



Idoneidad del micelio de hongos para la producción de micomateriales

Suitability of fungal mycelium for the production of mycomaterials

Citación: Holgado Rojas et al. (2024). Idoneidad del micelio de hongos para la producción de micomateriales. Rev. Q'EUÑA 15(1): 15-20

<https://doi.org/10.51343/rq.v15i1.1438>

Recibido: 00-00-2024

Aceptado: 00-00-2024

Publicado: 29-06-2024

Copyright: © 2024 Holgado Rojas et al. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución Creative Commons, que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Autor Corresponsal:

María E. Holgado Rojas
encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe

María E. Holgado Rojas
encarnacion.holgador@unsaac.edu.pe
ORCID 0000-0002-2285-8679

Ruth Lazarte Lovaton
ruth.lazarte@unsaac.edu.pe
ORCID 0000-0002-7124-3275

Jorge R. Vargas Febres
jorge.vargas@unsaac.edu.pe
ORCID 0000-0002-2509-2269

Miguel W. Espinoza Huilca
verdeeh@gmail.com
ORCID 0000-0002-1914-208X

Gladys Huallparimachi Quispe
gladys.huallparimachi@unsaac.edu.pe
ORCID 0000-0002-0891-622X

José A. Huallpa Quinto
160154@unsaac.edu.pe
ORCID 0009-0004-2374-8860

Willians Quispe Ancco
114215@unsaac.edu.pe
ORCID 0009-0006-4346-0535

Daniel Paucarmayta Holgado
danph08@gmail.com
ORCID 0000-0002-8764-847X

María E. Holgado Rojas¹, Ruth Lazarte Lovaton¹, Jorge R. Vargas Febres¹, Miguel W. Espinoza Huilca^{1,2}, Gladys Huallparimachi Quispe¹, José A. Huallpa Quinto¹, Willians Quispe Ancco^{1,3}, Daniel Paucarmayta Holgado¹

¹Centro de Investigación y Producción de Hongos Alimenticios y Medicinales CIPHAM, Laboratorio de Micología Aplicada, Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Av. de la Cultura 733 Cusco, Perú.

²Biofungi Perú, Tipón/urb. Amarupampa s/n, Oropesa, Cusco, Perú.

Abstract

The search for sustainable alternatives to synthetic materials is crucial due to the negative environmental impacts associated with their mass production, including the generation and accumulation of polluting waste that accelerates climate change. This drives us to look for new environmentally friendly production alternatives, such as lignocellulosic macrofungi, which are presented as an innovative and ecological solution, since their mycelia can be used to manufacture a variety of products, from food packaging to construction materials. construction, challenging conventional paradigms. The speed of mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* and *Ganoderma lucidum* in solid culture media, Potato Dextrose Agar (PDA) and Malt Extract Agar (EMA), and the colonization of mycelium in lignocellulosic waste generated in the Cusco region, to produce mycomaterials, were evaluated. *P. ostreatus* showed a daily growth rate (DGR) of 12.43 mm, invading the Petri dish in 7 days, *T. versicolor* reached 42 mm in 15 days with a TCD of 2.466 mm/day, and *G. lucidum* had a TCD of 0.714 mm/day in PDA culture medium. This behavior of the mycelium varied significantly in the substrates, *T.versicolor* colonized 100% of the mycomaterial in 40 days in eucalyptus sawdust, while *P. ostreatus* reached 100% in 60 days using wheat stubble and corn husks as a substrate.

Keywords: Mycomaterial, lignocellulosic waste, mycelium, macrofungus, biodegradable

Resumen

La búsqueda de alternativas sostenibles a los materiales sintéticos es crucial debido a los impactos ambientales negativos asociados con su producción masiva, incluyendo la generación y acumulación de desechos contaminantes que aceleran el cambio climático. Esto nos impulsa a buscar nuevas alternativas de producción amigables con el medio ambiente, como los macrohongos lignocelulósicos que se presentan como una solución innovadora y ecológica, ya que sus micelios pueden ser utilizados para fabricar una variedad de productos, desde envases de alimentos hasta materiales de construcción, desafiando los paradigmas convencionales. Se evaluó la velocidad de crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* y *Ganoderma lucidum* en medios de cultivo sólidos, Papa Dextrosa Agar (PDA) y Extracto de malta Agar (EMA), y la colonización del micelio en residuos lignocelulósicos generados en la región Cusco, para la producción de micomateriales. *P. ostreatus* mostro una tasa de crecimiento diario (TCD) de 12,43 mm, invadiendo la placa Petri en 7 días, *T. versicolor* alcanzo 42 mm en 15 días con una TCD de 2,466 mm/día, y *G. lucidum* tuvo una TCD de 0.714 mm/día en medio de cultivo PDA. Este comportamiento del micelio vario significativamente en los sustratos, *T.versicolor* colonizo el 100% del micomaterial en 40 días en aserrín de eucalipto, mientras que *P. ostreatus* alcanzo el 100% en 60 días utilizando rastrojo de trigo y chala de maíz como sustrato.

Palabras Clave: Micomaterial, residuos lignocelulósicos, micelio, macrohongo, biodegradable.

Introducción

Desde la década pasada, se vienen desarrollando materiales alternativos a los convencionales como el micelio de los hongos, que, bajo un adecuado manejo se puede transformar en un bio-material con gran repercusión en el mundo brindando una alternativa de solución frente a los problemas de contaminación ambiental, (Esteban, 2014). surgiendo una nueva cultura ecológica con el uso de materiales basados en los nuevos paradigmas de la bioecología: “hacer crecer los nuevos materiales en lugar de extraerlos”, promoviendo de esta manera una nueva conciencia a partir de la utilización del micelio de hongos descomponedores de madera y subproductos agroindustriales. El despertar inminente de una nueva conciencia material que integra los principios de la economía sostenible exige indudablemente estar al nivel de los nuevos desafíos, tanto bioéticos como tecnológicos, sobre todo en Latinoamérica, donde se vienen dando proyectos y emprendimientos basados en el crecimiento de nuevos biomateriales a partir de micelio de hongos. (Feijóo-Vivas 2021).

Por otro lado, Alemu et al., (2022); Bidegain et al., (2015); Ghazvinian et al., (2019); Jiménez Rey, (2018); Peng et al., (2023), plantearon al tipo de sustrato como un factor que afecta al crecimiento micelial y por consiguiente a las propiedades mecánicas del biomaterial, dando a conocer que, entre los mejores sustratos para el crecimiento del micelio, se encuentra el aserrín, bagazo de arroz, cáscara de café entre otros, demostrando que los residuos agroindustriales pueden ser útiles como una alternativa al uso de productos dañinos para el ambiente los que se utilizan actualmente en empaques de productos, o en otras áreas como el diseño y la arquitectura. Montecinos (2022) desarrolló placas a base de micelio con el fin de aplicarlas posteriormente en una cubierta de construcción, se generaron varios moldes de teja con el micelio del hongo en un sustrato y se dejó colonizar. El biomaterial fue deshidratado en un horno a 100° C por una hora, dejándolo reposar por 5 horas al sol, obteniendo un biomaterial en forma de tejas, el cual pintaron con cal y agua para una mayor protección y mejora estética.

Gallegos Belisario, A. S. (2022), utilizó *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos para la obtención de biomateriales. La idea surgió debido a la problemática de generación de residuos agrícolas y madereros, que al ser desechados generan un impacto al medio ambiente siendo muchas veces quemados y/o vertidos en rellenos sanitarios por la falta de cultura ambiental, planteando la necesidad de investigar y difundir la forma de reaprovechar estos residuos para la obtención de biomateriales con diferentes aplicaciones.

Bajo este contexto, la presente investigación se llevó a cabo con el propósito de caracterizar morfológicamente y evaluar la velocidad de crecimiento de las cepas de *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor* y *Ganoderma lucidum*; en diferentes medios

de cultivo (PDA y EMA) Además, se evaluó la velocidad de crecimiento del micelio durante la reincubación (G2) en sustratos lignocelulósicos generados en la región Cusco, para la obtención de micomateriales. Tratando de buscar una alternativa ambientalmente sostenible, en el marco de una economía circular verde, al promover la biodegradabilidad, el reciclaje, la reutilización y el uso eficiente de los recursos naturales.

Material y Métodos

Área de Estudio

Centro de Investigación y Producción de Hongos Alimenticios y Medicinales (CIPHAM) ubicado en el pabellón de control de calidad de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Área de fructificación, ubicado en el sótano de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSAAC.

Metodología

Evaluación del micelio fúngico

Para la evaluación del micelio de *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor* y *Pleurotus ostreatus* se utilizaron cepas madre del banco de germoplasma del CIPHAM, los mismos que fueron repicados en dos medios de cultivo: PDA (Papa Dextrosa Agar) y EMA (Extracto de Malta Agar) los que fueron incubados a 25°C (Martínez-Carrera et al 2001)

Se realizó el monitoreo del crecimiento micelial considerando las características morfológicas macro y microscópicas y la velocidad de crecimiento micelial.

La caracterización morfológica de las cepas se realizó cuando las colonias miceliales alcanzaron un diámetro mínimo de 40 mm. considerando las siguientes características:

Color: anverso y reverso, parte central, media y borde de la colonia. El color del micelio puede variar dependiendo de la especie y las condiciones del cultivo.

Forma de la colonia (Microbiology Society, sf)

Elevación

Textura y densidad (Hernández, 2012).

Textura: La textura del micelio, puede ser algodonosa, aterciopelada o fibrosa. La textura puede proporcionar infomacion sobre la salud y vigor del micelio.

Densidad: La densidad se refiere a qué tancompacto o disperso es el crecimiento del micelio. Un micelio denso indica un buen crecimiento y colonizacion, mientras que un micelio disperso puede sugerir problemas en las condiciones de cultivo.

Presencia de hifas aéreas, rizomorfos, conglomerados y exudados (Hernández, 2012).

Velocidad de crecimiento lineal (mm/día) (Sánchez & Royse, 2001) La rapidez con la que el micelio coloniza el medio de cultivo, es un factor importante sobretodo para evitar probables contaminaciones.

Para determinar la velocidad de crecimiento micelial (TCD) por día se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$$\text{TCD} = (\text{df}-\text{di}) / t$$

Donde:

TCD = Tasa de crecimiento diario

di = diámetro inicial de la colonia

df = diámetro final de la colonia

t = tiempo



Figura 2: a) Siembra b) incubación c) corrida del micelio (G2)



Figura 1: Colonización del inoculo fúngico en granos de trigo (G1)

Siembra e incubación en sustrato lignocelulósico

Preparación de los sustratos: Los sustratos se acondicionaron en función de:

Tamaño de partículas 5 – 10 cm

Nutrientes disponibles (C/N, minerales, vitaminas)

pH 5.5 - 7.5

Aireación

Humedad 60 – 65 %

Inoculación e incubación

Se desinfectó la superficie de trabajo con hipoclorito de sodio al 5%

Luego se inoculó el sustrato pasteurizado con el spaw (con micelio G1) de *Ganoderma*, *Trametes* y *Pleurotus* al 20% y se colocó en bolsas de polipropileno de 5 kilos.

La incubación se realizó a temperatura ambiente en la sala de corrida del micelio (adaptado de Romero et al, 2000; García, 2003; Fernández, 2004). (figura 2)



Selección de moldes y modelamiento

La selección de moldes es uno de los pasos más importantes, ya que de ello dependerá la forma del micomaterial que se desea obtener. Los moldes fueron de plástico tratando de mantener una textura rígida para presionar el micelio, pero también flexible para facilitar el proceso de desmolde (Dueñas, 2021).

Re-incubación del sustrato en los moldes seleccionados

Se utilizaron moldes de distinto tamaño de 1 y 2 kg. de borde y textura lisa, llenando los moldes con sustrato colonizado (G2), sometiendo a presión con prensa manual.

Los moldes se re-incubaron a 25°C con una humedad del 70% hasta que los sustratos estuvieron completamente colonizados. Previamente el micelio G2 se rompió hasta que quedaron partículas finas para colocarlo dentro del molde. Todo este proceso se realizó en condiciones de completa asepsia con la ayuda de mecheros y guantes de nitrilo para evitar contaminaciones del micelio (Figura 3).



del micelio G2)

Desmolde y colonización superficial

Una vez colonizados los sustratos, se procedió al desmolde de los micomateriales con sumo cuidado (Figura 4).

Posteriormente, se realizó la re-incubación, colocándolos nuevamente en un ambiente húmedo para favorecer el desarrollo del micelio en la superficie externa del micomaterial durante aproximadamente 15 días (dependiendo de la cepa utilizada).

Luego se realizó la deshidratación a temperatura ambiente durante 15-20 días.

Finalmente, se efectuó el secado en estufa a 80°C durante 24 horas para detener el crecimiento microbiano.



Figura 4: Desmolde de los micomateriales en condiciones de asepsia

Resultados y Discusión

Tabla 1: Características morfológicas del crecimiento micelial

	MEDIO DE CULTIVO	DENSIDAD	TEXTURA
<i>Pleurotus</i>	PDA	Abundante	Muy algodonoso (exuberante)
<i>ostreatus</i>	EMA	Abundante	Muy algodonoso (exuberante)
<i>Trametes</i>	PDA	Escaso	Algodonoso regular
<i>versicolor</i>	EMA	Escaso	Algodonoso
<i>Ganoderma</i>	PDA	Escaso	Menos algodonoso
<i>lucidum</i>	EMA	Escaso	Menos algodonoso

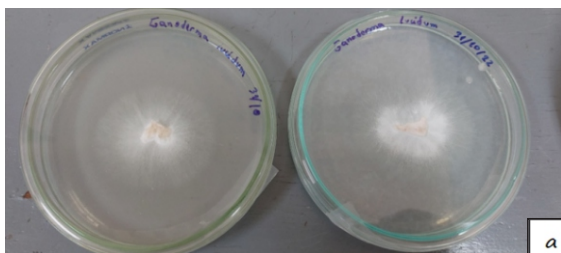


Figura 5: Características morfológicas del crecimiento micelial de a,b) *Ganoderma lucidum* c) *Pleurotus ostreatus*

El micelio de *Ganoderma* cultivado en placas petri inicialmente fue compacto y blanco, formando anillos de crecimiento de color crema cada 48 horas, desde el comienzo del crecimiento micelial (a los 11 días, tabla 2), adquiriendo finalmente un color marrón oscuro en la última semana de incubación. También se pudo observar una ligera exudación hialina transparente (figura 5b). En cambio, el micelio de *Pleurotus* presentó un crecimiento compacto de color blanco algodonoso y exuberante, con un patrón de crecimiento radial (Tabla 1, figura 5 c).

Tabla 2: Velocidad de crecimiento micelial en mm en medios de cultivo (obtención del micelio)

Cepa	Medio	Tiempo (mm/día)										TCD												
		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19		20	21										
<i>Pleurotus</i>	PDA	5	42	65	92																		12.428	
<i>ostreatus</i>	EMA	5	20	52	69	92																	9.666	
<i>Trametes</i>	PDA	-	5	8	14	20	28	35	42															2.466
<i>versicolor</i>	EMA	-	3	5	9	15	21	27	32															1.933
<i>Ganoderma</i>	PDA	-	-	-	-	-	2	4	6	9	11	14	17											0.714
<i>lucidum</i>	EMA	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	8	12											0.428

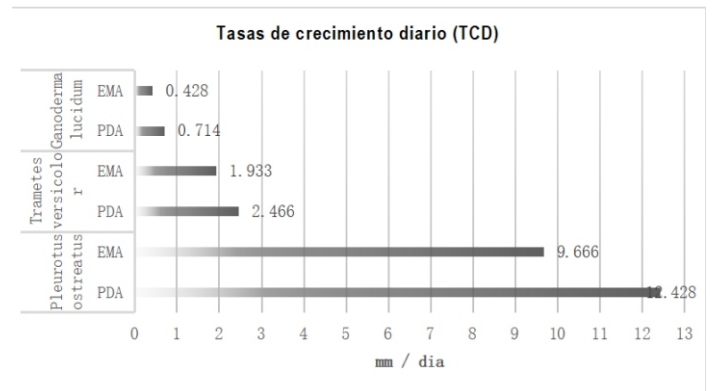


Figura 6: Tasa de crecimiento diario

Como podemos apreciar en la tabla 2 y en la figura 6, el micelio de *P. ostreatus* es mucho más precoz, invadiendo la placa petri a los 7 días del aislamiento con una tasa de crecimiento diario de 12,43 mm. En comparación, *T. versicolor* alcanzó 42 mm en 15 días, con una tasa de crecimiento de 2.466 en PDA. Por otro lado, el micelio de *Ganoderma lucidum* recién empezó su crecimiento a los 11 días, con una tasa de crecimiento diario de 0.714 mm.

Tabla 3: Velocidad de crecimiento micelial (%) en sustrato lignocelulósico

Cepa	sustrato	Tiempo (días) / %											
		1	3	5	7	9	11	13	15	20	40	60	180
<i>Pleurotus</i>	Rastrojos	-	5	10	15	18	24	30	36	45	50	100	
<i>ostreatus</i>	Aserrín	-	-	-	-	5	10	15	18	26	35	50	
<i>Trametes</i>	Rastrojos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>versicolor</i>	Aserrín	-	-	5	10	15	20	25	35	50	100		
<i>Ganoderma</i>	Rastrojos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>lucidum</i>	Aserrín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	100

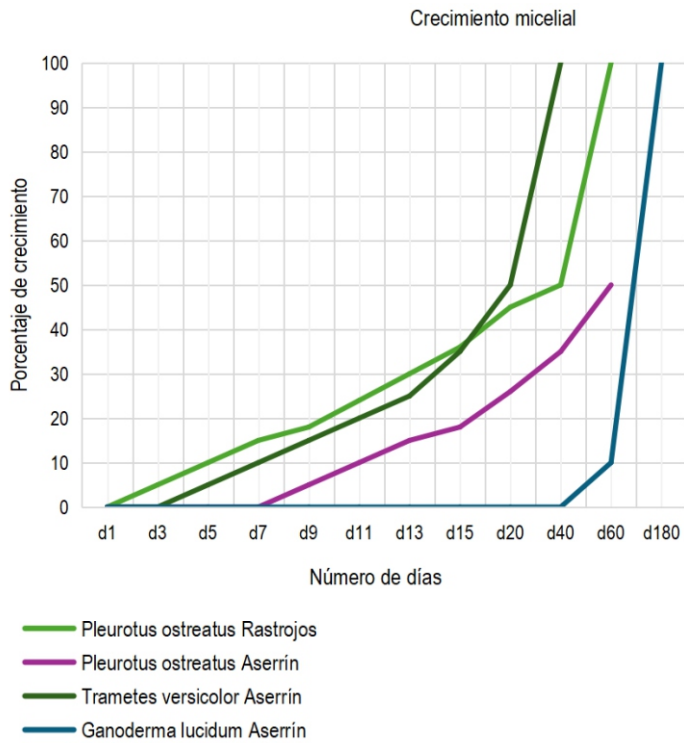


Figura 7: Corrida del micelio (G2) en sustratos lignocelulósicos

Trametes versicolor presentó una mayor velocidad de crecimiento del micelio (G2) durante la re-incubación en los micomateriales, alcanzando el 100% de cobertura del molde en 40 días. En contraste, aunque *P. ostreatus* exhibió una rápida colonización en medios de cultivo sólido, su desarrollo en rastrojos fue más lento, probablemente debido al mayor tamaño de las partículas del sustrato en comparación con el aserrín, llegando a copar el 100% del micomaterial en 60 días. Por otro lado, *Ganoderma lucidum* mostró un desarrollo significativamente más lento, llegando al 100% de colonización en 180 días (Tabla 3). En esta etapa se realizó el desmolde y la corrida del micelio en la superficie externa del micomaterial, seguido de una deshidratación en una estufa a 80°C para detener la formación de cuerpos fructíferos (figura 8). Esto subraya la importancia de la granulometría de los sustratos utilizados. Al respecto, Alemu et al., (2022); Bidegain et al., (2015); Ghazvinian et al., (2019); Jiménez Rey, (2018); Peng et al., (2023), plantearon al tipo de sustrato como un factor que afecta al crecimiento micelial y por consiguiente a las propiedades mecánicas del biomaterial, dando a conocer que, entre los mejores sustratos para el crecimiento del micelio, se encuentra el aserrín, lo que demuestra que los residuos agroindustriales pueden servir como alternativa a los productos dañinos para el ambiente actualmente utilizados. De igual manera, Gallegos (2022), plantea el uso de *Pleurotus ostreatus* en diferentes sustratos para la obtención de biomateriales como una forma de resolver la problemática de generación de residuos agrícolas y madereros, que al ser desechados generan un impacto al medio ambiente por la falta de cultura ambiental, planteando la necesidad de investigar y difundir la forma de reaprovechar estos residuos para la obtención de biomateriales con diferentes aplicaciones.



Figura 8: Desmolde y corrida del blanco del hongo en la superficie externa de los micomateriales.

Es importante recalcar que una alta velocidad de crecimiento del micelio en los sustratos finales durante la re-incubación, permite reducir el tiempo de producción de los materiales, lo que se traduce en una mayor eficiencia y productividad. Esto es particularmente importante en aplicaciones industriales donde el tiempo es un factor crítico, de igual manera el crecimiento rápido y uniforme del micelio puede garantizar una consistencia en la densidad y estructura del material final y ayudar a minimizar el riesgo de contaminación por otros microorganismos. El micelio dominante puede ocupar rápidamente el sustrato, dejando menos oportunidades para que los contaminantes se establezcan. Un micelio que crece rápidamente puede utilizar los recursos de manera más eficiente, reduciendo costos y desperdicios, contribuyendo de esta forma, a la reducción de la huella ecológica.

Conclusiones

El medio de cultivo PDA resultó muy favorable para las tres cepas en estudio. *Pleurotus ostreatus* mostró un desarrollo algodonoso exuberante y una mayor velocidad de crecimiento, colonizando completamente los medios de cultivo en solo 7 días. En comparación, *Trametes versicolor* presentó un crecimiento algodonoso moderado, alcanzando 42 mm en 15 días. Por otro lado, *Ganoderma lucidum* comenzó a colonizar los medios de cultivo a partir del día 11, con una tasa de crecimiento diario de 0.714 mm por día.

El aserrín de eucalipto fue el sustrato lignocelulósico que mostró los mejores resultados, con *T. versicolor* invadiendo completamente el sustrato del micomaterial en 40 días durante la re-incubación.

La velocidad de crecimiento del micelio en el sustrato final durante la re-incubación fue un factor determinante en la viabilidad y éxito de la producción de materiales a base de micelio, ya que influye en la eficiencia, calidad, sostenibilidad y aplicabilidad de estos materiales, haciéndolos una opción prometedora en la búsqueda de alternativas ecológicas y eficientes a los materiales convencionales. En este estudio *Trametes versicolor* demostró ser el basidiomiceto con la mayor velocidad de crecimiento.

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, vicerrectorado de investigación, por permitirnos realizar proyectos de investigación que intentan resolver la problemática ambiental de la disposición final de los residuos lignocelulósicos, así como la generación de alternativas eco-amigables frente al uso de material pernicioso para el planeta. De igual manera a los jóvenes semilleros de investigación del CIPHAM, Jackeline G. Meza, María Alejandra Paucamayta, Prissila A. Tuesta, Richard R. Vargas, Jaider Anco, Karol Mansilla, Diana Paredes, Victor Hugo Navarrete, Alberto Collante y a todos los amantes de la fungicultura.

Referencias

- Alemu, D., Tafesse, M., & Mondal, A.K. (2022). Mycelium Based Composite: The Future sustainable Biomaterial. *International Journal of Biomaterials*. doi.org/10.1155/2022/8401528
- Bidegain, M., Cubitto, M. & Curvetto, N. (2015). Optimization of the Yield of Lingzhi or Reishi Medicinal Mushroom, *Ganoderma lucidum* (Higher Basidiomycetes) Cultivated on a Sunflower seed Hull Substrate Produced in Argentina: *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 17, 1095-1105.
- Dueñas Nelson (2021). Curso de actualización profesional modalidad E-learning. *Biomateriales: Biofabricación con micelio de hongos*. Agroconsultora Plus, S Buenos Aires, Argentina.
- Esteban, C. I. (2014). Hifas de hongos como material de empaquetado y construcción. *Yesca*
- Fernandez (2004). Guía práctica de producción de setas. *Pleurotus spp.* Fungi Asesorías. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- Fernández, N., Gaggino, R., Positieri, M. J., & Kreiker, J. (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. *AJEA*, (5).
- Feijóo-Vivas, K., Bermudez-Puga, S.A., Rebolledo H., Figueroa, J.M., Zamora, P., & Naranjo-Briceño, L. (2021) Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura* 6(1), 1637-16-52.
- Gallegos Belisario, A. S. (2022). Aplicación de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales.
- Ghazvinian A., Farrokhsiar, P., Rocha Vierira, F, Pecchia, J., & Gursoy, B. (2019). Mycelium-Based Bio-Composites for ARchitecture: Assessing effects of cultivation factors on Compressive Strength doi.org/10.5151/proceedings
- Hernández, I. (2012). Caracterización orgánica y genética en poblaciones de *Morchella* spp. en bosques de *Abies religiosa* del centro de México. Montecillo - Estado de México: Colegio de Postgraduados, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, Tesis.
- Jiménez Rey, F.D. (2018); Elaboración de un material biológico a partir del hongo *Pleurotus ostreatus* para su utilización en aplicaciones de ingeniería. <http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080>
- Martínez-Carrera, D., Bonilla, M., Martínez, W., Sobal, M., Aguilar, A., & Pellicer-González, E. (2001). Characterisation and cultivation of wild *Agaricus* species from México. *Micología Aplicada Internacional*, 9-24.
- Mata, G., & Savoie, J. M. (2007). Producción de Semilla y Conservación de cepas de *Agaricus bisporus*. En J. Sánchez, D. Royse, & H. Leal, *Cultivo, Mercadotecnia e Inocuidad Alimenticia de Agaricus bisporus* 37-48 Tapachula, Chiapas, México: D.R. El Colegio de la Frontera Sur Microbiology Society. (sf). Observing Fungi in a Petri Dish. Obtenido de <https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/fungi/observing-fungi-in-a-petri-dish.html>
- Microbiology Society. (sf). Observing Fungi in a Petri Dish. Obtenido de <https://microbiologysociety.org/why-microbiology-matters/what-is-microbiology/fungi/observing-fungi-in-a-petri-dish.html>
- Montecinos Narea, C. (2022) Techumbre en base a micelio de hongo: integración de materiales biofabricados en un proyecto de arquitectura. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/6333>
- Peng L., Yi, J., Yang X., Xie, J. & Chen, C. (2023). Development and characterization of mycelium bio-composites by utilization of different agricultural residual byproducts. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 8(1), 78-89.
- Romero B. & Rosales G. (2000). Manual práctico para el cultivo de setas (*Pleurotus* spp). Universidad Autónoma de Hidalgo. México. Pachuca, Hidalgo
- Sánchez, J., & Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. San Cristobal de Las Casas, Chiapas, México.