



AgEcon SEARCH

RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

EVALUACIÓN DE MEZCLAS PARA SUSTRATO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm

EVALUATION OF SUBSTRATE MIXTURES FOR PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm

Heredia-Solís A.¹, Esparza-Ibarra E.L.², Romero-Bautista L.³, Cabral-Arellano F.J.², Echavarría-Chairez F.G.¹ y Bañuelos-Valenzuela R.^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAZ. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo Km. 31.5, CP. 98500. ²Unidad Académica de Biología, UAZ. Preparatoria S/N., col. Progreso, Zacatecas, CP 98060. ³Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5, Pachuca, Hidalgo, CP. 42184.

***Autor de correspondencia:** apozolero@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el bagazo de *Agave salmiana* ssp. *crassispina* y *Agave angustifolia* ssp. *tequilana* var. *azul*, subproducto de la industria del mezcal, en diferentes tratamientos con salvado de trigo, viruta de pino, viruta de nogal, viruta de cedro y paja de avena, usado como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*; determinando cual mezcla es la más adecuada para el cultivo del hongo. Se realizó análisis bromatológico a cada tratamiento al inicio del cultivo, determinando las variables de humedad, cenizas, fibra cruda, proteína cruda, lípidos, azúcares reductores totales; así como cuantificación de la eficiencia biológica de *P. ostreatus*. Se analizó estadísticamente mediante la prueba HSD de Tukey, registrando que la mezcla bagazo de *A. angustifolia* ssp. *tequilana* var. *azul* mezclado con 30% de viruta de nogal y 5% de salvado de trigo, obtuvo la eficiencia biológica de 33.24%.

Palabras clave: Hongos comestibles, bagazo de agave, eficiencia biológica.

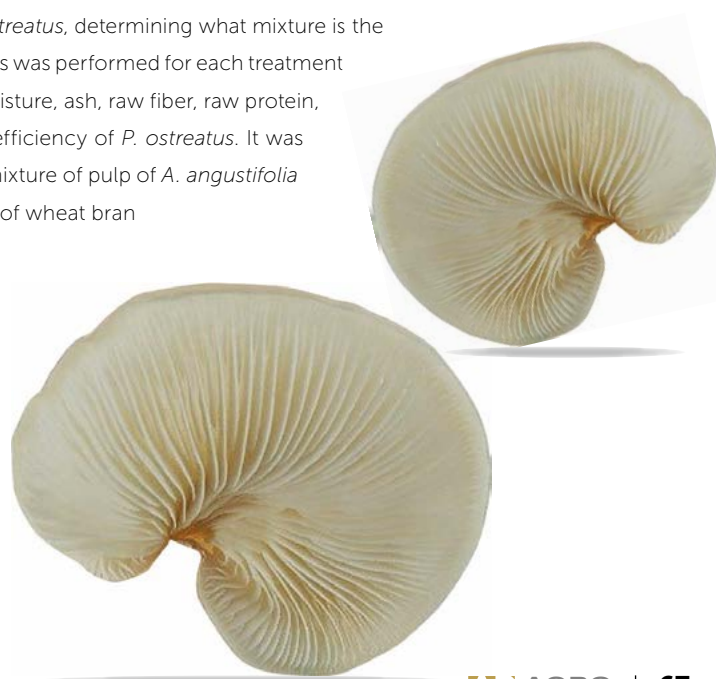
ABSTRACT

The pulp of *Agave salmiana* ssp. *crassispina* and *Agave angustifolia* ssp. *tequilana* var. *azul*, byproduct of the mezcal industry, was evaluated in different treatments with wheat bran, pine shavings, walnut shavings, cedar shavings and oats straw, used as substrate for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*, determining what mixture is the most adequate to cultivate the mushroom. A bromatological analysis was performed for each treatment at the beginning of the cultivation, determining the variables of moisture, ash, raw fiber, raw protein, lipids, total reducing sugars, as well as quantifying the biological efficiency of *P. ostreatus*. It was analyzed statistically through the HSD Tukey test, finding that the mixture of pulp of *A. angustifolia* ssp. *tequilana* var. *azul* mixed with 30 % of walnut shavings and 5% of wheat bran obtained a biological efficiency of 33.24 %.

Keywords: Edible mushrooms, agave pulp, biological efficiency.

Agroproductividad: Vol. 9, Núm. 6, junio, 2016. pp: 67-72.

Recibido: abril, 2015. **Aceptado:** febrero, 2016.



INTRODUCCIÓN

En general los hongos contienen 90% de agua y 10% de materia seca; y su composición química los hace atractivos desde un punto de vista nutricional, porque son altos en proteínas, minerales (calcio, fósforo y hierro), carbohidratos y bajos en contenido de lípidos, además de que contienen fibra, lo que los hace muy digestibles (Akyuz y Kirbag, 2009; Sánchez, 2010; Wang *et al.*, 2001; Hui-Bao *et al.*, 2012). Especies de *Pleurotus* spp., han sido utilizadas por diversas culturas en el mundo (Chang y Miles, 2004), ya que además son relativamente fáciles de cultivar y rápida adaptación, son cosechadas en todo el mundo y su producción se ha incrementado rápidamente en los últimos años (Chang y Miles, 2004). Actualmente, el género ocupa el tercer lugar de los hongos cultivados a nivel mundial, después de *Agaricus* y *Lentinula* (Gaitán-Hernández *et al.*, 2009). Gran variedad de productos agrícolas han sido utilizados como sustratos para el cultivo de hongos ostra. La bioconversión de los residuos lignocelulósicos a través de la producción de *Pleurotus* spp., ofrece la oportunidad de utilizar los recursos renovables en la generación de alimentos ricos en proteínas (Akyuz y Kirbag, 2009). Una amplia gama de desechos agrícolas como paja de arroz, de trigo, de soya, bagazos, tallos de maíz, residuos de algodón, tallos y hojas de plátano, aserrín, entre otros, que son ricos en lignina y celulosa, pueden ser utilizados para la producción de *Pleurotus* spp. (Akyuz y Kirbag, 2009; Chang y Miles, 2004; Sánchez, 2010). Ya que además estos residuos agroindustriales, proveen las fuentes de carbono, nitrógeno, azufre y fósforo necesarias para el desarrollo adecuado de la biomasa fúngica (Madigan *et al.*, 1997). Por lo anterior se evaluaron mezclas de bagazo de *Agave salmiana* y *Agave angustifolia*, subproducto de la industria del mezcal, en diferentes tratamientos con salvado de trigo, viruta de pino, viruta de nogal, viruta de cedro y paja de avena, para el cultivo de *P. ostreatus*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un diseño de tratamientos (Cuadro 1) para combinar diferentes materias primas y con ello permitir el crecimiento óptimo del hongo, además de determinar el tratamiento que generara mayores rendimientos en el cultivo de este hongo. Se utilizó semilla de sorgo para generar el inóculo de la cepa de *P. ostreatus*, que se caracteriza por formar el desarrollo masivo del micelio.

El bagazo de *A. salmiana* y *A. angustifolia* (subproducto lignocelulósico) fue obtenido de las fabricas productoras de mezcal del estado de Zacatecas,

México, posteriormente se le agrego diferentes suplementos (viruta de nogal, viruta de pino, viruta de cedro, paja de avena y salvado de trigo). Los sustratos fueron esterilizados durante 20 minutos en autoclave y después fueron inoculados con *P. ostreatus*. Posteriormente se incubaron a 27 °C por 50 días en fase oscura, una vez formados los primordios se les disminuyó la temperatura a 25 °C, además se expusieron a luz tenue (fase luminosa) con humedad en el sustrato de 60% a 65%, según la técnica descrita por Guzmán *et al.* (2008). Cada tratamiento se realizó por triplicado, dando un total de 36 unidades experimentales, las cuales además se sometieron a un análisis bromatológico al inicio del cultivo. Se determinó humedad, lípidos, cenizas, proteínas y fibra, de acuerdo a las metodologías establecidas por la AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1990). Por otra parte se obtuvo el porcentaje de azúcares reductores totales en ambos bagazos, empleando el método del DNS (Miller, 1959). Una vez que se produjeron los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, fueron pesados para determinar la eficien-

Cuadro 1. Diseño de tratamientos para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*.

Tratamiento	Combinación de las mezclas para sustrato					
	Bagazo	%	Suplemento	%	Suplemento	%
S1	<i>Agave salmiana</i>	100	-	-	-	-
S2	<i>A. salmiana</i>	85	-	-	Salvado de trigo	15
S3	<i>A. salmiana</i>	65	Viruta de pino	30	Salvado de trigo	5
S4	<i>A. salmiana</i>	65	Viruta de cedro	30	Salvado de trigo	5
S5	<i>A. salmiana</i>	65	Viruta de nogal	30	Salvado de trigo	5
S6	<i>A. salmiana</i>	65	Paja de avena	30	Salvado de trigo	5
A1	<i>A. angustifolia</i>	100	-	-	-	-
A2	<i>A. angustifolia</i>	85	-	-	Salvado de trigo	15
A3	<i>A. angustifolia</i>	65	Viruta de pino	30	Salvado de trigo	5
A4	<i>A. angustifolia</i>	65	Viruta de cedro	30	Salvado de trigo	5
A5	<i>A. angustifolia</i>	65	Viruta de nogal	30	Salvado de trigo	5
A6	<i>A. angustifolia</i>	65	Paja de avena	30	Salvado de trigo	5

cia biológica (EB), que se expresa como el peso fresco de los hongos (cuerpo fructífero), dividido entre el peso seco del sustrato y multiplicado por cien. Los datos obtenidos se analizaron con un diseño bifactorial y mediante la prueba HSD de Tukey con valor de $\alpha=0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis bromatológico de las mezclas de bagazo de agave con los distintos suplementos, proporciono información sobre el contenido de biomoléculas que dispone el hongo para sus distintas formas metabólicas. Los Cuadros 2 y 3 muestran los sustratos que contenían bagazo de *A. salmiana* y *A. angustifolia*, respectivamente. Un valor de humedad en el sustrato de entre 65% y 70% y humedad relativa alta; son uno de los criterios importantes para el desarrollo óptimo del hongo *P. ostreatus* (Guzmán *et al.*, 2008). Los tratamientos utilizados en el cultivo de *P. ostreatus* presentaron valores de humedad entre 7.3 - 8.4% (Cuadro 2 y 3).

Mediante la prueba HSD de tukey, comparando únicamente los bagazos de *A. salmiana* y *A. angustifolia*, presentaron diferencia significativa. Al analizar los suplementos mediante la misma prueba, se generaron tres grupos significativamente diferentes; a) al utilizar salvado de trigo al 15% y viruta de cedro en 30% con bagazo de agave se retiene mayor humedad, b) si se mezcla viruta de pino con bagazo de agave así como viruta de

nogal con bagazo agave, se registra humedad intermedia y c) al mezclar paja de avena en 30% con bagazo de agave la retención de humedad es baja. Es importante conocer las concentraciones de metales en el sustrato ya que juegan un rol importante en la regulación de la actividad enzimática extracelular, procesos que son de suma importancia para la adquisición de carbono y de energía por el micelio de los hongos; siendo un factor importante que afecta el proceso de biodegradación del sustrato (Petr *et al.*, 2005).

En tratamientos con bagazo de *A. salmiana* se registraron valores de cenizas de 3.32% a 6.03% (Cuadro 2 y Figura 1), mientras que con bagazo de *A. angustifolia* los contenidos de ceniza fueron de 4.27% a 7.13% (Cuadro 3 y Figura 1). El análisis estadístico determinó que ambos bagazos presentan diferencias significativas. Al analizar los suplementos y sustratos con la misma prueba, se generaron dos grupos; al utilizar bagazo con salvado al 15%, bagazo con nogal al 30% y bagazo con paja de avena al 30%, se maximiza el valor de cenizas. El otro grupo comprende sustratos con bagazo y viruta de cedro y bagazo con viruta de pino, y el contenido de cenizas se minimiza.

El nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, purinas, pirimidinas y algunas vitaminas, además de ser un componente de la quitina (que es un polisacárido

Cuadro 2. Análisis bromatológico de mezclas con bagazo de *Agave salmiana* utilizadas como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

VARIABLES	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Humedad (%)	7.30 ± 0.68	8.39 ± 0.32	7.74 ± 0.35	8.18 ± 0.30	7.63 ± 0.38	7.38 ± 0.46
Cenizas* (%)	5.33 ± 0.03	5.18 ± 0.03	3.32 ± 0.00	3.59 ± 0.40	6.03 ± 0.49	4.98 ± 0.04
Proteínas* (%)	2.01 ± 0.18	3.38 ± 0.01	1.08 ± 0.30	1.49 ± 0.18	1.46 ± 0.22	1.85 ± 0.23
Fibra* (%)	31.34 ± 2.06	34.04 ± 0.39	46.40 ± 0.00	46.47 ± 0.07	47.05 ± 0.64	34.45 ± 0.60
Lípidos* (%)	1.20 ± 0.05	1.34 ± 0.09	1.32 ± 0.17	1.23 ± 0.08	1.21 ± 0.14	1.15 ± 0.14
Azúcares Reductores* (%)	52.60 ± 1.08	51.92 ± 0.32	43.82 ± 1.25	41.27 ± 1.56	39.41 ± 0.22	48.73 ± 1.25

Media y desviación estándar; * Porcentaje sobre base seca.

Cuadro 3. Análisis bromatológico de mezclas con bagazo de *Agave angustifolia* utilizadas como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

VARIABLES	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Humedad (%)	7.90 ± 0.35	8.40 ± 0.49	7.75 ± 0.16	8.18 ± 0.07	7.63 ± 0.03	7.38 ± 0.11
Cenizas* (%)	6.33 ± 0.08	6.99 ± 1.07	4.43 ± 0.22	4.27 ± 0.06	7.13 ± 0.61	6.34 ± 0.17
Proteínas* (%)	1.75 ± 0.42	4.18 ± 0.09	1.32 ± 0.02	1.50 ± 0.28	1.73 ± 0.41	1.87 ± 0.50
Fibra* (%)	53.55 ± 0.09	47.97 ± 1.40	58.11 ± 1.45	58.99 ± 0.56	57.25 ± 1.41	46.80 ± 1.91
Lípidos* (%)	0.47 ± 0.15	0.77 ± 0.07	0.60 ± 0.01	0.69 ± 0.03	0.69 ± 0.08	0.77 ± 0.02
Azúcares reductores* (%)	5.16 ± 1.08	4.54 ± 0.08	4.48 ± 0.16	4.97 ± 0.04	5.93 ± 0.09	4.98 ± 0.02

Media y desviación estándar; * Porcentaje sobre base seca.

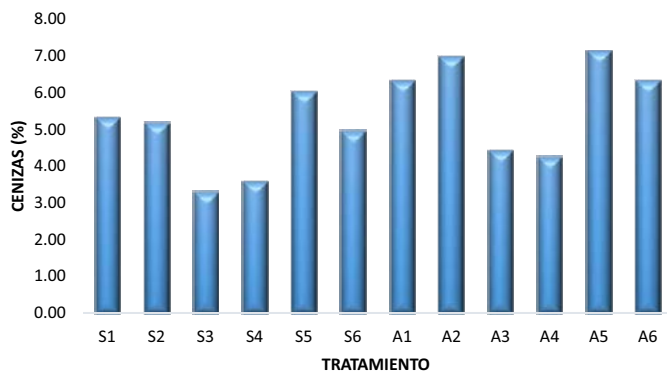


Figura 1. Porcentaje de cenizas en diferentes mezclas con bagazo de agaves.

encontrado en las paredes celulares de la mayoría de los hongos), las principales fuentes de nitrógeno se obtienen de la degradación de los aminoácidos, peptona, caseína, urea, o por medio de sulfatos y nitratos de amonio, sodio, potasio y calcio, pero no todos son adecuadas para todas las especies (Guzmán *et al.*, 2008; Chang y Miles, 2004). Los dos tratamientos que sobresalen en el contenido de

gazo, c) donde se minimiza el contenido de proteínas con formulación de viruta de pino al 30% y bagazo.

Los tratamientos que tuvieron como compuesto mayoritario bagazo de *A. salmiana* registraron niveles más altos de lípidos (0.47% a 0.77%) en comparación con tratamientos que tuvieron bagazo de *A. angustifolia* (1.15% a 1.34%) (Figura 2 B, Cuadro 2 y 3); esta diferencia entre los bagazos es debido a condiciones ambientales donde crecen, ya que *A. salmiana* presenta mayor concentración de lípidos, debido a que se desarrolla en regiones donde las precipitaciones son menores (450 mm) y hay altas temperaturas (en ocasiones exceden 55°C) (Iñiguez-Covarrubias *et al.*, 2000), además soporta heladas de hasta -14 °C, y sequías prolongadas (Gómez-Hinostrosa y Hernández, 2000); motivo por el cual su metabolismo se ve inducido a sintetizar mayor cantidad de lípidos para tolerar las condiciones de estrés.

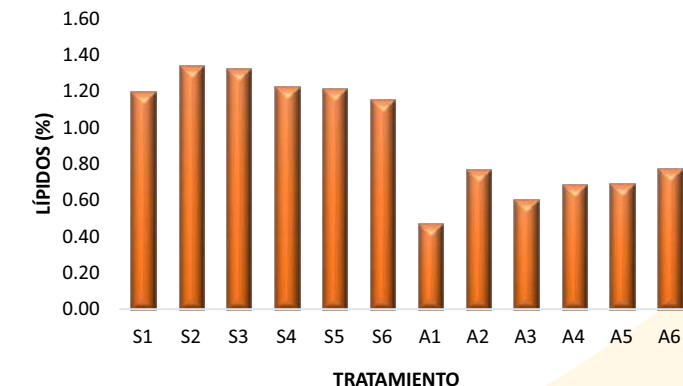
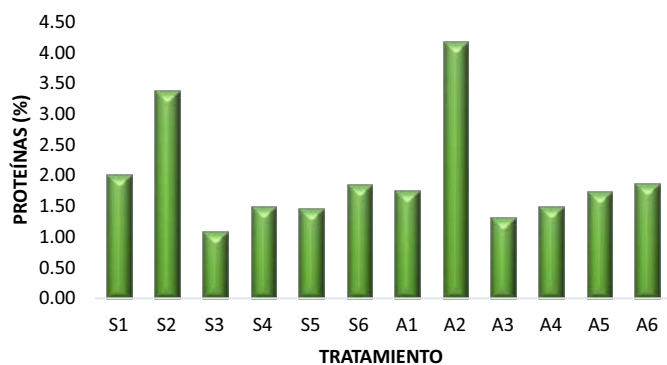


Figura 2. A: Contenido de proteínas en diferentes mezclas con bagazo de agave. B: Contenido de lípidos en diferentes mezclas con bagazo de agave.

proteínas, son los que contienen en su formulación 30% de salvado de trigo (Figura 2A), ya que individualmente contienen 18.6% de proteína (Vargas-González, 2000); mezclado con bagazo de *A. salmiana* obtiene un contenido de 3.38% de proteínas (Cuadro 2) y mezclado con bagazo de *A. angustifolia* alcanzo un total de 4.18% (Cuadro 3), sin presentar diferencias estadísticas en cuanto al contenido de proteínas, por el contrario, el suplemento registró diferencias significativas formando tres grupos: a) utilizando salvado de trigo en 30% con bagazo donde el valor de proteína es el más elevado, b) formado por los que contienen 30% paja de avena con bagazo y al utilizar únicamente ba-

Referente al contenido de fibra los valores se elevaron en los tratamientos donde se les agrego como suplemento virutas de cedro, viruta de pino y viruta nogal (Cuadro 2 y 3), debido a que estos compuestos individualmente presentan valores muy elevados de fibra (entre 68% y 78%). Analizando estadísticamente los valores de fibra para los diversos tratamientos mediante la prueba HSD de Tukey, los bagazos de *A. salmiana* y *A. angustifolia* presentan diferencias significativas, mientras que los suplementos formaron dos grupos de acuerdo al contenido de fibra; el sustrato contiene un mayor contenido de fibra al utilizar como suplemento viruta de nogal, pino y cedro, mientras que el contenido de fibra se minimiza en el sustrato si se utiliza bagazo mezclado con salvado de trigo a un 15% y con paja de avena a 30% o únicamente bagazo. Al determinar el porcentaje de azúcares reductores (ARTs), los tratamientos con bagazo de *A. salmiana* presentan concentraciones elevadas de estos carbohidratos (39.41% a 52.6%) y en los de *A. angustifolia* registraron valores inferiores cercanos a 5% (Cuadro 2

y 3); ello debido a que es poco eficiente la extracción de los azúcares en el proceso de la molienda, en empresas de mezcal que utilizan el *A. salmiana* (García-Herrera et al., 2010), por lo que en los sustratos que contienen este bagazo (*A. salmiana*), el hongo dispone de mayor cantidad de carbohidratos en forma libre y no formando parte de la estructura de los polímeros de fibra. Estadísticamente los bagazos presentan diferencia significativa, en el contenido de ARTs, si el objetivo es maximizar estos carbohidratos es recomendable utilizar el de *A. salmiana*; por el contrario si es mejor un sustrato con menor cantidad de ARTs entonces es recomendable el de *A. angustifolia*. Mientras que al analizar los suplementos con la prueba de Tukey, se generan tres grupos; para maximizar los ARTs se recomienda utilizar únicamente bagazo o combinado con salvado de trigo al 30%, valores intermedios de ARTs se presentan si se utiliza bagazo de agave con paja de avena y para disminuir estos valores el sustrato debe contener bagazo mezclado con viruta ya sea de nogal, pino o cedro.

De acuerdo a los datos obtenidos la EB producida en general fue más alta en los sustratos que contienen bagazo de *A. angustifolia* y el sustrato que obtuvo el mayor rendimiento fue el que contenía bagazo de *A. angustifolia* mezclado con viruta de nogal y salvado de trigo, con un valor de 33.24% (Cuadro 4, Figura 3). Estadísticamente se obtuvo una diferencia significativa entre bagazos, siendo *A. angustifolia* el que eleva la EB; mientras que los suplementos, estadísticamente fue diferente la mezcla de bagazo con viruta de pino y con viruta de nogal se maximiza la EB, y si el sustrato es únicamente bagazo la EB disminuye. La eficiencia biológica (EB) depende básicamente de la composición del sustrato, y valores similares a los registrados con estos sustratos a base de bagazo de agaves fueron obtenidos por Obodai et al. (2003), utilizando hojas de plátano

como sustrato (37.15%) y rastrojo de maíz (29.26%). La literatura reporta que *P. ostreatus* puede llevar a obtener una EB de 160%, utilizando como sustrato pulpa de café (Koutrotsios et al., 2014; Obodai et al., 2003; Mora y Martínez, 2007; Shah et al., 2004).

Son diversos los criterios a tomar en cuenta para evaluar que sustrato es mejor para el cultivo del hongo comestible *P. ostreatus*, pero un punto importante a tomar en cuenta al seleccionar el sustrato a gran escala es determinado por la abundancia y el costo de este sustrato (Obodai et al., 2003), de acuerdo a este criterio el bagazo que se genera como residuo en la industria de diversas bebidas destiladas, está ampliamente disponible.

De acuerdo al análisis de los diversos tratamientos como sustrato para el cultivo de *P. ostreatus* y teniendo en consideración que los mayores valores de EB se presentaron en tratamientos que contienen bagazo de *A. angustifolia* mezclado con 30% de viruta de nogal y 5% de salvado de trigo, seguido por una mezcla de *A. angustifolia* con 30% de viruta de cedro y 5% de salvado de trigo, se deduce que el hongo favorece su

reproducción en sustratos con limitación nutricional, con ello aumenta la producción de cuerpos fructíferos del hongo. No así los tratamientos que contienen un sustrato nutricionalmente más disponible, en ellos se incrementa en mayor proporción la parte vegetativa del hongo y no así su reproducción indicando que el crecimiento micelial y el rendimiento de hongos tiene diferentes requerimientos. Además el sustrato es muy susceptible a secarse, el cual afecta la formación de esporas, dada la naturaleza del aserrín o viruta a contener la humedad, en los tratamientos que utilizan estos suplementos se favorece el aumento de la EB (Obodai et al., 2003). En el estado de Zacatecas hay dos re-

Cuadro 4. Eficiencia Biológica de *P. ostreatus* en diversos sustratos.

Tratamiento	Eficiencia biológica (%)	Tratamiento	Eficiencia biológica (%)
S1	15.49 ± 1.45	A1	10.10 ± 1.73
S2	18.86 ± 1.72	A2	17.66 ± 3.49
S3	17.96 ± 3.34	A3	28.52 ± 3.70
S4	11.90 ± 2.02	A4	25.28 ± 8.30
S5	11.04 ± 2.06	A5	33.24 ± 3.26
S6	14.24 ± 3.57	A6	20.95 ± 4.10

Media y desviación estándar.

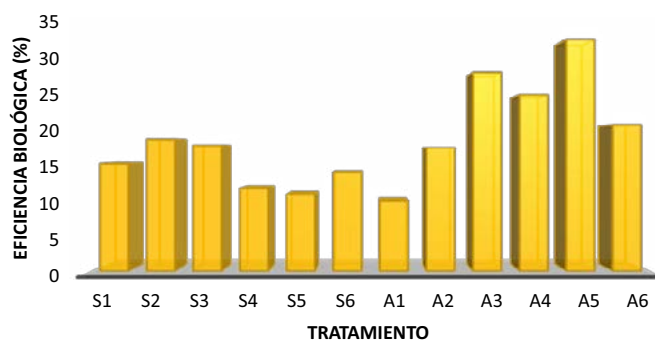


Figura 3. Eficiencia biológica producida por *Pleurotus ostreatus*.

reproducción en sustratos con limitación nutricional, con ello aumenta la producción de cuerpos fructíferos del hongo. No así los tratamientos que contienen un sustrato nutricionalmente más disponible, en ellos se incrementa en mayor proporción la parte vegetativa del hongo y no así su reproducción indicando que el crecimiento micelial y el rendimiento de hongos tiene diferentes requerimientos. Además el sustrato es muy susceptible a secarse, el cual afecta la formación de esporas, dada la naturaleza del aserrín o viruta a contener la humedad, en los tratamientos que utilizan estos suplementos se favorece el aumento de la EB (Obodai et al., 2003). En el estado de Zacatecas hay dos re-

giones donde se produce mezcal a partir de agaves, una que utiliza *A. salmiana* ssp. *crassispina* y otra *A. angustifolia* ssp. *tequilana* var. *azul*. En ambas regiones se genera como subproducto de la molienda, grandes cantidades de bagazo, el cual se acumula en el ambiente y se degrada lentamente, pero sobre todo no se le da un uso que genere beneficios (Heredia-Solís et al., 2014); por ello el interés se centra en utilizarlo como sustrato para la producción del hongo comestible *P. ostreatus*, mezclado con los distintos suplementos (Figura 4).

CONCLUSIONES

La mayor EB obtenida fue de 33.24% en el sustrato con una formulación de bagazo de *A. angustifolia* mezclado con 30% de viruta de nogal y 5% de salvado de trigo. De acuerdo a los análisis de los tratamientos utilizados en el cultivo de *P. ostreatus*, la EB aumenta cuando el sustrato se encuentra limitado nutrimentalmente (menor contenido de proteínas, lípidos y azúcares reductores, únicamente con un incremento de minerales y fibra), ya que con ello el hongo *P. ostreatus* induce su reproducción, aumentando por consiguiente la cantidad de cuerpos fructíferos.

LITERATURA CITADA

Akyuz M., Kirbag S. 2009. Nutritive value of *Pleurotus eryngii* (DC. ex Fr.) quel. var. *eryngii* grown on various agro-wastes. The philippine agricultural scientist 92: 327-331.

Chang S.T., Miles P.G. 2004. Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. Second edition. Boca raton London New York. Washington, D.C.

Gaitán-Hernández R., Solomons D., Perez-Merlo R., Mata G., 2009. Evaluación de la eficiencia biológica de cepas de *Pleurotus pulmonarius* en paja de cebada fermentada. Revista Mexicana de Micología 30: 63-71.



Figura 4. Cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*.

- García-Herrera E, Méndez-Gallegos S, Talavera-Magaña D. 2010. El género *Agave* spp. en México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica. Revista Salud Pública y Nutrición 5: 109-129.
- Gómez-Hinostrosa C., Hernández H., 2000. Diversity, geographical distributions, and conservation of cactaceae in the Mier y Noriega region, México. Biodiversity and conservation 9(3): 403-418.
- Guzmán G., Mata G., Salmenes D., Soto-Velazco C., Guzmán-Dávalos L. 2008. El cultivo de los hongos comestibles con especial atención a las especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- Heredia-Solís A., Esparza-Ibarra E., Romero-Bautista L., Cabral-Arellano F., Bañuelos-Valenzuela R. 2014. Bagazos de *Agave salmiana* y *Agave weberi* utilizados como sustrato para producir *Pleurotus ostreatus*. Revista Iberoamericana de Ciencias 1(5): 103-110.
- Hui-Bao H., Tarbasa M., Mun Chae H., Gyan You S. 2012. Molecular properties of water-unextractable proteoglycans from *hypsizygus marmoreus* and their in vitro immunomodulatory activities. Molecules 17: 207-226.
- Iñiguez-Covarrubias G., Lange S.E., Rowell R.M. 2000. Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: agave bagasse as a raw material for animal feeding and fiberboard production. Bioresource Technology 77: 25-32.
- Koutrotsios G., Mountzouris K.C., Chatzipavlidis I., Zervakis G.I. 2014. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi – Assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. Food Chemistry 161: 127-135.
- Madigan M.T., Martinko J.M., Parker J. 1997. Brock Biology of microorganisms. 8 edición. Editorial Prentice Hall. New Jersey, U.S.A. p 986.
- Miller G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry 31: 421-426.
- Mora V.M., Martínez-Carrera D. 2007. Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. Capítulo 1.1, pp. 17. In: El cultivo de setas *Pleurotus* spp. en México. ECOSUR-CONACYT, México, D.F.
- Obodai M., Cleland-Okine J., Vowotor K.A. 2003. Comparative study on the growth and yield of *Pleurotus ostreatus* mushroom on different lignocellulosic by-products. J Ind Microbiol Biotechnol 30:146-149.
- Petr B., Vendula V., Jiri G. 2005. Degradation of lignocellulose by *Pleurotus ostreatus* in the presence of copper, manganese, lead and zinc. Research in Microbiology 156: 670-676.
- Sánchez C. 2010. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. Appl Microbiol Biotechnol 85:1321-1337.
- Shah Z.A., Ashraf M., Ishtiaq M. 2004. Comparative study on cultivation and yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (wheat straw, leaves, saw dust). Pakistan Journal of Nutrition 3: 158-160.
- Vargas-González E. 2000. Composición de los subproductos del trigo utilizados en la alimentación de animal en costa rica. Nutrición animal tropical 6: 23-38.
- Wang D., Sakoda A., Suzuki M. 2001. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. Bioresource Technology 78: 293-300.