

Micoarquitectura: propiedades mecánicas de materiales compuestos a partir de residuos orgánicos aglomerados con hongos

Mycoarchitecture: mechanical properties of composite materials from organic wastes agglomerated with fungi

Presentación: 08/10/2023

Natalia Fernández

Centro Experimental de la Vivienda Económica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Argentina
nfernandez@ceve.org.ar

Rosana Gaggino

Centro Experimental de la Vivienda Económica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Argentina
rgaggino@ceve.org.ar

Lucas Peisino

Centro Experimental de la Vivienda Económica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Argentina
lpeisino@ceve.org.ar

Jerónimo Kreiker

Centro Experimental de la Vivienda Económica - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Argentina
jkreiker@ceve.org.ar

María Josefina Positieri

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad (CINTEMAC), Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Argentina
mpositieri@civil.frc.utn.edu.ar

Resumen

El agotamiento de recursos fósiles y la creciente contaminación, impulsan el desarrollo de materiales sostenibles. La industria de la construcción tradicional produce un impacto negativo en el planeta al utilizar materias primas no renovables. Por el contrario, el cultivo de materiales a partir de micelio de hongos es un recurso renovable que crece en residuos lignocelulósicos. En este trabajo se analizan las propiedades mecánicas del material fúngico según norma. Los resultados de resistencia a la compresión son superiores que los de aislantes convencionales como el poliestireno expandido, y puede ser una alternativa a los plásticos utilizados para aislación térmica.

Palabras clave: Micelio, Materiales compuestos, Residuos lignocelulósicos, Propiedades mecánicas

Abstract

The depletion of fossil resources and increasing pollution are driving the development of sustainable materials. The traditional construction industry has a negative impact on the planet because it uses non-renewable raw materials. In contrast, the cultivation of materials from fungal mycelium is a renewable resource that grows on lignocellulosic waste. In this work, the mechanical properties of the fungal material are analyzed according to the standard. The results of compressive resistance are superior to those of conventional insulators such as expanded polystyrene, and it can be an alternative to plastics used for thermal insulation.

Keywords: Mycelium, Composite materials, Lignocellulosic wastes, Mechanical properties

Introducción

La cultura material actual se enfrenta a dos grandes problemáticas: por un lado, la disminución de recursos y por otro, la creciente generación de residuos (Coma et. al, 2017). Vivimos en un mundo donde estamos rodeados de plásticos, desde empaques de materiales, artefactos y dispositivos médicos. Desde mediados del siglo veinte, los plásticos han sido una parte integral de nuestra vida moderna. Sin embargo, los residuos plásticos son una de las mayores preocupaciones actuales debido a su abundancia y persistencia en el ambiente (Sarria-Villa et. al., 2016).

Los materiales constructivos tradicionales y predominantes no son ajenos a esta problemática, ya que muchos de ellos son obtenidos a base de recursos no renovables, provocando el deterioro del planeta y agravando esta problemática. Algunos plásticos son comúnmente utilizados para el aislamiento térmico en edificios. Sin embargo, una alternativa que se está desarrollando en las últimas décadas, es el desarrollo de materiales constructivos a base de reutilización de residuos orgánicos (Valero-Valdivieso et al., 2013), como lo es el caso de materiales obtenidos por biofabricación con micelio de hongos filamentosos (Elsacker et al., 2020). Desde el año 2012, existen varios antecedentes internacionales de materiales fúngicos cultivados mediante un procedimiento sencillo para el crecimiento de estructuras orgánicas y biodegradables a partir de residuos agrícolas y micelio de hongos, para su uso como embalajes resaltando cualidades como componentes aislantes en construcción, caracterizado por su diseño y fabricación de estructuras aislantes térmicas que pueden ser moldeables (González Díez, M. I. & Mayoral Gonzalez, 2014).

El micelio es el crecimiento vegetativo de los hongos filamentosos, formado por una red de microfilamentos con diámetros que oscilan entre 1 y 30 μm , dependiendo del tipo de especie y del entorno de crecimiento (Islam et al., 2017). Este conjunto de filamentos, crece en sustratos orgánicos mediante la expansión del extremo apical de las hifas a partir de una espora o inóculo, en condiciones ambientales. Las colonias de hifas interactúan aleatoriamente a través de la fusión hifal (anastomosis) para formar una estructura de red de fibras, que actúa como un pegamento natural autoensamblable para unir los sustratos y formar un material compuesto. Los principales incentivos para el uso de materiales compuestos de micelio son su escaso impacto ambiental y su huella de carbono, su baja densidad, su reducido consumo energético y, lo que es más importante, su biodegradabilidad (Jones et al., 2017).

Por otro lado, Kirchherr et al., (2017) define la economía circular como: “Un sistema económico que se basa en modelos de negocio que sustituyen el concepto de “fin de vida” por la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de materiales en procesos de producción/ distribución y consumo, con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, que implica crear calidad ambiental, prosperidad económica y la equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras” (Seguí et. al, 2018). El modelo de economía circular distingue entre ciclos técnicos y biológicos. En el ciclo técnico, los productos se reutilizan, reparan, remanufacturan y reciclan. En el ciclo biológico, los materiales biodegradables se devuelven a la tierra a través de procesos como el compostaje y la digestión anaeróbica. Estos ciclos regeneran los sistemas vivos, como el suelo, que proporcionan recursos renovables para la economía. Por otro lado, los ciclos técnicos recuperan y restauran productos, componentes y materiales a través de estrategias como reutilización, reparación, refabricación o en última instancia reciclado (Ellen MacArthur Foundation, 2015).

Se propone reutilizar residuos orgánicos urbanos como matriz de mezclas lignocelulósicas en materiales constructivos orgánicos de potencial uso como aislante térmico en edificaciones, bioligados con micelio fúngico. El objetivo de este trabajo,

es caracterizar las propiedades mecánicas de resistencia al esfuerzo de compresión del biopolímero de estudio obtenido a partir de mezclas lignocelulósicas y compararlo con las propiedades de aislantes convencionales como el poliestireno expandido (EPS).

Desarrollo

Para el cultivo de materiales aislantes se utilizó semilla miceliada de la especie *Ganoderma lucidum* (Gl), y como sustratos del material compuesto se combinaron restos de poda en forma de fibras provenientes del basural de la Municipalidad de Unquillo, chipeadas y comercializadas por el equipo del *Proyecto Hormiga* (cooperativa de trabajo), y cartón reciclado, triturado en molino hasta obtener partículas entre 0-10 mm. Se diseñaron 4 formulaciones, manteniendo la cantidad de inóculo fúngico y variando los porcentajes en las cantidades de cartón (ver tabla 1).

Tabla 1: Formulaciones en porcentaje de componentes

Formulación	Sustrato cartón y papel triturado	Sustrato fibras de poda urbana	Semilla miceliada Gl	Total
MP0	0%	90%	10%	100%
MPC1	30%	60%	10%	100%
MCP2	60%	30%	10%	100%
MC3	90%	0%	10%	100%

Los sustratos fueron esterilizados térmicamente a 126 °C en autoclave, mezclados con las semillas del hongo y colocados en moldes cilíndricos de PVC de 110 mm de diámetro. De cada formulación, se cultivaron 8 muestras cuyo tamaño final fue de 100 x 100 mm. luego del secado de las mismas. El secado es un paso del proceso para desactivar el crecimiento del micelio. Se incubaron las 24 probetas por un período de 21 días en cámara incubadora a 25 °C y con humedad del 80%. Las muestras se deshidrataron hasta obtener una masa constante en horno de laboratorio a 80 °C mostrando el aspecto final que se presenta en la Figura 1.a. Las probetas se ensayaron bajo la norma BS EN 826_2013 (Thermal insulating products for building applications), de resistencia a la compresión para materiales aislantes, en una prensa Universal de ensayos Shimadzu 50 kN (Figura 1.b), tomando la tensión a una deformación al 10% de la altura. Los valores calculados de resistencia a la compresión, resultan del promedio de entre 8 determinaciones de cada formulación.



Figura 1. a: Muestras para ensayo de resistencia a compresión. b: Ensayo de resistencia a compresión.

Se calculó la resistencia a la compresión (σ_{10}) en kPa siguiendo la Ecuación 1.

Ecuación 1
$$\sigma_{10} = \frac{F_{10}}{A_0}, [N/m^2] \quad (1)$$

En donde σ_{10} es la fuerza correspondiente al 10% de deformación, en Newton, y A_0 es el área inicial de la sección transversal de la probeta, en milímetros cuadrados. Se caracterizó la resistencia a la compresión de 4 formulaciones (ver Tabla 2).

Tabla 2: Resistencia a la compresión

Probetas	Dimensiones (mm)	Masa promedio (g)	Peso específico $\delta m/V$ (g/cm ³)	Módulo elástico (N/mm ²)	Resistencia a la compresión σ_{10} (kPa)
EPS- Material de referencia	100 × 100	30	0,03	0,37	31,2
MPO	100 × 100	158,75	0,26	1,05 ± 0,05	74,4
MPC1	100 × 100	137,00	0,23	0,54 ± 0,02	51,1
MCP2	100 × 100	112,87	0,21	1,26 ± 0,36	99,6
MC3	100 × 100	158,00	0,20	0,79 ± 0,03	82,6

En los resultados se observa que los valores de resistencia no dependen solamente del peso específico sino también de la disposición de las fibras de poda. En promedio, el peso específico de las muestras ensayadas tiene un valor de 0,22 g/cm³, lo cual resulta 7 veces mayor que el peso específico del poliestireno expandido. Y en promedio, la resistencia a la compresión de las muestras ensayadas tiene un valor de 76,9 kPa, un 146,5 % más alto que la resistencia a la compresión del EPS utilizado como material de referencia.

Por otro lado, dentro de las formulaciones del material biobasado, la mezcla que obtuvo mayor resistencia a la compresión es la que contiene un 60% de cartón y un 30% de fibra vegetal, resultando tres veces mayor que el poliestireno expandido de alta densidad (EPS) usado de referencia, ver Figura 2.

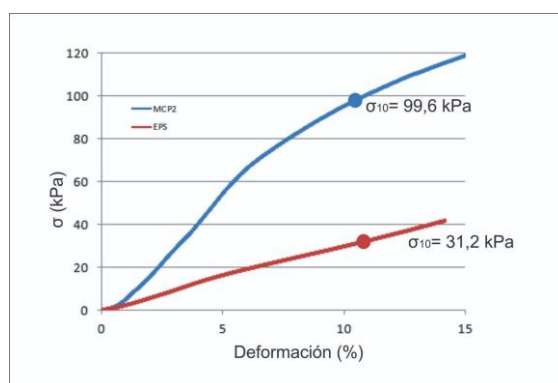


Figura 2: Resultados de resistencia a la compresión

Conclusiones

Se logró comprobar que es posible obtener un material biológico cultivado en residuos lignocelulósicos, que resultó apto para la fabricación de elementos constructivos livianos y con una resistencia a la compresión suficiente según la norma vigente para viabilizar su uso en cerramientos de viviendas. Los valores obtenidos de resistencia del biomaterial son significativamente mayores que los de aislantes derivados del petróleo, como en este caso el EPS. Esto resulta interesante ya que permite avizorar un potencial uso en placas autoportantes, a diferencia de las placas de EPS que necesitan una estructura complementaria.

Una próxima etapa para esta investigación, debería ser el estudio de granulometrías como un factor a tener en cuenta para la obtención de composites con mayor homogeneidad y con el objetivo de ampliar su resistencia. En conclusión, la ventaja

frente a materiales tradicionales, además de su comportamiento superior frente al esfuerzo de compresión, es que el material en base a micelio no está basado en la extracción de recursos no renovables, sino que por lo contrario, está constituido por residuos y es biodegradable al finalizar su vida útil, en consonancia con las premisas de la economía circular.

Referencias

Coma, M., Martínez-Hernández, E., Abeln, F., Raikova, S., Donnelly, J., Arnot, T. C., ... & Chuck, C. J. (2017). Organic waste as a sustainable feedstock for platform chemicals. *Faraday discussions*, 202, 2017, 175-195.

Ellen MacArthur Foundation (2015). *The Circular Economy Concept - Regenerative Economy*. Retrieved August 2, 2018, from <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/overview/concept>

Elsacker, E., Vandeloos, S., Van Wylick, A., Ruytinx, J., De Laet, L., & Peeters, E. (2020). A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites. *Science of The Total Environment*, 725, 2020, 138431.

González Díez, M. I., & Mayoral Gonzalez, E. (2014). Procedimiento para el crecimiento de estructuras orgánicas y biodegradables a partir de residuo agrícola y micelio de hongo, y su uso como componentes aislantes en construcción. Repositorio de la Universidad de Sevilla. *Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola*,

Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L., & Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific reports*, 7(1), 13070.

Jones, M., Bhat, T., Kandare, E., Thomas, A., Joseph, P., Dekiwadia, C. & Wang, C. H. (2018). Thermal degradation and fire properties of fungal mycelium and mycelium-biomass composite materials. *Scientific reports*, 8(1), 17583.

Kirchherr, J., Reike, D., and Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127 (September), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

Sarria-Villa, R. A., & Gallo-Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21-27.

Seguí, L., Medina, R., & Guerrero, H. (2018). *Gestión de residuos y economía circular*. EAE Business School, 1-46.

Valero-Valdivieso, M. F., Ortigón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Dyna*, 80(181), 171-180.