

AISLANTE A PARTIR DE FIQUE, MICELIO Y HENO.

(Insulator from fique, mycelium, and hay).

Brian Stevenson Gil Jaime ¹. Daniel Fernando Rojas Sanabria ², Arq. esp-mg. Edgar Eduardo Roa Castillo ³.

bgilj@ulagrancolombia.edu.co, danielfernando.rojas@ulagrancolombia.edu.co, edgar.roa@ugc.edu.co

Universidad La Gran Colombia. Bogotá, Colombia.

Resumen - Esta investigación tiene como finalidad analizar el crecimiento micelar y su comportamiento al inocularlo con fibras naturales como el fique y el heno, en este sentido, se pretende la obtención de un insumo base para la fabricación de paneles aislantes termoacústicos biodegradables para la construcción de edificaciones. A través de una metodología que se compone de siete fases donde inicialmente las fibras de Fique y Heno fueron procesados para reducir en tamaño, ser esterilizarlas e inocularlas con el micelio. Estas pruebas permitieron analizar los tiempos de crecimiento del micelio y las condiciones naturales que le beneficiaban y/o afectaban. A través de este proceso se determinó el tiempo óptimo de crecimiento del micelio. Se demostró que pasados 18 días de la inoculación, el micelio cubrió el 100% de las fibras, por lo tanto alcanzó la consistencia idónea para curarlo y ser procesado como insumo para la generación de los paneles termoacústicos.

Palabras clave - Fique-Heno-Micelio; Inoculación; termoacústico; Construcción, aislante, Sostenibilidad, Biodegradable, Confort, Colombia, Higrotermico, Bioclimática.

Abstract - The purpose of this research is to analyze micellar growth and its behavior when inoculating it with natural fibers such as fique and hay, in this sense, it is intended to obtain a basic input for the manufacture of biodegradable thermoacoustic insulating panels for the construction of buildings. Through a methodology that is composed of seven phases where the Fique and Hay fibers were processed to reduce their size, be sterilized, and inoculated with the mycelium. These tests made it possible to analyze the growth times of the mycelium and the natural conditions that benefited and / or affected it. Through this process the optimal growth time of the mycelium was determined. It was shown that 18 days after inoculation, the mycelium covered 100% of the fibers, therefore it reached the ideal consistency to cure it and be processed as an input for the generation of thermoacoustic panels.

Keywords - Fique-Hay-Mycelium; Inoculation; thermoacoustic; Construction insulation, Sustainability, Biodegradable, Comfort, Colombia, Hygrothermal, Bioclimatic.

INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, la humanidad está viviendo las consecuencias del cambio climático, lo que ocasiona que un tercio de la población del planeta está experimentando olas de calor o fríos intensos que son fenómenos inusuales generados por la acumulación de gases invernadero producidos por todo tipo de industrias. A finales del siglo XIX, los niveles de dióxido de carbono (CO₂), eran de 280 partes por millón (ppm); ahora, las concentraciones están alrededor de 380 ppm

(ONU.2021), lo que presupone según (Hernán Jair Andrade-Castañeda, 2017), que afectará más a los países en desarrollo por su baja capacidad de adaptación. Se estima que para el año 2100 aumente las muertes por olas de calor o fríos intensos en un 49% (ONU, 2019).

Ahora bien, los seres humanos a través de su evolución se han enfrentado a diferentes climas extremos obligándolos a desarrollar elementos que les permita resguardarse del ímpetu climático. Así nos remontamos a las primeras formas de protección que crearon los

humanos en la era del paleolítico (Año 8000 A.C) donde las pieles animales las adaptaron como abrigos o refugios, (Rodríguez, Flórez David, 2014). A medida que la humanidad evolucionaba se evidenció como descubrieron nuevos elementos y materiales para protegerse de los de las condiciones climáticas. Así desarrollaron elementos como la mezcla de adobe con paja, construcciones con muros gruesos como la civilización egipcia y construcciones altas y cóncavas como las musulmanas en la era del medioevo.

Para el año de 1898, nació la costumbre de construir los cavity walls o muros con cavidad, (Aislatur. 2020). Estos muros eran contruidos desdoblado el muro exterior en dos hojas de ladrillo: una interior, con más sección y capacidad portante y, otra exterior, que cerraba el edificio. Esta forma de construcción dejaba una pequeña cámara que permitía que el aire circulase y no hubiera riesgo de condenaciones o condensación, (Azquet, Pablo 2014). En el periodo pos guerra, Europa y Norteamérica estaban sumergidas en una crisis económica que afectaba a todas sus industrias y principalmente la construcción, ya que esta actividad era la encargada de comenzar con la reconstrucción de sus ciudades, pero no contaban con los recursos necesarios y tampoco la mano de obra suficiente, (Bullock, Nicholas. 2002).

El déficit de vivienda en Europa y América después de las guerras era aproximadamente de 3.100.000 viviendas, esta cantidad se determinaba para poder obtener de nuevo el mismo número de habitaciones que se necesitaban antes de las guerras mundiales, ya que se habían destruido totalmente 2.800.000 viviendas; adicionalmente 2.900.000 viviendas quedaron parcialmente destruidas y 8.900.000 viviendas necesitaban reparaciones para su habitabilidad. (ECE. 2001). Esto dio paso a que la Arquitectura modernista surgiera en la primera mitad del siglo XX y se convirtiera en dominante después de la Segunda Guerra Mundial; gracias a la innovación en las nuevas formas de construcción que principalmente se basaban en la utilización de materiales ligeros y de fácil adquisición como las estructuras

metálicas, concreto y vidrio. Esto generó una transición de la arquitectura como estaba concebida antes de las guerras, y que se caracterizaba por sobrecargar y enaltecer las construcciones, para hacerlas más imponentes y/o llamativas, (Sainz, Jorge. 1998).

En la reconstrucción de las ciudades europeas y a la apertura de la arquitectura modernista, se comenzó a ver como los arquitectos como Frank Lloyd Wright, Ludwig Mies van der Rohe, Le Corbusier, Walter Gropius, implementaban nuevas técnicas para generar el confort térmico necesario para las edificaciones que se construían, así se comenzó a encontrar nuevas técnicas de aislantes termoacústicos donde por ejemplo en la casa 20 de Walter Gropius, se utilizó el concreto como estructura de su edificación e implemento un recubrimiento de madera para la parte interior de la edificación y en su exterior fibras de vidrio estucadas en sus fachadas. (López Padilla, Eduard Stick 2014).

A finales de 1960 y con la recuperación de la economía europea y americana gracias a sus industrias, vemos la utilización del Poliestireno expandido (EPS) como forma más común de aislamiento termoacústico para diferentes sectores económicos como la construcción de edificaciones y medios de transporte como aviones, buses y trenes. Este material, al ser un derivado del petróleo y el gas, y posterior a su transformación, se obtiene un polímero plástico estireno en forma de gránulos. Este material permite construir un bloque que se incorpora en un recipiente metálico con una cierta cantidad de EPS al cual se le inyecta con agua caliente hasta expandirse y generar el bloque necesario para el panel. Es así, que se da paso a múltiples tipos de aislantes térmicos como la espuma celulósica, polietilénica, poliuretano Etc. (Martínez, Nuria España 2012).

En la actualidad, los aislantes térmicos derivados del petróleo y el gas son predominantes en las construcciones a nivel mundial, lo que genera un impacto ambiental negativo para el planeta ya que por su fabricación y la no adecuada utilización

aportan negativamente a la huella de carbono y la acumulación de gases invernadero aproximadamente hasta 110 millones de toneladas de Co2. (Ballesteros, Henry. 2007). De acuerdo a lo anterior, se debe comenzar a buscar nuevas técnicas de fabricación y/o implementación de materiales para la fabricación de aislantes térmicos para las diferentes industrias y, así poder aportar positivamente al Cambio Climático y frenar el Co2 producido por esta industria.

Justificación.

En la actualidad, diferentes sectores económicos a nivel mundial se han visto afectados por la utilización de plásticos para la fabricación de diferentes productos, es así, como las economías e industrias que se basaban en la fabricación de productos a base de fibras naturales han tenido que cerrar y dejar de producir, debido a que el plástico remplazo esta demanda por ser un producto 90% más económico en comparación a la producción a base de fibras naturales. Arenas (miñan. méxico, 2014). A través de esta investigación se demostrará que existen opciones sostenibles para desarrollar e implementar nuevos materiales para la construcción, en el que el Micelio, Heno y Fique se integren, para generar la materia prima como una opción para el desarrollo de un panel termoacústico. Ahora bien, entender cada uno de los materiales que hacen parte de esta investigación es importante para la contextualización de esta propuesta, en este sentido, el fique es una fibra natural biodegradable, originario de América Tropical. Su uso más tradicional ha sido la elaboración de empaques y cordonería, sin embargo; se están desarrollando nuevos usos como abonos y materiales de construcción. (Barbosa, Cristian 2015). En este sentido, basados en la necesidad de disponer de materiales de construcción con calidad, sostenibles y de bajo costo para el desarrollo de vivienda de interés social, se fabrican morteros para elementos tales como paneles para techos, vigas y baldosas; en los que la fibra de fique interviene para mejorar su resistencia y propiedades físicas. Ante esta posibilidad de desarrollar

materiales de construcción basados en el fique, se presenta una caracterización acústica (coeficiente de absorción a incidencia normal en tubo de impedancia y resistencia al flujo del aire) y térmica de la fibra de fique de diferentes densidades. (Navacerrada Saturio, María 2013).

Metodología.

Materiales y método - Innovar en elementos de construcción nos ha llevado a descubrir que por medio de elementos naturales podemos desarrollar diferentes técnicas o mezclas. Para ello muchas veces no es necesario crear nada nuevo, sino simplemente observar a nuestro alrededor y comprender que todo lo que necesitamos para construir nos lo puede facilitar nuestro entorno más cercano. En este caso, hablamos de la paja como material de construcción. Se denomina paja, como es sabido, a los tallos largos y huecos que constituyen un residuo de la agricultura de cereales como trigo, cebada, avena o arroz. Se trata de un material de construcción tremendamente sostenible y muy abundante. (Rikki, Nitzkin. 2016).

Caracterización de las fibras

CARACTERÍSTICAS								
NOMBRE	CANT.	E.	PROCEDENCIA	T.E.	N.	P.N.M.	PRECIO	OBSERVACIONES
Fibra de fique	2 kg	90%	Plaza comercial	1 mes	100%	80%	\$ 6000	Se distingue aun restos de bagazo dentro de las fibras
CARACTERÍSTICAS								
NOMBRE	CANT.	E.	PROCEDENCIA	T.E.	N.	P.N.M.	PRECIO	OBSERVACIONES
Heno	2 kg	85%	Plaza comercial	Aprox. 4 meses	100%	83%	\$ 3500	Venta mínima, paca.
CARACTERÍSTICAS								
NOMBRE	CANT.	E.	PROCEDENCIA	T.E.	N.	P.N.M.	PRECIO	OBSERVACIONES
<i>Pleurotus ostreatus</i>	1 lb	100%	Propia	2 meses	100%	N.A.	\$ 300 UN	Semillas

Teniendo dos fibras consistentes como el fique y el heno pasamos a ver como se pueden homogenizar por medio del Micelio llamado el nuevo plástico del futuro; así lo determinó el emprendedor Eban Bayer después de crear el Biomaterial MycoBond. Bayer. Eban. A pesar del gran potencial de estos materiales que llevan desarrollándose más de una década, su adaptación está siendo lenta. "Dell" utiliza espumas de micelio para el envío de productos, e "IKEA" también ha expresado su interés en adoptar envases basados en micelio. (Moreno, Ignacio. 2020). Sin embargo, en su mayor parte, los materiales de micelio siguen siendo un material sin explotar en uso comercial, sólo ha sido utilizado por un grupo

de diseñadores llamados Ecovative Desing que lo usan para producir todo tipo de muebles e instalaciones artísticas en diferentes escalas.

Estructura conformada de micelio.



Fuente: Block Research Group: Su colaboración resultó en la creación del **Mycotree**, docenas de piezas creadas con **micelio** conectadas mediante placas de bambú y clavijas metálicas, aunque es el primero el que soporta la carga. Hebell, Dirk (2019)

Esta poca demanda podría ser debido a una falta de viabilidad industrial, a una falta de confianza de estos materiales vivos con aplicaciones más allá del embalaje ó por falta de concienciación del público en general. Sin embargo, está creciendo, para el año 2019 antes de pandemia creció en un 80% la elaboración de elementos a base de micelio, así mismo, crece también el interés por estos materiales por empresas dedicadas al diseño en el mundo entero. Esta poca demanda podría ser debido a una falta de viabilidad industrial, a una falta de confianza de estos materiales vivos con aplicaciones más allá del embalaje ó por falta de concienciación del público en general. Sin embargo, está creciendo, para el año 2019 antes de pandemia creció en un 80% la elaboración de elementos a base de micelio, así mismo, crece también el interés por estos materiales por empresas dedicadas al diseño en el mundo entero. Basado en los antecedentes expuestos, se decidió basar se toma el Micelio, como eje principal, al ser la parte vegetativa del hongo forma una red filamentosa por la que obtiene alimento por osmosis de los organismos donde se desarrolla y, de esta manera, se introduce en ellos y forma el aglutinante orgánico que une las partículas del Biocomposite (sustrato).

Filamento de micelio creciendo sobre una superficie.



Fuente: Wikimedia / © Pradejoniensis.

El hongo crece degradando la materia orgánica, actuando como pegamento orgánico entre moléculas, formando un material liviano, resistente y poco denso sin necesidad de aditivos. El micelio se va extendiendo formando una red que asemeja la de las neuronas, creando conexiones anastigmáticas. este material va degradando la materia y absorbiendo los nutrientes, manteniendo un equilibrio químico en el suelo y controlando la cantidad de materia orgánica de este. Por intermedio de estos materiales mostraremos como podemos desarrollar una convergencia y así generar un posible panel termoacústico para la construcción de edificaciones que aporte en la investigación para la generación de nuevos materiales y soluciones para el sector que sean de fácil acceso, bajo costo y un mínimo impacto ambiental. Así al final de su vida útil puedan tener un segundo uso como abono o un desecho biodegradable.

Finalmente, y después de una investigación de dos años, se determinaron siete fases que permiten desarrollar metodológicamente el insumo base para la estructura de un panel termoacústico a base de Fique, Heno y Micelio. Es importante exponer que esta investigación es realizada de manera autónoma, cacería y rudimentaria, generada por la afectación de la pandemia COVID-19. De lo anterior, a continuación, se expondrá los procesos que se desarrollaron en esta investigación.

Fase I - Como primera instancia, se procedió a caracterizar la composición de los tres elementos “fique, micelio y heno” que componen el panel termoacústico denominado Entropía. Por ende, al extraer cada organismo de su aborigen, que se entiende a nivel

biológico como la capacidad de resistir inerte en el proceso constructivo, así podemos dar veracidad de su aporte dentro de la investigación. Esta fase, interpreta la forma en que se debe relacionar dichos organismos (Fique, Micelio y Heno) actuando en función a ellos, para abstraer las características primordiales que demanda un aislante como la reverberación de la energía del sonido y atemperar a nivel térmico un espacio que necesita de superficies porosas para debilitar las ondas del sonido y la capacidad térmica dentro de la estructura molecular propia de la fibra o el hongo; así, de manera teórica y practica, culmina la fase siendo consciente de cada aspecto que reside en el acto de abstraer las fibras y el hongo de su habitat natural y de cómo podemos transformarlo en el objetivo general de la investigación.

Extracción micelial.



Figura 2
Proceso de selección de la Hifa para desinfectar.

Extracción del micelio.



Figura 3
por medio de cortes extraer el micelio.

Grafica de crecimiento micelial.

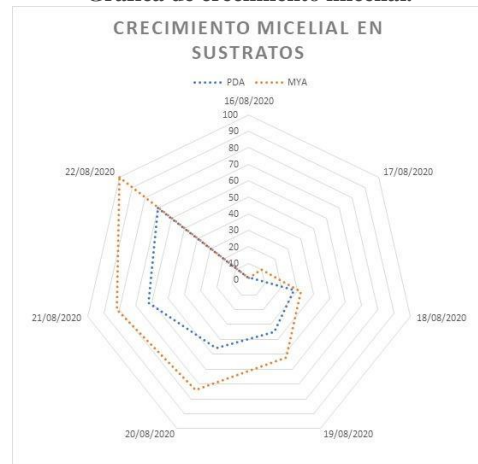


Figura 4.
Análisis y control de crecimiento micelial.

Fase II - El micelio, como bien fue mencionado anteriormente, es la parte vegetativa de lo que conocemos propiamente del hongo, este peculiar organismo tiene una asombrosa capacidad de resistencia en la plasticidad (Ledesmas, Marcos 2020), y por la cual lo hace idóneo dentro de los requerimientos de un aislante termoacústico. Ahora, para lograr un cultivo apropiado en cautividad, se debe identificar como aportan a su crecimiento natural progresivo y sustentable siendo uno de los procesos más metódicos debido a su complejidad biológica, ya que cada aspecto beneficiará técnicamente la estructura propia del aislante, por lo tanto, está fase se enfoca en las herramientas adecuadas para su debida manipulación, como lo es la cabina de flujo laminar y la incubación del hongo en semillas.

Crecimiento del micelio.



Figura 5 Inoculación del micelio y su crecimiento.

Fase III - La pasteurización de las fibras, es un proceso térmico que es empleado en el fique y el Heno, con la objetividad de eliminar bacterias y patógenos que puedan contener los mismos, así, podemos mitigar la contaminación posterior a la inserción del micelio en la fibras y optimizar el ambiente nutritivo del micelio con las fibras. Esta fase hace referencia a la desinfección en general de todo el ambiente que impactará inmediatamente el organismo micelial, haciendo énfasis en las fibras naturales.

Preparación de fibras (Fique – Heno).



Figura 3
Proceso de desinfección y pasterización.

Fase IV - La fase IV, tiene como premisa la fase II, incurre en determinar el alimento ideal que optimice el crecimiento micelial dentro de las fibras. A partir de lo anterior, se han realizado investigaciones como la de Ignacio fuentes denominada Bio Fabricación, Micelio como material de construcción, donde se evidencia el aporte de la estructura nutricional del micelio:

- Cal Bicarbonato de calcio, 1%
- Sulfato de calcio, 1%
- Melaza, 0.5%
- Componente 1, 3%
- Componente 2, 3%
- Componente 3, 2%
- Agua potable 720 Mililitros
- carbonato de calcio, 1%

Después de este proceso se selecciono las muestras de mayor crecimiento del hongo, donde el sustrato MYA (Malt, Yeast, Agar), de acuerdo a las 85 pruebas realizadas internamente, demostró ser el más eficaz en comparación al PDA (Potato, Dextrose Agar), por lo tanto, se convierte en la premisa nutritiva para todas las pruebas que se

realizarán posteriormente.

Fase V - En cada proceso, se realizó una selección precisa de materiales y herramientas para disminuir el riesgo de contaminación y así mismo optimizar tiempos, por lo tanto, el contenedor como material principal fue construido en madera de 50* cm y una altura de 2cm, este material al ser natural y de capacidad térmica significativa apporto directamente en el crecimiento del micelio, ya que la madera, dentro de sus propiedades físicas, tiene la capacidad de contener el calor internamente de hasta 0,15W/mk comparada con la tierra o arcilla que tiene una capacidad de 0,5W/mk o un aislante térmico de polímero de 0,4W/mk. (Alvarez Humberto.2002), y esto es de beneficio inmediato para el crecimiento de las paredes celulares de las hifas, que comprende toda la red estructural del micelio.

Otro aporte del contenedor en madera fue su absorción en humedad de un 70% , desde el primer día de inoculación hasta el último el micelio tiende a humedecer su ambiente inmediato, si indeterminado caso, está humedad no se transfiere por algún modo, el micelio tendría a dañarse por excesiva humedad, entonces, la madera significativamente aporta en este aspecto. La quinta fase, como contenedor de las anteriores fases acude a la inclusión de los tres organismos, siendo probablemente, uno de los puntos más importantes debido a el aporte investigativo dentro de la biología propia del micelio y en el aspecto técnico arquitectónico, ya que anteriormente no existe documentación alguna de crecimiento micelial en fique.

Preparación de los nutrientes.



Figura 3

Fase VI - De acuerdo al proceso anterior de las 5 fases, en esta fase se determina con qué rigurosidad o diversidad pudo el micelio crecer favorablemente, o en su caso contrario determinar todos los aspectos que imposibilitaron el crecimiento del micelio. A nivel biológico existieron varias adversidades debido a la contaminación que surgieron en el tiempo de crecimiento, unas pruebas demostraron contaminación desde la pasterización de las fibras y otras en algún proceso de manipulación del hongo, sin embargo unas pruebas demostraron crecimiento progresivo y sin complicaciones. En esta fase se destina un cronograma donde se realiza paulatinamente la alimentación del micelio y secuencialmente el monitoreo del ambiente calorífico y húmedo dentro de la incubadora.

Fase VII - En la fase final, dentro de la construcción tangible del aglomerado entre especies, se procede a la deshidratación micelial, este proceso consiste en la quema del organismo para impedir su crecimiento posterior y así mismo beneficiarse de su composición dentro de los aspectos técnicos del aislante termoacústico.

Fibras inoculadas por micelio en molde.



Conclusiones.

- A partir de la investigación y ensayos rudimentarios se realizaron 85 pruebas de

inoculación entre las fibras de fique y heno con el micelio (*pleurotus ostreatus*), arrojando los siguientes resultados:

- 5 muestras inocularon exitosamente al día 18.
- 12 muestras no inocularon debido a humedad.
- 14 muestras presentaron afectación por moho al 3 día de la inoculación.
- 18 muestras presentaron afectación por moho al 8 día de la inoculación.
- 17 muestras presentaron afectación por moho al 10 día de la inoculación.
- 14 muestras presentaron afectación por moho al 12 día de la inoculación.
- 5 muestras presentaron afectación por intrusión de insectos y afectación al crecimiento del micelio.
- Al realizarse las pruebas de forma rudimentaria y casera se determina que el micelio es susceptible a afectación si no cuenta con la temperatura y humedad adecuada para su crecimiento.
- En las pruebas afectadas por moho se identificó que las fibras de fique y heno son las que generan el moho por humedad y posteriormente afectan el micelio que creció.
- Las pruebas que inocularon satisfactoriamente a los 18 días se desarrollaron en un espacio rudimentario donde se encontraban en una temperatura ambiente para la ciudad de Bogotá donde no excedía los 19 grados centígrados.
- Al surgir una simbiosis coherente entre fique y micelio, se concluye un aporte significativo dentro de la investigación biológica del micelio y fique, de esta manera podemos determinar que en condiciones adecuadas de laboratorio o planta el micelio y fique lograrían crecer de manera exitosa.
- El principal agente que afectó las pruebas fue el moho por humedad.

Bibliografía.

- Asociación de academias de la lengua española. (2014, octubre). Diccionario de la lengua española. <https://dle.rae.es/>
- Consejo colombiano de eficiencia energética CCEE. (2021). Estándares ISO-50000 para la Gestión de la energía. http://cceeacol.org/newweb_ccee/areas-de-interes/gestion-energetica/
- Rivero, V. (2016). *Análisis medioambiental de los aislamientos térmicos en la construcción* [Trabajo de grado, universidad de coruña]. Repositorio Institucional. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17490>
- Alfaro, L., Díez G. & Masero, J. (2018). Estimación del consumo de energía de todos los elementos de un edificio desde su diseño. <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-n-estimacion-consumo-energia-todos-elementos-edificio-diseno>
- Acevedo H., Vásquez A. & Ramírez D. (2012) Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y ambiente*. 15 (1) 105-118. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/39307>
- Naciones Unidas (S.f). Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>
- Governing Council United Nations Environment Programme (UNEP). (2013). *Proposed medium-term strategy for the period 2014–2017*. Naciones Unidas. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10609/K1350046.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez J. (2015). El Estrés Térmico Laboral: ¿Un Nuevo Riesgo con ¿Incidencia Creciente?. *Revista colombiana de salud ocupacional*, (5) 3, 5-10. <https://doi.org/10.18041/2322-634X/rcso.3.2015.4903>
- Souza, E. (2020, 10 de octubre). ¿Edificios de hongos? Las posibilidades del micelio en la arquitectura. <https://www.archdaily.co/co/949011/edificios-de-hongos-las-posibilidades-del-micelio-en-la-arquitectura>
- Resolución 8321/1983, agosto 04, S.f.. Ministerio de Salud. (Colombia), Obtenido el 25 de noviembre de 2021. <https://www.cornare.gov.co/SIAR/aire/RUIDO/NORMATIVA/Resolucion-8321-1983.pdf>
- Casas, O., Betancur, C. & Montaña J.(2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación*. *Entramado*, 11 (1), 264-286. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v11n1/v11n1a19.pdf>
- Norma técnica colombiana. (2001). *ACÚSTICA.MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN. PARTE 5. MEDICIONES IN SITU DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO DE ELEMENTOS DE FACHADAS Y DE FACHADAS* (NTC 4945). https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-96894_Archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2011). *Los materiales en la construcción de viviendas de interés social*. (2ª ed). https://issuu.com/latinosalmon/docs/guia_asis_tec_vis_2
- Asociación Nacional de Protección contra el Fuego. (2021). *Estándar sobre cámaras termográficas para el servicio de bomberos* (NFPA 1801). <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1801>
- Asociación Española de Normalización. (2006). *Ergonomía del ambiente térmico Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local* (UNE-EN ISO 7730:2006). <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0037517>
- Resolución 1083/1996, octubre 4, S.f.. Ministerio del Medio Ambiente. (Colombia). Obtenido el 25 de noviembre de 2021. <https://www.maciasabogados.com/archivos/documentos/normatividad/Resolucion1083de1996.481.pdf>
- Miyara, F. (1999). *Acústica y sistemas de sonido*. UNR Editora (Universidad Nacional de Rosario). <https://es.scribd.com/doc/228027871/Miyara-Federico-Acustica-y-Sistemas-de-Sonido-COMPLETO>
- Palomo, M. (2017). *Aislantes térmicos criterios de selección por requisitos energéticos* [Trabajo de grado, universidad politécnica de Madrid, escuela superior de Arquitectura de Madrid]. Archivo digital UPM. <https://oa.upm.es/47071/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Temperatura Media. <https://bit.ly/3jXbdPI>
- Chávez, F. (2002). *Zona variable de Confort Térmico*. [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93416>
- Martínez, L. (2002). *Innumerables usos del fique*. (N°00019-9) <https://1library.co/document/q2n xenx2q-innumerables-usos-del-fique.html>
- Muñoz, D. Cabrera, G. (2007). El fique como aislante térmico. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 5(1), 9-16. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biociencia/article/view/652>
- Aleph. (2021, 14 de abril). ¿Cómo se hace el heno? <https://aleph.org.mx/como-se-hace-el-heno>
- Heno.** (2021, 19 de octubre). En *Wikipedia*. Fecha de consulta: 15:47, noviembre 26, 2021 desde <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Heno&oldid=139143688>.
- WingChing, R. & Alvarado, G. (2009). VALOR NUTRICIONAL DEL HENO DE TRANSVALA INOCULADO CON EL HONGO *Pleurotus ostreatus* sp1. *Agronomía Costarricense*, 33(1), 147-153. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43612054013>
- Carrillo, J. (2011, 18 de abril). EL MONSTRUOSO HONGO DE MIEL DE OREGON ES EL ORGANISMO VIVO MÁS GRANDE DEL MUNDO. *Pijamasurf*. <https://pijamasurf.com/2011/04/el-monstruoso-hongo-de-miel-de-oregon-es-el-organismo-vivo-mas-grande-del-mundo/>
- Sánchez, J. & Royse, D. (2001). *La biología y el cultivo de Pleurotus spp.* Uteha (Noriega editores) -Ecosur. <http://www.biomicel.com/Interes/Tecnologia/43.pdf>
- Derivestudio. (2021). Construcción de casas sostenibles con paja. <https://derivestudio.com/construccion-paja/>
- López, A. (2016). *Manual de producción de micelio de hongos comestibles*. (2016 ed.) https://www.researchgate.net/publication/308994810_M anual_de_Produccion_de_Micelio_de_Hongos_Comestibles_Edicion_2016