir la solicitud requerida.

Se podría analizar la inclusión de fibras vegetales o bambú a las muestras, tomando su alta resistencia a la tracción y quizás lograr una colonización asistida con algún activo natural o variando la situación de compresión durante el llenado de los moldes para lograr mayor densidad de la masa.

- Considerando el aporte que el bambú podría aportar en lo que respecta a la resistencia a la tracción, el primer desafío es trabajar en el diseño del sustrato combinando otros materiales como bambú u otras fibras naturales.
- Otro plano de investigación es trabajar directamente en su nanoestructura, modificando su densidad y resistencia con el empleo de bacterias carbonatantes o incrementar el crecimiento de las hifas micelares con la ayuda de fertilizantes naturales.

---

<sup>16</sup> 1 MPa = 9.8 Kg/cm<sup>2</sup>

Fuentes de ensayos de fórmulas patentadas Mycotech ® MyWorks ® Ecovative ® Mylea ®.

- El proceso industrial no debe estar ajeno a la investigación, analizando los procesos de elaboración, tales como método de inoculación, desarrollo en incubadora, análisis de temperatura aceptable, así como métodos de moldeo y compresión.

## Conclusiones

¿Se podría anunciar que estamos ante la tendencia de una Arquitectura biocéntrica?

Al margen de cualquier concepto espacial y formal arquitectónico, prima el criterio biocéntrico como necesidad de cambio conceptual para una obra de Arquitectura sustentable.

Sería conveniente enmarcar la Arquitectura en un desplazamiento conceptual desde su desarrollo antropocéntrico hacia un avance dentro de un paradigma "biocéntrico", promovido por construcciones sustentables dentro de un entorno y una economía circular, hacia una visión bioambiental de contexto superador.