

CRECIMIENTO *IN VITRO* DE HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*) EN DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO

In vitro growth of fungus ostra (*Pleurotus ostreatus*) in different growing media

Félix Miguel Angulo Zubieta¹, Beatriz Mamani Sánchez², Máximo Nova Pinedo³

RESUMEN

Los hongos comestibles tienen un alto valor nutricional, medicinal y ventajas en el uso de residuos agrícolas en su etapa fructífera para la formación carpófagos, sin embargo, se requiere micelio o semillas para iniciar la producción. Es en este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento del micelio *in vitro* del hongo *Pleurotus ostreatus* en cuatro medios de cultivo (PDA, SDA, ELA, BHIA), para la producción de semilla de hongo comercial (spawn) en el laboratorio de biotecnología de la UAC-CP. La cepa de *Pleurotus ostreatus* fue sembrada en cajas petri en medios PDA, SDA, ELA y BHIA. Los dos primeros medios, las hijas resultantes fueron sembradas en semillas de sorgo para la obtención de semilla (spawn). Las variables evaluadas son crecimiento radial, porcentaje de colonización con micelio, peso de micelio colonizado en granos de sorgo e índice de producción de semillas. Se determinó que el micelio desarrollado en el medio de cultivo PDA presenta un crecimiento morfo típicamente uniforme y características deseadas. Seguido por el medio SDA, el cual es propenso a la deshidratación. El medio ELA presenta un crecimiento pobre y poco saludable del micelio de hongo. El medio BHIA inhibe por completo el crecimiento del micelio de hongo. Los micelios de *Pleurotus ostreatus* presentaron un crecimiento radial favorable (0.33 mm día⁻¹) en el medio PDA, seguido por el SDA (0.14 mm día⁻¹). Ambos medios presentan un similar porcentaje de colonización de 73 y 60 %. En el medio PDA presentaron un desarrollo uniforme y blanquecino, mientras en los medios de SDA, BHIA y ELA el desarrollo es desigual poco esponjoso. De la misma forma, presentaron una mayor ganancia de peso de 9.5 g e índice de producción de semilla de 3.16 en el medio PDA. La relación de beneficio costo es 1.52 USD.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, medios de cultivo, índice de producción de semillas, *in vitro*, colonización de micelio.

ABSTRACT

Edible mushrooms have a high nutritional and medicinal value and advantages in the use of agricultural residues in their fruitful stage for the formation of carpophages, however, mycelium or seeds are required to start production. It is in this sense, the present work aims to evaluate the *in vitro* mycelium growth of the *Pleurotus ostreatus* fungus in four culture media (PDA, SDA, ELA, BHIA), for the production of commercial mushroom seed (spawn) in the biotechnology laboratory of the UAC-CP. The *Pleurotus ostreatus* strain was seeded in Petri dishes in PDA, SDA, ELA and BHIA media. The first two means, the resulting daughters, were sown in sorghum seeds to obtain seed (spawn). The variables evaluated are radial growth, percentage of colonization with mycelium, weight of mycelium colonized in sorghum grains and seed production index. The mycelium developed in the PDA culture medium was determined to exhibit typically uniform morpho growth and desired characteristics. Followed by SDA medium, which is prone to dehydration. The ELA medium has poor and unhealthy growth of the fungal mycelium. The BHIA medium completely inhibits the growth of the fungal mycelium. *Pleurotus ostreatus* mycelia showed favorable radial growth (0.33 mm day⁻¹) in the PDA medium, followed by SDA (0.14 mm day⁻¹). Both media have a similar colonization percentage of 73 and 60 %. In the PDA medium they presented a uniform and whitish development, while in the SDA, BHIA and ELA medium the development is uneven and slightly spongy. In the same way, they presented a greater weight gain of 9.5 g and seed production index of 3.16 in the PDA medium. The cost benefit ratio is 1.52 USD.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, culture media, seed production, rate *in vitro*, colonization of mycelium.

¹ Carrera de Ingeniería Agronómica, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. felixelgato_06@hotmail.com

² Departamento de Investigación y Proyectos, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. ORCID: [0000-0002-9513-6941](https://orcid.org/0000-0002-9513-6941). bmamani@uac-cp.edu.bo

³ Carrera de Ingeniería Agronómica, Unidad Académica Campesina Carmen Pampa, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia. mnova@uac-cp.edu.bo

INTRODUCCIÓN

Se estima que de las 70 000 especies de hongos Macromycetes (que producen cuerpos fructíferos) solo 2 000 son comestibles de buena calidad y de estos, solo 30 se cultivan de manera comercial y seis de manera industrial. Uno de los hongos comestibles que más se estudió y cultivo durante los últimos años, es *Pleurotus ostreatus* (conocido también como hongo ostra), es resistente y de fácil propagación, también presenta un gran potencial económico y buena calidad nutricional en relación a otras especies de hongos comestibles (Pire, 2001). Se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos (Oei, 2003). Además, como sustratos de producción convencional usan residuos de soya (*Glycine max*), arroz (*Oriza sativa*) y tusa de maíz (*Zea mayz*) (Quintana et al., 2018) y sustratos de fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.) para la producción del hongo ostra (Rivera et al., 2013).

La importancia nutricional de los hongos comestibles, se basa principalmente en la calidad y cantidad de proteínas (17-42 %), bajo contenido de carbohidratos (37-48 %), grasas (0.5-5.0 %), y, considerable contenido de fibra (24-31 %) (Barba, 2019) y otros nutrientes que poseen, razón por la cual, son una excelente fuente de proteínas, vitaminas y minerales. Entre los micronutrientes encontrados en mayor proporción es el potasio, seguido por el fósforo, magnesio, sodio, calcio, hierro, zinc, manganeso y cobre (Deepalakshmi y Mirunalini, 2014). Además, en proceso de producción aporta un beneficio en degradar subproductos agrícolas que ocasionan problemas de contaminación y que muchas veces las familias no aprovechan (Donado, 2014).

El género *Pleurotus*, incluye un complejo de especies conocidas por su sabor excepcional y bajos costos de producción (Estrada et al., 2010), así como por su elevado contenido de proteína, el cual puede estar en el rango de 30-40 % de proteína cruda, dependiendo de la especie y el sustrato de crecimiento (Mintesnot et al., 2014). Además, son una buena fuente de carbohidratos no amiláceos, alta cantidad de fibra, aminoácidos, minerales y vitaminas (Ahmed et al., 2013).

El desconocimiento de la micoflora boliviana repercute en diferentes ámbitos. En el ámbito científico, como

consecuencia del bajo interés por el estudio de los hongos y por consiguiente los pocos investigadores formados en el área, debido a que históricamente la mayor parte de los trabajos micológicos fueron realizados por botánicos Stevenson y Cárdenas (1949) y Piepenbring (2003) citados en Melgarejo (2015). Hasta la fecha se tienen trabajos realizados en producción micelial y en sustratos a nivel experimental en los géneros de *Agaricus*, *Lentinula* y *Pleurotus* (Alave, 2008; Valeriano, 2011).

Los medios de cultivo utilizados para la conservación y propagación de algunas cepas usadas en otros países son: Papa Dextrosa Agar (PDA), el Agar Extracto de Malta (EMA) y el Agar Sabouraud Dextrosa (SDA), que son altamente recomendados para el crecimiento de hongos e inhiben la contaminación bacteriana gracias a su bajo pH (Rodríguez y Gómez, 2001).

La producción de hongos comestibles llega a ser una alternativa que se adapta muy bien a nuestro medio. Bolivia por sus características agroecológicas tiene alto potencial para el cultivo de hongos comestibles, en caso particular de los Yungas posee un gran potencial para la producción continua de hongos comestibles y tomando en cuenta que estos hongos tienen la capacidad de utilizar diversos desechos para su alimentación, es posible encontrar sustratos en la zona que ayudarían a esta producción manteniendo costos bajos. En el mercado externo tiene un costo aproximado entre 88.37 y 58.91 USD el kilo de semillas sin considerar el costo de importación.

En ese sentido se planteó como objetivo evaluar el crecimiento *in vitro* del micelio del hongo ostra en cuatro medios de cultivo, para la obtención de semilla comercial del hongo (spawn). Además, describir las características macroscópicas de *Pleurotus ostreatus* y determinar la relación de beneficio costo del proceso de producción de semilla comercial del hongo *Pleurotus ostreatus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología de la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa, dependiente de la Universidad Católica Boliviana "San Pablo", en el municipio de Coroico, provincia Nor Yungas, departamento de La Paz, Bolivia. Situada a una altura de 1 850 m s.n.m., a

16° 20' 30" de latitud sur y 67° 50' 30" de longitud oeste. La distancia de la ciudad de La Paz a Carmen Pampa es de 115.5 km. (INE-MDSP-COSUDE, 1999).

Metodología

El trabajo experimental se dividió en dos fases, una corresponde a evaluar distintos medios de cultivo, y la otra consiste en la obtención de semillas del hongo ostra (semilla spawn).

*Fase 1: Medios de cultivo para el desarrollo y crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus**

Obtención de cepa: Las muestras de micelio de *Pleurotus ostreatus* se encontraban inoculados en semillas de maíz, las cuales fueron obtenidas de Chile. Con el fin de obtener mayor cantidad de material biológico para el trabajo, estas fueron inoculados en semillas de sorgo (previamente esterilizadas) y posteriormente fueron sembrados en medio de cultivo (PDA) para la obtención de semilla comercial (spawn).

Preparación de medios de cultivo e inoculación: se realizó en base a lo recomendado en la etiqueta del producto 39 g de PDA (Agar Papa Dextrosa), 65 g de SDA (Agar Sabouraud Dextrosa), 47 g de BHIA (Infusión cerebro/corazón Agar) y 20 g de ELA (Extracto de levadura Agar) por litro de medio de cultivo. Los mismos fueron autoclavados a 121°C (vapor a presión), 15 PSI por 15 minutos. Seguidamente, los medios fueron plaqueteados en cajas Petri dentro de la cámara de flujo laminar.

Dentro de la cámara de flujo laminar, se extrajo al azar una porción de micelio que se desarrolló en las semillas de sorgo, y estas fueron inoculadas en cada una de las cajas Petri en los cuatro medios de cultivo (PDA, SDA, BHIA y ELA) empleados para este ensayo y finalmente fueron incubadas durante 12 a 15 días a una temperatura constante de 20°C.

Fase 2: Obtención de spawn en semillas de sorgo

Inicialmente se realizó la esterilización del grano de sorgo de acuerdo a la metodología recomendada por

Suarez (2010). La misma que consiste en lavar 9 kg de semillas de sorgo con agua de grifo varias veces, y al mismo tiempo se procedió a eliminar las semillas que floten (indicador que tienen bajo contenido de endospermo). Una vez, que el agua se encontraba transparente se dejó remojar las semillas por 12 horas con 10 g de cal y 15 g de yeso.

Seguidamente, se colocó las semillas de sorgo en un recipiente metálico y se añadió agua de grifo, después se colocó sobre una hornilla y se esperó hasta que hierva, se escurrió el agua y secar las semillas en un ambiente aséptico expuesto al sol cerca a la ventana dentro del laboratorio. Se consideró que estén listas las semillas cuando estas no presenten humedad en la parte exterior, ni que formen conglomerados entre ellos. Una vez, culminado este proceso se embolso 300 g de sorgo en bolsas de polipropileno (20 x 35 cm), se cerraron con una cuerda delgada de fibra natural realizando un nudo en la bolsa para evitar el ingreso de vapor excesivo. Las 30 bolsas se colocaron en la autoclave a 121 PSI, 121°C por 90 minutos en tres grupos de 10.

En la cámara de flujo laminar, se colocaron las bolsas de sorgo estériles junto a las cajas Petri con micelio para inocular la semilla. Se abrió las cajas Petri cerca al mechero y con un bisturí estéril se realizan cortes 1 x 1 cm aproximadamente sobre el micelio desarrollado. Dentro de cada bolsa de sorgo se colocó nueve trozos cortados, se procedió a cerrar inmediatamente, para ello se usó un trozo de PVC (para simular el cuello a manera de una botella) y se colocó un tapón de algodón entre el tubo de PVC y la bolsa, la misma que servirá como filtro de ingreso de aire para facilitar la respiración del hongo y también evitar la contaminación como sugiere (Pineda y Saldarriaga, 2001).

Las 30 bolsas fueron colocadas en un estante oscuro a temperatura ambiente (17 a 20°C). Siguiendo la metodología de Suarez (2010), quien menciona que cada 10 días se debe agitar las bolsas suavemente, para que el micelio desarrollado pueda colonizar de manera uniforme. Transcurrido los 30 días de incubación se procedió a pesar todas las bolsas e incluyendo las bolsas contaminadas (Figura 1).



Figura 1. Secuencia metodológica del trabajo experimental.

Diseño y análisis estadístico

Para la primera fase de comparación de medios de cultivo en el desarrollo y crecimiento del hongo se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos representados por los medios de cultivo (PDA, SDA, BHIA y ELA) y con tres repeticiones y cada repetición cuenta con 10 cajas Petri (Calzada, 1970). Para la siguiente fase se evaluó el efecto de dos medios de cultivo en el desarrollo micelial en las semillas de sorgo, por lo que se tenían dos tratamientos (medios de cultivo PDA y SDA). El análisis de datos, se realizó a través del programa estadístico InfoStat (2010) donde el ANVA (Análisis de varianza) y la prueba Tukey fueron analizados a un nivel de significancia del 1 %. Para las variables cualitativas (descripción morfológica de hongo y frecuencia) fueron analizadas mediante el programa

estadístico IBM SPSS (2015). Para la fase 2 se realizó la prueba de T de Student (dos medios) a un nivel de significancia de 5 % en el programa estadístico InfoStat (2010).

Variables de respuesta

Fase 1: Medios de cultivo para el desarrollo y crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus*

Porcentaje de cajas Petri contaminadas: Transcurridos 12 a 15 días de la incubación de las cajas Petri, se realizó un conteo del número cajas contaminadas de manera visual se observó la formación de colonias y pigmentos diferentes al hongo sembrado, las mismas que fueron descartadas y a través de la siguiente fórmula se determinó el porcentaje de cajas contaminadas:

$$\text{Cajas petri contaminados (\%)} = \frac{\text{Número de cajas petri contaminadas}}{\text{Total de cajas petri}} \cdot 100 \quad [1]$$

Pérdida de peso de las cajas Petri: Durante la incubación, el agar puede perder humedad y por ende peso esto puede afectar el crecimiento de los microorganismos. Los factores que pueden influenciar en la pérdida peso son, la cantidad de medio en la placa, el tipo de incubadora, el lugar de almacenamiento, la actividad biológica del organismo en estudio, o la presencia de otros organismos (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios, 2018). Para determinar la pérdida de peso de las cajas Petri, se procedió con el pesado de cada caja en una balanza con una frecuencia de cinco días durante 15 días de incubación, se anotaron los pesos década unidad de evaluación.

Descripción macroscópica de la cepa en cuatro medios de cultivo: Las características morfológicas (macroscópicas) de la cepa de hongos se la realizó después del período de incubación de 15 días donde se observaron superficie, topografía, producción de pigmentos del micelio de manera cualitativa en función a lo recomendado por Estrada y Ramírez (2019).

Crecimiento radial: Para esta variable se midió con una regla milimetrada desde el centro del inóculo hasta borde que cubría el crecimiento del micelio dentro de la placa Petri. Esta actividad se realizó cada tres días desde la siembra siguiendo la metodología recomendada por Colquier (2017).

Tasa de expresión radial: En base al crecimiento radial y el tiempo de colonización promedio, se calculó la tasa de expresión radial con la siguiente Ecuación recomendada por Peralta (2019), expresada en mm día⁻¹:

$$\text{Tasa de expresión radial} = \frac{(x_2 - x_1)}{(T_2 - T_1)} \quad [2]$$

Dónde: x1 = diámetro inicial (mm) de la colonia; x2 = diámetro final (mm); T1 = tiempo inicial (0); T2 = tiempo final de incubación (días).

Fase 2: Obtención de spawn en semillas de sorgo

Porcentaje bolsas colonizadas con micelio: Se contabilizó la cantidad de bolsas que empezaron a desarrollar y crecer los micelios de *Pleurotus ostreatus* y presentaron una coloración blanquecino y esponjoso, se descartaron las que presentaron contaminación.

Peso final del grano de sorgo colonizado con micelio de hongo: Se determina el peso promedio, los pesos mínimos y máximos presentados en las unidades en estudio. Esto una vez transcurrido el periodo de incubación del hongo sobre el sorgo (30 días). El peso se determinó usando una balanza.

Índice de producción de semillas: Para determinar la calidad en términos de vitalidad, salud del hongo y actividad biológica se empleó la ecuación para determinar el desarrollo del hongo y su efecto sobre un sustrato (Villacís, 2017). Mientras, más alto sea el índice de producción de semillas, mayor será la calidad, por ende, el rendimiento y vitalidad de la semilla de hongo o el sustrato. Usando los datos de peso.

$$IP = \frac{Px - PSI}{PSI} \cdot 100 \quad [3]$$

Dónde: IP = índice de producción de semillas; Px = peso final del grano de sorgo colonizados por el hongo a los 30 días; PSI = peso inicial del grano de sorgo con inóculo.

Análisis económico: se realizó mediante la relación costo beneficio, se determinó usando la siguiente fórmula (Casteñar, 2014).

$$B/C = \frac{\text{Beneficio (USD)}}{\text{Costo total (USD)}} \quad [4]$$

Si: B/C < 1 = no rentable; B/C = 0 = sin utilidad; B/C > 1 = rentable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Medios de cultivo para el desarrollo y crecimiento del micelio de *Pleurotus ostreatus*

Porcentaje de colonias formadas de micelio de *Pleurotus ostreatus* y porcentaje de contaminación

En la [Tabla 1](#) se aprecia que el mayor desarrollo de los hongos de *Pleurotus ostreatus* se presentó en el medio de cultivo de PDA con un 51.02 % en relación a los medios de SDA y ELD. Sin embargo, en el medio BHIA no logró desarrollar los micelios. Con respecto a la contaminación se presentó en mayor proporción en los medios BHIA, ELA y SDA. La contaminación que se presentó no está directamente relacionada con el medio empleado, probablemente se deba durante el manipuleo de la siembra, tal como sugiere Debergh y Zimmerman (1991).

Tabla 1. Porcentaje de colonias formadas de micelio, contaminación.

Medio de cultivo	Cajas colonizadas con micelio <i>Pleurotus ostreatus</i> (%)	Cajas contaminadas (%)
PDA	51.02	7.55
SDA	30.61	22.64
ELA	18.37	33.96
BHIA	0.00	35.85

Pérdida de peso de las cajas Petri

En la [Figura 2](#) se denota que los hongos cultivados que se encontraban en los medio SDA y BHIA, presentaron un aumento de peso, para SDA de 2.05 a 2.17 g y 1.28 a 1.80 g en BHIA respectivamente. No obstante, en el PDA ocurre lo contrario reduce la cantidad de peso. Según, explica Suarez (2010) el medio se deshidrata de manera rápida, y se espera que haya mayor velocidad de crecimiento del hongo y en consecuencia consumo del medio de cultivo, como se evidencia en el medio PDA.

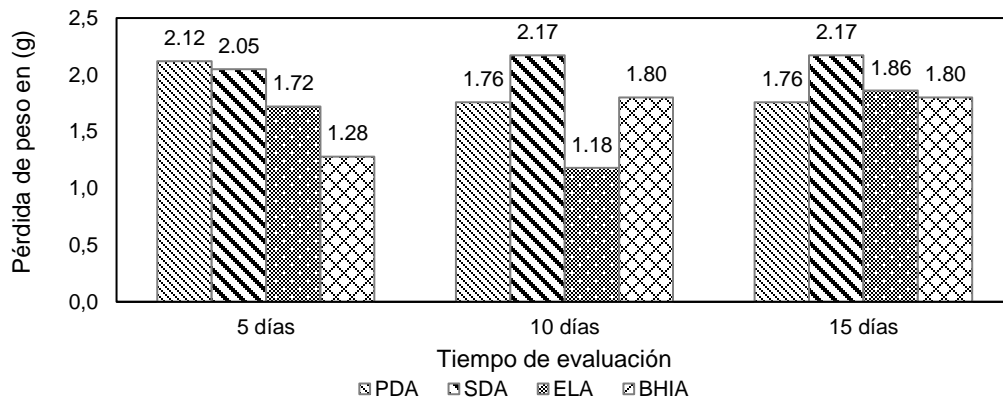


Figura 2. Variación del peso (g) de las cajas Petri de los medios de cultivo, empleados en tres tiempos de evaluación.

Descripción morfológica en los medios de cultivo

Las cajas Petri con medio PDA presentaron un desarrollo parejo y blanquecino, no presenta pigmentos de otros colores (Tabla 2 y Figura 3: A1 y A2). Las cajas Petri con medio SDA presentan pigmentos en el reverso de las cajas de color

amarillento, desarrollo semi parejo denso y blanquecino (Tabla 2 y Figura 3: C1 y C2). El medio de cultivo ELA (Tabla 2 y Figura 3: B1 y B2) presenta desarrollo desigual, con densidad baja y pigmentos amarillos a naranjado. El medio BHIA inhibe el desarrollo del hongo (Tabla 2 y Figura 3: D1 y D2).

Tabla 2. Caracterización macroscópica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cuatro medios de cultivo.

Medio	Color de la colonia formada en:		Textura	Características morfológicas		
	Superior	En la base		Densidad	Exudado	Incubación (días)
PDA	Blanco	Blanco	Algodonosa distribución uniforme	Alta	Ausente	10 a 12
SDA	Blanco	Blanco, amarillo, naranja	Algodonoso semiuniforme	Media	Ambar a café	13 a 15
BHIA	Blanco a gris	Blanco a gris	Sólida y lisa	Nula	Ausente	-
ELA	Blanco a gris	Crema, amarillo	Flecoso y desigual	Baja	Naranja a amarillo	15

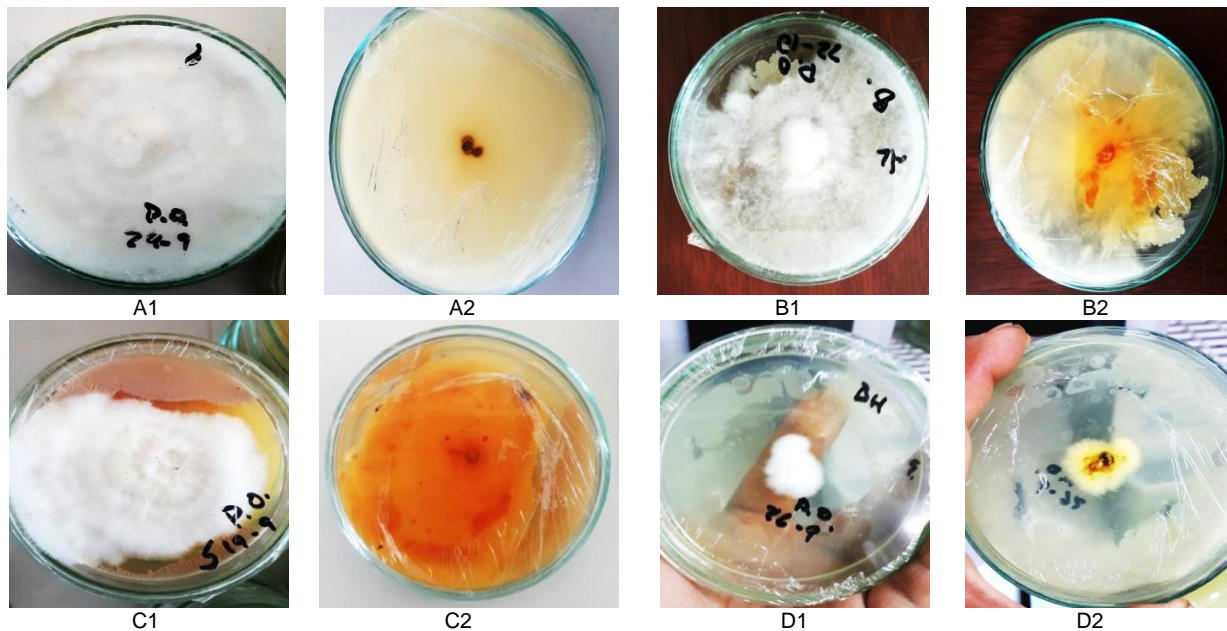


Figura 3. Registro fotográfico de la característica morfológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cuatro medios de cultivo: A1) Medio PDA colonia de *Pleurotus ostreatus*, A2) Reverso de la caja, B1) Medio ELA colonia *Pleurotus ostreatus*, B2) Reverso de la caja, C1) Medio SDA colonia de *Pleurotus ostreatus*, C2) Reverso de la caja, D1) Medio BHIA colonia de *Pleurotus ostreatus*, D2) Reverso de la caja.

Crecimiento radial

La Figura 4 muestra los micelios que se encontraban en el medio PDA presentaron mayor diámetro que los otros medios empleados de SDA y ELA. Sin embargo,

los que se encontraban presentes en el BHIA no se desarrollaron, de los cuales, al cabo de 15 días de evaluación en PDA presentó un diámetro de 3.94 mm.

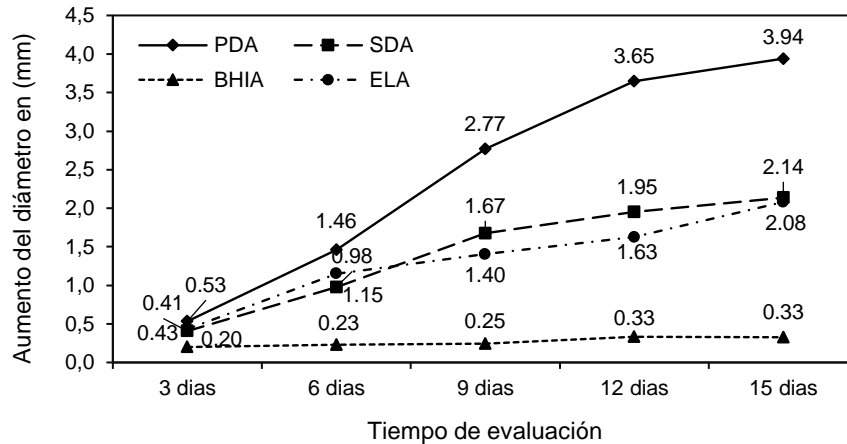


Figura 4. Crecimiento micelial promedio *in vitro* del hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes medios de cultivo.

Tasa de expresión radial

En la tasa de expresión radial de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus*, se evidenció que el medio PDA presentó mayor crecimiento (0.33 mm día^{-1}) en relación a los demás medios empleados que presentaron menor crecimiento como se detalla a continuación SDA, BHIA y ELA de 0.14, 0.10 y 0.13 mm día^{-1} respectivamente. Al respecto, Suárez (2010) menciona que los medios de cultivo el micelio de *Pleurotus ostreatus* crece con mayor velocidad son PDA y P, completando la placa Petri hasta los 10 días. Similares resultados fueron obtenidos por Suárez y Holguín (2011) por quienes afirman que el crecimiento en PDA fue más rápido para todas las cepas, que el segundo mejor medio artificial fue OGY y por último el Sabouraud.

No obstante, en un trabajo realizado por Rojas et al. (2018) el crecimiento micelial de cuatro especies de hongo, determinó que el mejor medio para el hongo *Agaricus blazei* es MSA; para *Grifola frondosa* y *Lentinula edodes* son MSA, T y A; por último, para *Pleurotus ostreatus* los mejores medios son MSA, T, P y A. También mencionan, que el medio PDA no presentó mayor crecimiento, este alcanza un valor similar de crecimiento al cabo de 10 días. La tasa de expresión radial varía incluso dentro de un mismo género, es así que en *Pleurotus sapidus in vitro* obtuvo mayor crecimiento radial en el medio de cultivo agar

sabouraud con 88.86 mm en comparación con los medios de PDA y Agar Czapek en un tiempo de 13 días de evaluación (Saltos et al., 2017).

Obtención de spawn (semilla) en sorgo

Porcentaje bolsas colonizadas con micelio

El medio PDA presentó mayor porcentaje de bolsas colonizadas en relación al medio SDA, de un 73 y 60 % respectivamente. El porcentaje de colonización depende del medio a usarse para cultivar hongos comestibles, cepa y tiempo de cultivo, tal cual menciona Ríos et al. (2010) en un tiempo de cultivo de 15 días los valores registrados de 59.8, 60.6 y 61.1 % respectivamente en medios PDA comercial, Extracto salvado de trigo, PDA alternativo, pero a los 19 días de cultivo aumenta el porcentaje de colonización a 87, 6, 87.8 y 88.4 % respectivamente.

Peso del grano de sorgo colonizado con micelio de hongo e índice de producción de semillas

El medio PDA se tiene mayor ganancia de peso en relación al medio SDA de 9.5 a 5.5 g. Mismo patrón se evidencia para el índice de producción de semilla de 3.16 a 1.73 en los medios de PSA y SDA. En un trabajo realizado por Ríos et al. (2010) señala que el crecimiento micelial de *Pleurotus ostreatus* en general creció mejor en sustrato de sorgo y trigo. Por la

sugerencia de Oei (2003), indica que el micelio de los hongos comestibles requiere de un gran contenido de lignina (como es el caso del sorgo) para un buen crecimiento.

Relación de beneficio costo de producción

Los costos de producción para 30 bolsas de semilla de hongo (spawn) en el laboratorio perteneciente a la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa, es de 142.04 USD (1 USD = 6.97 Bs). El precio de venta en el mercado nacional es de 21.73 USD por kilogramo de semilla de hongo ostra, dando una relación de beneficio/costo de 1.52 (Tabla 3). La producción comercial de micelio activado (conocido internacionalmente como "spawn") es una actividad tan importante que de ella depende toda la industria del cultivo de hongos (López, 2016). Existen diferentes métodos para la producción de semillas de hongo, se puede determinar el grado de industrialización con el que se va a contar, ya que es posible adaptar la tecnología de acuerdo a los recursos con los que se dispone, los costos y las necesidades del proceso operativo (Freundt, 2003). Los costos para importar semillas de hongos en Bolivia son elevados, la importación de semilla tiene un costo de hasta 43.47 USD el medio kilo.

Tabla 3. Costo de producción.

Costo/Beneficio	Relación B/C
Costo de producción (USD)	143.47
Producción (unidades)	30.00
Costo/unidad (USD)	4.78
Precio venta (USD)	7.24
Ingreso bruto (USD)	217.39
Ingreso neto (USD)	73.91

Precio de venta fijado en base a su precio en el mercado, 21.73 USD el kilogramo de semilla de Hongo (spawn) por el laboratorio BIOSOL, Cochabamba.

CONCLUSIONES

Los micelios de *Pleurotus ostreatus* presentaron un crecimiento radial favorable (0.33 mm día⁻¹) en el medio PDA, seguido por el SDA (0.14 mm día⁻¹). Ambos medios presentan un similar porcentaje de colonización de 73 y 60 %. En el medio PDA presentaron un desarrollo parejo y blanquecino, mientras en los medios de SDA, BHIA y ELA el desarrollo es desigual poco esponjoso. De la misma forma presentaron una mayor ganancia de peso de 9.5 g, el índice de producción de semilla de 3.16 en el medio PDA. La relación de beneficio costo de 1.52.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, M; Abdullah, N; Ahmed, KU; Bhuyan, M. 2013. Yield and nutritional composition of oyster mushroom strains newly introduced in Bangladesh. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 48: 197-202.
- Alave, PX. 2008. Evaluación del crecimiento miceliar de hongos comestibles (*Agaricus blazei*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus* sp.) en tres cereales como sustrato. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 89 p.
- Barba, M; Assumpção, F; Aparecida, H; López, G; Ávila, S; Silveira, P. 2019. Review: Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. *Saudi J Biol Sci.* 2019; 26:633-646.
- Calzada-Benza, A. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima, Perú: Jurídica.
- Casteñar, J. 2014. Análisis de costo beneficio, ejemplos de análisis sector privado. Puerto Rico, Editorial Estudios Técnicos INC.
- Colquier, GK. 2017. Evaluación de crecimiento de micelio de hongos de pudrición blanca con capacidad para biodegradar en condiciones de laboratorio. Práctica profesional. Tingo María, Perú, Universidad Agraria de la Selva. 58 p.
- Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios. 2018. Manual para la evaluación del desempeño de los medios de cultivo en el laboratorio de microbiología de alimentos (en línea). México. Consultado 14 nov. 2021. Disponible en: <http://documentos.cofepris.gob.mx/archivos/ccayac/grl/Manual%20de%20medios%20de%20cultivo%202018%20oct.pdf>
- Deepalakshmi, K; Mirunalini, S. 2014. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *J Biochem Tech.*; 5(2):715-726.
- Debergh, PC; Zimmerman, RH. 1991. Micropropagación. Primera edición. Canada ISBN: 978-94-009-2075-0
- Donado, T. 2014. Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) Moyuta, Jutiapa (en línea). Tesis de Lic. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 62 pp. Consultado 15 dic. 2021. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Donado-Tania.pdf>
- Estrada, A; Jiménez, M; Royse, D. 2010. *Pleurotus eryngii* species complex: sequence analysis and phylogeny based on partial EF1 α and RPB2 genes. *Fungal Biology* 114: 421-428.
- Estrada, G; Ramírez, C. 2019. *Micología General*. Manizales, Colombia, Centro Editorial Universidad Católica de Manizales.
- Freundt, P. 2003. Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional. Tesis. Perú, Universidad de Piura. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Programa Académico de Economía.

- INE, (Instituto Nacional de estadística); MDSP (Ministerio de Desarrollo Sostenible); COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 1999. Bolivia, un mundo de potencialidades. Atlas estadístico de municipios. La Paz, Bolivia.
- INFOSTAT (2010). Software de análisis estadístico. Universidad Nacional de Córdoba.
- IBM SPSS (2015). Software estadístico.
- López, M. 2016. Manual de producción de micelio de hongos comestibles. Veracruz, México. Instituto de investigaciones forestales, Universidad de Veracruzana.
- Melgarejo, E. 2015. Algunos usos de los hongos silvestres de Bolivia en el contexto sudamericano (en línea). Revista Científica Kempffiana 63(3):859-870. Consultado 11 ago. 2021. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/327732563>
- Mintesnot, B; Ayalew, A; Kebede, A. 2014. Evaluation of biomass of some invasive weed species as substrate for oyster mushroom (*Pleurotus spp.*) cultivation. Pakistan journal of biological sciences 17:213-219.
- Rivera, R; Martínez, C; Morales, S. 2013. Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Revista.luna.azul.37: 89-100
- Ríos, MP; Hoyos, JL; Mosquera, A. 2010. Evaluación de parámetros productivos de semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. 8: 88-93.
- Rodríguez, N; Gómez, F. 2001. Cultivo de hongos comestibles en pulpa de café. Colombia, Programa de investigación científica, Cenicafe. Avances técnicos 258.
- Rojas, F; Claros, M; Ortuño, N. 2018. Evaluación de medios de cultivo y sustratos para la producción de inóculo de hongos comestibles. Revista de Agricultura. pp. 15- 24.
- Saltos, MS; Mendieta, R; Roberty, I; Intriago, ME; De La Cruz, A; López, MR. 2017. Evaluación del crecimiento micelial y productivo de *Pleurotus sapidus* a nivel *in vitro* y sobre residuo de maíz (*Zea mays*) (en línea). Revista Agricultura y Silvicultura. Consultado 11 ago. 2021. Disponible en <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/954/904>
- Suarez, C. 2010. Obtención *in vitro* de micelio de hongos comestibles, shiitake (*Lentinula edodes*) y orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla (en línea). Tesis Lic. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 13 nov. 2021. Disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70516/107407.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suárez, C; Holguin, M. 2011. Evaluación de medios de cultivo sintéticos y cereales para la producción de semilla de setas comestibles. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 5(1): 130-140.
- Oei, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden, Holanda.
- Quintana, J; Moncayo, O; Vera, G; Álvarez, A. 2018. Crecimiento radial de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus sapidus*) sobre residuos sólidos de soya, arroz y tusa de maíz. Revista 5(14):77-79.
- Peralta, J. 2019. 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. Consultado 22 dic. 2021. Disponible en <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puidi/INF-2019-05.pdf>
- Pineda, F; Saldarriaga, Y. 2001. Manual de micología aplicada. Primera edición. Antioquia Colombia, 978-958-655-481-7
- Pire, D. 2001. Las asombrosas setas. Argentina
- Valeriano, JJ. 2011. Efecto del sustrato en la producción del hongo comestible shiitake (*Lentinula edodes* (berk) pegler) en ambiente protegido, en el departamento de Tarija. Tesis Lic. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 112 p.
- Villacís, CA. 2017. Estandarización de un protocolo para la producción de semillas de hongo ostra *Pleurotus ostreatus* adaptado a las condiciones de laboratorio (en línea). Tesis de Lic. Universidad de las Américas, Quito. Consultado 11 ene. 2022. Disponible en <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/7380/3/UDLA-EC-TIAG-2017-02.pdf>

Artículo recibido en: 10 de enero 2022

Aceptado en: 17 de abril 2022