

Evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en *Jatropha curcas*

Micelial growth evaluation of *Pleurotus ostreatus* on *Jatropha curcas*

Taimi Bessy-Horruitiner¹ <https://orcid.org/0000-0001-7595-5547>

Yaimi Rodríguez-Fuentes² <https://orcid.org/0000-0001-9250-5636>

Jerles Martínez-Pérez¹ <https://orcid.org/0009-0006-3089-5943>

Nora García-Oduardo³ <http://orcid.org/0000-0002-8901-8826>

Rosa María Pérez-Silva^{4*} <https://orcid.org/0000-0002-9878-7192>

¹Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

² Empresa Laboratorio Farmacéutico Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

³ Centro de Estudios de Biotecnología Industrial, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

⁴ Sociedad de Interfaz Cintro S.A, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

*Autor para correspondencia. Correo electrónico: rperezs@uo.edu.cu

RESUMEN

La torta residual de *Jatropha curcas* es un subproducto generado durante la extracción del aceite de *Jatropha curcas*. Crea un serio problema ambiental al acumularse por no poder ser utilizada como alimento animal ni tener otro destino de utilidad, por lo que su aprovechamiento permitiría dar solución a diferentes problemáticas ambientales originadas tanto por la generación y disposición de estos residuos como por otros factores producto del desarrollo de otros sectores productivos. El cultivo de *Pleurotus ostreatus* se puede hacer en diferentes sustratos lignocelulósicos siendo los residuos agrícolas y agroindustriales los más utilizados. El objetivo del presente trabajo es evaluar el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* CCEBI 3024, en cultivos sólidos a base de extractos de la torta residual de *Jatropha curcas*. El estudio se basó en cultivar el inóculo del *Pleurotus ostreatus* en medio sólido a base de extractos de torta residual de la *Jatropha curcas* tóxica, no tóxica y una mezcla de ambas en proporción 1:1 y se comparó con el crecimiento micelial en el medio convencional agar nutriente. La medición del crecimiento micelial del hongo y la descripción morfológica del micelio evidencian el crecimiento adecuado del micelio de *Pleurotus ostreatus* en los medios evaluados, permitiendo afirmar que el empleo de la torta residual de *Jatropha curcas* como medio de cultivo para potenciar el crecimiento micelial y la formación de biomasa de *Pleurotus ostreatus* es factible en la propuesta

de emplear este subproducto como sustrato en la producción de setas *Pleurotus* por FES.

Palabras clave: torta residual; *Jatropha curcas*; *pleurotus ostreatus*; fermentación en estado sólido; crecimiento micelial.

ABSTRACT

Jatropha curcas residual cake is a by-product generated during the extraction of *Jatropha curcas* oil. It creates a serious environmental problem by accumulating because it cannot be used as animal feed or have another useful destination, so its use would allow a solution to different environmental problems caused by both the generation and disposal of this waste and other factors of the product development of other productive sectors. The cultivation of *Pleurotus ostreatus* can be done in different lignocellulosic substrates, with agricultural and agroindustrial waste being the most used. The objective of this work is to evaluate the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* CCEBI 3024, in solid cultures based on extracts from the residual cake of *Jatropha curcas*. The study was based on cultivating the inoculum of *Pleurotus ostreatus* in solid medium based on residual cake extracts of toxic and non-toxic *Jatropha curcas* and a mixture of both in a 1:1 proportion and was compared with mycelial growth in conventional medium nutrient agar. The measurement of the mycelial growth of the fungus and the morphological description of the mycelium show the adequate growth of the mycelium of *Pleurotus ostreatus* in the evaluated media, allowing us to affirm that the use of the residual cake of *Jatropha curcas* as a culture medium to enhance mycelial growth and the formation of *Pleurotus ostreatus* biomass is feasible in the proposal to use this byproduct as a substrate in the production of *Pleurotus* mushrooms by FES.

Keywords: *jatropha curcas* residual cake; *pleurotus ostreatus*; solid state fermentation; mycelial growth.

Recibido: 06/09/2024

Aceptado: 12/12/2024

Introducción

Los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, que ya no son de utilidad para el proceso que los generó,

además de ser susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y social.

La torta residual de *Jatropha curcas* es el subproducto sólido que se genera del proceso de extracción de aceite de las semillas de esta planta. La disposición inadecuada de este residuo podría ocasionar alteraciones en los diferentes medios abióticos y bióticos, con impactos socioeconómicos, por lo que su aprovechamiento permitiría dar solución a diferentes problemáticas ambientales originadas tanto por la generación y disposición de estos residuos como por otros factores debido al desarrollo de otros sectores productivos.

La biotransformación de los residuos agrícolas o agroindustriales mediante el cultivo de hongos es considerada como un método de tratamiento ecológico y de valorización debido al aprovechamiento de estos residuos para transformarlos en un alimento nutritivo (setas) que podría servir para la comercialización, y, a su vez, en la reducción del impacto ambiental que estos residuos sólidos generan.⁽¹⁾

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* se realiza en diferentes sustratos lignocelulósicos siendo los residuos agroindustriales los más utilizados, ya que de esta forma hay un mayor beneficio medioambiental porque cada día se hace más útil y necesario el buen manejo de estos residuos.⁽²⁾

La torta residual de *Jatropha curcas*, por su composición química (contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina), podría ser aprovechada mediante tecnologías de valorización biológica y química que permiten obtener gases, líquidos o sólidos comercializables como pectinas, enzimas, aceites esenciales, fibra dietética (alimento para animales y humanos), hongos comestibles, flavonoides y carotenoides.⁽³⁾

Es por eso que el objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* CCEBI 3024, en cultivos sólidos a base de extractos de la torta residual de *Jatropha curcas*.

Fundamentación teórica

La *Jatropha curcas* es una planta que ha adquirido una importancia económica significativa por el aceite de su semilla que puede convertirse en biodiesel y está emergiendo como una alternativa al petro-diesel. Es considerada una planta oleaginosa al presentar su semilla un alto contenido de aceite (50-60 %). Crece bajo condiciones subtropicales, puede soportar condiciones extremas de

sequía y baja fertilidad del suelo por lo que se utiliza en la recuperación de tierras y restauración de áreas erosionadas.⁽⁴⁾

La variedad tóxica es la más distribuida a nivel mundial. La semilla completa, la torta residual y el aceite de *Jatropha curcas* son reportados como altamente tóxicos debido a la presencia de compuestos como curcina, proteína altamente tóxica similar a la ricina en el aceite de castor que lo inhabilita para el consumo animal, y los ésteres de forbol, compleja mezcla de ésteres de diterpenos tetracíclicos encontrados en mayor proporción en las semillas, sin embargo la variedad mexicana no es tóxica por lo que de sus semillas se obtiene aceite comestible y una torta de mayor calidad para usos económicos.⁽⁵⁾

La torta es el residual que se obtiene de la extracción del aceite de la semilla de *Jatropha curcas*. Está compuesta por: 3,80 % humedad; 7,02 % de ceniza; 10,7 % de extractos acuosos; 6,3 % contenido de extractos etanólicos; 6,32 % de lignina de Klason y 51,9 % de carbohidratos y 32,2 % de proteína cruda.⁽⁶⁾

La fermentación en estado sólido (FES) se define como un proceso en que no solo los microorganismos crecen en materiales sólidos con una presencia muy baja o la ausencia de líquido. Al ser una tecnología de bajo costo es ampliamente utilizada en la producción de compuestos de alto valor añadido como enzimas, ácidos orgánicos, biopesticidas, biocombustibles y saborizantes.⁽⁷⁾

La FES brinda la posibilidad de producir por vía biotecnológica y de forma combinada setas comestibles y forraje beneficiado mediante la bioconversión de subproductos agrícolas en alimento humano y animal. Los hongos comestibles cultivados, son el único ejemplo del valor y productividad de los desechos agrícolas, forestales y agroindustriales al ser transformados en proteínas, vitaminas y aminoácidos, esenciales para la vida humana y animal, además de reciclar desechos contaminantes.⁽⁸⁾

Pleurotus es el nombre genérico de toda una gama de hongos saprofitos comestibles en los que se ha logrado limitar sus hábitos ecológicos naturales para cultivarlos en sustratos lignocelulósicos diversos de preparación simple y rápida. Son muchos los sustratos empleados en el cultivo del *Pleurotus ostreatus*, entre ellos se encuentran los residuos agroindustriales como lo son: bagazo de caña de azúcar, brácteas de piña, pulpa de café, combinaciones de

paja y granza de arroz, aserrín, paja de trigo, la viruta de madera, las cáscaras de cacao y coco.⁽²⁾

En el proceso de fermentación sólida el micelio de *Pleurotus* puede producir una cantidad significativa de enzimas, que permiten degradar los residuos lignocelulósicos y usarlos como nutrientes para su crecimiento y fructificación.

Métodos utilizados y condiciones experimentales

La torta residual se obtuvo del proceso de extracción de aceite de las plantaciones de *Jatropha curcas* de las variedades tóxica y no tóxica en el poblado Paraguay, provincia Guantánamo.

La cepa de *Pleurotus ostreatus* CCEBI 3024 es de la Colección de Cultivos del Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), entidad de ciencia y tecnología e innovación de la Universidad de Oriente.

Preparación de los medios de cultivo

Para la preparación de los medios de cultivo sólidos se emplearon torta de *Jatropha curcas* tóxica, no tóxica y una mezcla de ambas en proporción 1:1, además agar nutriente como medio convencional. Para la preparación de los medios se siguió la metodología descrita por.⁽⁹⁾

Los medios preparados fueron nombrados de la siguiente forma: medio a base de torta tóxica (TT), medio a base de torta no tóxica (TNT), medio a base de la mezcla de ambas tortas (M) y medio convencional que en este caso agar nutriente (MC)

- **Inoculación de *Pleurotus ostreatus*:** se realizó en cámara de flujo laminar, con auxilio de un asa de siembra, tomando una pequeña porción del micelio llevándolo al centro de cada placa y se identifica. Se sella la placa con parafilm y se colocan en incubadora a 30 ° C en la oscuridad hasta que colonice la placa completamente.

Evaluación del crecimiento del micelio

Velocidad de crecimiento micelial en placa (VCP): se registró diariamente el crecimiento radial de los micelios en sus cuatro direcciones hasta que el radio promedio alcanzó su máximo valor y se calculó la VCP con la ecuación 1.

$$VCP = \frac{RP_n}{DDSP} \quad (1)$$

donde:

VCP: Velocidad de crecimiento micelial en placa (mm/día); RP_n: Radio promedio día n, (mm); DDSP: Días después de la siembra en placa o días de cultivo, (día).

- **Tasa de crecimiento (TC):** se determina empleando la ecuación 2, recomendada por ⁽⁹⁾, expresada en mm día⁻¹:

$$TC = \frac{x_n - x_1}{t_n - t_1} \quad (2)$$

donde:

x₁: radio promedio inicial (mm) de la colonia; x_n: radio promedio día n (mm), t₁: tiempo inicial (0); t_n: tiempo de incubación día n (días).

- **Tasa de crecimiento porcentual diaria (TCPD)**

$$TCPD = \frac{(RP_{\text{día } n} - RP_{\text{día ant}})}{RP_{\text{ant}}} \times 100 \quad (3)$$

donde:

TCPD: Tasa de crecimiento porcentual diaria (%); RP_{día n}: Radio promedio día n (mm); RP_{ant}: Radio promedio día anterior (mm).

- **Tiempo de crecimiento del micelio:** se registra el número de días desde la siembra hasta la fecha de la completa colonización del sustrato por el micelio.
- **Tipo de crecimiento micelial:** se observa la trama del micelio en el sustrato en la placa hasta su completa colonización. Las características morfológicas (macroscópicas) de la cepa de hongos se determinaron después de 11 días de incubación en función a lo recomendado por⁽¹⁰⁾
- **Determinación de biomasa:** después de la última evaluación del crecimiento, disolver el medio de cultivo en 500 mL de agua hirviente, recoger la masa húmeda y secar a 105 ° C por 24 h para obtener la masa micelial seca.

Análisis estadístico

Se emplearon los paquetes estadísticos del Excel 2013 y Statgraphics Centurion XV para realizar análisis de varianza y comparación múltiple de medias.

Resultados y su discusión

Crecimiento micelial

Durante el crecimiento de un hongo en medio sólido, las hifas se extienden de manera ramificada para formar un sistema hifal conocido como micelio. El crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* se comporta de manera similar en los medios TNT y MC, así como en TT y M (figura 1). El crecimiento en función del tiempo resulta en curvas de tipo sigmoide en las que se evidencian las siguientes fases del crecimiento: latencia (asociada a la síntesis de enzimas que permiten la utilización de los nutrientes del medio), la de crecimiento exponencial (en la que se obtiene la velocidad máxima de crecimiento) y la estacionaria que se evidencia solo en los medios TNT y MC (donde la velocidad de crecimiento disminuye debido, posiblemente, a la menor disponibilidad de nutrientes en el medio y a la posible acumulación de metabolitos tóxicos).

Este tipo de cinética de crecimiento está en correspondencia al mostrado empleando medios agarizados a base de orujos de pera.⁽¹¹⁾

En los cuatro medios evaluados, la fase latencia tiene una duración de 1 día, tiempo relativamente corto con valores de tasas de crecimiento entre 0,83 y 2,42. En esta fase el hongo inoculado en un medio nuevo no se multiplica inmediatamente, la población permanece sin cambios durante un tiempo; las células individuales aumentan su tamaño, fisiológicamente son más activas y sintetizan nuevo protoplasma. La célula en el nuevo medio puede ser deficitaria en enzimas o coenzimas, las cuales han de sintetizar en primer lugar en cantidades necesarias para el funcionamiento óptimo del mecanismo químico de la célula.

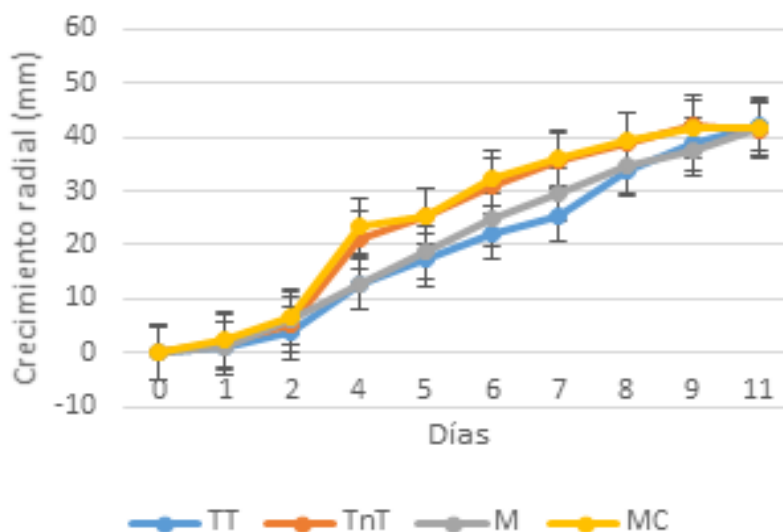


Fig.1- Curva de crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus*

A partir del día 1 se evidencia la fase de crecimiento exponencial, siendo la velocidad de crecimiento máxima y la población es casi uniforme en cuanto a composición, actividad metabólica y otras características fisiológicas. En los medios TNT y MC dura 8 días con tasas de crecimiento de 5,06 y 4,88 respectivamente. En los medios TT y M la fase exponencial dura 10 días con tasa de crecimiento 4,12 y 4,26. La diferencia en los valores de las tasas de crecimiento en la fase exponencial puede deberse a la presencia de ésteres de forbol y otros compuestos tóxicos en los medios TT y M que podrían influir en el retraso del crecimiento del hongo en esos medios. Los valores de las tasas de crecimiento podrían estar en correspondencia con la concentración de este compuesto en el medio al prepararse el medio M con la mitad del contenido de la torta tóxica.

En reportes revisados ^(12, 13), el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en otros medios agarisados alcanzó valores similares lo que en menos tiempo. El crecimiento micelial promedio de los tratamientos en “partícula”, “viruta” y “aserrín” de “bolaina blanca” después de 7 días estuvieron entre 43,5 mm y 44 mm y el tratamiento con “paja de arroz” después de 10 días fue de 44,6 mm.⁽¹²⁾

De estos resultados se puede inferir que las diferencias en el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en los tres experimentos, puede deberse, entre otras causas, a la composición de los medios de cultivo empleados.

La fase estacionaria se evidencia en los medios TNT y MC, las tasas de crecimiento para esta fase fueron de -9,09 y 0,16, evidenciando decrecimiento.

Esta fase aparece cuando la fase exponencial comienza a decaer en forma gradual, llegando a un estado de suspensión del crecimiento, atribuible entre otros al agotamiento de los nutrientes y en parte a la acumulación de sustancias tóxicas.

- **Velocidad de crecimiento micelial en placa (VCP)**

La velocidad de crecimiento micelial en placa permite evaluar el crecimiento micelial y la rapidez de colonización de *Pleurotus ostreatus* cultivados *in vitro* sobre los medios agarizados de torta residual de *Jatropha curcas*. El promedio general de velocidad de crecimiento micelial en placa fue de 4,14 mm día⁻¹. En la figura 2 se puede observar que el medio convencional tuvo el valor más elevado de velocidad de crecimiento (4,64 mm día⁻¹).

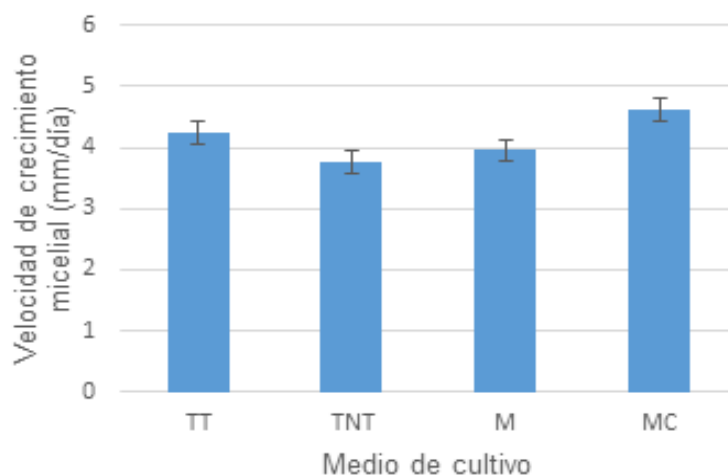


Fig. 2-2 Velocidad de crecimiento micelial en placa de *Pleurotus ostreatus* en los medios de cultivo empleados.

El análisis de varianza (ANOVA) demuestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 4 velocidades de crecimiento micelial con un nivel del 95,0% de confianza. Como resultado del procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias de la velocidad de crecimiento micelial son significativamente diferentes de otras, se identificaron 2 grupos homogéneos (TNT y M), es decir que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre ellas y sí existen diferencias estadísticamente significativas entre esos medios, TT y MC.

El método empleado para discriminar entre las medias, fue el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, que muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Para este estudio evidencia que existen

diferencias significativas con un nivel del 95,0% de confianza ente los medios M y MC, así como entre MC y TNT. Un estudio en el que se empleó extracto de pulpa de café agarizado como medio de cultivo, la velocidad de crecimiento micelial estuvo entre $10,07 \text{ mm día}^{-1}$ y $10,90 \text{ mm día}^{-1}$ a los 6 días de incubación para las cepas de *Pleurotus ostreatus* estudiadas.⁽¹³⁾ En este medio agarizado, el crecimiento es mayor que en los medios formulados a base de *Jatropha curcas*. Esto puede deberse a la diferencia en la composición nutricional de los extractos empleados, a las condiciones de cultivo y a la cepa de *Pleurotus ostreatus* empleada.

Los resultados obtenidos para la velocidad de crecimiento micelial en placa proporcionaron una idea general del comportamiento del hongo en los cuatro medios estudiados. Evidenciando que existen diferencias en el crecimiento del hongo en el medio MC, TT, M y TNT.

- **Tasa de crecimiento micelial (TC)**

En la figura 3 se puede observar la tasa de crecimiento micelial (mm/día) en placas obtenidas en los cuatro medios de cultivo.

En el medio MC se obtuvo el valor promedio más alto ($4,51 \text{ mm día}^{-1}$), seguido del medio TNT ($4,28 \text{ mm día}^{-1}$), luego el medio M ($3,52 \text{ mm día}^{-1}$) y por último el medio TT ($3,24 \text{ mm día}^{-1}$). Esto puede ser consecuencia de la composición del medio, teniendo el medio MC componentes más fácilmente asimilables por el hongo que los otros. En el medio MC se obtuvo el valor promedio más alto, seguido del medio TNT, luego el medio M y por último el medio TT. Esto puede deberse a la composición del medio, teniendo el medio MC componentes más fácilmente asimilables al hongo que los otros. Estas tasas de crecimiento indican que el día 4 fue el de mayor crecimiento para MC, el día 6 para TNT y TT, y el 9 para M, dato a tener en cuenta para escoger el momento ideal para el repique del micelio de *Pleurotus ostreatus*, en caso de ser necesario.

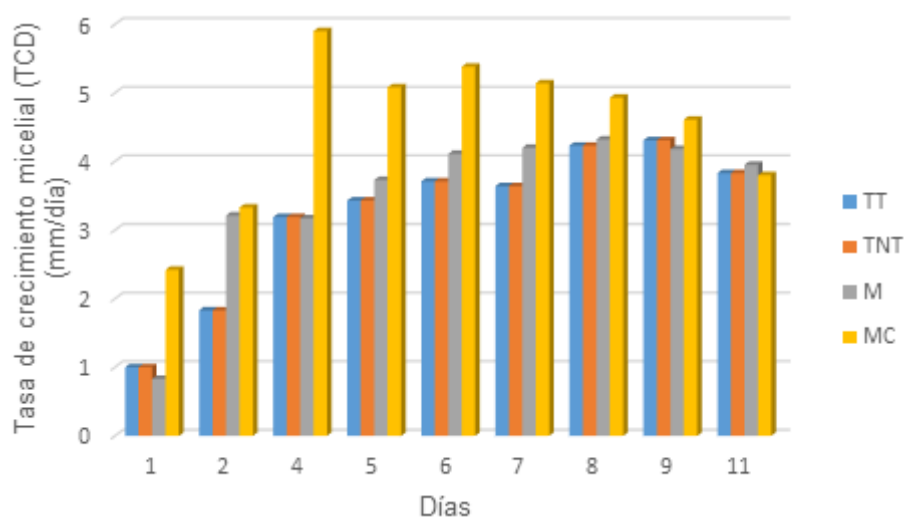


Fig. 3-Tasa de crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en los cuatro medios de cultivo.

La variación de las tasas de crecimiento en los 4 medios disminuye por día lo cual indica que la velocidad de crecimiento del micelio se reduce con el transcurso del tiempo. Esta reducción puede deberse a que en los primeros días la disponibilidad de nutrientes es mayor siendo fácilmente absorbidos por el micelio y con el transcurso del tiempo los nutrientes se agotan. La colonización completa del sustrato se logra a los 11 días en todos los medios.

- **Tasa de crecimiento porcentual diaria (TCPD)**

En los medios TT y M, el crecimiento del hongo alcanzó su valor máximo porcentual a los dos días después de la siembra en placa, siendo mayor en el medio M. Para los medios TNT y MC se presenta un pico de crecimiento a los 4 días (figura 4).

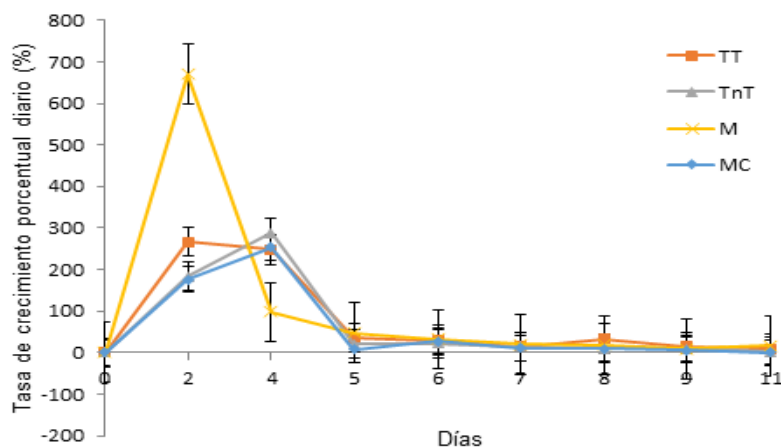


Fig. 4- Tasa de crecimiento porcentual diario de *Pleurotus ostreatus* en los medios de cultivo

En todos los medios hay un descenso de la TCPD hasta alcanzar valores mínimos, en el medio MC se alcanza el valor mínimo (0,6 %) el día 11, mientras que en los otros medios no se llega a cero el día 11. Esto demuestra que el crecimiento micelial del *Pleurotus ostreatus* en los 4 medios fue normal aunque no homogéneo.

• **Caracterización morfológica del micelio**

En la tabla 1 se muestra la caracterización del micelio de *Pleurotus ostreatus*.

Tabla 1. Características morfológicas miceliales de *Pleurotus ostreatus* sobre los medios de cultivo estudiados.

Medio de cultivo	Color de la colonia	Características morfológicas				
		Textura	Tipo de crecimiento	Densidad	Exudado	Tipo de borde
TT	Blanco	Algodonosa distribución uniforme	Medio tupido con anillos de crecimiento	++	Ausente	Irregular
TnT	Blanco	Algodonosa distribución uniforme	Medio tupido con anillos de crecimiento	++	Ausente	Irregular
M	Blanco	Algodonosa distribución uniforme	Tupido con anillos de crecimiento	+++	Ausente	Irregular
MC	Blanco	Algodonosa distribución uniforme	Tupido con anillos de crecimiento	+++	Ausente	Irregular

++denso +++ muy denso

La figura 5 muestra el registro fotográfico de las características morfológicas de *Pleurotus ostreatus* en los 4 medios de cultivo:

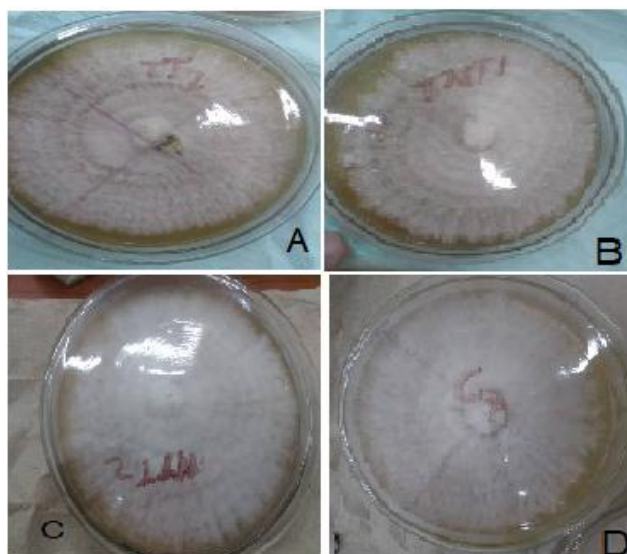


Fig. 5- Registro fotográfico de las características morfológicas de *Pleurotus ostreatus* en los 4 medios de cultivo: A) TT, B) TNT, C) M y D) C.

• Biomasa

Se obtuvo mayor masa micelial en el medio TNT (1,96 g). A pesar de que la velocidad de crecimiento en el medio C es mayor, la masa de micelio obtenido fue menor, lo que puede deberse a la diferencia en la composición del mismo con respecto a los otros medios, es decir la torta residual de *Jatropha curcas* le aporta nutrientes al medio que favorecen la producción de biomasa. En el medio TNT se obtuvo mayor cantidad de biomasa que en el medio TT (1,88 g) y que en M(1,01 g) probablemente por la presencia de componentes inhibidores del crecimiento micelial. En el medio convencional se obtuvo la menor cantidad de biomasa (0,22 g).

Conclusiones

- 1- El crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en los cuatro medios estudiados, demuestra su capacidad de adaptación a diferentes sustratos y que este puede cultivarse en la torta residual de *Jatropha curcas*, donde se obtuvo mayor biomasa micelial que en el medio convencional empleado.
2. La FES de la torta residual de *Jatropha curcas* por *Pleurotus ostreatus* puede producir cantidad significativa de enzimas que lo degradan, demostrando sus potencialidades para el buen manejo de estos residuos.

Referencias bibliográficas

1. NIETO-JUÁREZ, J. I., et al. Estudio preliminar de la composición nutricional del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en pulpa de café. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 2019, 85(4). 422-431. ISSN 1810-634X <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v85i4.256>
2. GARCÍA-ODUARDO, Nora; BERMÚDEZ-SAVÓN, Rosa Catalina; SERRANO-ALBERNI, Migdalia. Formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *Pleurotus*. *Tecnología química*, 2011, 31(3). 272-282. ISSN 2224-6185 <https://11nq.com/dpZqe>
3. VARGAS-CORREDOR, Y.A. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 2018, 14(1). 59-72 ISSN 1900-4699 <http://dx.doi.org/10.18359/rfcb.3108>

4. CABRALES-RODRÍGUEZ, R.A., et al. *Cultivo del piñón (Jatropha curcas L.); manejo nutricional y usos en Córdoba, Colombia*. Universidad de Córdoba, Colombia, 2023. ISBN: 978-958-48-7154-1 <https://acesse.dev/R0EQJ>
5. SHARMA, S., et al. *Jatropha curcas: a review*. *Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science*, 2012, 2(3). 107-111. ISSN-2231-5659 <https://acesse.dev/Jf0Lq>
6. RODRÍGUEZ-CALLE, R.M. et al. Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*. *Pastos y forrajes*, 2016, 1(39). 72-75. ISSN 2078-8452. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n1/pyf10116.pdf>
7. TRUJILLO-MARTÍNEZ, M.A. El Uso de los Residuos Agroindustriales y la Fermentación Sólida para la Producción de Enzimas de Interés Industrial. *TecnoCultura*, 2016, 6-16. ISSN: 1870-7157. <https://tecnocultura.org/index.php/Tecnocultura/article/download/227/248>
8. BERMÚDEZ-SAVÓN, R.C., et al. Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. *Tecnología química*, 2014. 34(3). 263-274. ISSN: 2224-6185. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v34n3/rtq05314.pdf>
9. BERMÚDEZ -SAVÓN, R.C., et al. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*, 2007. 27(2). 55-62. ISSN: 0041-8420. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543753009.pdf>
10. PERALTA, J. Cultivo y caracterización de cepas nativas del hongo del guachipilín (*Pseudofistulina radicata* (Schwein.) Burds.), bajo condiciones controladas fase I (en línea). Proyecto de investigación del Instituto de Investigaciones Agronómicas Facultad de Agronomía. San Carlos, Guatemala, Universidad San Carlos. 2019. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puidi/INF-2019-05.pdf>
11. ESTRADA SALAZAR, Gloria Inés; RAMÍREZ GALEANO, Martha Cecilia. *Micología general*. 2019. ISBN: 978-958-52337-1-3 https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2654/1/Micologia_general.pdf
12. MARTÍNEZ, D. A., et al. Evaluación del crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* y *Agrocybe aegerita* sobre orujos de pera. *Anales de Biología* 2015. 37. 1-10. ISSN: 1989-2128. <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.37.1>

13. ALBÁN-MÁRQUEZ, L. Cultivo del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres tipos de residuos de la madera de Bolaína Blanca (*Guazuma critina*). 2018. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Ingeniería Forestal. Lima, Perú <https://11nq.com/WqsV5>

Conflicto de interés

Los autores declaran que no hay conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Taimi Bessy Horruitiner: conceptualización, visualización y redacción

Yaimi Rodríguez Fuentes: trabajo experimental, redacción, revisión

Jerles Martínez Pérez: trabajo experimental, redacción

Nora García Oduardo: supervisión y revisión del informe

Rosa María Pérez Silva: supervisión y revisión del informe