

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DE LA SEMILLA DE *Pleurotus ostreatus* PROPAGADA EN DIFERENTES MEDIOS DE CULTIVO

EVALUATION OF PARAMETERS PRODUCTION OF THE SEED *Pleurotus ostreatus* SPREED IN DIFFERENT CULTURE MEDIA

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE PRODUÇÃO DA SEMENTE DE *Pleurotus ostreatus* DISSEMINADAS EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA

MARIA DEL PILAR RIOS¹, JOSÉ LUÍS HOYOS², SILVIO ANDRÉS MOSQUERA³

PALABRAS CLAVE:

Pleurotus ostreatus, Medio alternativo, Inóculo, Colonización, Eficiencia biológica.

KEYWORDS:

Pleurotus ostreatus, Alternative media, Inoculum, Colonization, Biological efficiency

PALABRAS CHAVE:

Pleurotus ostreatus, Meio alternativo, Inoculo, Colonização, Eficiência biológica

RESUMEN

Se evaluaron medios alternativos para la propagación de *Pleurotus ostreatus* y se comparó su comportamiento frente a un medio comercial. La respuesta a estos medios fue medida mediante la adaptación del hongo en cebada para la obtención de semilla comercial y esta a su vez en la respuesta a un sustrato a base de bagazo de caña para la obtención de orellanas. En la primera fase se obtuvo y sembró el hongo en un medio sólido de extracto de papa a dos concentraciones y tres valores de pH, utilizando un diseño factorial 2 x 3 (pH vs concentración de extracto de papa). En la segunda fase se midió el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* inoculado en cebada hidratada esterilizada mediante un diseño completamente al azar 3 x 3. En la tercera se evaluó la colonización y fructificación del hongo en bagazo de caña usando parámetros como eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción semilla, con un diseño completamente al azar 3 x 3. El medio alternativo con pH 5,0 fue el más adecuado para el crecimiento del *Pleurotus ostreatus*, demostrando su adaptabilidad a medios con alto contenido de carbohidratos, cuyos rendimientos fueron apropiados para obtener niveles de producción competitivos en crecimiento y fructificación disminuyendo así el tiempo de incubación y cosecha.

ABSTRACT

Alternative media were evaluated for the propagation of *Pleurotus ostreatus* and its behavior was compared with that of a commercial media. The response to these media was measured through the adaptation of the fungus

Recibido para evaluación: 12/10/2010. Aprobado para publicación: 08/11/2010

1 Ingeniera Agroindustrial. Universidad del Cauca.

2 Ingeniero Agroindustrial. Candidato Mg. Ingeniería de Alimentos. Universidad del Cauca. jlhoyos@unicauca.edu.co

3 Ingeniero Industrial de Alimentos. Mg. Ingeniería. Universidad del Cauca.

Correspondencia nutrifaca@unicauca.edu.co, carlosmartinez@unicauca.edu.co

in barley for obtaining the commercial seed and this one in its turn in the response to a substratum based on cane bagasse for obtaining oyster mushrooms. In the first phase the fungus was obtained and planted in a solid media of potato extract at two concentrations and three pH values using a factorial design 2x3 (pH vs. concentration of potato extract). In the second phase was measured the growth of Pleurotus ostreatus inoculated in sterilized hydrated barley through a completely random design 3x3. In the third phase was evaluated the colonization and fructification of the fungus in cane bagasse using parameters as biological efficiency, performance and seed production rate, with a completely random design 3x3. The alternative media with pH 5,0 was the most adequate for the growth of Pleurotus ostratus, displaying its adaptability to media with high carbohydrates content which performances were appropriate to obtain competitive production levels in growth and fructification, diminishing thus the incubation and harvesting time.

RESUMO

Foram avaliados os meios alternativos para a propagação de fungos Pleurotus ostreatus e se comparou o seu comportamento em um ambiente comercial. A resposta a esses meios foi medida pela adaptação do fungo em cevada para a obtenção de sementes comerciais e este por sua vez, em resposta a um substrato a base de bagaço de cana para a produção de "Orellana". Na primeira fase foi obtida e plantou o fungo em meio sólido de extrato de batata a duas concentrações e três valores de pH, utilizando um design fatorial 2 x 3 (pH vs concentração de extrato de batata). Na segunda fase, mediu o crescimento de Pleurotus ostreatus inoculadas em cevada estéril úmida em 3 x 3 inteiramente casualizado. Na terceira seção avaliada, se avaliou a colonização e frutificação do fungo em bagaço de cana utilizando parâmetros biológicos, tais como desempenho, eficiência e taxa de produção de sementes, com o inteiramente casualizado 3 x 3. O meio alternativo em pH 5,0 foi o mais adequado para o crescimento de Pleurotus ostreatus, demonstrando sua adaptabilidade a meios com alto conteúdo de carboidrato, cujos níveis de renda foram adequados para a produção competitiva e fruticultura diminuindo o tempo de incubação e colheita.

INTRODUCCIÓN

Las setas son macro hongos que poseen órganos productores de esporas característicos de los basidiomicetos y los ascomicetos que pueden vivir en el suelo, en aguas dulces y marinas [1]; son abundantes en la naturaleza y se estima que en la tierra existen entre 1,5 y 2,5 millones de especies, de las que solamente se conocen 7.000, básicamente las especies comestibles [2]; constituyen una alternativa para mejorar la nutrición humana debido a sus propiedades nutraceuticas [3], por ser antitumorales y moduladores inmunológicos ya que contienen componentes bioactivos [4], proteínas de alta calidad, minerales, vitaminas, carbohidratos, fibra y bajo contenido de grasa [5].

El *Pleurotus* spp., contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que lo hace poseedor de un valor nutritivo más alto que la proteína vegetal y muy cercana a la proteína animal [5]. Contiene además carbohidratos; minerales como potasio, fósforo, hierro, zinc, cobre y magnesio;

vitaminas como tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido pantoténico (B3), ácido ascórbico (C) y biotina (H); fibra cruda; ergosterol que es transformado en vitamina D por acción de los rayos UV al ser deshidratados al sol, importante en la absorción de calcio, sobretodo del fosfato de calcio, fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes [1].

Los hongos y las bacterias forman el grupo de los descomponedores dentro de los ciclos tróficos del carbono, nitrógeno y azufre [6], capaces de utilizar los desechos de las plantas en su forma original. Especies como el *Pleurotus* spp degradan y utiliza la lignina, la hemicelulosa y la celulosa con una tasa de descomposición que varía según la especie y la temperatura. Para alimentarse secretan enzimas sobre el sustrato donde se encuentran, lo degradan en sustancias simples y absorben los nutrientes necesarios para su desarrollo [1].

Para la propagación y cultivo de *Pleurotus* spp se requiere de un inóculo desarrollado principalmente en

granos de cereales [7]; con rangos de pH entre 4,0 y 7,0 con un óptimo entre 5,0 y 6,0, que varía entre cepas y especies [6]; sustrato que debe suministrar carbono (a partir de celulosa, hemicelulosa y lignina), nitrógeno y compuestos inorgánicos como fuentes nutritivas [7]; adecuado contenido de humedad sin afectar la disponibilidad de nutrientes y de oxígeno; tamaño de partícula (entre 2 y 5 cm) apropiada para el crecimiento y la fructificación [6].

En [8] experimentaron el crecimiento vegetativo de dos cepas sobre dos medios sólidos a base de malta y dextrosa y un medio natural de extracto de pulpa de café suplementado con glucosa, evaluando la semilla sobre sustratos de pulpa de café, viruta de cedro y la mezcla de estos en relación 1:1, obteniendo como resultado que el medio con mayor crecimiento micelial fue la pulpa de café. En [9] evaluaron el crecimiento micelial de 19 cepas sobre medios de cultivo sólidos obteniendo eficiencias biológicas que fluctuaron entre 27,98% y 53,53% en viruta de pino y entre 66,26% y 106,04% en paja de cebada con tasas de producción entre 0,63 y 1,13 y 1,53 y 2,46 respectivamente. En [10] se determinó el efecto de tres suplementos sobre el crecimiento micelial de *Pleurotus eryngii* y obtuvo cuerpos fructíferos en paja de cebada y evaluó *in vitro* tres cepas de este hongo en cuatro medios: medio estéril de extracto de malta, agar bacteriológico y extracto de levadura, más uno de los siguientes suplementos: polvo de madera de encino (MEA), polvo de paja de trigo (MTA), polvo de madera de eucalipto (MEUA) y extracto de malta como testigo (MEMA). Se midió el crecimiento micelial cada 48 h, durante 8 días, encontrándose influencia significativa ($p < 0,05$) del suplemento y de la cepa evaluada, en tanto que las cepas presentaron su mayor tasa de crecimiento (mm/día) en los medios MEA y MTA. Se obtuvieron cuerpos fructíferos en paja de cebada con polvo de encino como suplemento, inoculada con micelio en semilla de centeno, con una eficiencia biológica que fluctuó entre 49,57% y 57,58%, tasa de producción entre 0,76 y 0,91% y rendimiento entre 14,87 y 17,27%, respectivamente.

MÉTODO

A continuación se citan los materiales usados y la metodología seguida:

Materiales

- Cepa: *Pleurotus ostreatus*.
- Extractos y medios de cultivo: extracto de papa (*Solanum tuberosum*) en agua destilada (AD), bagazo de caña, extracto de salvado de trigo (EST); papa-dextrosa-agar comercial (PDA), cebada, bagazo de caña.
- Insumos: agente gelificante (agar-agar) al 1,8% p/v, ácido tartárico, azúcar (fuente de carbono).
- Elementos: lienzo esterilizado, frascos de vidrio rotulados, papel aluminio, bolsas de polipropileno con perforaciones de 2 x 2 cm para facilitar el contacto del micelio con el ambiente favorecer la aparición de primordios, cajas de Petri, hoja de acetato milimetrado para la medición del área de crecimiento del hongo en grano, tubo de inoculación plástico.
- Equipos: Cámara de flujo laminar, autoclave, marmita.
- Invernadero de incubación con control de temperatura y humedad.

Método

La investigación se desarrolló en tres etapas:

Etapas 1: elaboración del medio de cultivo sólido alternativo. Se obtuvieron 2 concentraciones de extracto de papa (*Solanum tuberosum*) mediante cocción de cubos de 2 cm en agua destilada (AD): (1.) 200 g de papa en 1 L de AD y (2.) 400 g de papa en 1 L de AD [11]. El tiempo de cocción fue de 50 minutos para obtener 200 mL de extracto que se filtró y envasó en los frascos. Para preparar 1 L de muestra se adicionaron 800 mL de AD a 200 mL de cada extracto de papa, el agente gelificante y 15 g de azúcar.

Se ajustó el pH de los dos extractos de papa adicionando ácido tartárico y se evaluó el crecimiento óptimo de la cepa a tres pH (4.5, 5.0 y 5.5). Se sembró *Pleurotus* en dos medios de cultivo: extracto de salvado de trigo (EST) y papa-dextrosa-agar (PDA), con el fin de comparar con los medios alternativos. Los medios hidratados se llevaron a ebullición, se esterilizaron en autoclave a 121°C y 15 lb de presión durante 15 minutos y se enfriaron hasta 50°C, se sirvieron en cajas de Petri en la cámara de flujo laminar y una vez gelificados se inoculó cada medio con fracciones del hongo (aproximadamente 0,5 x

0,5 cm), las cajas se cubrieron con papel aluminio y se incubaron a 25°C. El tiempo para la colonización completa fue de 10 días a partir de la inoculación, durante los cuales se tomaron muestras diarias del crecimiento radial del hongo.

La unidad experimental fue la caja de Petri, se usó un diseño Factorial (3 x 2), donde el factor pH se presentó con tres niveles (4,5, 5,0 y 5,5) y el factor concentración de extracto de papa con 2 niveles (200 y 400 g/L). Los resultados se analizaron estadísticamente a través del análisis de varianza (ANAVA), y se aplicó el método de comparación múltiple de Duncan [12].

Etapas 2: obtención de semillas de *Pleurotus ostreatus*. Se empleó cebada hidratada en agua destilada durante 1 hora, se envasaron 40 g en frascos de vidrio y se llevaron a esterilización en autoclave durante 15 minutos a 121°C con 15 lb de presión, se enfriaron a temperatura ambiente y se inocularon con los mejores tratamientos obtenidos en la etapa 1. Se incubó a 25°C durante 20 días, tiempo durante el cual se evidenció una colonización completa del sustrato. La medición del crecimiento del hongo se hizo diariamente marcando el área [13].

Se aplicó un diseño completamente al azar (3 x 3) con 3 tratamientos (medios de cultivo T1: PDA comercial, T2: EST y T3: medio alternativo) y 3 réplicas por cada tratamiento. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de significancia del 5% y las diferencias significativas con el método de comparación múltiple de Duncan [12].

Etapas 3: evaluación de la semilla. Se realizó en la Planta de Setas Comestibles del Colegio Técnico de COMFACAUCA en Popayán (Cauca) a 1750 m.s.n.m. y temperatura promedio de 18 °C, evaluando los tratamientos T1, T2 y T3 de la siguiente manera:

Adecuación del material. La semilla obtenida fue inoculada en bolsas de polipropileno con 400 g de bagazo de caña sujetadas con bandas elásticas. Para permitir la circulación del vapor de agua en el sustrato, se perforaron las bolsas con una aguja previamente esterilizada [14]. Se realizó tratamiento térmico al sustrato aplicando vapor de agua, ingresando las bolsas en la marmita con agua hasta un 25% de su capacidad, durante 2 horas.

Colonización sobre sustrato. Se dejaron reposar las bolsas hasta temperatura ambiente, se inoculó la semilla (4% con respecto al peso de la bolsa) con el tubo lavado y desinfectado [14]. Las bolsas inoculadas se llevaron al invernadero de incubación donde se mantuvieron entre 25 y 28°C y humedad relativa entre 90 y 95%, en la oscuridad, durante 20 días para la colonización del sustrato. Para calcular el área de colonización se empleó la misma técnica de medición que en la propagación en semilla [13].

Se aplicó un diseño completamente al azar (3 x 3) con 3 tratamientos (medios de cultivo T1: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del medio de cultivo PDA comercial; T2: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del medio de cultivo extracto de salvado de trigo y T3: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del medio de cultivo PDA alternativo y 3 réplicas por tratamiento. Los resultados se analizaron con un análisis de varianza ANAVA con un nivel de significancia de 5% y las diferencias significativas con el método de comparación múltiple de Duncan [12].

Fructificación. Se mantuvo temperatura entre 15 y 20°C y humedad relativa entre 90% y 95%, humedeciendo el piso por microaspersión, el recinto se iluminó naturalmente durante el día, aprovechando la cobertura plástica transparente del invernadero. Una vez fue evidente la aparición de los primordios, las unidades experimentales se trasladaron al área de fructificación, luego de lo cual se realizaron cosechas cada 10 días durante 30 días [15] que es el tiempo productivo del sustrato, cortando los hongos en la unión con el sustrato, seleccionando los carpóforos que presentaron un diámetro entre 5 y 10 cm aproximadamente [9].

Se aplicó un diseño completamente al azar (3 x 3), con 3 tratamientos (medios de cultivo T1: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del medio de cultivo PDA comercial; T2: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del extracto de salvado de trigo; T3: sustrato a base de bagazo de caña inoculado con semilla proveniente del medio de cultivo PDA alternativo) y 3 réplicas por tratamiento. Las variables de respuesta fueron eficiencia biológica, rendimiento y tasa de producción, obtenidas así:

Eficiencia biológica. Dividiendo el peso de los cuerpos fructíferos frescos sobre el peso del sustrato seco,

multiplicado por 100, con base en el peso de los hongos frescos cosechados durante el cultivo [16].

Rendimiento. Dividiendo el peso de los cuerpos fructíferos secos sobre el peso del sustrato seco, multiplicado por 100, con base en el peso seco de los hongos frescos cosechados durante el cultivo [16]. La deshidratación se realizó a 105°C, hasta peso constante.

Tasa de producción. Dividiendo la eficiencia biológica sobre el tiempo requerido desde la siembra hasta el último corte [16]. Se pesaron los hongos de cada cosecha, en fresco y deshidratados.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza ANAVA con un nivel de significancia de 5% y las diferencias significativas con el método de comparación múltiple de Duncan [12].

RESULTADOS

Etapas 1: elaboración del medio de cultivo sólido alternativo. Se observó una influencia del pH sobre el crecimiento radial con un $\alpha=0,15$, mientras que la concentración de extracto de papa no influyó sobre el crecimiento; la interacción con un $\alpha=0,12$ mostró incidencia sobre los tratamientos debido al pH. De acuerdo con el ANAVA, se pudo determinar que existen diferencias significativas entre los valores de pH, sin embargo, los tratamientos con PDA comercial, EST y con pH de 5,0 presentaron un comportamiento similar con una tendencia de colonización constante y continua hasta finalizar la etapa, alcanzando el 100% de colonización del medio sólido al día octavo, obteniendo condiciones adecuadas para el crecimiento del micelio del hongo [17] (Cuadro 1). El pH del medio de cultivo donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste porque incide sobre el carácter iónico del medio e influye directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de las enzimas ligadas a la pared celular, es decir que afecta su metabolismo: si el pH del sustrato donde crece un hongo no es adecuado, aunque las condiciones de temperatura y nutrientes sean óptimos, el crecimiento se verá afectado [6].

Para el crecimiento de *Pleurotus* se han citado rangos de pH entre 4,0 y 7,0, con un óptimo entre 5,0 y 6,0, el cual suele variar entre cepas y especies: los sustratos

Cuadro 1. ANAVA para la tasa de crecimiento radial (cm) de *Pleurotus ostreatus*

Variaciones	GL	SC	CM	Fc	Ft (0,15)	Ft (0,12)
pH	2	3,61	7,23	2,01	2,10	---
Extracto	1	3,29	3,29	0,91	---	---
pH/ Extracto	2	4,70	9,40	2,61	---	2,70
Error	12	0,30	3,60	---	---	---
Total	17	11,91	---	---	---	---

ácidos (inferiores a 4,5) inhiben el desarrollo de *P. ostreatus* y *P. eryngii* y que estos hongos encuentran un pH óptimo entre 5,0 y 6,5 [6]; valores de 6,5 a 7,0 para especies como *P. djamor*, *P. pulmonarius*, y *P. eous* [18] y que *P. djamor* puede crecer entre valores de pH de 4,0 y 9,0 con un óptimo en 5,5 [19].

Se reportan valores de pH del medio, en donde el ANAVA para el factor extracto de papa no mostró diferencias significativas entre los tratamientos en la colonización del hongo [17]. Al estudiar el crecimiento vegetativo de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* sobre dos medios sólidos sintéticos de extracto de malta y papa dextrosa y un medio natural de extracto de pulpa de café suplementado con glucosa [8], reportaron una tasa de crecimiento micelial de 1,03 cm/día, 0,72 cm/día y 1,05 cm/día respectivamente, evidenciando lo favorable para el crecimiento de la cepa la utilización de medios de cultivos alternativos en tanto que en [6] reportan valores de 1,15 cm/día sobre medios sintéticos. El crecimiento total del micelio en caja Petri de 9 cm de diámetro se completó en 9 días a una temperatura de 27°C, es decir, a razón de 1 cm por día, valor muy cercano a la razón de crecimiento de los tratamientos de este estudio que presentaron crecimientos de 1,125 cm/día para pH 5,0 y EST y de 1,12 cm/día para PDA, demostrando que el medio alternativo y los otros medios propuestos fueron eficientes [17].

Etapas 2: obtención de semillas de *Pleurotus ostreatus*. No se presentaron diferencias significativas en la colonización del grano de cebada, lo que indica condiciones apropiadas para la propagación del hongo (100% luego de aproximadamente 20 días) y coincide con lo hallado en otros granos como trigo [8], sorgo [20], mijo [21], centeno y arroz [22] que muestran una propagación eficiente. Se reporta que el crecimiento micelial de varias especies de hongos (entre ellos

Pleurotus ostreatus) sobre granos y mezclas de estos: granos de sorgo y una mezcla con borra de café, en donde el crecimiento micelial fue del 60% hasta el día 7 y del 80% en el día 18 y en la mezcla 70% y 100% respectivamente, en tanto que en este estudio, hasta el día 7 hubo una colonización promedio del 12,38% y de 83,23% para el día 18, evidenciando una colonización completa el día 20, lo que sugiere que los granos y mezclas de ellos con subproductos agroindustriales son adecuados para la elaboración de semilla de *Pleurotus ostreatus* en las condiciones establecidas [23].

Etapa 3: evaluación de la semilla

Colonización sobre bagazo de caña. La primera evidencia de colonización se observó 5 días después de la inoculación y la colonización total en todas las unidades experimentales de los tres tratamientos evaluados, lo cual concuerda con la ANAVA del día 20 (Cuadro 2), donde no hay significancia del medio de cultivo en la colonización del bagazo de caña. Hubo diferencias significativas ($\alpha=0,05$) en 6 de los 16 días evaluados, por lo que se aplicó la prueba de promedios de Duncan, en donde T3 mostró mejor comportamiento (Cuadro 3).

Los factores que pueden influir sobre la velocidad de crecimiento del micelio son el tamaño de partícula del

Cuadro 2. ANAVA para porcentaje de colonización en grano de cebada para el día 20

Variaciones	SC	GL	CM	F	Sig.
Tratamiento	138,23	2	69,11	1,090	0,395
Error	380,40	6	63,40		
Totales	518,62	8	---		

Cuadro 3. Prueba de Duncan para porcentaje de colonización de *Pleurotus ostreatus* sobre sustrato de bagazo de caña

Tratamiento	Promedio ($\alpha=0,05$)					
	Día 8	Día 12	Día 14	Día 15	Día 16	Día 19
T1 ^c	14,5	38,3	50,6	59,8	66,7	87,6
T2 ^b	14,7	38,6	51,8	60,6	66,7	87,8
T3 ^a	15,0	38,7	53,0	61,1	67,7	88,4

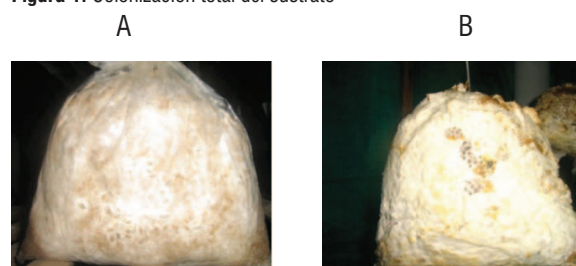
a= mejor tratamiento; b= tratamiento promedio; c= tratamiento menos eficiente. T1= PDA comercial; T2=Extracto salvado de trigo; T3= PDA alternativo.

sustrato, la humedad del sustrato y la capacidad de retención de agua, los cuales son importantes para evitar contaminación, ataques de microorganismos competidores y, por consiguiente, la inhibición del micelio. Se encontraron diferencias significativas en la colonización del hongo sobre bagazo de caña, papel reciclado, amaranto y paja de cebada, siendo el bagazo de caña el sustrato que más rápido fue colonizado [24], [25].

El porcentaje de humedad del sustrato (70%), permite la colonización homogénea del mismo (Figura 1) con ausencia de contaminación, aunque influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes: contenidos inferiores al 50% no serán propicios y superiores al 80% tendrán efecto negativo sobre el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* [8], lo cual fue comprobado al descartar varios sustratos por su mal olor y el exceso de humedad, asegurando que no presentaran crecimiento micelial [26].

Fructificación. Se realizaron 3 cosechas y se encontró que el peso promedio de los carpóforos cosechados disminuyó conforme se cosecharon los hongos (Cuadro 4) sin observar diferencias significativas indicando que el suministro de nutrientes fue paulatino hasta agotarse, debido al agotamiento de los nutrientes del sustrato y la acumulación de desechos del metabolismo del hongo, alcanzando niveles limitantes para el crecimiento.

Figura 1. Colonización total del sustrato



A: T1; B: T3

Cuadro 4. Peso total (g) de los hongos cosechados

Tratamiento	Peso (g)
T1	476 ^a
T2	473 ^a
T3	476 ^a

T1= PDA; T2=Extracto salvado de trigo; T3= Medio alternativo

En estas condiciones, la tasa de crecimiento máxima no se pudo mantener y empezó a disminuir gradualmente, así como fue evidente la diferencia en la producción de cuerpos fructíferos (Figura 2) por el metabolismo de cada semilla al provenir de cepas cultivadas en medios diferentes, lo cual incide en el comportamiento en la fase de fructificación [6], presentando diferencias entre las cosechas.

Eficiencia biológica. En la primera cosecha, los tratamientos no presentaron diferencia significativa, sin embargo, el ANAVA mostró que la producción de hongos en la cosecha 2 fue significativamente diferente y que el tratamiento T3 presentó la mejor eficiencia biológica, en tanto que en la cosecha 3 también hubo diferencia significativa, siendo el tratamiento T2 el mejor. La semilla del tratamiento T3 obtuvo la mayor producción de cuerpos fructíferos en la primera y segunda cosecha al metabolizar más rápidamente los nutrientes del sustrato, mientras que la semilla del tratamiento T2 se tardó más tiempo y produjo la mayor cantidad de cuerpos fructíferos en la cosecha 3. Todos los tratamientos presentaron una eficiencia biológica superior al 40%, valor mínimo reportado como referencia para la cultivos comerciales de *Pleurotus ostreatus*, por cuanto se dice que a partir de este valor un cultivo de hongos empieza a ser económicamente rentable [17].

Según [27], los bajos índices de eficiencia biológica se atribuyen al agotamiento de los nutrientes en el sustrato y la forma en que cada semilla los asimiló, así como también a la procedencia de la semilla, factores

Figura 2. Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* primera cosecha



Cuadro 5. Prueba de promedios de Duncan ($\alpha = 0,05$), para porcentaje de eficiencia biológica

Tratamiento	Promedio ($\alpha=0,05$)		
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3
T1	120 ^a	142,6 ^b	106 ^b
T2	144,3 ^a	143 ^b	126 ^a
T3	146 ^a	169,6 ^a	100,3 ^b

que influyen directamente sobre la producción de carpóforos [27]. En este estudio, la semilla presentó comportamiento homogéneo con variaciones de peso entre cosechas, sin embargo, los hongos cosechados para los 3 tratamientos no presentaron diferencias, obteniendo rendimientos aceptables si se tiene en cuenta la eficiencia biológica desfavorable del sustrato del bagazo de caña en otros estudios: se reporta 69% de EB para este sustrato sometido a un proceso previo de compostaje [14] y una eficiencia biológica de 46,4% sobre mezcla de bagazo de caña, pulpa de café y pasto de corte King Grass utilizando unidades experimentales de 1kg [28]. Lo anterior, induce a asegurar que el porcentaje de eficiencia biológica obtenido bajo fue adecuado.

Rendimiento. No se presentaron diferencias significativas en el rendimiento, con valores promedio de 10% que fue bajo comparado con otros reportes, posiblemente por la composición del sustrato y las cepas empleadas, por ejemplo, se reportan entre 27,98% y 53,53% sobre viruta de pino y entre 66,26% y 106,04% sobre paja de cebada [9], aunque [10] reportó rendimientos inferiores de 14,87% a 17,27% sobre viruta de pino y paja de cebada.

Tasa de Producción. No se presentó diferencia significativa, lo que indica que la producción de carpóforos diarios en los 3 tratamientos fue homogénea. Reportes indican tasas de producción entre 0,34 y 1,68 sobre sustratos de paja de cebada [29] y entre 1,31 y 4,50 en pulpa de café y viruta de cedro [8], por lo que las tasas de producción obtenidas en el presente estudio entre 3,12 y 3,24, se encuentran entre los rangos reportados.

CONCLUSIONES

Con base en la tasa de crecimiento micelial de la cepa en los diferentes tratamientos evaluados, el medio alternativo con pH 5,0 fue el medio que más favoreció el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*, valor que se encuentra dentro de los intervalos que se reportan en la literatura como óptimos para el desarrollo de la cepa del hongo que demostró su adaptabilidad a medios formulados para ser elaborados artesanalmente, constituidos por productos con alto contenido de carbohidratos, indicando que el medio alternativo formulado puede ser empleado en la producción de inóculos con buenos índices de producción.

Los indicadores de producción muestran que la semilla de *Pleurotus ostreatus* presenta rendimientos entre los reportados por otros autores, por lo tanto, su producción comercial mediante la metodología propuesta permite alcanzar niveles de producción competitivos. El bagazo de caña que es un sustrato con alto contenido de celulosa y lignina suministró los nutrientes necesarios para el crecimiento y fructificación, produciendo rendimientos que se encuentran dentro de los rangos reportados para esta especie, además de disminuir el tiempo de incubación y cosecha.

REFERENCIAS

- [1] CHANS, S. y MILES, P. Biología de las setas. España: Fundación ZERI, 1994.
- [2] BAENA, A. Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (*Agave salmiana*) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Trabajo de grado Maestro en Ciencias Aplicada. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí. 2005. p. 35-62, 69, 91-102.
- [3] BARROS L. et al. Wild and commercial mushrooms as source of nutrients and nutraceuticals. En: Food Chem. Toxicol., 2008, 46, p. 2742–2747.
- [4] BARROS L. et al. Total phenols, ascorbic acid, carotene and lycopene in Portuguese wild edible mushrooms and their antioxidant activities. En: Food Chem. Toxicol., 2007, 103, p. 413–419.
- [5] GUILLAMÓN E, et al. Edible mushrooms: role in the prevention of cardiovascular diseases. En: Fitoterapia, 2010, 81(7), p. 715–723.
- [6] SÁNCHEZ, E. y ROYSE, D. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. San Cristóbal de las Casas, Chiapas: Noriega Editores, 2001. p. 21, 64, 87, 190, 197, 198, 201, 202.
- [7] WHA, K. Manual del cultivador de hongos 1: cultivo del hongo ostra. Disponible Internet: www.girgolas.unlugar.com/00-05.Galeria_de_Fotos.pdf. 2005
- [8] BERMÚDEZ, R.C.; GARCÍA, N. y MOURLOT, A. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. En: Tecnología Química, 2007, 27(2), p. 55-62.
- [9] PEREZ, R. y MATA, G. Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. En: Revista mexicana de micología, 2005, 20, p. 53-59.
- [10] GAITÁN, R. Evaluación in vitro del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: efecto de diferentes suplementos orgánicos en el crecimiento micelial y producción de cuerpos fructíferos. En: Revista mexicana de micología, 2005, 21, p. 77-84.
- [11] CARDONA, L. Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Cenicafé, Chinchiná (Caldas). 2005.
- [12] GUISANDE, C. et al. Tratamiento de datos. 1 ed. España: Díaz de Santos, 2006. 376 p.
- [13] URBANO, Z. et al. Determinación de una metodología para la utilización de residuos agrícolas (cascarilla de café, pasto de corte, espárrago, vainas de frijol y arveja) generados en el municipio de Popayán y evaluación del efecto de los sustratos en la producción de setas (*Pleurotus ostreatus*). Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Popayán. 2002. p. 24, 48-87.
- [14] FERNÁNDEZ, M. y ESCOBAR, M. Productividad y eficiencia biológica de dos especies comerciales del hongo comestible *Pleurotus* sp en diferentes sustratos lignocelulósicos. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 2004, p. 59-65.
- [15] ROLLAN, M. Cultivo de setas y trufas. 3 ed. Madrid (España): Mundi-Prensa, 1998.
- [16] SÁNCHEZ, A. et al. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: a source of microbial and human food and its potential use in animal feeding. En: Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2002, 50, p. 2537–2542.
- [17] ALBARRÁN, B. et al. Crecimiento del micelio del *Pleurotus ostreatus* en un medio sólido con harina de salvado de trigo. Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio de metodología científica. Escuela nacional de estudios profesionales, Iztacala. 2001. p. 12-39.
- [18] RAJARATHNAM, S. y BANO, Z. *Pleurotus* Mushrooms. Part III. Biotransformation of natural lignocellulosic wastes: commercial applications and implications. En: Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1989, 28, p. 31–113.
- [19] SRIVASTAVA, H. y ZAKIA, B. Nutrition Requirements of *Pleurotus flabellatus*. En: Appl. Environ. Microbiol., 1970, 19, p. 166-169

- [20] LOZANO, J. Producción comercial del champiñón (*Pleurotus ostreatus*) en pulpa de café. En: *Fitopatología colombiana*, 1990, 14(2), p. 42-47.
- [21] LEE, S. 1991. The role of the rice bran employed in the traditional spawn sawdust medium. En: *Korean Journal of Mycology*, 1990, 19(1), p. 47-53.
- [22] CARDONA, L.F. y BEDOYA, A. Producción de orellanas (*Pleurotus ostreatus*), deshidratadas y condimentadas. Trabajo de grado Maestro Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Medellín. 1996, p. 88.
- [23] GRODZÍNSKAYA, A.; INFANTE, D. y PIVEN, N. Cultivo de hongos comestibles utilizando desechos agrícolas e industriales. En: *Agronomía Tropical*, 2002, 52(4), p. 427-447.
- [24] FERNANDEZ, F. Guía Práctica de Producción de Setas (*Pleurotus* spp.). Guadalajara (México), 2004, 54 p.
- [25] CAMACHO, S. et al. Selección de sustratos para producir hongos setas (*Pleurotus ostreatus*). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. 2003, p. 25-46.
- [26] BAZANTE, W. Evaluación de residuos de ají (*Capicum* spp.) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Popayán. 2007, p. 41-43, 51-57, 66-68.
- [27] CARDONA, L. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. En: *Crónica forestal y del medio ambiente*, 2001, 16, p. 99-115.
- [28] SARASTI, A. y MUELAS, W. Evaluación de la producción de setas comestibles orellanas (*Pleurotus ostreatus*) sobre cuatro sustratos a base de pulpa de café, tratados con tres diferentes métodos de esterilización en el Municipio de Piendamó. Trabajo de grado Ingeniero Agropecuario). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Popayán. 2008, p. 52-68.
- [29] SALMONES, et al. Estudios sobre el género *pleurotus*: interacción entre el crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana Micología*, 1997, 14, p. 173-176.