

DESARROLLO DE UN PROCESO A ESCALA DE LABORATORIO PARA LA PRODUCCIÓN DE UN CUERO FÚNGICO A PARTIR DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*)

DEVELOPMENT OF A LABORATORY SCALE PROCESS FOR THE PRODUCTION OF FUNGAL LEATHER FROM THE OYSTER FUNGUS (*Pleurotus ostreatus*)

Daniela Alejandra Sandoval-Cuatín¹, Sonia Miroslava Ortega-Andrade ¹, Melany Anabel Coello-Vargas², Julio Pineda-Insuasti², Alejandro Pineda-Soto^{2,3}.

¹Universidad Técnica Del Norte -UTN. Ibarra, Ecuador.

²Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente -CEBA. Ibarra, Ecuador.

³Universidad de Investigación de Tecnología Experimental- YACHAY. Urcuqui, Ecuador.

Autor para correspondencia: dasandovalc@utn.edu.ec

Recibido: 01/04/2026

Aceptado: 08/04/2026

RESUMEN

El presente estudio desarrolló un proceso a escala de laboratorio para la producción de cuero fúngico a partir de *Pleurotus ostreatus*, empleando residuos lignocelulósicos como materia prima. Se aplicó un diseño experimental factorial 2² completamente aleatorizado para evaluar el efecto del tipo de biomasa (aserrín de eucalipto y turba de coco) y la concentración de micelio (30 % y 40 %) sobre la velocidad de colonización.

Los resultados demostraron que ambos factores y su interacción influyen significativamente en la cinética de crecimiento del micelio. La condición óptima se alcanzó con aserrín de eucalipto y 40 % de micelio, obteniendo una velocidad máxima de 3,42 cm/día. Esta condición favoreció la formación de una estructura micelial más densa y homogénea, mejorando las propiedades físicas del material tras el prensado y secado. Los hallazgos confirman la viabilidad técnica del cuero fúngico como alternativa sostenible.

Palabras clave: cuero fúngico, *Pleurotus ostreatus*, biomateriales, micelio, fermentación en estado sólido.

ABSTRACT

This study developed a laboratory-scale process for the production of fungal leather using *Pleurotus ostreatus* and lignocellulosic residues as raw materials. A completely randomized 2² factorial design was applied to evaluate the effects of biomass type (eucalyptus sawdust and coconut coir) and mycelium concentration (30% and 40%) on colonization rate.

Results showed that both factors and their interaction significantly influenced mycelial growth kinetics. The optimal condition was achieved with eucalyptus sawdust and 40% mycelium, reaching a maximum colonization rate of 3.42 cm/day. This condition promoted the formation of a denser and more homogeneous mycelial structure, improving the physical properties of the material after pressing and drying. These findings confirm the technical feasibility of fungal leather as a sustainable alternative.

Keywords: fungal leather, *Pleurotus ostreatus*, biomaterials, mycelium, solid-state fermentation.

INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de crisis ambiental y transición hacia modelos de producción sostenibles, la industria del cuero enfrenta crecientes cuestionamientos debido a su elevada huella ecológica, derivada del uso intensivo de agua, la emisión de gases de efecto invernadero y la utilización de agentes químicos contaminantes durante el proceso de curtido. Diversos estudios han evidenciado que la producción convencional de cuero está asociada a impactos significativos sobre el medio ambiente, incluyendo la contaminación de cuerpos de agua por cromo y otros compuestos tóxicos, así como contribuciones relevantes al cambio climático (Amobonye et al., 2023; Joseph & Nithya, 2023; UNEP, 2020). Esta problemática ha impulsado la búsqueda de materiales alternativos que reduzcan dichos impactos sin comprometer las propiedades funcionales requeridas en aplicaciones industriales.

En este escenario, los biomateriales basados en micelio fúngico han emergido como una solución innovadora dentro del campo de la biofabricación. El micelio, constituido por una red tridimensional de hifas interconectadas, presenta una arquitectura natural que le confiere propiedades mecánicas destacadas, tales como resistencia, flexibilidad y cohesión estructural (Jones et al., 2020). Estas características se derivan de la capacidad del micelio para crecer sobre sustratos lignocelulósicos y actuar como un agente aglutinante biológico, formando materiales compuestos ligeros, porosos y biodegradables (Islam et al., 2017; Appels et al., 2019). Además, los materiales basados en micelio pueden ser cultivados mediante procesos de

bajo consumo energético y utilizando residuos agroindustriales, lo que los posiciona como alternativas sostenibles dentro de la economía circular (Attias et al., 2019).

Diversas investigaciones han demostrado que los denominados mycelium-based materials (MBM) presentan propiedades funcionales relevantes, incluyendo aislamiento térmico, resistencia mecánica y comportamiento viscoelástico ajustable en función de las condiciones de crecimiento y procesamiento (Elsacker et al., 2020; Jones et al., 2020). Estas propiedades han permitido su aplicación en múltiples sectores, como la construcción, el embalaje y, más recientemente, la industria textil y de la moda (Appels et al., 2019; Yang et al., 2023). En particular, el desarrollo de materiales tipo cuero a partir de micelio ha captado gran interés debido a su potencial para sustituir productos de origen animal y materiales sintéticos derivados del petróleo.

Dentro de las especies fúngicas utilizadas en la producción de biomateriales, *Pleurotus ostreatus* destaca por su rápida tasa de crecimiento, alta capacidad de degradación de residuos lignocelulósicos y facilidad de cultivo en condiciones controladas (Sánchez, 2010; Grimm & Wösten, 2018). Esta especie ha sido ampliamente estudiada en procesos de fermentación en estado sólido, donde el micelio coloniza sustratos como aserrín, paja o residuos agrícolas, generando estructuras cohesivas que pueden ser transformadas en materiales funcionales (Islam et al., 2017; Appels et al., 2019). Asimismo, se ha reportado que las propiedades mecánicas de los materiales miceliales dependen tanto de la especie utilizada como de factores como el tipo de sustrato, la densidad del crecimiento y

las condiciones de incubación (Elsacker et al., 2020).

El desarrollo de cuero fúngico implica la integración de procesos biotecnológicos y de ingeniería de materiales, que incluyen el cultivo del micelio, su consolidación estructural y la aplicación de tratamientos post-proceso como prensado, secado y modificación química o física para mejorar propiedades como la resistencia, flexibilidad y durabilidad (Jones et al., 2020; Yang et al., 2023). Estudios recientes han demostrado que mediante técnicas de postprocesamiento es posible obtener materiales con características comparables al cuero convencional, aunque aún existen desafíos relacionados con la homogeneidad, escalabilidad y resistencia a largo plazo (Attias et al., 2019; Yang et al., 2023).

Adicionalmente, el uso de *Pleurotus ostreatus* en la valorización de residuos orgánicos representa una estrategia sostenible que contribuye a la reducción de desechos y al aprovechamiento de subproductos agrícolas, alineándose con los principios de la bioeconomía y la economía circular (Sánchez, 2010). Este enfoque no solo permite la producción de materiales innovadores, sino que también promueve sistemas productivos más eficientes y ambientalmente responsables.

En este contexto, el desarrollo de procesos a escala de laboratorio constituye una etapa fundamental para comprender las variables críticas que gobiernan la formación de cuero fúngico y para establecer bases técnicas que faciliten su posterior escalamiento industrial.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un proceso a escala de laboratorio para la producción de un cuero fúngico a partir del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), mediante el análisis de bioprocesos, que permita el máximo aprovechamiento de las materias

primas y contribuya al avance de biomateriales sostenibles en la industria biotextil.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió a escala de laboratorio un proceso para la producción de un tipo de cuero fúngico con el hongo ostra. El trabajo experimental se realizó a nivel tecnológico artesanal en la parroquia de Alpachaca, de Ibarra Ecuador, a 2200 metros sobre el nivel del mar y con una temperatura promedio de 18 °C.

Materias primas

Aserrín de eucalipto (*Eucalyptus globulus*):

El aserrín de eucalipto es un subproducto forestal de color claro, textura fina y gran valor, caracterizado por ser rico en celulosa, lo que facilita el compostaje. Es un material versátil usado en agricultura para mejorar la estructura del suelo, aumentar la oxigenación y mantener la humedad.

Propiedades físicas: Según estudios técnicos, puede presentar una densidad de 370 kg/m³, baja humedad (aprox. 13,44 %) y un alto contenido de materia volátil (72,49 %).



Figura 1. Aserrín de eucalipto

Turba de coco (*Cocos nucifera*): La turba de coco es un sustrato orgánico y sostenible derivado de la cáscara del coco, valorado por su excelente relación aire-agua, alta capacidad de retención hídrica (8-10 veces su peso) y aireación superior que favorece el desarrollo radicular. Es un material inerte con pH casi

neutro (5,5-6,8) ideal para hidroponía, mezclas de macetas y otros.



Figura 2. Turba de coco (marca Golden Mix)

Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*): se utilizó una cepa de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus* (CEBA-GLII-PO-010106) del Biobanco de Recursos Genéticos, donado por el Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente (CEBA).



Figura 3. Cepa *Pleurotus ostreatus* (CEBA-GLII-PO-010106)

Diseño experimental y análisis estadístico

Como unidad experimental se estableció una muestra de 100 gramos de biomasa lignocelulósica, como factores de estudio se seleccionó el tipo de biomasa lignocelulósica en los niveles de aserrín de eucalipto (1) y turba de coco (2) y la concentración del hongo *Pleurotus* en los niveles de 30 % y 40 %. Como parámetros de operación se estableció el pH 6,8 la temperatura 20 °C y presión atmosférica. La variable de respuesta seleccionada fue la

velocidad de colonización del micelio en cm/día. Como factores de ruido se identifica la cantidad de luz, la temperatura del ambiente y el clima.

Se utilizó el software estadístico STATGRAPHICS, para planificar un diseño experimental factorial multinivel estándar 2², con tres replicas, completamente aleatorio, con un total de 12 tratamientos. El diseño se ejecutó en 3 bloques y el orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado para aportar protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Factorial Multinivel

Se ha creado un diseño factorial multinivel que consiste en 12 corridas experimentales. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

Diseño Base

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 12

Grados de libertad para el error: 6

Aleatorizar: Sí

Factores	Bajo	Alto	Niveles	Unidades
Biomasa	1,0	2,0	2	
Micelio	30,0	40,0	2	(%)

Biomasa: 1-aserrín eucalipto, 2-turba de coco

Respuestas	Unidades
Velocidad	(cm/día)

Procedimiento Experimental

En la figura 4, se presenta el diagrama de flujo del proceso experimental.

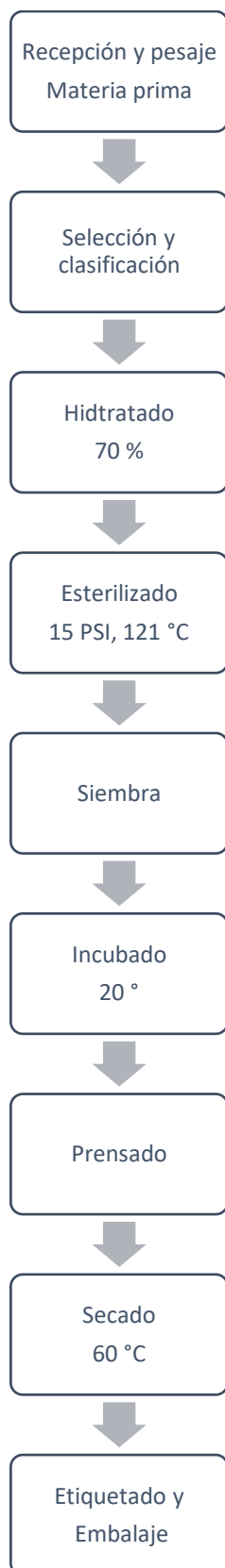


Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de cuero fúngico a partir de *Pleurotus ostreatus*

Se procedió a la recepción y pesaje de la materia prima (aserrín de eucalipto y turba de coco) en balanza digital marca TRUPER



Figura 5. Recepción y pesaje materia prima

La selección y clasificación de las materias primas se realizó de forma manual valorando su calidad y retirando cualquier material extraño.

Los sustratos de aserrín y turba de coco se hidrataron con agua potable durante 24 horas hasta lograr 70% de humedad.



Figura 6. Hidratación

Los sustratos hidratados se pasteurizaron por 40 min en un recipiente acero inoxidable con vapor.



Figura 7. Pasteurización sustrato

Las muestras esterilizadas se sembraron con micelio fúngico de *Pleurotus ostreatus* y se incubaron a 20 °C.



Figura 8. Incubado

Las muestras colonizadas con micelio se prensaron mecánicamente y se secaron en horno a 60°C.

En la Figura 9 se observa la etapa de prensado y secado del material colonizado por el micelio de *Pleurotus ostreatus*. Este proceso permite compactar la biomasa fúngica, mejorar la cohesión estructural del material y reducir su contenido de humedad mediante secado a 60 °C, favoreciendo la obtención de una lámina con características similares al cuero fúngico.



Figura 9. Prensado y Secado

En la Figura 10 se presenta el pesado y empaque del material fúngico obtenido después de las etapas de incubación, prensado y secado. Esta fase permite registrar el peso final del biomaterial, verificar su estabilidad física y acondicionarlo para su conservación, análisis posterior y posible evaluación de sus propiedades como cuero fúngico.



Figura 10. Pesado y empaque de cuero fúngico crudo.



Figura 11. Muestras de cuero fúngico pintado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta la matriz de resultados experimentales correspondiente a la velocidad de colonización del micelio de *Pleurotus ostreatus* sobre los sustratos evaluados. Como se observa, los mayores valores de velocidad se obtuvieron con aserrín de eucalipto y una concentración de micelio del 40 %, alcanzando valores de hasta 3,57 cm/día. En contraste, los tratamientos con turba de coco presentaron menores velocidades de colonización, con valores entre 0,86 y 1,25 cm/día. Estos resultados evidencian que el tipo de biomasa lignocelulósica influye de manera importante en el crecimiento micelial y en la formación inicial del cuero fúngico.

Tabla 1. Matriz de resultados experimentales

BLOQUE	Biomasa	Micelio (%)	Velocidad (cm/día)
1	2	30	1
1	2	40	1,25
1	1	40	3,12
1	1	30	2,27
2	2	30	0,86
2	1	30	2,77
2	2	40	1,25
2	1	40	3,57
3	2	30	0,96
3	2	40	1,19
3	1	30	2,5
3	1	40	3,57

1-Aserrín eucalipto, 2-Turba de coco

Fuente: Elaboración autor.

Análisis de Varianza para velocidad

En la tabla 2 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para la velocidad de colonización del micelio, donde se observa que los factores biomasa (A) y concentración de micelio (B) tienen un efecto altamente significativo sobre la variable respuesta, ya que sus valores-P (0,0000 y 0,0011, respectivamente) son menores a 0,05. Asimismo, la interacción entre ambos factores (AB) también resulta significativa ($p = 0,0230$), lo que indica que el efecto de un factor depende del nivel del otro. El factor biomasa presenta la mayor razón-F (342,74), evidenciando que es el factor con mayor influencia en la velocidad de crecimiento del micelio. Por otro lado, el efecto de los bloques no es significativo ($p = 0,3158$), lo que sugiere que no existieron variaciones importantes entre las repeticiones experimentales. En conjunto, estos resultados confirman que el tipo de biomasa y la concentración de micelio son variables determinantes en la cinética de colonización, validando la relevancia del modelo experimental utilizado.

Tabla 2. Análisis de Varianza para Velocidad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Biomasa	10,622	1	10,622	342,74	0,0000
B: Micelio	1,07401	1	1,07401	34,65	0,0011
AB	0,285208	1	0,285208	9,20	0,0230
bloques	0,0871167	2	0,0435583	1,41	0,3158
Error total	0,18595	6	0,0309917		
Total (corr.)	12,2543	11			

Coefficiente de regresión para velocidad

En la tabla 3, se presenta el coeficiente de regresión para velocidad.

Tabla 3. Coeficiente de regresión para velocidad

Coefficiente	Estimado
constante	-0,483333
A: Biomasa	0,276667
B: Micelio	0,152333
AB	-0,0616667

La ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos. La ecuación del modelo ajustado es

$$\text{Velocidad} = -0,483333 + 0,276667 \cdot \text{Biomasa} + 0,152333 \cdot \text{Micelio} - 0,0616667 \cdot \text{Biomasa} \cdot \text{Micelio}$$

Optimización de la Respuesta

La tabla 4, muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza velocidad sobre la región indicada. Puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo en ese valor.

Optimizar Respuesta

Meta: maximizar Velocidad

Valor óptimo = 3,42

Tabla 4. Optimización

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Biomasa	1,0	2,0	1,0
Micelio	30,0	40,0	40,0

Fuente: Elaboración autor

En la figura 12, se presenta el Diagrama de Pareto Estandarizada para velocidad, como se puede observar, el porcentaje de micelio y el tipo de biomasa son significativos, por lo cual dichos factores deben conservarse en el modelo matemático empírico.

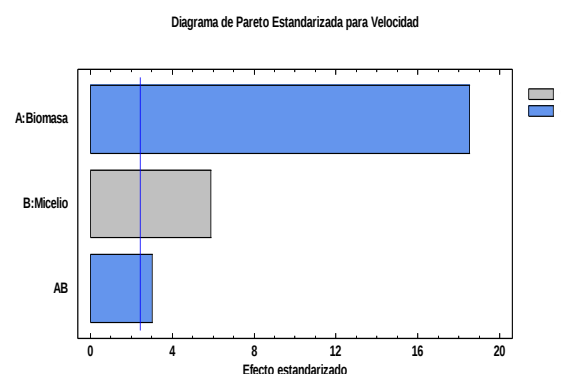


Figura 12. Pareto Estandarizada para velocidad

En la figura 13, se presenta la Superficie de Respuesta Estimada para velocidad, en la cual se puede observar que el punto máximo logrado de velocidad equivalente a 3,42 cm/día se logra con 1 (aserrín de eucalipto) y 40 % de micelio.

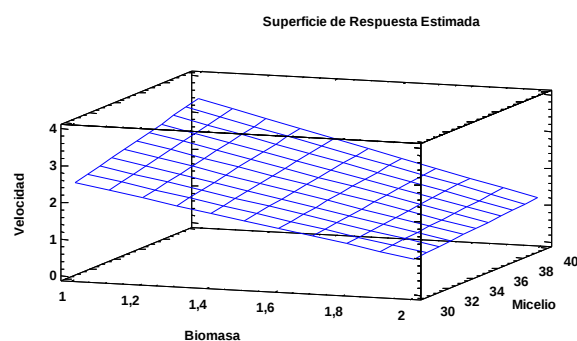


Figura 13. Superficie de respuesta estimada

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio evidencian que la velocidad de colonización del micelio de *Pleurotus ostreatus* está

fuertemente condicionada por el tipo de biomasa lignocelulósica empleada y por la concentración del inóculo, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura sobre fermentación en estado sólido. En particular, el aserrín de eucalipto presentó un desempeño significativamente superior frente a la turba de coco, lo que puede atribuirse a su mayor contenido de celulosa y hemicelulosa, compuestos que constituyen una fuente de carbono más adecuada para el metabolismo fúngico (Sánchez, 2010; Pandey et al., 2000). Este comportamiento ha sido ampliamente documentado en hongos ligninolíticos como *Pleurotus ostreatus*, cuya eficiencia en la degradación de materiales lignocelulósicos se debe a la acción sinérgica de enzimas como lacasas, manganoso peroxidasas y celulasas (Elisashvili et al., 2008; Grimm & Wösten, 2018).

Asimismo, el incremento en la concentración de micelio del 30 % al 40 % generó un aumento significativo en la velocidad de colonización, lo cual es consistente con estudios previos que indican que mayores densidades de inóculo reducen el tiempo de adaptación del microorganismo y favorecen una colonización más rápida y homogénea del sustrato (Mitchell et al., 2006; Thomas et al., 2013). Este efecto se relaciona con una mayor cantidad inicial de hifas activas, lo que incrementa la tasa de expansión radial del micelio y mejora la eficiencia del proceso biotecnológico (Sánchez, 2010).

La interacción significativa entre el tipo de biomasa y la concentración de micelio sugiere que el efecto de estos factores no es independiente, lo cual es característico en sistemas biológicos complejos. La interacción negativa observada indica que, bajo ciertas combinaciones, el aumento simultáneo de ambos factores no produce un incremento proporcional en la velocidad de crecimiento. Este fenómeno puede explicarse por limitaciones en la transferencia de oxígeno y nutrientes dentro del sustrato, especialmente

en sistemas con alta densidad microbiana, donde la compactación puede reducir la porosidad y afectar la difusión de gases (Pandey et al., 2000; Mitchell et al., 2006).

Desde el punto de vista de la ingeniería de biomateriales, la velocidad de colonización es un parámetro crítico, ya que influye directamente en la estructura y propiedades del material final. Una colonización rápida y uniforme favorece la formación de una red micelial más densa y cohesiva, lo que se traduce en mejores propiedades mecánicas, tales como mayor resistencia a la tracción y mejor integridad estructural (Appels et al., 2019; Elsacker et al., 2020). En este estudio, las muestras obtenidas con aserrín de eucalipto presentaron una mayor cohesión tras el prensado y secado, lo cual coincide con investigaciones que destacan la importancia del tipo de sustrato en la densificación y consolidación del micelio (Jones et al., 2020).

Además, los resultados de optimización indican que la combinación de aserrín de eucalipto con una concentración de micelio del 40 % permite alcanzar la mayor velocidad de colonización (3,42 cm/día), lo cual es coherente con estudios recientes que señalan que condiciones de alta disponibilidad de nutrientes y elevada densidad de inóculo favorecen la formación de biomateriales más homogéneos y con mejores propiedades funcionales (Yang et al., 2023). Este aspecto es particularmente relevante en la producción de cuero fúngico, donde la uniformidad del crecimiento micelial es fundamental para garantizar la calidad del material final.

No obstante, es importante considerar que los resultados obtenidos corresponden a condiciones controladas de laboratorio, lo que implica ciertas limitaciones para su extrapolación a escala industrial. Factores como la heterogeneidad del sustrato, la distribución de humedad, la aireación y la transferencia de calor pueden afectar significativamente la cinética de crecimiento

del micelio en sistemas de mayor escala (Mitchell et al., 2006). Asimismo, aunque el proceso de prensado y secado permitió obtener un material con características similares al cuero, aún es necesario evaluar propiedades clave como resistencia al desgaste, flexibilidad a largo plazo y comportamiento frente a la humedad, aspectos críticos para su aplicación en la industria biotextil (Attias et al., 2019; Yang et al., 2023).

En este sentido, los hallazgos de este estudio confirman la importancia de optimizar variables biotecnológicas fundamentales, como el tipo de sustrato y la concentración de inóculo, para mejorar la eficiencia del proceso y la calidad del biomaterial obtenido. Estos resultados se alinean con la tendencia actual en el desarrollo de materiales sostenibles basados en micelio, donde el control preciso de las condiciones de cultivo permite diseñar materiales con propiedades específicas y potencial de escalamiento industrial (Jones et al., 2020; Appels et al., 2019).

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió desarrollar y validar a escala de laboratorio un proceso biotecnológico para la producción de cuero fúngico a partir de *Pleurotus ostreatus*, evidenciando el potencial de este hongo como materia prima sostenible para la generación de biomateriales con aplicaciones en la industria biotextil.

Los resultados experimentales demostraron que tanto el tipo de biomasa lignocelulósica como la concentración de micelio influyen significativamente en la velocidad de colonización, siendo el aserrín de eucalipto y una concentración del 40 % de micelio la combinación óptima para maximizar esta variable. Esta condición permitió alcanzar una velocidad de crecimiento de 3,42 cm/día, favoreciendo la formación de una red micelial más homogénea y estructuralmente cohesiva.

El análisis estadístico confirmó la significancia de los factores estudiados y su interacción, lo que resalta la importancia de un adecuado control de las variables de proceso en sistemas de fermentación en estado sólido. Asimismo, el modelo de regresión obtenido permitió describir de manera adecuada el comportamiento del sistema, constituyéndose en una herramienta útil para la predicción y optimización del proceso.

Desde el punto de vista de la ingeniería de materiales, se evidenció que una mayor velocidad de colonización se traduce en mejores propiedades físicas del material final, particularmente en términos de cohesión estructural tras los procesos de prensado y secado. Esto confirma la relevancia de los parámetros de crecimiento micelial en la calidad del cuero fúngico obtenido.

Adicionalmente, el uso de residuos lignocelulósicos como materia prima refuerza el enfoque sostenible del proceso, alineándolo con principios de economía circular y bioeconomía, al permitir la valorización de subproductos agrícolas y forestales.

No obstante, el estudio presenta limitaciones inherentes a su desarrollo a escala de laboratorio, por lo que se recomienda, como líneas futuras de investigación, evaluar el escalamiento del proceso, así como realizar caracterizaciones más detalladas del material obtenido, incluyendo propiedades mecánicas, térmicas, de durabilidad y comportamiento frente a la humedad.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica del desarrollo de cuero fúngico a partir de *Pleurotus ostreatus* en la escala estudiada, sentando bases para futuras investigaciones orientadas a su optimización y aplicación industrial como alternativa sostenible al cuero convencional.

RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, se plantean como líneas de investigación futuras el estudio de variables adicionales del proceso biotecnológico, tales como la humedad inicial del sustrato, la granulometría de la biomasa, la aireación y el tiempo de incubación, con el fin de optimizar la cinética de crecimiento del micelio y mejorar la uniformidad del material obtenido.

Se propone avanzar hacia una caracterización integral del cuero fúngico desarrollado, incorporando ensayos mecánicos (resistencia a la tracción, elongación y flexibilidad), propiedades térmicas, comportamiento frente a la humedad y biodegradabilidad, lo que permitirá establecer comparaciones técnicas con materiales convencionales y determinar su aplicabilidad en distintos sectores industriales.

Otra línea relevante corresponde a la evaluación de diferentes combinaciones de sustratos lignocelulósicos, incluyendo residuos agroindustriales disponibles localmente, con el objetivo de mejorar las propiedades fisicoquímicas del material y fortalecer el enfoque de economía circular del proceso. Asimismo, la incorporación de refuerzos naturales o aditivos biodegradables representa una alternativa prometedora para potenciar las propiedades mecánicas del cuero fúngico.

Se plantea también el desarrollo y evaluación de técnicas de postprocesamiento, como plastificación, tratamientos térmicos controlados y recubrimientos ecológicos, orientadas a mejorar características funcionales del material, tales como su durabilidad, resistencia al desgaste e impermeabilidad, aspectos clave para su uso en aplicaciones tipo cuero.

Adicionalmente, se establece como línea de continuidad el escalamiento del proceso a nivel de banco y piloto, con el fin de analizar su comportamiento en condiciones más cercanas a la industria, considerando variables como control ambiental, reproducibilidad del producto y eficiencia operativa.

Finalmente, se propone integrar estudios de análisis de ciclo de vida (ACV) y evaluación económica del proceso, lo que permitirá cuantificar su impacto ambiental y viabilidad financiera, consolidando el cuero fúngico como una alternativa sostenible dentro del desarrollo de biomateriales.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Centro Ecuatoriano de Biotecnología del Ambiente, por su cooperación en la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. A Amobonye, A., Bhagwat, P., Singh, S., & Pillai, S. (2023). Environmental impacts of leather processing and sustainable alternatives: A review. *Cleaner Environmental Systems*, 9, 100123. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100123>
2. Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P., & Wösten, H. A. B. (2019). Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites. *Materials & Design*, 161, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.027>
3. Attias, N., Danai, O., Tarazi, E., Pereman, I., & Grobman, Y. J. (2019). Implementing bio-design tools to develop mycelium-based products. *Sustainability*, 11(22), 6377. <https://doi.org/10.3390/su11226377>
4. Elisashvili, V., Kachlishvili, E., & Penninckx, M. (2008). Effect of growth substrate, method of fermentation, and nitrogen source on lignocellulose-degrading enzymes production by white-rot

- basidiomycetes. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 35, 1531–1538. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0454-2>
5. Elsacker, E., Vandelook, S., Brancart, J., Peeters, E., & De Laet, L. (2020). Mechanical, physical and chemical characterisation of mycelium-based composites with different types of lignocellulosic substrates. *PLOS ONE*, 15(7), e0235904. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235904>
 6. Grimm, D., & Wösten, H. A. B. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 7795–7803. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9226-8>
 7. Islam, M. R., Tudryn, G., Bucinell, R., Schadler, L., & Picu, R. C. (2017). Morphology and mechanics of fungal mycelium. *Scientific Reports*, 7, 13070. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13295-2>
 8. Jones, M., Bhat, T., Kandare, E., Thomas, A., Joseph, P., Dekiwadia, C., Yuen, R., Wang, C. H., & John, S. (2020). Thermal degradation and fire properties of fungal mycelium and mycelium–biomass composite materials. *Scientific Reports*, 10, 19209. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76066-4>
 9. Joseph, K., & Nithya, N. (2023). Environmental impact of leather processing industries and sustainable alternatives: A review. *Journal of Cleaner Production*, 384, 135539. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135539>
 10. Mitchell, D. A., Krieger, N., & Berovic, M. (2006). *Solid-state fermentation bioreactors: Fundamentals of design and operation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-31099-7>
 11. Pandey, A., Soccol, C. R., & Mitchell, D. (2000). New developments in solid state fermentation: I—bioprocesses and products. *Process Biochemistry*, 35(10), 1153–1169. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(00\)00152-7](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(00)00152-7)
 12. Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85, 1321–1337. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7>
 13. Thomas, L., Larroche, C., & Pandey, A. (2013). Current developments in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal*, 81, 146–161. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.10.013>
 14. UNEP (United Nations Environment Programme). (2020). *Sustainability and circularity in the textile value chain*. <https://www.unep.org>
 15. Yang, Z., Zhang, F., Still, B., White, M., & Amstislavski, P. (2023). Physical and mechanical properties of fungal mycelium-based bio-composites: A review. *Journal of Materials Science*, 58, 1781–1803. <https://doi.org/10.1007/s10853-022-08075-1>

Información de revisión por pares: Revista Biorrefinería agradece a los revisores anónimos por su contribución a la revisión por pares de este trabajo utilizando <https://reviewerlocator.webofscience.com/>.

Acceso abierto: Todos los artículos publicados por Revista Biorrefinería son accesibles en línea de forma gratuita y permanente inmediatamente después de su publicación, sin cargos de suscripción ni barreras de registro.

Nota del Editor: Revista Biorrefinería se mantiene neutral con respecto a reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.

Copyright: © 2024 por los autores. Presentado para posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Citar artículo: Sandoval-Cuatín, D. A., Sonia Miroslava Ortega-Andrade, Melany Anabel Coello-Vargas, Julio Pineda-Insuasti, & Alejandro Pineda-Soto. (2026). Desarrollo de un proceso a escala de laboratorio para la producción de un cuero fúngico a partir del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). (CEBA, Ed.) Biorrefinería, 9(1), 1-12.