

---

## PRODUCTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS COMO SUPLEMENTOS QUE INCREMENTAN LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRÁ

---

### *Pleurotus ostreatus*

---

Alejandro Casimiro Michel-Aceves, Rafael Ariza-Flores, Marco Antonio Otero-Sánchez y Aristeo Barrios-Ayala

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de suplementos químicos y biológicos en paja de avena para incrementar la productividad del hongo *Pleurotus ostreatus* var. BGAT. Se evaluaron los siguientes productos, cada uno en dos diferentes dosis: extractos de primordios de la var. CL; extractos de primordios de la var. BSMA; extractos de primordios de la var. BGAT; Agromil Plus®; sulfato de cobre; metabolitos de *Trichoderma*; pasta de sorgo; y testigo. La unidad experimental fue una bolsa de polietileno de 40×60cm, con 4,3kg de sustrato húmedo + 200g de inóculo, los cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Las variables evaluadas fueron: días a la bro-

tación de primordios, número de primordios, número de días de brotación a cosecha, rendimiento total y eficiencia biológica. Se realizó un análisis de varianza y la prueba de Tukey. El tratamiento pasta de sorgo estimuló significativamente la formación de primordios fructíferos de *P. ostreatus* var. BGAT induciendo un mayor número de primordios, rendimiento y EB, e incrementando en un 31,6% la producción. Los menores días de brotación a cosecha se obtuvieron con los extractos de la var. BSMA, 61,7% más rápido que el sustrato sin suplementación. El sulfato de cobre no incrementó la producción, obteniendo menor rendimiento que el testigo sin suplementación.

---

#### Introducción

El cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales es una actividad milenaria, difundida y practicada en todo el mundo. Además de poseer excelente sabor, los hongos comestibles presentan un gran potencial biotecnológico debido a su

capacidad de producir enzimas y fármacos, y de servir para biorremediación, entre otros usos (Melo *et al.*, 2010). En la actualidad se conocen cerca de 14000 especies de hongos distribuidas en todo el mundo, de las cuales más de 3000 son consideradas comestibles. Hasta la fecha solamente unas 200 han sido

cultivadas experimentalmente, de ellas 60 con fines comerciales y 10 con fines industriales (Arrúa y Quintanilla, 2007). La producción mundial de hongos y trufas según FAOSTAT (2013) fue ~7,7x10<sup>6</sup>t en 2011, siendo China el mayor productor con 5,0x10<sup>6</sup>t y en América, los EEUU con 0,39x10<sup>6</sup>t.

*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fries) Kummer, objeto de este estudio, es conocido como hongo gigante, ostra, seta, oreja, o cazahuate; en Asia es llamado shimeji o hiratake y está distribuido ampliamente en todo el mundo (Vargas y Velasco, 2010). Existen muchas especies del mismo género, tales como *P. pulmonaris*, *P. sajor-caju*,

---

**PALABRAS CLAVE / Cultivo de Hongos / Eficiencia Biológica / Paja de Avena / *Pleurotus ostreatus* / Suplementación /**

Recibido: 14/02/2014. Aceptado: 25/06/2015.

**Alejandro Casimiro Michel Aceves.** Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Colima, México. Profesor Investigador, Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero

(CEP-CSAEGRO), México. Dirección: Km 14.5 carretera Iguala-Cocula, Guerrero, México. e-mail: amichelaceves@yahoo.com.mx  
**Rafael Ariza Flores.** Doctor en Ciencias Agrícolas, Colegio de Posgraduados (COLPOS),

México. Investigador, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), México. e-mail: ariza.flores@inifap.gob.mx  
**Marco A. Otero Sánchez.** Doctor en Ciencias Agrícolas, COLPOS, México. Profesor

Investigador, CEP-CSAEGRO, México. e-mail: motero\_sanchez@yahoo.com.mx  
**Aristeo Barrios Ayala.** Doctor en Ciencias Agrícolas, COLPOS, México. Investigador, INIFAP Guerrero, México. e-mail: barrios.aristeo@inifap.gob.mx

## CHEMICAL AND BIOLOGICAL PRODUCTS AS SUPPLEMENTS THAT INCREASE THE PRODUCTION OF MUSHROOM OYSTER *Pleurotus ostreatus*

Alejandro Casimiro Michel-Aceves, Rafael Ariza-Flores, Marco Antonio Otero-Sánchez and Aristeo Barrios-Ayala

### SUMMARY

The effect of chemical and biological oat straw supplements was evaluated in order to increase productivity in *Pleurotus ostreatus* var. BGAT. The evaluated products were: extract of pinheads var. CL, extract of pinheads var. BSMA; extract of pinheads var. BGAT; agromil; copper sulfate; *Trichoderma* metabolites; sorghum paste; and control, each in two different doses. The experimental unit consisted on a polyethylene bag of 40×60cm, with 4.3kg of humid substrate + 200g of inoculums, which were distributed in a totally random design, with six repetitions. The evaluated variables were: days to pinhead forma-

tion, number of pinheads, number of days from pinhead formation to crop, total yield, and biological efficiency. Variance analysis and Tukey test were carried out. Sorghum paste significantly stimulated the formation of fruitful pinheads of *P. ostreatus* var. BGAT, with larger number of pinheads, total yield and biological efficiency, increasing production by 31.6%. Fewer days from pinhead formation to crop were achieved with the extract of var. BSMA, 61.7% faster than substrate without supplementation. Copper sulfate did not increase production, yielding less product than the control substrate without supplementation.

## PRODUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS COMO SUPLEMENTOS QUE INCREMENTAM A PRODUÇÃO DO FUNGO OSTRÁ *Pleurotustosreatus*

Alejandro Casimiro Michel-Aceves, Rafael Ariza-Flores, Marco Antonio Otero-Sánchez e Aristeo Barrios-Ayala

### RESUMO

Foi avaliado o efeito de substância química e suplementos biológicos em palha de aveia para incrementar a produtividade do fungo *Pleurotus ostreatus* var. BGAT. Avaliaram-se os seguintes produtos, cada uma de duas diferentes doses: extratos de primórdios da var. CL; extratos de primórdios da var. BSMA; extratos de primórdios da var. BGAT; Agromil Plus®; sulfato de cobre; metabolitos de *Trichoderma*; pasta de sorgo; e testemunho. A unidade experimental foi uma bolsa de polietileno de 40×60cm, com 4,3kg de substrato úmido + 200g de inóculo, os quais se distribuíram em um desenho completamente aleatório com seis repetições. As variáveis avaliadas foram:

dias da brotação de primórdios, número de primórdios, número de dias de brotação a colheita, rendimento total e eficiência biológica. Realizou-se uma análise de variação e a prova de Tukey. O tratamento pasta de sorgo estimulou significativamente a formação de primórdios frutíferos de *P. ostreatus* var. BGAT induzindo um maior número de primórdios, rendimento e EB, e incrementando em 31,6% a produção. Os menores dias de brotação da colheita se obtiveram com os extratos da var. BSMA, 61,7% mais rápido que o substrato sem suplementação. O sulfato de cobre não incrementou a produção, obtendo menor rendimento que a testemunha sem suplementação.

*P. djamor*, *P. cornucopiae* y *P. colomboinus*, entre otras (Melo *et al.*, 2010). Éstas poseen una gran capacidad para adaptarse y desarrollarse en diferentes medios y condiciones agro climáticas (Ancona *et al.*, 2009). Es un alimento de alta calidad para consumo humano, de textura apreciable y alto valor nutritivo por su bajo contenido de grasa, alto contenido de proteínas (19-35%), superando al pollo (23.8%), la carne de res (19.4%) y la leche (25.2%), y rico en aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales (Sánchez y Royse, 2002; Romero *et al.*, 2010). Su sabor es agradable y están entre los hongos con la producción más alta en varias regiones del mundo (Ibekwe *et al.*, 2008).

La ingestión periódica reduce el nivel de colesterol en la sangre y consecuentemente padecimientos cardiovasculares

y la hipertensión arterial, además de combatir la obesidad (Camacho *et al.*, 2003; Romero *et al.*, 2010). Este producto genera beneficios directos en la alimentación y beneficios indirectos al hacer uso de los materiales locales como alternativa productiva y otros con atributos medicinales, tales como propiedades antivirales y antibacteriales (Velasco y Vargas, 2004). Por su alto contenido de proteína es una alternativa de subsistencia alimentaria en las áreas rurales en la cual puede participar la familia, y permite mejorar la nutrición en virtud de ser un sustituto de la carne de origen animal.

El cultivo de hongos comestibles se sustenta en la idea de aprovechar los subproductos agrícolas de una determinada región, como lo son la paja de trigo, maíz,

sorgo, arroz, o avena, entre otros, con el fin de generar un producto alimenticio. Es una tecnología fácil de implementar y puede convertirse en una fuente secundaria de ingresos; tiene la ventaja de no requerir de productos químicos y una vez obtenido el producto comestible, del sustrato se puede obtener abono orgánico mediante procesos de composteo y vermicomposteo, que a su vez puede utilizarse para la producción de cultivos; también tiene un efecto directo en la conservación y mejora de la calidad de los suelos (Sánchez y Royse, 2002; Velasco y Vargas, 2004).

Su producción es una fuente generadora de ingresos y empleos, lo que hace del cultivo de hongos una actividad importante social, económica y ecológicamente, y representa

una opción para el desarrollo rural sustentable de las comunidades marginadas (Ancona *et al.*, 2009). La utilización de subproductos agroindustriales es una alternativa económicamente viable y promisoría, sobre todo para pequeños productores, en virtud de su bajo costo de producción (Melo *et al.*, 2010).

No se conocen completamente los procesos celular, ambiental, fisiológico y genético de la morfogénesis durante la fructificación y todos los factores que influyen en ella. Se ha dado poca atención a estos procesos y a los factores que la inducen, lo que permitiría una mayor producción (Stoop y Mooibroek, 2009). La formación de primordios está influida entre otras cosas por la condición fisiológica y el estado nutricional del micelio, siendo importante

mantener el balance entre las fuentes de carbono y nitrógeno (Kües y Liu, 2000). Se han descrito diversas sustancias con actividad inductora de fructificación, proporcionando más nutrientes, o estresando al micelio. También existen estudios de extractos de primordios de *P. ostreatus* que producen compuestos de bajo peso molecular y pueden inducir la fructificación. Se requiere buscar otras alternativas con productos químicos o biológicos que ayuden a incrementar la emisión de primordios.

Si el hongo genera una buena emisión de primordios fructíferos, producirá altos rendimientos; sin embargo, *P. ostreatus* no siempre presenta una buena productividad, de ahí la importancia de evaluar nuevos productos químicos y biológicos en la búsqueda de aumentar la formación de primordios y de la producción.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el invernadero del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, km 14,5 de la carretera Iguala-Cocula, a 18°15'16"N y 99°39'46"O, 640msnm (INFDM, 2009). El clima, de acuerdo con la clasificación de Köppen y modificado por García (1998), pertenece al tipo Awo (w) (i) gw, y corresponde al más seco de los climas

sub-húmedos con lluvias en verano y sin estación invernal definida. Se registra una temperatura media anual de 26°C, media máxima anual de 40°C y una media mínima anual de 10°C, con precipitación media anual de 767mm.

### Inóculo de *Pleurotus spp.*

Se utilizó inóculo comercial de la empresa PRODISET, S.A. de C.V. (www.prodiset.com.mx) de las variedades BGAT (*P. ostreatus*), BCL (*P. columbinus*) y BSMA (*P. sapidus*), que son setas gris, blanca y crema, respectivamente, con adaptabilidad a las condiciones climáticas de la región.

### Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron siete compuestos químicos y biológicos: Agromil Plus®, sulfato de cobre, extracto de primordios de las variedades BCL (EBCL), BGAT (EBGAT) y BSMA (EBSMA), metabolitos de *Trichoderma* y pasta de sorgo, en dos dosis cada uno y un testigo absoluto, de tal manera que hubo 15 tratamientos (Tabla I). Éstos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial y seis repeticiones. Se originaron 90 unidades experimentales, cada una de las cuales constó de una bolsa de polietileno transparente de 40cm de diámetro y 60cm de altura.

### Preparación de los productos

Se utilizaron extractos de primordios de las variedades BCL, BGAT y BSMA de dos días de haberse formado. Se requirió 500g de cada variedad para preparar las dos dosis (200 y 300g), se procedió a licuarlos con agua destilada estéril y posteriormente se filtró y aforó a 800ml. Para obtener los metabolitos de *Trichoderma* se utilizó la técnica de papel celofán (Dennis y Webster, 1971) y el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA; Difco, Detroit, MI, EEUU); de 25 cajas donde creció, ya que se necesitaron 15 y 10 cajas para preparar las dos dosis (200 y 300g), *Trichoderma* se licuó con agua destilada estéril y luego se filtró y aforó a 800ml. El sulfato de cobre y el Agromil fueron pesados y disueltos en 800ml de agua destilada estéril.

### Desarrollo del experimento

**Tratamiento térmico.** Se efectuó en un recipiente metálico de 280 litros de agua, el cual se llenó a  $\frac{3}{4}$  partes de su capacidad, se le agregó 800g de cal y 3200g de yeso para alcalinizar el sustrato. Se calentó el agua hasta alcanzar una temperatura de 80°C y al llegar a esa temperatura se introdujo en el recipiente la paja de avena picada en trozos, quedando sumergida en el agua caliente y se dejó por 60min. Posteriormente se sacó y colocó sobre una mesa para que se escurriera y enfriara.

**Siembra.** A una temperatura de 20°C y humedad de 70% se inició la siembra de los inóculos de las tres variedades de *Pleurotus spp.* en bolsas de polietileno transparente, depositando capas de paja-inoculo-paja-inoculo hasta llenarla y alcanzar un peso de 4,5kg (4,3kg de sustrato húmedo y 200g de inóculo). Una vez cerrada la bolsa, se le hizo con un bisturí previamente desinfectado orificios de 10×10cm en cada uno de los costados, lo que fueron cubiertos con gasa estéril. También, se realizaron alrededor de 200 perforaciones uniformemente en toda la bolsa con un cuchillo desinfectado, para que hubiera mayor intercambio de O<sub>2</sub>.

**Incubación-fructificación.** Las bolsas fueron incubadas en el invernadero a una humedad relativa de 80% y temperatura de 28°C por un periodo de 21 días después de la siembra (dds). El periodo de fructificación inició a los 22 dds y terminó a los 53 dds. Se tuvieron temperaturas de 26-30°C, con una humedad relativa de 70-85%.

**Aplicación de los productos.** Antes de terminar el periodo de incubación, a los 18 dds, se aplicaron los productos Agromil Plus®, sulfato de cobre, extractos de primordios de las variedades BCL, BGAT y BSMA y metabolitos de *Trichoderma*, con la ayuda de un aspersor manual. La pasta de sorgo se aplicó al momento de la siembra. Se bañaron completamente y por todos lados las bolsas con la solución, utilizando 200ml por unidad experimental.

**Cosecha.** El primer corte se realizó a los 22 dds, los cortes se hicieron diariamente hasta el día 53 dds. El periodo de cosecha se estratificó en cuatro cortes, cada uno con una duración de 7 días, de tal manera que el primer corte abarca del día 22-29 dds, el segundo de 30-37 dds, el tercero de 38-45 dds y el último corte correspondió a 46-53 dds.

TABLA I  
TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Tratamiento	Compuesto	Simbología	Dosis
T1	Extracto de primordios var. BCL	EBCL2	200g de primordios
T2	Extracto de primordios var. BCL	EBCL3	300g de primordios
T3	Extracto de primordios var. BSMA	EBSMA2	200g de primordios
T4	Extracto de primordios var. BSMA	EBSMA3	300g de primordios
T5	Extracto de primordios var. BGAT	EBGAT2	200g de primordios
T6	Extracto de primordios var. BGAT	EBGAT3	300g de primordios
T7	Sulfato de cobre	Scobre2	2g de producto comercial
T8	Sulfato de cobre	Scobre3	3g de producto comercial
T9	Agromil Plus®	Agromil2	2ml de producto comercial
T10	Agromil Plus®	Agromil3	3ml de producto comercial
T11	Metobilitos de <i>Trichoderma</i>	MTricho2	200g de PDA
T12	Metobilitos de <i>Trichoderma</i>	MTricho3	300g de PDA
T13	Pasta de sorgo	PSorgo1	1000g
T14	Pasta de sorgo	PSorgo2	2000g
T15	Testigo absoluto	TA	(Sin aplicación)

## Variables de estudio

Éstas fueron:

- Días a brotación de primordios (DB): Se contó los días desde la aplicación hasta la brotación.
- Número de primordios (NP): Cantidad de primordios por tratamiento.
- Días de brotación a cosecha (BC): Se contó los días desde la brotación hasta su cosecha.
- Rendimiento total (RT): Peso acumulado de los cuatro cortes (g).
- Eficiencia biológica (EB): Para determinar este valor se utilizó la fórmula

$$EB = \frac{\text{g de cuerpos fructíferos frescos}}{\text{g de peso en base seca del sustrato}} \times 100$$

## Análisis estadístico

Los datos de las variables descritas se sometieron a análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Tukey, utilizando el programa SAS (1999), de acuerdo al diseño experimental completamente al azar (Herrera y Lorenzana, 1994).

## Resultados

El clima en el Valle de Cocula, Guerrero, México, no es el más adecuado para la producción de hongos comestibles,

aún con variedades adaptadas a climas más cálidos como la variedad BGAT, que requieren temperaturas de 25 a 28°C y humedad relativa de 80%. La temperatura promedio registrada desde la siembra hasta la última cosecha osciló entre 28-30°C y la humedad relativa fue de 80%.

### Días a brotación de primordios (DB)

La evaluación de parámetro DB es información importante para elegir al mejor producto que acelere la emisión de primordios y por consecuencia la producción (Vargas y Velasco, 2010). No existieron diferencias significativas para los factores productos y dosis; los valores oscilaron entre 7,8 a 10,6 días y de 8,5 a 9,1 días, respectivamente (Tabla II). La interacción producto×dosis sí manifestó efecto estadístico significativo; el valor más bajo fue con EBCL dosis baja (7,3 días) y se retrasó hasta 11 días con la dosis alta (Figura 1a).

### Número de primordios (NP)

Entre más primordios se generen mayor es el rendimiento que se obtiene. Se tuvieron efectos altamente significativos para el factor producto y la interacción producto×dosis, mientras que para las dosis no fue significativa. El mayor valor (17,2) se obtuvo donde se

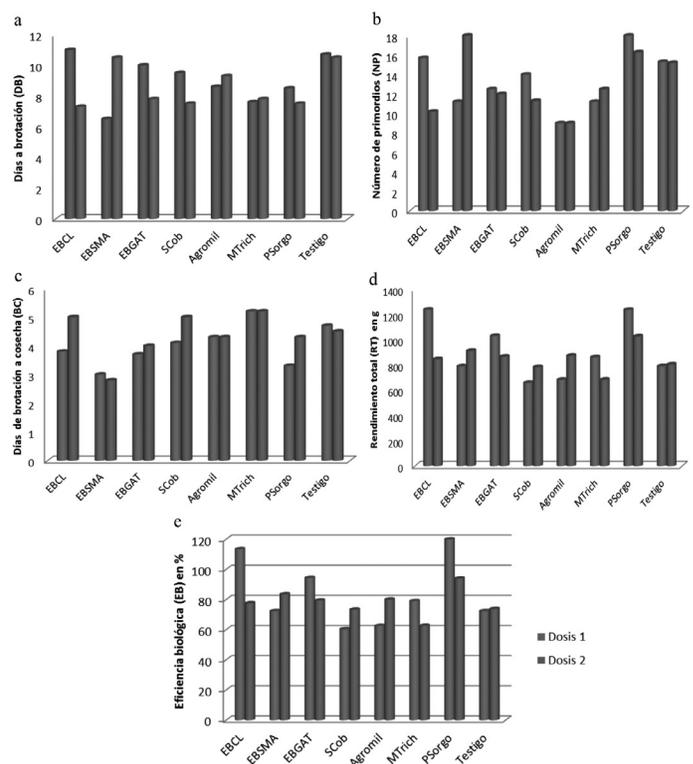


Figura 1. Efecto de la interacción producto-dosis en a: días a brotación (DB), b: número de primordios (NP), c: días de brotación a cosecha (BC), d: rendimiento total (RT), y e: eficiencia biológica (EB) de *Pleurotus ostreatus* var. BGAT en paja de avena.

aplicó la pasta de sorgo, lo que indica un efecto positivo en la emisión de primordios, mientras que donde se utilizó el Agromil fue de solo 9,0 (Tabla II); en la interacción producto×dosis el valor más alto (18,0) se obtuvo con la pasta de sorgo y el más bajo con Agromil a cualquier dosis. La dosis no influyó en el número de primordios emitidos, lo que se corrobora al no detectar significancia con promedios de 8,5 y 9,1 (Figura 1b).

### Días de brotación a cosecha (BC)

Conocer el tiempo de brotación a cosecha es importante ya que indica el efecto que tienen los tratamientos en acelerar o retrasar el proceso productivo. Se manifestaron efectos estadísticos altamente significativos para el factor producto, dosis y la interacción producto×dosis.

Los tratamientos donde se aplicó EBSMA, pasta de sorgo y EBGAT lograron los el

menor número de días (2,9; 3,8 y 3,8 respectivamente), tienen un efecto acelerador en el crecimiento de los primordios, mientras que donde se utilizó metabolitos de *Trichoderma* tardó hasta 5,2 días (Tabla II). Cuando se utilizó la baja creció en 4,0 días, mientras que con la alta 4,4 días estadísticamente diferentes; sin embargo, desde el punto de vista de la interacción producto×dosis el valor más bajo fue con EBSMA dosis alta (2,8 días) y con metabolitos de *Trichoderma*, tanto en dosis alta y baja se retrasó hasta 5,2 días; es decir que a mayor concentración en algunos productos, se manifiesta una inhibición del crecimiento de primordios, mientras que en otros no existe tal efecto (Figura 1c).

### Rendimiento total (RT)

El rendimiento total expresa cuál fue el compuesto que indujo a la mayor producción. Se tuvieron efectos estadísticos altamente significativos para

TABLA II  
EFECTO DE LOS PRODUCTOS Y DOSIS EN LA PRODUCTIVIDAD DE *Pleurotus ostreatus* EN PAJA DE AVENA SUPLEMENTADA<sup>1</sup>

Producto	DB	NP	BC	RT	EB
EBCL	9,2 a	12,9 abc	4,4 bc	1042,3 ab	95,5 ab
EBSMA	8,5 a	14,6 ab	2,9 d	850,8 bc	78,0 bc
EBGAT	8,9 a	12,3 bc	3,8 c	948,0 abc	86,9 abc
Scobre	8,5 a	12,7 abc	4,6 ab	721,3 c	66,9 c
Agromil Plus®	9,0 a	9,0 c	4,3 bc	778,3 bc	71,3 bc
MTricho	7,8 a	11,8 bc	5,2 a	772,7 bc	70,8 bc
PSorgo	8,0 a	17,2 a	3,8 c	1167,8 a	107,0 a
Testigo	10,6 a	15,3 ab	4,7 ab	798,5 bc	73,1 bc
Dosis					
1	8,5 a	13,4 a	4,0 b	920,2 a	84,3 a
2	9,1 a	13,1 a	4,4 a	849,5 b	78,1 b
Producto×Dosis	**	**	*	**	**

<sup>1</sup> Medias seguidas con la misma letra dentro de cada columna, no son estadísticamente diferentes (Tukey 0,05).

\* Significativo.

\*\* Altamente significativo.

los factores producto, dosis y la interacción producto×dosis.

El tratamiento donde se aplicó pasta de sorgo estadísticamente fue el más productivo con 1167,8g de setas, en contraste con el sulfato de cobre con 721,3g (Tabla II). Considerando la dosis, cuando se utilizó la dosis baja rindió 920,2g, mientras que con la dosis alta 849,5g; sin embargo, en cuanto a la interacción producto×dosis el valor más alto fue con pasta de sorgo dosis baja (1309,8g) y el más bajo con sulfato de cobre en dosis baja rindió 659,3g. Algunos productos promueven la producción independientemente de la dosis (Figura 1d).

#### Eficiencia biológica (EB)

La eficiencia biológica indica si el sustrato es adecuado para la producción de hongos y la habilidad de éste para aprovecharse de sus nutrientes; valores cercanos o mayores al 100% se consideran altamente redituables y menores al 65% no redituables (Bernabé-González y Cayetano-Catarino, 2004). Se registraron efectos altamente significativos para los factores: productos, dosis y la interacción producto×dosis.

El tratamiento donde se utilizó pasta de sorgo estadísticamente es la mejor con EB de 107,0%, mientras que con el sulfato de cobre la EB fue de 66,9% (Tabla II). Cuando se utilizó la dosis baja se obtuvo 84,3%, mientras que con la dosis alta 78,1%; sin embargo, desde el punto de vista de la interacción producto×dosis el valor más alto fue con pasta de sorgo dosis baja (120,0%) y con sulfato de cobre en dosis baja 60,4%. Algunos productos promueven la absorción de nutrientes del sustrato a dosis bajas. Todos los productos se consideran económicamente redituables y la pasta de sorgo es el mejor de ellos (Figura 1e).

#### Discusión

Es posible que a mayor concentración del extracto se manifiesta una inhibición de la

emisión de primordios en algunos productos, mientras que en otros no existe tal efecto. Gayosso (2001), al evaluar *in vitro* el efecto de extractos de primordios de *P. ostreatus* obtenidos con diferentes solventes, encontró que la aparición de primordios más precoz fue cuando se utilizó agua como solvente, con 15 días, más tardíamente con acetona, éter etílico, etanol y cloroformo, con 20 días, y finalmente la más tardía a los 30 días para el extracto obtenido con metanol. Este autor también evaluó los efectos en la inducción de la fructificación en varios sustratos (rastrajo de maíz, paja de arroz y estopa de coco), reportando un promedio de 1 a 5,9 días con estopa de coco sin y con extracto acuoso. En la presente investigación *in situ*, los extractos de primordios fueron en agua y se tuvieron resultados más prometedores, puesto que la brotación inició entre los 7,3 y 11,0 días.

Silva-García (2009) indica valores similares al trabajar con algunos compuestos para inducir primordios, con intervalo entre 5,8 y 10 días. Cuando utilizó metabolitos de *Trichoderma* la brotación de primordios inició más rápido y con el sulfato de cobre se retrasó hasta los 10 días. El cultivo de *P. ostreatus* en bagazo de caña de azúcar complementado con salvado y harina de trigo en niveles de 10-50% estimulan la iniciación de primordios (Ruhul *et al.*, 2007), al reducirla de 11,5 días sin suplemento, a 6,25 días con 50% de harina de trigo.

En relación al número de primordios, en un ensayo similar Rodríguez-Moran (2010) utilizó productos químicos y orgánicos, reportando número de primordios (entre 9,50 y 18). El menor número correspondió a matabolitos de *Trichoderma* y el mayor a extracto de primordios var. BSMA. Por su parte Silva-García (2009) indica valores bajos, entre 3,5 y 6,8. Gayosso (2001) evaluó *in vitro* el efecto del uso o no de extractos acuosos de primordios en diferentes sustratos (rastrajo de maíz, paja de arroz y estopa de coco); el mayor

número de primordios fue para el rastrajo de maíz con extracto acuoso, donde se obtuvieron 6,5 primordios, seguido por el rastrajo de maíz sin extracto (4,0), paja de arroz con extracto (1,0) y estopa de coco con extracto (3,2) primordios.

En el presente estudio, realizado *in situ*, no se observa un efecto evidente entre los tratamientos, puesto que al testigo, que no se le aplicó ningún producto, presentó un buen número de primordios, pero pequeños y de poco peso. En este sentido, Magae (1999) menciona que la respuesta de algunos compuestos como las saponinas obtenidas de la corteza de *Quillaja saponaria* dependen en gran parte de las dosis e inclusive pueden tener acción sobre la formación de anomalías en la morfología del estípote y pileo. Sin embargo, Bugarski *et al.* (1994) y Baysal *et al.* (2003) reportan que los primordios se presentan en diferentes días dependiendo de sustrato y suplemento. En bagazo de caña de azúcar sin suplemento se reduce el número de primordios en un 66%, comparado a cuando se suplementa con 50% de harina de trigo (Ruhul *et al.*, 2007).

Existen reportes con los valores entre 2,69 a 5,13 días de brotación a primera cosecha (Rodríguez-Morán, 2010), siendo con EBSMA el menor número de días y el mayor, con Mtricho, estadísticamente igual que el testigo (4,6) días. En otro estudio, Silva-García (2009) reporta de 4,65 a 7,65 días con Agromil y sulfato de cobre, respectivamente. El sulfato de cobre retardó significativamente el crecimiento del primordio al menos dos días en comparación con los otros compuestos, que lo aceleraron un día. A pesar de que las condiciones ambientales han sido ampliamente estudiadas, sus efectos en la fructificación son aún poco entendidos y muchos factores, como la luz, la temperatura, las concentraciones de dióxido de carbono, la humedad, la salinidad y el pH, son determinantes (Wessels, 1993; Stoop y Mooibroek, 2009). El rendimiento depende, entre otros

factores, de la metodología empleada en el cultivo, así como el valor nutritivo de los sustratos y suplementos usados (Melo *et al.*, 2010). Rendimientos inferiores a los reportados en este estudio fueron obtenidos por Medina *et al.* (2000) con 913,2g de *P. ostreatus* al utilizar como sustrato la combinación de trigo-maíz, seguido por la combinación pajas de trigo-maíz-frijol-cartón de huevo con una producción de 698,2g; mientras que con la paja de trigo reportan el menor rendimiento de 320,3g. Zavaleta-Román (2007) a una temperatura de 27°C obtuvo una producción de *P. ostreatus* var BGAT en rastrajo de maíz de 833g y en paja de avena de 604g, mientras que con la mezcla 80:20 acahual-viruta obtuvo 52g. Por su parte, Catalán (2008) en paja de avena obtuvo 715g.

Cabe destacar que el rastrajo de maíz es en México un sustrato fácil de conseguir y abundante en muchas regiones, y proporciona los elementos necesarios para que el hongo se pueda producir comercialmente (Zavaleta-Roman, 2007). La producción de *P. ostreatus* en maíz es aceptable, según lo indican los estudios realizados utilizando diferentes partes del rastrajo de maíz en bolsas de 4kg se sustrato. Con hoja seca se tuvo un rendimiento de 1449g, con totomoxtle de 1737g; con cañuela + totomoxtle de 911g y con olote de 1100g (Bernabé-González y Cayetano-Catarino, 2004).

Producción superior a la obtenida en el presente estudio reportaron Bernabé-González *et al.* (2004) cuando usaron sustratos secos y fermentados, así como mezclas en diferentes proporciones con *P. pulmonarius*, en bolsas de 5kg con la combinación rastrajo de jicama seca + rastrajo de maíz en proporción 1:1 y 2:1, con rendimiento de 1706 y 1710g, respectivamente. Concluyen estos autores que es factible emplear el rastrajo de jicama seca y el bagazo de maguey fermentado, en mezclas con rastrajo de maíz y paja de arroz, para la producción de hongos comestibles. En

Tlayacapan, Morelos, a una temperatura promedio de 25°C y una humedad relativa de 85% se sembró *P. ostreatus* var. BGAT en paja de avena (*Avena sativa* L.), paja de ebo (*Vicia sativa* L.), trozos de casahuate (*Ipomoea murucoides* Robert) y zacate (*Heteropogon contortus* L.) tanto solos como en mezcla con la avena en proporción 80:20; se reportan rendimientos en paja de avena sola de 1748g y en mezcla con ebo 1740g; mientras que de 1235g en casahuate (Torres, 2011).

Diversos autores en el mundo han estudiado sustratos y suplementos con resultados muy variados. En Ibarra, Ecuador, se evaluó *Pleurotus ostreatus* en cinco sustratos (tamo o paja de avena, cebada, páramo, trigo y vicia) enriquecidos con (10% tuza de mazorca u olote molido + 8% de afrecho o salvado de cebada y 2% carbonato de calcio), proporción 80:20. Los mejores resultados se obtuvieron con el tambo o paja de cebada y el de trigo con 89,3 y 89,2% de eficiencia productiva (Carbajal, 2010).

*P. ostreatus* cepa BF24 cultivado en pasto elefante suplementado con salvado del trigo al 10 y 20% favorecen la producción y se obtiene una EB de 93,4% (Donini *et al.*, 2009). *P. sajor-cajuy* y *P. ostreatus* sobre paja de trigo, tallos de maíz y paja de pasto *Hyparrhenia filipendula* con suplementos de cascara de semilla de algodón, mejora los rendimientos; la EB, de 82 a 97%, depende sin embargo de la especie de hongo y se requiere más estudios (Fanadzo *et al.*, 2010). En *Pleurotus* HK-37 sobre fragmentos de hoja y tronco de sisal suplementado con estiércol de vaca, la mejor producción se obtuvo con la combinación de 50% hojas de sisal + 50% troncos y 30% de estiércol (184,64g en 450g de sustrato), con EB de 63% (Raymond *et al.*, 2013). En *P. sajor-cajuy* en sustratos con y sin el suplemento de salvado de arroz 10% o estiércol del pollo 10%, el crecimiento del micelio más rápido y mayor rendimiento (348,13g en 1000g de sustrato húmedo) se obtuvo del tallo de

maíz con el salvado de arroz, con EB de 87,03% incrementándose al menos 20% con el suplemento (Pokhrel *et al.*, 2013).

En otro estudio, Cayetano-Catarino y Bernabé-González (2008) sembraron *P. ostreatus* y *P. pulmonarius* sobre tallos secos de la Jamaica (TJ), en mezcla con paja de arroz (TJA) en proporción 2:1 y pseudotallo con hojas frescas de plátano fermentado (PPF), registrando la más alta productividad en PPF, con EB de 96,4 y 99,8%. Ruhul *et al.* (2007) en bagazo de caña suplementada con 20% de harina de trigo reportan en *P. ostreatus* una EB de 106,6%, y sobre paja de arroz de 73,6% (Cayetano-Catarino *et al.*, 2005), mientras que en rastrojo de maíz es de 150% y en viruta de pino 28% (Mora y Martínez-Carrera, 2007).

Valores de EB superiores a las obtenidas en el presente trabajo han sido reportados por Bernabé-González y Cayetano-Catarino (2004) con *P. pulmonarius* cultivadas en rastrojo de jicama (*Pachyrrhizus erosus*) secado al sol (RJS) y en mezclas con rastrojo de maíz (RM). Indican en RJS+RM proporción 1:1 un 163,8%; para el RM 154,1% y para RJS+RM 2:1 153,7%. En *P. ostreatus* en aserrín de pino fermentado suplementado con 15% de salvado de trigo se reporta una EB de 136,8% (Oseni *et al.*, 2012). Por otro lado, se ha encontrado con cascarrillas enriquecidas con una mezcla de pasta de soja en polvo y salvado de arroz, una EB de 158,9% (Jafarpour *et al.*, 2010) y con tallos de soja + paja de lenteja 20% una EB de 166,2% (Dundar y Yildiz, 2009). También mostró buenos resultados (Anjum *et al.*, 2012) la combinación 50%+50% w/w de residuos de algodón y pasto khabbal (*Cynodon dactylon*).

El valor nutricional de las pajas, la capacidad de absorción de agua, el genotipo utilizado y las condiciones de cultivo, son condicionantes para obtener eficiencias biológicas altas. Al utilizar paja de avena sola en *P. ostreatus* var. BGAT se logró una EB de 191,5%, mientras que cuando

se combina el sustrato paja de avena+ebo (80:20) se reduce a 183,5% (Torres, 2011); también se han reportado, en aserrín de distintas maderas, suplementos que afectan negativamente la producción (Aniedi-Abasi *et al.*, 2012 y Khan *et al.*, 2012) y el sustrato sin suplemento rinde más. Sin embargo, en general *Pleurotus* spp. crecidos en sustratos suplementados presentan EB más altas que los no suplementados (Melo *et al.*, 2010).

## Conclusiones

El producto que fue capaz de inducir significativamente la formación de primordios fructíferos de *Pleurotus ostreatus* var. BGAT en paja de avena fue la pasta de sorgo, con mayor número de primordios, rendimiento y EB, e incrementó 31,6% la producción. Los menores días de brotación a cosecha se lograron con los extractos de la var. BSMA, siendo 61,7% más rápido que el sustrato sin suplementación. El sulfato de cobre no es adecuado para incrementar producción pues rindió menos que el sustrato testigo sin suplementación.

## REFERENCIAS

- Ancona ML, Flores NA, Pech MV, Rejón AM (2010) Caracterización de los agentes comerciales: supermercados y restaurantes, en la dinámica del mercado de las setas *Pleurotus ostreatus* en Mérida, Yucatán, México. *Rev. Mex. Agronegoc.* 25: 68-79.
- Aniedi-AbasiAM, Madunagu BE, Akpan UD, Eshiet EI (2012) Growth influence of some additives on the mycelial growth and fruit body development of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Et. Fr.) Kummer. *J. Biol. Agric. Healthcare* 2(3): 59-68.
- Anjum QS, Ali MA, Khan NA, Tehseen S (2012) Comparative study of khabbal grass (*Cynodon dactylon*), eucalyptus leaves (*Eucalyptus camaldulensis*) and cotton waste for economically efficient cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Pak. J. Phytopathol.* 24: 58-62.
- Arrúa RMJ, Quintanilla RJE (2007) Producción del hongo ostra

(*Pleurotus ostreatus*) a partir de las malezas *Paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/43.pdf>

- Baysal E, Peker H, Yalinkilic MK, Temiz A(2003) Cultivation of oyster mushroom on waste paper with some added supplementary materials. *Bioresour. Technol.* 89: 5-7.
- Bernabé-González T, Cayetano-Catarino M (2004) ¿Cómo cultivar hongos del casahuate sobre residuos agrícolas? Folleto Técnico. Universidad Autónoma de Guerrero y Fundación Produce del Estado de Guerrero. *Tecnologías Produce I*: 12-15.
- Bernabé-González T, Cayetano-Catarino M, Adán-Díaz A, Torres-Pastrana MA(2004) Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. *Rev. Mex. Micol.* 18: 77-80.
- Bugarski D, Gvozdenovic D, Takac A, Cervenski J (1994) Yield and yield components of different strains of oyster mushroom. *Savremena Poljoprivreda* 42: 314-318.
- Camacho SMG, Macias TR, Núñez AJF, Ramos PS (2003) *Selección de Sustratos para Producir Hongos Setas* (*Pleurotus ostreatus*). Tesis. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 21-45.
- Carbajal TGM (2010) *Evaluación de la Producción del Hongo Pleurotus ostreatus sobre Cinco Tipos de Sustratos (Tamo de Trigo, Tamo de Cebada, Tamo de Vicia, Tamo de Avena y Paja de Páramo); Enriquecidos con Tuza Molido, Afrecho de Cebada y Carbonato de Calcio*. Tesis. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. pp. 56-81.
- Catalán CA (2008) *Producción de Diferentes Especies y Variedades de Pleurotus spp., en el Valle de Cocula, Gro.* Tesis. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, México. pp. 23-43.
- Cayetano-Catarino M, Bernabé-González T (2008) Cultivo de *Pleurotus* sobre residuos de las cosechas de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y plátano (*Musa paradisiaca*). *Rev. Mex. Micol.* 26: 57-60.
- Cayetano-Catarino M, Mata G, Bernabé-González T (2005) Cultivo de *Pleurotus ostreatus* y *P. djamor* sobre dos subproductos agrícolas en Guerrero, México. *I Reunión Nacional Sobre el Cultivo de Pleurotus*. San Cristobal de las Casas, México. 01-02/12/2005. 23 pp.
- Dennis C, Webster J (1971) Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*. I

- Production of non-volatile antibiotics. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 57: 25-39.
- Donini LP, Bernardi E, Minotto E, Nascimento JS (2009) Cultivation of shimeji on elephant grass substrate supplemented with different kinds of bran. *Sci. Agr.* 10: 67-74.
- Dundar A, Yildiz A (2009) Comparative study on *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. cultivated on different agricultural lignocellulosic wastes. *Turk. J. Biol.* 33: 171-179.
- Fanadzo M, Zireva DT, Dube E, Mashingaidze AB (2010) Evaluation of various substrates and supplements for biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju* and *Pleurotus ostreatus*. *Afr. J. Biotechnol.* 9: 2756-2761.
- FAOSTAT (2013) *Estadísticas de Producción Mundial de Hongos y Trufas*. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- García E (1987) *Modificaciones al Sistema de Clasificación de Koppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana)*. 4ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp. 45-59.
- Gayosso CM (2001) Caracterización de los componentes de un extracto de primordios de *Pleurotus ostreatus* que induce su fructificación. Tesis. Universidad de Colima. México. pp. 52-67.
- Herrera HJG, Lorenzana HG (1994) *Aplicaciones de SAS (Statistical Analysis System) a los Métodos Estadísticos*. Apoyo Didáctico N° 3. Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. México. pp. 20-50.
- Ibekwe VI, Azubuike PI, Ezeji EU, Chinakwe EC (2008) Effects of nutrient sources and environmental factors on the cultivation and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Pak. J. Nutr.* 7: 349-351.
- INFDM (1998) *Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Guerrero. Municipio de Cocula*. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. México. [www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/guerrero/12049a.htm](http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/guerrero/12049a.htm)
- Jafarpour M, Zand AJ, Dehdashtizadeh B, Eghbalsaiied S (2010) Evaluation of agricultural wastes and food supplements usage on growth characteristics of *Pleurotus ostreatus*. *Afr. J. Agric. Res.* 5: 3291-3296.
- Khan NA, Ajmal M, Haq IU, JavedN, Ala MA, Binyamin R, Khan SA (2012) Impact of sawdust using various woods for effective cultivation of oyster mushroom. *Pak. J. Bot.* 44: 399-402.
- Kües U, Liu Y (2000) Mini-review: Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 54: 141-152.
- Magae Y (1999) Saponin stimulates fruiting of the edible basidiomycete *Pleurotus ostreatus*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 63: 1840-1842.
- Medina CTS, Alvarado RD, Baltasar DM (2000) Producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer, un Ensayo Preliminar. *I Simp. Latinoam. de Cultivo de Hongos Comestibles*. Xalapa, México. pp. 34.
- Melo CS, Sales-Campos C, Nogueira MC (2010) Mushrooms of the *Pleurotus* genus: a review of cultivation techniques. *Interciencia* 35: 177-182.
- Mora VM, Martínez-Carrera D (2007) Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas de *Pleurotus* spp. En Sánchez JE, Martínez-Carrera D, Mata G, Leal H (Eds.) *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. ECOSUR-CONACYT. México. pp. 25-45.
- Oseni TO, Dube SS, Wahome PK, Masarirambi MT, Earnshaw DM (2012) Effect of wheat bran supplement on growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on fermented pine sawdust substrate. *Exp. Agric. Horticult.* 12(4): 30-40.
- Pokhrel CP, Kalyan N, Budathoki U, Yadav RKP (2013) Cultivation of *Pleurotussajor-caju* using different agricultural residues. *Int. J. Agric. Policy Res.* 1(2): 19-23.
- Raymond P, Mshandete AM, Kivaisi AK (2013) Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus HK-37*) on solid sisal waste fractions supplemented with cow dung manure. *J. Biol. Life Sci.* 4: 273-286.
- Rodríguez-Morán NJ (2010) Inducción de primordios fructíferos en *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fries) Kummer, con productos químicos y orgánicos. Tesis. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. México. pp. 54-71.
- Romero JAM, Rodríguez GA, Pérez MR (2010) *Pleurotus ostreatus. Importancia y tecnología de cultivo*. [www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/revistas/index/assoc/hash9944/72cca056.dir/doc.pdf](http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/revistas/index/assoc/hash9944/72cca056.dir/doc.pdf)
- Ruhul ASM, Chandra SN, Alam N, Yesmin S, Bari MKH (2007) Cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacquin ex Fr.) Kummer) on sugarcane bagasse supplemented with wheat bran and wheat flour. *Bangl. J. Mushr.* 1: 45-49.
- Sánchez EJ, Royse D (2002) La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. 1ª ed. Limusa. México. pp. 128-201.
- SAS (1999) *SAS User's Guide: Statistics*. Release 6.03. Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC, EEUU. 1028 pp.
- Silva-García F (2009) Compuestos que inducen la producción de primordios fructíferos en *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fries) Kummer, en el Valle de Cocula, Gro. Tesis. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. México. pp. 43-61.
- Stoop JMH, Mooibroek H (2009) Advances in genetic analysis and biotechnology of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 52: 474-483.
- Torres MA (2011) Producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fries) Kummer, en sustratos regionales de Tlayacapan, Morelos. Tesis. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. México. pp. 34-55.
- Vargas DiB, Velasco VJ (2010) Cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). En: <http://www.sra.gob.mx/internet/informaciongeneral/programas/fondotierras/manuales/CultivoHongoSeta.pdf>
- Velasco VJ, Vargas DE (2004) *Cultivo del Hongo Seta (Pleurotus ostreatus)*. Manual de Producción. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 24 pp.
- Wessels JGH (1993) Fruiting in the higher fungi. *Adv. Microb. Physiol.* 34: 147-202.
- Zavaleta-Roman CA (2007) Producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fries) Kummer en sustratos regionales. Tesis. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. México. pp. 57-65.