



## EVALUACIÓN DE LIRIO ACUÁTICO (*Eichhornia crassipes*) Y ESQUILMOS AGRÍCOLAS PARA LA PRODUCCIÓN DE SETAS<sup>†</sup>

### [EVALUATION OF AQUATIC LILY (*Eichhornia crassipes*) AND AGRICULTURAL WASTES FOR PRODUCTION OF OYSTER MUSHROOM]

Arizandy Cruz-Montes<sup>1</sup>, Omar Romero-Arenas<sup>1\*</sup>, José Antonio Rivera-Tapia<sup>2</sup>, Armando Tapia-Hernández<sup>2</sup>, Gerardo Landeta-Cortés<sup>3</sup> and O. Agustín Villarreal-Espino-Barros<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Agroecología, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP); Edificio VAL 1, Km 1,7 carretera a San Baltazar Tetela, San Pedro Zacachimalpa, 72960, Puebla, México. E-mail: zandy.azul@gmail.com; biol.ora@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas, ICUAP-BUAP; Edificio 103-J, Ciudad Universitaria. 72570, Puebla, México. E-mail: jart70@yahoo.com; tapiarmando@yahoo.com.mx

<sup>3</sup> Centro de Vinculación y Transferencia de Tecnología, BUAP; Prolongación de la 24 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel C.P. 72570. Puebla, México. E-mail: gerardolandeta@yahoo.com.mx

<sup>4</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, BUAP; 4 Sur 304 Col. Centro, CP 75 482. Tecamachalco, Puebla-México. E-mail: oscar.villarreal@hot.com

\*Corresponding author

#### RESUMEN

Se evaluó la producción de la cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus* en lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en comparación y combinación con algunos residuos agrícolas de la región de Valsequillo, Puebla. El lirio acuático fue colectado en la presa Manuel Ávila Camacho en el municipio de San Pedro Zacachimalpa para ser utilizado en el cultivo de la cepa CP-50 en condiciones controladas. Se realizó un diseño experimental de bloques al azar con un total de 240 unidades de producción. La mayor eficiencia biológica (EB) es para el tratamiento rastrojo de maíz (136.6%) y el tratamiento MLA (120.6%), la EB más baja fue para el tratamiento LA con 12.3%. Los análisis bromatológicos demostraron que el lirio acuático puede aumentar el contenido en proteína cruda de los esporomas, donde el mayor porcentaje se obtuvo en el tratamiento LA con 32.6% y un valor energético de 267.20 Kcal/100 g. Adicionalmente, se demostró en las pruebas para metales pesados que el consumo de setas cultivadas en sustratos complementados con *E. crassipes* no presenta toxicidad alimentaria, puesto que cumplen con los parámetros de Codex Alimentarium de la FAO. La producción de setas se vio favorecida al utilizar *E. crassipes* en residuos agrícolas como paja de cebada y rastrojo de maíz, por lo que representa una excelente opción para la producción de alimentos de alta calidad proteica y para un manejo más adecuado de lirio acuático dentro de la presa Manuel Ávila Camacho, Puebla.

**Palabras claves:** Esporomas; eficiencia biológica; valor energético; residuos agrícolas; metales pesados.

#### SUMMARY

The production of the CP-50 strain of *Pleurotus ostreatus* in water lily (*Eichhornia crassipes*) was evaluated in comparison and combination with some agricultural residues of the region Valsequillo, Puebla. The water lily was collected in the Manuel Ávila Camacho dam in the municipality of San Pedro Zacachimalpa to be used in the cultivation of the CP-50 strain under controlled conditions. An experimental random block design was carried out with a total of 240 production units. The highest biological efficiency (EB) is for the corn stubble treatment (136.6%) and the MLA treatment (120.6%), the lowest EB was for the LA treatment with 12.3%. The bromatological analyzes showed that the water lily can increase the crude protein content of the sporomes, where the highest percentage was obtained in the LA treatment with 32.6% and an energy value of 267.20 Kcal / 100 g. Additionally, it was demonstrated in the tests for heavy metals that the consumption of mushrooms grown on substrates supplemented

<sup>†</sup> Submitted October 05, 2017 – Accepted February 15, 2017. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License

with *E. crassipes* does not present food toxicity, since they comply with the parameters of the FAO Codex Alimentarium. The production of mushrooms was favored when using *E. crassipes* in agricultural residues such as barley straw and corn stubble, which represents an excellent option for the production of high protein food and for a more adequate management of aquatic lily within of the Manuel Ávila Camacho dam, Puebla.

**Key words:** Esporomas; biological efficiency; energy value; agricultural residues; heavy metals.

## INTRODUCCIÓN

México es el mayor productor de hongos comestibles de Latinoamérica, generando alrededor del 80.8% de la producción total de la región seguido por Brasil (7.7%) y Colombia (5.2%), además México se ubica como el 13o. a nivel mundial (Romero-Arenas *et al.*, 2015). El género *Pleurotus* es la segunda seta más cultivada, constituye aproximadamente el 19% de la producción mundial (Suárez y Nieto, 2013; Royse *et al.*, 2016) y en México se ha incrementado en los últimos 10 años; para el año 2015 presentó una producción de 2,728.95 Ton., que corresponde a una proporción del 4.76%, de la producción total (Martínez-Carrera *et al.*, 2016).

La producción de setas a pequeña escala se ha incrementado en zonas rurales (Martínez-Carrera, 2002), debido a la facilidad del cultivo, a su alto rendimiento, calidad nutricional y a la utilización de los residuos agrícolas como una alternativa para producir alimentos y destinar los remanentes post-cosecha a otros usos agropecuarios. Por ejemplo, se han observado mejoras en el rumen de bovinos cuando son alimentados con estos materiales, puesto que existen mejoras en el valor nutricional del rastrojo una vez procesado por los hongos (Márquez-Araque *et al.*, 2007). Además, se ha usado como medio para la germinación y crecimiento de plántulas de *Pinusseudostrobus*, lombricultura y elaboración de composteras y abonos (Montañez *et al.*, 2004; Wing-Ching y Alvarado, 2009; Luna *et al.*, 2013; Flores *et al.*, 2015).

El género *Pleurotus* es fuente de un potencial *biotecnológico* muy prometedor que abarca multitud de campos de aplicación; debido a su capacidad de degradar celulosa, hemicelulosa y lignina, además por su facilidad para el cultivo y su potencial económico (Patil *et al.*, 2010; Andrino *et al.*, 2011; Martínez, 2012). En los últimos años se han estudiado los beneficios que aportan las setas, es decir, por cada 100 g de hongo en peso seco, el 17% es de proteína y el 7% de aminoácidos esenciales, como la leucina y el triptófano (Arriaga y Morales, 2009; Deepalakshmi y Mirunalini, 2014), además se ha detectado que tienen propiedades medicinales como antitumorales, antibióticas, antivirales y antioxidantes, entre otros beneficios; por el contenido en  $\beta$ -D-glucano en su pared celular (Patel *et al.*, 2012). A nivel comercial se

han obtenido fructificaciones en paja de cebada, paja de trigo, pulpa de café, etc., en diferentes regiones de Puebla (Romero *et al.*, 2010; Gamarra *et al.*, 2013). Estos beneficios repostados previamente en investigaciones, son un argumento para incentivar la búsqueda de nuevas tecnologías para aprovechar los subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales generados en el campo Poblano para el cultivo de setas, así como darles un manejo adecuado para no generar daños al ambiente (López-Rodríguez *et al.*, 2008).

El lirio acuático (*E. crassipes*) es una planta invasiva que puede tolerar un amplio rango de condiciones ambientales, como altas y bajas temperaturas, extrema humedad o sequía, alta o baja iluminación, acidez, basicidad y altas condiciones de salinidad (Hossain *et al.*, 2015). Estas características lo convierten en una de las principales plagas del mundo (Bonilla-Barbosa y Santamarina, 2013), para lo cual no se ha encontrado un manejo adecuado (IMTA, 1989). El lirio acuático tiene un rendimiento de 120 ton ha/año de materia seca (D'Agua, 2015), contiene 9.3% en materia seca, 10.5% de proteína cruda, 26.9% de fibra cruda y hasta 12.4% en ceniza total; también se detectan altos niveles de celulosa y hemicelulosa (Kimenju *et al.*, 2009). Estas características lo hacen un buen sustrato para la producción de setas.

En 2012, la presa Manuel Ávila Camacho se reconoce como Humedal de Importancia Internacional "sitio Ramsar no. 2027" (Rose y Hernández, 2013) y como Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal. Consta de 23,612 ha, de las cuales aproximadamente 2,830 ha están inundadas, lo que lo convierte en el cuerpo de agua más importante del estado, sin embargo, el humedal ha sido afectado por varios años por problemas ambientales causados por *E. crassipes*, ya que su rápido crecimiento y su capacidad de formar tapetes o esteras, constriñen a las plantas nativas sumergidas y flotantes del cuerpo de agua, además evita la entrada de luz y merma el oxígeno disuelto y puede incrementar la tasa de pérdida de agua, debido a la evapotranspiración que produce, es por ello su importancia y control. (Carrión *et al.*, 2012; Rodríguez-Tapia *et al.*, 2012; Bonilla *et al.*, 2014).

El objetivo de la presente investigación representa el potencial para el cultivo de la CP-50 de *P. ostreatus*, utilizando residuos agrícolas de la región de Valsequillo Puebla, como son: trigo, maíz y cebada, complementados con lirio acuático, para aumentar la cantidad de proteína cruda y materia seca del sustrato; incrementando así el rendimiento para la producción de hongo seta en condiciones controladas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Planta Experimental de Investigación en Producción de Setas Comestibles del Centro de Agroecología, perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

### Cepas y sustratos

La cepa (CP-50) de *P. ostreatus* (Jacq.ex Fr.) Kumm., empleada en el estudio proviene del Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados que está depositada en el Cepario de Hongos Comestibles del *Campus* Puebla-México. Es mantenida en un medio compuesto de agar de dextrosa y papa (PDA) marca Bioxon a temperatura ambiente (Sobal *et al.*, 2007). Se utilizaron tres esquilmos agrícolas, los cuales fueron: paja de trigo (*T. aestivum* L.), paja de cebada (*Hordeum vulgare* L.) y rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), más lirio acuático proveniente de la presa Manuel Ávila Camacho. Este fue colectado en las coordenadas, 18°56'24" al norte y 98°11'20.29" al oeste, del municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla. Las plantas de lirio acuático fueron secadas por medio de la exposición al sol durante 18 días, en el laboratorio, simultáneamente los esquilmos agrícolas se fragmentaron mecánicamente en porciones de 1 a 3 cm de longitud con ayuda de una picadora de forraje (Romero *et al.*, 2010).

### Producción de fructificaciones de la cepa CP-50 de *P. ostreatus*

El inóculo se preparó con semilla de trigo (*T. aestivum* L.). El proceso consistió en hervir 500 g de trigo durante 20 min en 5 L de agua, se dejó reposar durante 30 min., posteriormente se escurrió en un recipiente de plástico con capacidad de 10 kg durante 60 min; se le adicionó 5 g de cal y 20 g de yeso y luego se homogenizó esta mezcla con el trigo. Se colocaron 500 g de trigo en frascos con capacidad de 700 g y se esterilizó durante 60 min a 121 °C. Cuando los frascos se enfriaron, se inocularon con 0.25 cm<sup>2</sup> de agar colonizado de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* dentro de la campana de flujo laminar (VECCO, MÉXICO) y se incubaron a temperatura ambiente durante 25 días (Romero *et al.*, 2010). Para la siembra de la cepa, los sustratos fueron pasteurizados en agua caliente a 80°C/2 h (Bandopadhyay, 2013), transcurrido el tiempo de pasteurización, los sustratos se transportaron al área de siembra para permitir su enfriamiento y el escurrimiento del exceso de humedad, alrededor de 30 min. Se prepararon bolsas de plástico de 40x60 cm con 6 kg (peso húmedo) de cada sustrato y se inocularon con la "semilla" previamente preparada en una relación 1:10. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar, el cual consta de ocho tratamientos (Tabla 1) con treinta repeticiones cada uno, dando como resultado 240 unidades de producción de cada sustrato empleado. Las muestras sembradas se incubaron a temperatura ambiente (26±2°C). Cuando el micelio colonizó completamente los sustratos y mostró la aparición de primordios, las bolsas se trasladaron al cuarto de fructificación donde se propiciaron condiciones apropiadas de humedad (70-80%), temperatura (26°-28°C), luz diurna indirecta y extracción de aire por 60 min., cada 8 h (Garzón *et al.*, 2008).

**Tabla 1.** Tratamientos evaluados, así como su respectiva descripción y código para su identificación.

Tratamiento	Código	Descripción
Rastrojo de maíz	M	Grupos testigos (6 kg) de sustratos
Lirio parte aérea	LA	
Paja de trigo	T	
Lirio con raíz	LR	
Paja de cebada	C	
Rastrojo de maíz y Lirio	ML	Rastrojo de maíz complementado con lirio (1:1)
Paja de trigo y Lirio	TL	Paja de trigo complementado de lirio (1:1)
Paja de cebada y Lirio	CL	Paja de cebada complementada de lirio (1:1)

Con las muestras obtenidas se realizaron los siguientes hallazgos:

- Eficiencia biológica: EB = gramos de hongos frescos/100 g de sustrato seco (Salmones *et al.*, 1997).
- Tasa de producción: TP = EB/tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la última cosecha.
- Tasa de biodegradación: TB= [(peso seco del sustrato inicial – peso seco del sustrato final / peso seco del sustrato inicial) \*100].
- Productividad: expresó en términos de gramos de hongos frescos por el número de cosechas totales (Chairez-Aquino *et al.*, 2015).

Los datos obtenidos se procesaron en el programa estadístico SPSS Statistics versión 17 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows, efectuando un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para determinar las diferencias entre tratamientos.

#### **Análisis químico proximal de la cepa CP-50 de *P. ostreatus***

Se realizó un análisis químico proximal del cuerpo fructífero de *P. ostreatus* obtenido de cada sustrato evaluado. Los cuerpos fructíferos fueron desecados a una temperatura de 55°C por 36 h; posteriormente se molieron hasta obtener un tamaño de partícula de 0.2 m (AOAC, 2006). El factor de conversión de nitrógeno utilizado para la proteína fue de 4.38 (Yang *et al.*, 2001), el valor energético fue calculado con los siguientes factores: Kcal/100 g = proteína X 2.62 + fibra cruda X 8.37 + carbohidratos X 3.48 (Mattila *et al.*, 2002).

#### **Determinación de metales pesados en los esporomas**

Para determinar las concentraciones de metales pesados en los esporomas, se siguió la metodología descrita por Sacristán (2015), para lo cual se hizo una digestión de las muestras en horno microondas. Previamente se secaron muestras de hongo fresco en un horno con extracción a 60°C, posteriormente se colocaron 0.5 g de muestra seca y pulverizada en vasos de tetrafluorometoxilo (TFM). En cada uno de ellos se adicionaron 9 mL de HNO<sub>3</sub> 65 % (v/v) y 3 mL de HCl (1:1). Cada recipiente fue calentado en el horno microondas durante 5 minutos con una potencia de 700 W hasta una temperatura de 180 °C y se mantienen a la misma temperatura durante 10 minutos con una potencia de 500 W, que fue constatado con una sonda de temperatura en un vaso

control. Una vez finalizada la digestión se dejaron enfriar los recipientes y la solución resultante se filtra para separar las posibles partículas residuales. Finalmente, el sobrenadante se transvasó a un matraz y se aforó a 25 mL con agua desionizada. La solución resultante se conserva en botes de plástico, previamente lavados con agua desionizada y se almacenaron a 4 °C hasta su determinación por espectrometría de emisión óptica (ICP-OES).

Los resultados obtenidos se contrastaron con datos del Codex Alimentarius de la FAO, que es una norma general para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos, donde los límites máximos permitidos, para el Cr es de 500, Cd de 100 a 25, As de 100, Cu de 5 000, Fe de 15 000, Pb entre 10 a 25 y Zn de 5 000, todos ellos en µg/kg (CODEX-STAN, 1995).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Cuantificación de la PT, EB, TP y TB de la CP-50**

Los parámetros de la producción no solo dependen del balance nutricional conseguido, sino también de aspectos ambientales, la capacidad de retención de agua del sustrato, la aireación y la humedad relativa a través del tiempo de cultivo (Mane *et al.*, 2007). El tiempo en colonización de las bolsas en el sustrato fue entre 15 y 21 días; donde se observaron mejoras significativas en el tiempo de llenado de los sustratos complementados con lirio. Lo cual fue sustancialmente mejor que en otros reportes donde los tiempos fueron entre 36 y 56 días (Mkhize *et al.*, 2016; Jafarpour y Eghbalsaeed 2012; Oseni *et al.*, 2012).

La producción total se registra en dos cortes para el tratamiento ML con un rendimiento total de 1 367.8 g; producción similar a lo obtenido por Gaitán y Huerta (2016), quienes reportaron rendimientos de 1 410 g totales para dos cortes. El menor rendimiento se registró en el tratamiento LR (403.7 g); debido a que no tuvo la capacidad de dar un segundo ciclo de hongos. No existen diferencias significativas entre los tratamientos paja de cebada, rastrojo de maíz y paja de trigo, sin embargo, los tratamientos en combinación con lirio, reportan diferencias significativas con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p\leq 0.05$ ). Los sustratos en combinación con lirio dan excelentes resultados (Tabla 2), debido a que esta especie provee de una capacidad de retención de humedad y presenta altos niveles de celulosa y hemicelulosa, enriqueciendo de esta manera a la paja de trigo y el rastrojo de maíz.

**Tabla 2.** Producción total, eficiencia biológica, tiempo de colonización y tasa de producción de la CP-50 de *P. ostreatus* en diferentes tratamientos.

Código	1 Corte (	2 Corte g	Producción total*	Tiempo de Colonización*	Eficiencia Biológica*	Tasa de Producción*
	(	)	(	(días)	(	%)
M	938.80	354.40	1293.20 <sup>a</sup>	16 <sup>ab</sup>	136.20 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>
LA	648.00	0.00	457.60 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	12.30 <sup>d</sup>	1.54 <sup>c</sup>
T	823.00	431.60	1254.60 <sup>a</sup>	18 <sup>c</sup>	91.10 <sup>bc</sup>	1.45 <sup>c</sup>
LR	403.60	0.00	403.70 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	18.40 <sup>d</sup>	0.20 <sup>d</sup>
C	1048.40	477.60	1526.00 <sup>a</sup>	21 <sup>d</sup>	98.80 <sup>bc</sup>	1.65 <sup>c</sup>
ML	1015.00	352.80	1367.80 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	120.60 <sup>ab</sup>	2.32 <sup>ab</sup>
TL	708.40	503.40	1355.10 <sup>a</sup>	17 <sup>b</sup>	81.80 <sup>c</sup>	1.39 <sup>c</sup>
CL	860.60	473.40	1334.20 <sup>a</sup>	16 <sup>ab</sup>	115.10 <sup>abc</sup>	1.89 <sup>bc</sup>
EEM			84.601	0.349	8.285	0.131
P. val			0.0281	0.005	0.008	0.003

\*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), EEM=Error Estándar de la Media, P.val= Valor de P (Probabilidad).

Bandopadhyay (2013), evalúa *P. florida*, *P. citrinopileatus* y *P. pulmonarius* utilizando el lirio en combinación con rastrojo de arroz (1:1), de este modo obtiene rendimientos máximos con *P. citrinopileatus* de 1 598.48 g en dos cortes y un total de 2 220.92 g en tres cortes. En cuanto al cultivo en lirio sin suplemento reportan un rendimiento de 1 110.4 g en dos cortes y un total de 1 447.4 g, cuya diferencia es significativa con respecto al presente estudio. Esto último puede deberse a la afinidad de *P. citrinopileatus* a los sustratos empleados.

Garzón y Cuervo (2008), muestran rendimientos máximos para dos cortes en café y aserrín de 409 g, dato que se asemeja a los tratamientos LR y LA. Así mismo, Kimenju *et al.* (2009) obtuvieron rendimientos de 54.8 g para el cultivo de *P. ostreatus* en lirio acuático, resultados similares a los obtenidos en este trabajo. Para los cultivos de paja de cebada y paja de trigo se obtuvieron rendimientos menores de los reportados por Romero-Arenas *et al.* (2013) quienes reportan para la paja de trigo un rendimiento de 1 902.08 g y 1 705.59 g en el sustrato paja de cebada.

Los tratamientos M y ML reportaron las mejores eficiencias biológicas EB con 133.2% y 120.3% respectivamente. Estos datos son mayores a los reportados para diferentes residuos madereros, donde se obtuvo una eficiencia biológica de 123.13% o con residuos de cacao con una EB de 31.22% (Sales-Campos *et al.*, 2010; Hurtado de Mendoza, 2016).

Cabrera-Mora (2014), obtuvo una EB de 64.68% en rastrojo de maíz y 59.95% en paja de cebada, resultados inferiores a los obtenidos en este experimento. La EB del lirio acuático parte aérea es la más baja (12.3%), sin embargo, el tratamiento LR presentó una EB de 18.38%, resultado muy similares a los obtenidos por Das y Mukherjee (2006), quienes usaron arvenses como sustrato y la EB fue de 22.9% y de 139% con suplemento de paja de arroz, resultados similares a los obtenidos aquí (Tabla 2). Además, un estudio realizado por Chen *et al.* (2010) reportan una EB de 70.22% para lirio suplementado con caña de azúcar, resultado similar para el tratamiento TL (81.8%), donde nos indica que podemos mejorar los rendimientos y la eficiencia biológica del sustrato, incorporando lirio acuático para el cultivo.

La mayor tasa de producción TP fue para el tratamiento M con 2.57% (Tabla 2), seguida del tratamiento ML con 2.32%. Por otra parte, la menor tasa de reproducción fue para el tratamiento LR con 0.20%, donde se observa diferencias significativas con la prueba de rango múltiple de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados de la presente investigación son similares a los obtenidos por Fracchia *et al.* (2009) y Gamarra *et al.* (2013) quienes evaluaron a *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa* en el cultivo de *P. ostreatus*, obteniendo datos de TP de 1.74%. Sin embargo, Ríos *et al.* (2010) reportan una TP de 3.12 y 3.24%, resultados mayores a lo reportado en la presente investigación.

### Análisis bromatológicos de *P. ostreatus*

Los resultados bromatológicos para cada uno de los tratamientos, son incluidos en la tabla 3. Se detectaron mayores niveles de proteína cruda en el tratamiento LA con 32.6% y un contenido mínimo para los esporomas cultivados en paja de cebada con 14.12%. Estos valores son mayores que los reportados por Bandopadhyay (2013), para *Pleurotus* spp., cultivado en lirio acuático, cuyo valor es de 24% y 22.2% de PC con un tratamiento de lirio y rastrojo de arroz respectivamente. Este mismo autor reporta un contenido en fibra cruda de 9.3% y de cenizas de 19.3% para el lirio y de 9.4% FC y 18.4% de cenizas cuando está en combinación. En estos ensayos se reportan mejores resultados para el porcentaje de fibra cruda, donde el mejor resultado es en cebada (12.02%). Sin embargo, el contenido en cenizas es menor, ya que el mejor resultado es en el tratamiento LA (10.74%). En este sentido se observa un aumento en el porcentaje de cenizas para los tratamientos que contienen lirio con excepción del tratamiento ML, esto es de gran importancia ya que este parámetro representa el contenido de minerales totales (Muñoz *et al.*, 2013).

El mayor contenido de calorías fue registrado en los cuerpos fructíferos producidos sobre cebada. Estos registraron un contenido de 320.54 Kcal/ 100 g en los hongos secos y un menor contenido de calorías en el tratamiento LR. Estos datos son similares a los reportados en literatura, donde los hongos contienen un valor energético entre 250 y 350 Kcal (Mendieta y Medina, 1995; Sánchez, 2010). Si comparamos el contenido calórico de las setas en peso fresco (39 Kcal/ 100 g) con otros alimentos, podemos comprobar que es similar al de una manzana (31 Kcal /100 g) y mayor que el de un plátano (10 Kcal/ 100 g) (Lelley, 2007). El contenido en grasas es similar en

todos los tratamientos y son menores que otros alimentos tales como la soja, carne y alfalfa (Cardona *et al.*, 2002).

Para los tratamientos CL, ML y TL se reportaron valores de PC, FC y cenizas similares a los obtenidos por Patil *et al.* (2010). Así mismo, los estudios realizados por García *et al.* (2014) reportan porcentajes de proteína cruda de 14.3%, fibra cruda de 4.9% y 9.2% de cenizas, datos que son significativamente menores a los obtenidos en este trabajo. Además, se observa que el lirio acuático incorporado al sustrato, presenta un incremento importante en el contenido de proteínas en el esporoma; esto se hace evidente al ver el contenido en proteína de la paja de cebada (14.12%) comparado con la cebada complementada con lirio (21.9%), convirtiéndolo de un sustrato de bajo rendimiento a un sustrato de alto rendimiento en la producción de setas. Además, su disponibilidad en las zonas rurales de la región de Valsequillo, favorece su producción.

### Análisis de metales pesados

Se compararon los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permitidos del Códex Alimentario de la FAO y se observó que en ninguno tratamiento exceden estos parámetros (Tabla 4), por lo que se considera que el consumo de setas es seguro. Los elementos que se detectaron en mayor concentración fueron el zinc y hierro, que son esenciales para el buen funcionamiento de los organismos; el zinc ayuda al sistema inmune y el hierro sirve para la eritropoyesis (Caballero *et al.*, 2014). Para los metales pesados críticos (As, Cd y Pb) se observan concentraciones mayores para el tratamiento de rastrojo de maíz (M) y LR, sin embargo, estas no rebasan las concentraciones máximas permitidas de acuerdo al CODEX STAN.

**Tabla 3.** Composición bromatológica de los esporomas de cepa CP-50 de *P. ostreatus* cultivados en los diferentes tratamientos.

Código	Cenizas (	Grasas	Fibra cruda %	Proteína )	*Kcal/100 (g)
M	10.55	1.00	11.62	21.38	289.23 <sup>de</sup>
LA	10.74	1.17	10.76	32.60	267.20 <sup>f</sup>
T	5.67	1.08	10.27	24.66	306.40 <sup>b</sup>
LR	10.46	1.12	11.37	31.25	261.46 <sup>g</sup>
C	7.86	1.07	12.07	14.12	320.54 <sup>a</sup>
ML	10.30	1.12	10.11	24.53	286.76 <sup>e</sup>
TL	10.52	1.20	12.00	28.44	291.74 <sup>d</sup>
CL	8.13	1.00	11.92	21.90	299.86 <sup>c</sup>
SEM					6.874
P val					0.037

\*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), EEM=Error estándar de la media, P.val= Valor de P (Probabilidad).

**Tabla 4.** Determinación de metales ( $\mu\text{g/Kg}$ ) en los esporomas de la CP-50 de *P. ostreatus*, producidos bajo diferentes tratamientos.

Código	Cr		Cd		As		Cu		Fe		Pb		Zn	
	$\mu\text{g/Kg}$													
CODEX STAN-FAO	500		100 a 25		100		5,000		15,000		10 a 25		5,000	
<b>C</b>	1.90	± 0.52 <sup>b</sup>	0.20	± 0.08 <sup>b</sup>	1.40	± 0.70 <sup>b</sup>	15.30	± 7.69 <sup>c</sup>	46.00	± 23.42 <sup>h</sup>	0.20	± 0.14 <sup>h</sup>	34.70	± 17.39 <sup>h</sup>
<b>CLR</b>	2.30	± 0.42 <sup>c</sup>	0.10	± 0.13 <sup>a</sup>	0.30	± 0.13 <sup>f</sup>	19.50	± 9.73 <sup>a</sup>	54.90	± 27.43 <sup>g</sup>	0.90	± 0.43 <sup>d</sup>	46.90	± 23.43 <sup>f</sup>
<b>LA</b>	3.80	± 0.92 <sup>a</sup>	0.10	± 0.03 <sup>c</sup>	0.70	± 0.33 <sup>d</sup>	2.80	± 1.38 <sup>g</sup>	0.00	± 0.00 <sup>i</sup>	1.70	± 0.83 <sup>b</sup>	26.30	± 13.13 <sup>i</sup>
<b>LR<sup>1</sup></b>	11.10	± 0.52 <sup>b</sup>	0.10	± 0.03 <sup>c</sup>	1.50	± 0.73 <sup>a</sup>	8.60	± 4.28 <sup>e</sup>	0.00	± 0.00 <sup>i</sup>	4.10	± 2.03 <sup>a</sup>	41.60	± 20.78 <sup>g</sup>
<b>LA<sup>2</sup></b>	2.00	± 0.22 <sup>d</sup>	0.00	± 0.00 <sup>d</sup>	0.30	± 0.13 <sup>f</sup>	10.30	± 5.13 <sup>e</sup>	77.90	± 38.93 <sup>a</sup>	0.50	± 0.23 <sup>f</sup>	70.40	± 35.18 <sup>a</sup>
<b>LR</b>	2.00	± 0.42 <sup>c</sup>	0.00	± 0.00 <sup>d</sup>	0.30	± 0.13 <sup>f</sup>	10.00	± 3.26 <sup>f</sup>	58.90	± 29.43 <sup>e</sup>	0.30	± 0.13 <sup>h</sup>	55.60	± 27.78 <sup>b</sup>
<b>M</b>	1.90	± 0.22 <sup>d</sup>	0.20	± 0.08 <sup>b</sup>	0.70	± 0.33 <sup>d</sup>	12.70	± 6.33 <sup>d</sup>	60.20	± 30.08 <sup>d</sup>	0.40	± 0.18 <sup>g</sup>	50.10	± 25.03 <sup>d</sup>
<b>MLA</b>	2.10	± 0.42 <sup>c</sup>	0.10	± 0.03 <sup>c</sup>	0.20	± 0.08 <sup>g</sup>	15.80	± 7.88 <sup>b</sup>	56.50	± 28.23 <sup>f</sup>	0.30	± 0.13 <sup>h</sup>	52.10	± 26.03 <sup>c</sup>
<b>T</b>	2.10	± 0.42 <sup>c</sup>	0.20	± 0.08 <sup>b</sup>	0.90	± 0.43 <sup>c</sup>	13.10	± 6.53 <sup>d</sup>	61.30	± 30.63 <sup>c</sup>	0.20	± 0.08 <sup>i</sup>	48.40	± 24.18 <sup>e</sup>
<b>TLR</b>	1.90	± 0.22 <sup>d</sup>	0.20	± 0.08 <sup>b</sup>	0.40	± 0.18 <sup>e</sup>	16.40	± 8.18 <sup>b</sup>	65.70	± 32.83 <sup>b</sup>	1.60	± 0.78 <sup>c</sup>	52.10	± 26.03 <sup>c</sup>

\*Medias con letras diferentes indican diferencias significativas con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

1, Parte aérea de lirio acuático sin *P. ostreatus*,

2, Raíz de lirio acuático sin *P. ostreatus*,

Bandopadhyay *et al.* (2014) encuentran valores similares para Fe, pero mayores concentraciones de: Zn, Cu, Pb, Cd y As para *P. ostreatus*. Así mismo, Alonso *et al.* (2014) reportan concentraciones más elevadas a las aquí reportadas de 390 µg/Kg de Arsénico para los países de Ghana, Hungría y Turquía, en donde concluyen que no existe riesgo toxicológico alimentario en el consumo de *P. ostreatus*. Del mismo modo, Nwoko *et al.* (2017) observaron concentraciones de 80 µg/Kg de Cd y 60 µg/Kg de Pb, concentraciones que son mayores a las aquí registradas.

Normalmente la biodisponibilidad de un agente contaminante es bastante baja ya que depende de varios factores tales como el pH, la forma química y física en la que se encuentre, así mismo la capacidad de los organismos para ingerirlo o absorberlo (Galán y Romero, 2008). Se sabe que el lirio tiene buen potencial para absorber metales pesados, sin embargo, su eficiencia depende de pH ácidos, ya que el mercurio y el cromo comienzan a precipitarse a pH>7 (Poma y Valderrama, 2014), por lo que la absorción de metales es restringida, tal como se muestra en las concentraciones mostradas en la tabla 4.

### CONCLUSIONES

El uso de lirio acuático en sustratos agrícolas para la producción de setas, presenta una disminución importante en el tiempo de incubación y en el desarrollo de cuerpos fructíferos, lo cual puede representar una estrategia a los sistemas de producción de hongos comestibles a baja escala cercanos a la presa Manuel Ávila Camacho, aprovechando sus residuos de cosechas para la obtención de un alimento rico en proteínas, reduciendo los costos de producción y presentar una alternativa de manejo más adecuado del lirio acuático. La eficiencia biológica (EB) y tasa de producción (TP) de la cepa CP-50 de *P. ostreatus* complementado con lirio acuático indican que es un sustrato viable y similar a otros sustratos. Los cuerpos fructíferos provenientes del sustrato de rastrojo de maíz con lirio acuático, presentaron un valor energético de 286.76 Kcal/100 g y el contenido de metales pesados en los esporomas se encuentra en niveles seguros de acuerdo a los límites máximos permitidos del código alimentario de la FAO.

### REFERENCIAS

- Alonso, J., García, M.A., Corral, M., Melgar, M.J. 2014. Presencia de arsénico en hongos comestibles, complementos alimenticios de ellos y sustratos de crecimiento en Galicia. *Revista salud ambiental*, 14 (2): 114-121. <http://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/631>
- Andrino, A., Morte, A., Honrubia, M. 2011. Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios. *Anales de Biología*, 33: 53-66. [https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/33/PDF/33\\_2011\\_07.pdf](https://www.um.es/analesdebiologia/numeros/33/PDF/33_2011_07.pdf)
- Arriaga-Cerda, J., Morales-Aguilar, J. 2009. Tesis de licenciatura: Producción de cuatro variedades de *Pleurotus ostreatus* (Jac. Ex Fr) Kum en paja de trigo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México. 43 p.
- Bandopadhyay, S. 2013. Effect of supplementing rice Straw with water hyacinth on the yield and nutritional qualities of oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). *Micología Aplicada Internacional*, 25(2): 15-21. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68528461001>
- Bandopadhyay, S. 2014. Essential mineral and toxic elements in oyster mushroom (*Pleurotus florida*) cultivated on water hyacinth and rice straw. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2(3): 202-208. <http://www.asianjab.com/effects-of-cobalt-induced-stress-on-triticum-aestivum-l-crop/>
- Bonilla-Barbosa, J.R., Santamaría, B. 2013. Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, pp. 223-247.
- Bonilla, M., Silva, S., Toxtle, J., Santamaría, J. 2014. Concentraciones de metales pesados totales en aguas residuales vertidas a ecosistemas acuáticos por dos parques industriales en Puebla, México. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2: 1-26. <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/208>
- Caballero, J.M., Tejera, R.L., Caballero, A., Rubio, C., González-Weller, D., Gutiérrez, A.J., Hardisson, A. 2014. Composición mineral de los distintos tipos de gofio canario; factores que afectan la presencia de Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu y Zn. *Nutrición Hospitalaria*, 29(3): 687-694. <http://dx.doi.org/10.3305/NH.2014.29.3.7099>
- Cabrera-Mora, J. 2014. Tesis de licenciatura: Evaluación de carrizo deshidratado (*Arundo* spp.) como sustrato alternativo en la producción de *Pleurotus ostreatus*.



- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. 73 p.
- Cardona, M.G., Sorza, J.D., Posada, S.L., Carmona, J.C., Ayala, S.A., Alvarez, O. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 15(2): 240-246.  
<https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323805/20780991>
- Carrión, C., Ponce de León, C., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M., Vanegas, C. 2012. Aprovechamiento potencial del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en Xochimilco para fitorremediación de metales. *Agrociencia*, 46(6): 609-620.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000600007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000600007)
- Chairez-Aquino, J., Enriquez del Valle, J.R., Ruiz-Luna, J., Campos-Ángeles, G.V., Martínez-García, R. 2015. Uso del bagazo de *Agave* spp y hojas de maíz para cultivar el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2(1): 23-28.  
[http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%202\\_1\\_2015/RMAE\\_Vol\\_02\\_2015.pdf](http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%202_1_2015/RMAE_Vol_02_2015.pdf)
- Chen, X., Jiang, Z., Chen, X., Lei, J., Weng, B., Huang, Q. 2010. Use of biogas fluid-soaked water hyacinth for cultivating *Pleurotus geesteranus*. *Bioresource Technology*, 101: 2397-2400.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.045>
- Codex Alimentarius. 1995. Norma general del CODEX para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos (CODEX STAN 193-1995). Roma: FAO/OMS, 1995. Disponible en línea en: [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS\\_193s.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/17/CXS_193s.pdf) (Acceso 23.06.2017).
- D'Água, J., Pereira, R., Marinho, F. 2015. Preparación y Caracterización Física del Biocombustible Sólido del Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*). *Información Tecnológica*, 26(3): 53-62.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000300009>
- Das, N., Mukherjee, M. 2007. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. *Bioresource Technology*, 98: 2723-2726.  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>
- Deepalakshmi, K., Mirunalini, S. 2014. *Pleurotus ostratus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. *Journal of Biotechnolgy Technology*, 5(2): 718-726.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/3430/4adfd5670e5fd784830ab4384d142b949ac0.pdf>
- Flores F. A., Rivera T.A., Hernández E.M., Parraguirre L.C., Romero A.O. 2015. Physical-chemical evaluation of residues from the shiitake mushroom production for the seedling germination in nursery. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 10(2): 61-66.  
[http://www.arpnjournals.com/jabs/research\\_papers/rp\\_2015/jabs\\_0215\\_710.pdf](http://www.arpnjournals.com/jabs/research_papers/rp_2015/jabs_0215_710.pdf)
- Fracchia, S., Aranda, A., Terrizzano, E. 2009. Cultivo de una cepa comercial de *Pleurotus ostreatus* en desechos de *Simmondsia chinensis* y *Jatropha macrocarpa*. *Revista Mexicana de Micología*, 29: 37-42.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-31802009000100006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000100006)
- Gaitán-Hernández, R., Silva-Huerta, A. 2016. Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología*. 43:43-47.  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v43/0187-3180-rmm-43-00043.pdf>
- Galán, E., Romero, A. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados. *Macla: Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 10: 48-60.  
[http://www.ehu.es/sem/revista/macla\\_m.htm#Numero\\_10\\_2008](http://www.ehu.es/sem/revista/macla_m.htm#Numero_10_2008)
- Gamarra, O.A., Yalta, J. R., Pérez, R.J., Vera, J. 2013. Cultivo del hongo comestible *P. ostreatus* (jacq. Ex fr.) Kumm empleando pulpa de café como sustrato. *Revista Pakamuros*, 1(1): 38-43.  
<http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/4/pdf>
- García-Rincón, P., Rodríguez, W., Chalarca, E., Andrade, A. 2014. Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. *Ingenierías y Amazonia*, 7(1): 41-47.  
[http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/339/pdf\\_29](http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/339/pdf_29)
- Garzón-Gómez, J., Cuervo-Andrade, J. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente precedencia. NOVA-Publicación científica en

- ciencias biomédicas, 10(6): 101-236. [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/NOVA10\\_ARTORIG2\\_pleur.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA10_ARTORIG2_pleur.pdf)
- Hossain, E., Sikder, H., Kabir, H., Sarma, S. 2015. Nutritive value of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Online Journal of animal and Feed Research, 5(1): 40-44. [http://www.ojafir.ir/main/attachments/article/113/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%205\(2\)%2040-44,%202015.pdf](http://www.ojafir.ir/main/attachments/article/113/Online%20J.%20Anim.%20Feed%20Res.,%205(2)%2040-44,%202015.pdf)
- Hurtado de Mendoza, K., Humán, M., Bravo, N., Silva, A., Silva, R. 2016. Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostratus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao L.*). Revista Peruana Química, 1(19): 63-75. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/12585>
- IMTA. 1989. Control y aprovechamiento del lirio acuático en México. Comisión Nacional del Agua. México. 149 p.
- Jafarpour, M., Eghbalsaeed, S. 2012. High protein complementation with high fiber substrates for oyster mushroom cultures. African Journal of Biotechnology, 11(14): 3284-3289. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1473>
- Kimenju, J., Odero, G., Mutitu, P., Wachira, R., Narla, R. 2009. Suitability of locally available substrates for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation in Kenya. Asian Journal of Plant Sciences, 8(7): 510-514. <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2009.51.0.514>
- Lelley, J. 2007. Aspectos saludables al consumir hongos. En: Sánchez, J. E., Royse, D. J., Leal, H. (eds.) Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de *Agaricus bisporus*. Editorial ECOSUR. Tapachula, Chiapas. México, pp. 113-120.
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C., Borrero, M. 2008. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. Universitas Scientiarum, 13(2): 128-137. <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientiarum/article/view/1417/4438>
- Luna, J. A., Córdoba, L.S., Gil, K. I., Romero, I. 2013. Efecto de residuos agroforestales parcialmente biodegradados por *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) sobre el desarrollo de plántulas de tomate. Acta Biológica Colombiana, 18(2): 365-374. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiolo/rt/printerFriendly/35852/41746>
- Mane, V.P., Patil, S., Syed, A.A., Baig, M.V. 2007. Bioconversion of low quality lignocellulosic agricultural waste into edible protein by *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer. Journal of Zhejiang University of Science, 8(10): 745-751. doi:10.1631/jzus.2007.B074
- Márquez-Araque, A.T., Mendoza M.G., González M.S., Buntinx D.S.E., Loera C.O. 2007. Actividad fibrolítica de enzimas producidas por *Trametes* sp. EUM1, *Pleurotus ostreatus* IE8 y *Aspergillus niger* AD96.4 en fermentación sólida. Interciencia, 32(11): 780-785.
- Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. Micología Aplicada Internacional, 14(2):61-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68514206>
- Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Tovar-Palacio, A., Torres, N., Meneses, M.E., Cruz, M., Morales-Almora, P., Bonilla-Quintero, M., Escudero, U.H., Tello-Salgado, I., Bernabé-González, T., Martínez-Sánchez, W., Mayett, Y. 2016. Contribución de los hongos comestibles funcionales y medicinales a la construcción de un paradigma sobre la producción, la dieta, la salud y la cultura en el sistema agroalimentario de México. En: Martínez-Carrera D., J. Ramírez Juárez (eds.), Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Posgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP, San Luis Huexotla, Texcoco, México, pp. 581-640.
- Martínez, G.M.A., D. Sihuanca, L.A. Macías, L. Pérez, M.D. Martínez, O. López, 2012. Characterization and production of Shiitake (*Lentinula edodes*) in Mexico using supplemented sawdust. African Journal of Biotechnology, 11(46): 10582-10588. <https://doi.org/10.5897/AJB12.266>
- Mattila, P., Lampi, A. M., Ronkainen, R., Toivo, J., Piironen, V. 2002. Sterol and vitamin D2 contents in some wild and cultivated mushrooms. Food Chemistry, 76: 293-298. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00275-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00275-8)
- Mendieta, O., Mediana, M. 1995. Secado natural y solar de hongos comestibles silvestres de la región San Martín. Folia Amazonica, 7(1):

- 97-111. <https://doi.org/10.24841/fa.v7i1-2.367>
- Mkhize, S. S., Cloete, J., Basson, A. K., Zharare, G. 2016. Performance of *Pleurotus ostreatus* mushroom grown on maize stalk residues supplemented with various levels of maize flour and wheat bran. *Food Science and Technology*, 36(4): 598-605. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457x.27216>
- Montañez, O. D., Ortega, M. E., Cobos, M. A., Larqué, A., García, J. 2004. Efecto de la alimentación con paja de trigo tratada con *Pleurotus florida* en la flora fúngica de ovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 38(3): 249-257.
- Muñoz, A. M., Alvarado-Ortiz, C., Castañeda, B., Lizaraso, F., Barnett, E., Cárdenas, L., Manco, E. 2013. Estudio nutricional de *Plukenetia huayllabambana* sp. *Revista Sociedad Química del Perú*, 79(1): 47-56. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v79n1/a07v79n1.pdf>
- Nwoko, M.C., Onyeizu, U.R., Achfusi, J. 2017. Productivity, vitamins and heavy metals analysis of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr) Kumm. Fruit bodies cultivated on wood logs. *Journal of Environmental and Analytical Toxicology*, 7(2): 446-450. doi: 10.4172/2161-0525.1000446
- Oseni, T.O., Dlamini, S.O., Earnshaw, D.M., Masarirambi, M. 2012. Effect of Substrate Pre-treatment Methods on Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) Production. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(2): 251-255. [http://www.fspublishers.org/published\\_paper\\_s/7237\\_...pdf](http://www.fspublishers.org/published_paper_s/7237_...pdf)
- Patel, Y., Naraian, R., Singh, V. 2012. Medicinal properties of *Pleurotus* species (Oyster mushroom): A Review. *World Journal of Fungal and Plant Biology*, 3(1): 1-12. doi:10.5829/idosi.wjfpb.2012.3.1.303
- Patil, S.S., Ahmed, S.A., Telang, S.M., Baig, M. 2010. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr) Kumm cultivated on different lignocellulosic agrowastes. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 7: 66-76. <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=7561bdfd-d0d0-478b-a9ce-22ff76b00fa2%40sessionmgr102>
- Poma, V.R., Valderrama, A. 2014. Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (II) y mercurio (II) con la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). *Revista Sociedad Química Perú*, 80(3): 164-173. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v80n3/a03v80n3.pdf>
- Rios, M.P., Hoyos, J.L., Mosquera, S. 2010. Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Ciencias Agropecuarias*, 8(2): 86-94. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n2/v8n2a12.pdf>
- Rodríguez-Tapia, L., Morales, J., Zavala, P. 2012. Evaluación socioeconómica de daños ambientales por contaminación del río Atoyac en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3: 143-151.
- Romero-Arenas, O., Hernández, I., Parraguirre, C., Márquez, M., Amaro, J. 2013. Evaluación de bagazo de café (*Coffea arabica*) como sustrato en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Revista Mexicana de Agro negocios*, 33: 472-481. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14127709008>.
- Romero-Arenas, O., Huerta, M., Damián, M., Macías, A., Tapia, A., Parraguirre, J., Juárez, J. 2010. Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., CV. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1): 53-63. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6699/6388>
- Romero-Arenas, O., Martínez, M.A., Damián, M.A., Ramírez, B., López-Olguín, J. 2015. Producción de hongo Shiitake (*Lentinula edodes* Pegler) en bloques sintéticos utilizando residuos agroforestales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6): 1229-1238. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342015000600007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000600007)
- Rose, B.A., Hernández, B.A. 2013. Valsequillo: humedal de importancia internacional, Saberes y Ciencias. 16(2): 7- 9. <http://saberesciencias.com.mx/2013/06/02/valsequillo-humedal-de-importancia-internacional/>
- Royse, D.J., Baars, J., Tan, Q. 2016. Current overview of mushroom production in the world. In: Zied DC, editor. *Edible and medicinal mushrooms: technology and*

- applications. New York, Wiley. 462 p.  
doi:10.1002/9781119149446.ch2
- Sacristán, M. 2015. Evaluación de la toxicidad y de la bioacumulación del Cu en un cultivo acumulador (*Lactuca sativa* L.) y otro no-acumulador (*Solanum lycopersicum* L.) en suelos agrícolas mediterráneos representativos, como base para la propuesta de estrategias de gestión. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia, España. 170 p.
- Sales-Campos, C., Teixeira de Almeida, M., Nogueira de Andrade, M. 2010. Productividad de *Pleurotus ostreatus* em resíduos da amazônia. *Interciencia*, 3(45):198-201.  
<http://hdl.handle.net/11449/41368>
- Salmones D., Gaitán-Hernández, R., Pérez, R., Guzmán, G. 1997. Estudios sobre el género *Pleurotus*. Interacción entre crecimiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología*, 14: 173-176.  
<http://www.reviberoammicol.com/1997-14/173176.pdf>
- Sánchez, C. 2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology Biotechnology*, 85: 1321-1337.  
DOI: 10.1007/s00253-009-2343-7
- Sobal, M., Morales, P., Bonilla, M., Huerta, G., Martínez-Carrera, D. 2007. El Centro de Recursos Genéticos de Hongos Comestibles (CREGENHC) del Colegio de Postgraduados. Capítulo 2.1, 14 pp. In: *El Cultivo de Setas Pleurotus spp.* en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata y H. Leal (Eds.). ECOSUR-CONACYT, México, D.F. pp. 14.
- Suárez, C., Nieto, I. 2013. Cultivo biotecnológico de macrohongos comestibles: una alternativa en la obtención de nutraceuticos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 30(1): 1-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.riam.2012.03.011>
- Wing-Ching, R., Alvarado, G. 2009. Valor nutricional del heno de transvala inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus* sp. *Agronomía Costarricense*, 33(1): 147-153.  
[http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v33n01-147.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n01-147.pdf)
- Yang, W. Z., Beachemin, K.A., Rode, L. 2001. Effect of dietary factors on distribution and chemical composition of liquid- or solid-associated bacterial population in the rumen of dairy cows. *Journal of Animal Science*. 79(10): 2736-2746.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11721855>.