

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Licenciatura en Agronomía

Informe final de Servicio Social Legal

Recopilación de información sobre diferentes sustratos y de un método de desinfección en la producción del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*).

Prestador de Servicio Social

García Calderón Norma Daniela

Matrícula: 2163023856

Asesor interno:

Antonio Flores Macías



No. Económico: 13174

Lugar de Realización:

Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Fecha de Inicio y terminación:

14 de noviembre de 2020 al 14 de mayo de 2021.

ÍNDICE

I. RESUMEN	3
II. INTRODUCCIÓN	3
III. MARCO TEÓRICO	5
V. MATERIALES Y MÉTODOS	11
VI. ACTIVIDADES REALIZADAS	11
VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS	12
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
IX. CONCLUSIÓN	15
X. RECOMENDACIONES	16

I. RESUMEN

La producción mundial de los hongos comestibles ha aumentado más de 30 veces desde 1978 y México es el primer productor de champiñón y setas en América Latina, La siembra de *Pleurotus* spp. Destaca por su importancia ecológica ya que permite la utilización y reciclaje de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales empleados como sustrato del cultivo. La siembra de este cultivo requiere la desinfección de los sustratos, lo cual implica un gasto en recursos hídricos y materiales combustibles.

Los sustratos empleados para la producción de *Pleurotus* spp. deben ser ricos en celulosa, lignina y hemicelulosa, de las que el hongo toma los nutrientes necesarios para crecer y desarrollarse. La aplicación de suplementos al cultivo de hongos tiene la finalidad de obtener una mejor nutrición de la seta, entre los más comunes se encuentra la alfalfa (*Medicago sativa* L.) El objetivo de esta investigación fue recopilar información sobre el efecto desinfectante de la luz UV-C y de diferentes sustratos con suplemento de alfalfa deshidratada (*Medicago sativa* L.) sobre la producción de hongos seta (*P. ostreatus*).

II. INTRODUCCIÓN

El cultivo y producción de hongos comestibles data de hace más de 2 mil años (Royse y Sánchez, 2017). Los hongos macroscópicos o macromicetos se distribuyen ampliamente por todo el mundo, de los cuales existen más de 200 géneros; hoy en día, las especies más cultivadas son: champiñón y portobello (*Agaricus* spp.), seta (*Pleurotus* spp.), hongo blanco, shiitake (*Lentinula* spp.) y cuitlacoche (*Ustilago* spp. spp.) (Espinosa, 2017).

Actualmente, la producción mundial de hongos comestibles cultivados supera los 7 millones de toneladas y su valor económico supera los 30 billones de dólares americanos, de los cuales 3.6 billones pertenecen a la industria farmacéutica, de perfumería, cosméticos y alimenticia, observándose una mayor demanda en Europa, Norteamérica y Japón. A nivel mundial China es el principal productor de

hongos comestibles, produciendo cerca de un millón de toneladas del género *Pleurotus* (Chang y Miles, 2004).

En México, la producción en 2014 de *Pleurotus* spp. fue de 3000 toneladas, lo que implica un crecimiento de 1.6 veces respecto a 1998 (Martínez y Ramírez 2016). La mayor producción se ubica en el centro de México, aunque también se reportan pequeñas unidades productivas de corte rural en la mayoría de los estados. Este alimento se ha caracterizado por contener un alto valor nutrimental, ya que es fuente de fibra, proteína, vitaminas y minerales, además de su importancia en diferentes industrias (Roncero, 2015).

La siembra de *Pleurotus* spp. permite la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales utilizados como sustrato del cultivo, de aquí la importancia ecológica de esta actividad (Chang y Miles, 2004). La siembra de este cultivo requiere la desinfección de los sustratos, lo cual implica un gasto en recursos hídricos y materiales combustibles, por lo que se investigan otras alternativas de desinfección, entre ellas, la luz UV-C debido a su efecto germicida de amplio espectro (Díaz-Leyva *et al.*, 2017).

Los sustratos para la producción de *Pleurotus* spp. deben ser ricos en celulosa, lignina y hemicelulosa, de las que el hongo toma los nutrientes necesarios para crecer y desarrollarse. El rastrojo de maíz (*Zea mays* L.) y la paja de avena (*Avena sativa* L.) son sustratos utilizados para la siembra de este cultivo por sus altos porcentajes de celulosa, lignina y hemicelulosa (Ortiz, 2013). La aplicación de aditivos a el cultivo de hongos tiene la finalidad de obtener una mejor nutrición de la seta, entre los más comunes se encuentra la alfalfa (*Medicago sativa* L.) ya que contiene 90.9% de materia seca, 11.8% de hemicelulosa, 24.7% de celulosa y 8.5% de lignina (López, 2000).

III. MARCO TEÓRICO

3.1 El cultivo

El cultivo y producción de hongos silvestres, bajo condiciones controladas, data de hace de más de 2 mil años, se estima que los primeros hongos se cultivaron en China en el año 600 antes de nuestra era (Royse y Sánchez, 2017). De acuerdo con la International Society for Mushroom Science de Inglaterra, al 2005, mundialmente se cultivan unas 30 especies de hongos, produciendo arriba de siete millones de toneladas cultivados cada año. A esta cifra, hay que agregar dos millones de toneladas de hongos silvestres, lo que suma un total de nueve millones de toneladas a nivel mundial. Además, el número de especies y producción van en aumento, debido al crecimiento de la población y el mayor conocimiento sobre las propiedades alimenticias y medicinales de los hongos (Ardon, 2007).

En 1974, por primera vez en México, se cultivó en Cuajimalpa, Ciudad de México, una especie de hongo comestible diferente al champiñón, cuyo nombre científico corresponde a la especie *P. ostreatus*. En México, la producción en 2014 de *Pleurotus* spp. fue de 3000 toneladas lo que significa un crecimiento de 1.6 veces con respecto a 1998 (Martínez y Ramírez 2016). El interés por el cultivo comercial de hongos comestibles hoy en día está en casi todos los estados de México y lo mismo está sucediendo en países de centro y Sudamérica, porque han visto en este cultivo no solamente una opción de inversión, sino también una excelente alternativa alimenticia por su valor nutricional (Martínez *et al.*, 2007). Actualmente, el cultivo de este hongo es una actividad que se desarrolla en diversas partes del país, como una alternativa económica que favorece a muchas familias mexicanas.

3.2 Morfología general de *Pleurotus ostreatus*

En el hongo se diferencian dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo, que se encuentra colonizando el sustrato o en algunos hongos silvestres se encuentra bajo el suelo, está formado por unos filamentos llamados hifas, que pueden ser unicelulares, están formadas

por septos conteniendo dos núcleos, que se comunican entre sí a través de un conducto llamado fíbula y al conjunto de todas las hifas es a lo que se le llama micelio (Figura 1). La función del micelio es absorber las sustancias minerales del sustrato para alimento propio, excretando enzimas con acción enzimática sobre los compuestos como la lignina y la celulosa. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (comúnmente llamado hongo), es su aparato reproductor. Por lo tanto, la seta (carpóforo) es la parte reproductora que sale de los hongos superiores.

El carpóforo (Figura 1), está conformado por un sombrero o píleo, generalmente tiene forma de paraguas, aunque pueden adoptar diversas formas. Bajo el sombrero se encuentra el himenio que es una membrana que cubre a los elementos fértiles que son los basidios, que a su vez contienen a las esporas. A la mayoría de los hongos que poseen estas estructuras se les llama basidiomicetos. El himenio puede presentar diferentes ornamentaciones: tubos, pliegues, etc. En el género *Pleurotus*, como en muchos otros, están acomodados en forma de láminas. En ciertas especies de hongos, cuando son jóvenes, el sombrero se ve envuelto en una telilla, que se rompe cuando éste aumenta de tamaño, quedando restos en el pie (estípite), dando lugar a lo que se denomina el anillo (Martinez y Marlion, 2013).

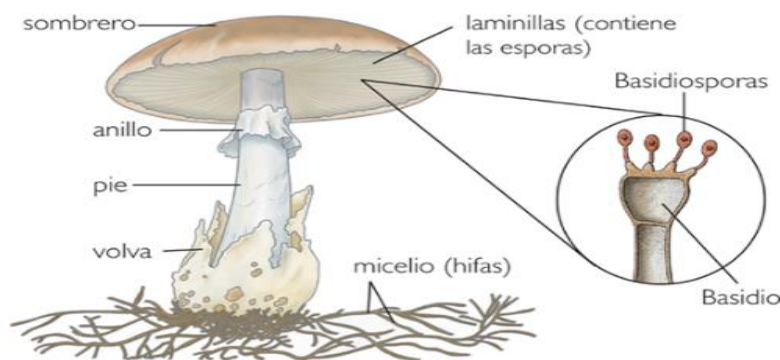


Figura 1. Partes de una seta

Fuente: Romero y Rosales 2011.

Nombre común: Setas

Reino: Fungi

División: Basidiomycota

Clase: Basidiomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *Ostreatus*

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Pleurotus ostreatus*.

3.3 Importancia nutricional y medicinal de *Pleurotus ostreatus*.

El uso de hongos en nuestra dieta se ha mantenido ya que su olor y sabor es característico de estos. Más sin embargo, en los últimos años el interés por este alimento se ha intensificado ya que constituye una fuente importante de nutrientes. La composición química que presentan estas hortalizas es atractiva desde el punto de vista nutricional, generalmente hablando contienen un 90% de agua y un 10% de materia seca, dentro de los cuales un 27 a 48% son proteínas. Aproximadamente 60% corresponden a carbohidratos, fibras dietéticas en su mayoría (D-glucanas, quitina y sustancias pépticas) y 2 a 8% son lípidos (Sánchez, 2004). De los cuales destaca el ácido linoléico (Bonatti *et al.*, 2004). El alto contenido proteico (15 a 35% de su peso seco) refuerza la creencia que los hongos pueden ser un sustituto de la carne (Estrada, 2015). El contenido de minerales en los hongos comestibles varían entre 6 y 11% según la especie, los que aparecen en mayor cantidad son potasio, calcio, magnesio, zinc, fósforo y cobre. (Roncero, 2015). Con relación a vitaminas, los hongos comestibles son ricos en riboflavina (B12), niacina (B3), y folatos (B9) (Roncero, 2015).

Los hongos se han usado en la medicina popular asiática contra diversas enfermedades porque se consideraban remedios naturales. La farmacopea china documenta el uso de unas 100 especies de hongos para un amplio rango de

enfermedades. Hoy en día se sabe que las propiedades saludables de las setas se deben a los compuestos bioactivos que poseen. Algunos de los compuestos y fracciones aisladas de los hongos medicinales han mostrado prometedoras propiedades inmunomodulatorias, antitumorales, cardiovasculares, antivirales, antibacterianas, antiparasitarias, hepatoprotectoras y antidiabéticas. Los polisacáridos obtenidos de los hongos se consideran como componentes capaces de modular la respuesta inmune en animales y humanos e inhibir el crecimiento de ciertos tumores (Lindequist *et al.*, 2005).

3.4 Sustratos y aditivos empleados para el cultivo

Pleurotus spp. es un ser heterótrofo, por lo que no tiene capacidad de elaboración de materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas. El hongo extrae carbohidratos, proteínas y minerales de organismos muertos o en descomposición, que por la acción microbiana, van a ser transformados y aprovechados como alimento (Ortiz, 2013).

Según algunos autores, durante la formación y constitución del micelio la seta va a utilizar mucha lignina; cuando desarrolle el carpóforo gran cantidad de celulosa, así como proteínas que se obtienen de los microorganismos muertos y por el complejo humus-lignina. Con estas características el sustrato que hemos de utilizar debe ser rico en celulosa y lignina (Ortiz, 2013).

El sustrato universal para el cultivo del *Pleurotus* spp., según la mayoría de los productores, es la paja de cereales ya que tiene alrededor de un 85% de materia seca (ms), de la cual sólo un 3-5% son materias nitrogenadas, siendo la mayor parte celulosa, hemicelulosa y lignina. La alteración de la paja bajo condiciones controladas (fermentación), va a dar productos específicos de su descomposición. Estos productos los va a utilizar de la siguiente manera: (Ortiz, 2013).

- 10-25% materia seca (ms) para ser frutos (setas).
- 35-50% ms es liberado como CO₂.
- 20% ms es liberado como agua de desecho.
- 20% restante como sustrato o compost agotado.

El rastrojo de maíz (*Zea mays L.*) y la paja de avena (*Avena sativa L.*) son sustratos potenciales para el cultivo de hongo seta. El rastrojo de maíz contiene 85% de materia seca, 18.59% de lignina, 37.69% de celulosa y 22.6% de hemicelulosa mientras que la paja de avena contiene 16.85% de lignina y 35.8% de celulosa y 26.8% de hemicelulosa. (Ortiz, 2013).

A las materias primas empleadas como sustrato, se les puede mezclar aditivos como nitrato cálcico, nitrato amónico, carbonato cálcico, sulfato amónico, harina de soja, harina de maíz, salvado de cereales, alfalfa deshidratada, entre otros. La finalidad de agregarlos es la obtención de una mejor nutrición de la seta. La proporción utilizada varía mucho, oscilando entre un 5%-25% según sea el aditivo para utilizar (Ortiz, 2013). La alfalfa (*Medicago sativa L.*) contiene 90.9% de materia seca, 11.8% de hemicelulosa, 24.7% de celulosa y 8.5% de lignina (López, 2000). Es una buena fuente de macro-minerales (calcio, fósforo, magnesio, potasio, cloro), micro-minerales (cinc, cobre, hierro), vitaminas (liposolubles, grupo B) y pigmentos (Romero *et al.*, 2018).

3.5 Desinfección de sustratos.

La producción de hongos seta se realiza a través de diferentes etapas que involucran procesos químicos y físicos (Ardon, 2007), entre los que se encuentran la fragmentación y desinfección del sustrato, la hidratación, siembra, incubación, fructificación y cosecha. La desinfección se realiza mediante procesos físicos y químicos. Entre los primeros están los tratamientos térmicos y la utilización de rayos UV. Entre los tratamientos químicos están la utilización de fungicidas, extractos y aceites vegetales e inmersión en aguas alcalinizadas con cal comercial (Flores *et al.*, 2013; García *et al.*, 2016)

El tratamiento térmico tiene el propósito de disminuir al máximo la presencia de microorganismos que pudieran contaminar e interferir al desarrollo del cultivo. Este proceso consiste en sumergir el sustrato en agua a 80 °C durante 45 a 60 min (Macías *et al.*, 2013).

En este proceso se llegan a consumir grandes cantidades de agua y gas que pueden generar un impacto contaminante sobre el medio. La radiación UV-C (200-280 nm) posee un sobresaliente efecto germicida, en particular la longitud de onda desde los 250 y 270 nm, con una eficiencia máxima a los 254 nm (Villaroel *et al.*, 2015).

Tabla 1 Clasificación de la longitud de onda de luz UV.

Clasificación	Longitud de onda	Efectos en microorganismos
Larga	320-400nm	Cambios en la Piel humana (bronceado)
Media	280-320nm	Quemaduras serias (cáncer)
Corta	200-280nm	Efecto germicida

Fuente: Villaroel *et al.*, 2015

La inactivación microbiana por luz ultravioleta se produce mediante la absorción directa de la energía ultravioleta por el microorganismo y una reacción fotoquímica intracelular resultante que cambia la estructura bioquímica de las moléculas (probablemente en las nucleoproteínas) que son esenciales para la supervivencia del microorganismo (Villarroel *et al.*, 2015). Para tener una mayor eficiencia germicida de este espectro, será necesario tomar en cuenta que el efecto varía entre microorganismos al momento de aplicar la dosis, que está relacionada con el tiempo de exposición y la irradiación (Cardozo *et al.*, 2029. Cada microorganismo tiene una dosis letal; ya que “cuando hay organismos como las esporas de los mohos, las dosis deben de ser respectivamente mayor que las necesarias para bacterias” (Villarroel *et al.*, 2015).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Recopilar información sobre el efecto desinfectante de la luz UV-C y de diferentes sustratos sobre la producción de hongos seta (*P. ostreatus*) y realizar una evaluación de ambos, utilizando métodos caseros.

4.2 Objetivos específicos

- Recopilar y analizar fuentes de información sobre la utilización luz UV-C como método de desinfección de sustratos para la producción de hongos seta.
- Recopilar y analizar fuentes de información sobre la utilización de sustratos en la producción de hongos seta.
- Elaborar tablas comparativas entre las características (ventajas y desventajas) de los sustratos más utilizados en la producción del hongo seta, así como entre diferentes métodos de desinfección.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de trabajo

La recopilación de la información se realizó mediante buscadores existentes en la red y documentos impresos. Se revisaron investigaciones realizadas la evaluación del crecimiento de *P. ostreatus* en diferentes sustratos y sobre la utilización de luz UV-C en la desinfección de sustratos, incluyendo trabajos realizados en el Centro de Investigaciones Biológicas y Acuícolas de Cuemanco (CIBAC) de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

VI. ACTIVIDADES REALIZADAS

- Revisión de referencias sobre el tema de evaluación del crecimiento de *P. ostreatus* en diferentes sustratos y utilización de luz UV-C en la desinfección de sustratos.
- Captura de información.

- Análisis de información.
- Procesamiento de la información.
- Informe final del proyecto.

VII. OBJETIVOS Y METAS ALCANZADOS

Se recopiló información sobre los sustratos más utilizados en la producción de hongos y sobre la utilización de luz UV-C en la desinfección de sustratos para la producción de *P. ostreatus*.

Se realizó un análisis comparativo entre las ventajas y desventajas de los principales sustratos y los métodos de desinfección utilizados en la producción del *P. ostreatus*.

Se elaboró un reporte comparativo de los datos estadísticos obtenidos en investigaciones realizadas en el CIBAC; sobre el tema de evaluación de sustratos y el método de desinfección con luz UV-C.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La revisión sobre los sustratos utilizados en la producción de *P. ostreatus* mostró que existen una amplia fuente de residuos orgánicos empleados con este fin productivo. En la Tabla 2, se presenta una muestra de las más importantes combinaciones de sustratos y su eficiencia biológica EB= (Peso fresco de los hongos cosechados /Peso seco del sustrato) x100

Tabla 2. Especies de *Pleurotus* y sustratos de cultivo, con expresión de su eficiencia biológica (%).

Especie	Sustrato	Eficiencia biológica
<i>P. ostreatus</i>	Paja de cereal (70%) + Pulpa de café (30%)	125.00
<i>P. ostreatus</i>	<i>Digitaria decumbens</i> Stent. (70%) + Pulpa de café (30%)	93.00

<i>P. ostreatus</i>	Aserrín de madera (40%) + Estopa de coco (40%) + <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) A. Gray. (20%)	21.90
<i>P. ostreatus</i>	Paja de arroz (90%) + Residuos de la industria de zumos de cítricos y plantas de salvia (10%)	91.82
<i>P. ostreatus</i>	Kenaf Paja de cereal (50%) + Kenaf (50%) Paja de cereal (50%) + Sarmiento de vid (50%) Kenaf (50%) + Sarmiento de vid (50%)	> 80.00

<i>P. ostreatus</i>	Residuos de coco (25%) + Aserrín de madera (75%)	109.80	Vetayasuporn (2007)
	Residuos de coco (75%) + Aserrín de madera (25%)	107.53	
	Aserrín de madera	95.02	
<i>P. ostreatus</i>	Pulpa de café con cinco días de fermentación (50%) + Paja de cebada (50%)	102.68	Cayetano- Catarino y Bernabé- González (2008)
	Pseudotallo con hojas frescas de plátano	96.40	
<i>P. ostreatus</i>	Capacho de uchuva Aserrín de madera	76.10 70.00	López- Rodríguez <i>et al.</i> (2008)
	Vaina de arveja Tusa	68.60 57.80	
<i>P. ostreatus</i>	Paja de cereal: trigo (75%) y cebada (25%)	43.30 32.60 51.80	Pardo <i>et al.</i> (2008c)
	Paja de cereal (trigo y cebada) (50%) + Kenaf (50%)		
	Paja de cereal (trigo y cebada) (50%) + Sarmiento de vid (50%)		
<i>P. ostreatus</i>	Kenaf	48.30 88.10 78.20 51.90	Pardo <i>et al.</i> (2008d)
	Kenaf (50%) + Paja (trigo y cebada) (50%)		
	Kenaf (50%) + Sarmiento de vid (50%) Kenaf (50%) + Alperujo (50%)		
<i>P. ostreatus</i>	Paja de trigo	32.94 4.23 14.93 2.97	Varnero <i>et al.</i> (2010)
	Astillas de eucalipto		
	Paja de trigo (15%) + Eucalipto (85%) Astillas de álamo		

Fuente. Royle y Sánchez, 2017

Las ventajas de los sustratos están relacionados con su EB; a mayor EB mayor será la producción por gramo de sustrato y mejor será como insumo productivo de *P. ostreatus*.

Con relación a los sustratos, se encontró información sobre una investigación realizada en el CIBAC sobre “Evaluación de sustratos con aditivo de alfalfa deshidratada en la producción de *Pleurotus ostreatus*”, en la que se evaluaron tres sustratos diferentes (paja de avena Pa, rastrojo de maíz Rm y alfalfa deshidratada

A) y se cuantificaron como variables dependientes los días de aparición de cuerpos fructíferos (D.A.C.F), número de píleos, peso fresco y peso seco. En este trabajo se concluyó que el mejor sustrato fue paja de avena suplementada con alfalfa; en el análisis comparativo de los tratamientos en la variable días de aparición de cuerpos fructíferos no se presentó diferencia significativa al adicionar alfalfa deshidratada en los sustratos. Sin embargo, se observó que los tratamientos con rastrojo de maíz presentaron la aparición de cuerpos fructíferos en tiempos más cortos. La cantidad de píleos emergidos fue estadísticamente superior en los sustratos en los que se adicionó alfalfa con respecto a los mismos sustratos en los que no se adicionó. Para la variable biomasa fresca, los tratamientos adicionados con alfalfa presentaron valores estadísticamente superiores con respecto a los demás tratamientos. Los valores de la variable peso seco tuvieron una respuesta diferente, en la que sólo el tratamiento paja de avena suplementada con alfalfa tuvo un rendimiento superior en biomasa seca en comparación al tratamiento con el mismo sustrato, pero sin adición de alfalfa.

Entre los tratamientos evaluados, se observó que el sustrato empleado únicamente de alfalfa deshidratada no produjo la aparición de píleos. En el trabajo de Romero-Arenas *et al.* (2018) el tratamiento con sustrato único de alfalfa deshidratada si presentó cuerpos fructíferos pero su productividad fue la menor de entre los sustratos estudiados. Esta situación pudiera estar asociada al bajo contenido de compuestos lignocelulósicos en el sustrato, lo que pudo haber limitado el crecimiento de *P. ostreatus* al no obtener la materia prima para sus procesos anabólicos.

A continuación se presenta la tabla con datos de las diferentes variables en los tratamientos empleados.

Tabla 3. Comparación los diferentes sustratos con aditivo de alfalfa deshidratada.

Variable Tratamiento	D.A.C.F	N° Píleos	Peso fresco	Peso seco
-------------------------	---------	-----------	-------------	-----------

Pa+A	26 ± 2.28 a	39.1 ± 2.4 a	332.7 ± 15.7 a	21.1 ± 0.72 ab
Rm+A	25 ± 3.38 a	31.0 ± 1.7 ab	349.7 ± 21.1 a	24.3 ± 1.08 a
A	ND	ND	ND	ND
Rm	24 ± 1.24 a	19.3 ± 1.4 bc	19.3 ± 1.4 bc	19.3 ± 1.4 bc
Pa	27 ± 0.53 a	17.6 ± 1.2 c	258.1 ± 11.5 b	14.2 ± 5.3 b

Fuente: Elaboración propia. Pa paja de avena, Pa+A paja de avena + alfalfa, Rm rastrojo de maíz, Rm +A rastrojo de maíz+Alfalfa.

Con relación a la utilización de luz UV-C, se ha realizado una investigación en el CIBAC, titulada “Sustentabilidad en procesos de desinfección de sustratos para producción de setas”, donde se evaluó únicamente el sustrato de paja de avena con el método de desinfección por pasteurización y con luz UV-C, se concluye que en este método los primeros cuerpos fructíferos aparecieron a los 24 días de la siembra, pero el hongo no colonizó completamente las bolsas. Utilizando el método de desinfección de luz UV se observó una colonización completa del micelio pero la aparición de los cuerpos fructíferos fue en 26 días; sin embargo, utilizando ambos métodos de desinfección los cuerpos fructíferos aparecieron en 18 días, presentándose de igual manera una colonización completa del micelio.

Conforme al objetivo de la investigación el método de desinfección con luz UV-C resulta ser eficaz y cumplir con la finalidad de reducir los insumos de agua y gas, ya que todos los tratamientos estuvieron libres de patógenos. A pesar de que la aparición de los cuerpos fructíferos en el tratamiento con luz UV-C es mayor, no representa una diferencia significativa ya que de acuerdo con Gaitán-Hernández *et al.*, (2016) la aparición de cuerpos fructíferos utilizando el método de pasteurización oscila entre 2 y 3 semanas.

IX. CONCLUSIÓN

De acuerdo con la información recopilada, la adición de alfalfa deshidrata como suplemento en el cultivo de *P. ostreatus* en de paja de avena y rastrojo de maíz no

modifica el tiempo de aparición de los cuerpos fructíferos, sin embargo el número de píleos y peso fresco se ve incrementado utilizando la combinación de paja de avena con alfalfa deshidratada. En cuanto los métodos de desinfección, utilizar luz UV-C no representa diferencias significativas en la producción de *P. ostreatus*, con respecto al método convencional; por tal motivo, este es una alternativa ecológicamente interesante ya que permite disminuir los insumos de agua y gas que requiere este cultivo. Sin embargo, es necesario realizar un estudio completo donde se evalúe el aditivo de alfalfa deshidrata en el sustrato de paja de avena utilizando como método de desinfección luz UV-C para obtener conclusiones certeras sobre el método más eficiente, de entre los investigados, para la producción de *P.ostreatus*.

X. RECOMENDACIONES

A continuación, se enumeran una serie de recomendaciones cuya finalidad es mejorar la producción de *P. ostreatus*.

- Una de las principales limitantes en la investigación de métodos de desinfección fue el mal triturado de la paja, ya que se presentó la germinación de semillas en las bolsas. También, se recomienda utilizar una picadora de forraje o incluso con tijera dejando pedazos de paja de 3 a 5 cm, para el mejor desarrollo del micelio.
- Los residuos después de haberlos utilizados como sustratos, puede utilizarse como materia orgánica para el suelo, realizando huecos con una profundidad mínima de 1 metro, se deposita el residuo y se le agrega estiércol. Posteriormente, se llena por capas de tierra bien compactada hasta llenar la fosa. El material después de algún tiempo se podrá usar como materia orgánica.
- Se recomienda realizar el estudio completo sobre evaluación de diferentes sustratos suplementados con alfalfa deshidratada, utilizando como método de desinfección UV-C.

XI.BIBLIOGRAFÍA

- Ardon, C. 2007. *La producción de los hongos comestibles*. Universidad de San Carlos de Guatemala. [En línea]. [Fecha de consulta: 8 Diciembre 2020], Disponible en: http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2043/07_1932.pdf
<https://doi.org/10.14201/gredos.132645>
- Bonatti, M., Karnopp, P., Soares HM., Furlan SA. 2004. *Evaluation of Pleurotus ostreatus y Pleurotus sajorcajur nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic waste*. Food Chem <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.050>
- Cardozo Cubas, J. L., Ruiz Torres, D. 2019. *Evaluación fisicoquímica y microbiológica del néctar pitahaya amarilla (hylocereus triangularis), sometido a tratamientos por radiación con luz ultravioleta uv-c y pasteurización*
- Chang, Shu Ting y Miles. 2004. *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. 2ª ed. Florida (US): CRC Press, .451 p. ISBN 0-8493-1043-1.
<https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.v6.i4.100>
- Díaz-Leyva, C. E., Bacópulos-Mejía, E., Ruiz-Torres, N. A., Ibarra-Jiménez, L., Gonzales-Morales, S., & Benavides-Mendoza, A. 2017. *Irradiación de semillas de tomate con UV-B y UV-C: impacto sobre germinación, vigor y crecimiento*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(1), 105-118.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.75>
- Espinosa., F. 2017 *.El poder de los hongos comestibles*. El poder del consumidor. [En línea]. [Fecha de consulta: <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/10/poder-los-hongos-comestibles>].
<https://doi.org/10.3989/asclepio.2004.v56.i1.78>
- Estrada A, Romero L. 2015. *Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
<https://doi.org/10.4067/s0717-75182016000100011>
- Flores, A., Hernández, F., Payan, F., Galicia, G., Pérez, I. 2013. *Producción de setas del género Pleurotus*. Primera edición. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. México, D.F.
- 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.
<https://doi.org/10.17151/luaz.2013.37.7>
- García, N., Giraldo, D., Castro-Ríos K. 2016. *Efficiency of treatments for the control of competitors fungi, in the production of seed spawn of Pleurotus spp.*

- Lindequist U., Niedermeyer T.H.J., Jülich W.D. 2005 The pharmacological potential of mushrooms. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2: 285-299.
<https://doi.org/10.1093/ecam/neh107>
- López., V. 2000. *Ingestión y digestibilidad aparente de forrajes por la llama (Lama glama). I.- Heno de alfalfa (Medicago sativa) y paja de trigo (Triticum Aestivum) en diferentes proporciones*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. [En línea]. [Fecha de consulta: 8 diciembre 2020], Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X200000020000
<https://doi.org/10.4067/s0301-732x2000000200007>
- Martínez C, Morales p; Sodal M_; Bonilla M. y Martinez, W. 2007. *México ante la globalización en el siglo XXI: en el sistema de producción- consumo de los hongos comestibles*. CONACYT, México.
<https://doi.org/10.36095/banxico/di.2000.07>
- Martínez D, Ramírez J. 2016. *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México*. Editorial del Colegio de Posgraduados, AMC-CONACYT, UPAEPIMANAP. Texcoco, México pp. 581-640.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-03-07>
- Martínez., R & Marlion F. 2013. *Reproducción del hongo ostra Pleurotus ostreatus probando dos sustratos, en zamborondón provincia de Guayas*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Ortiz., B. 2013. *Cultivo de Pleurotus ostreatus sobre paja de cereales*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Córdoba <https://doi.org/10.30861/9781407305530>
- Romero, A. O., Ita, V. D., Ángeles, M., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Barros, O. A., & Damián-Huato, M. Á. 2018. *Capacidad productiva de Pleurotus ostreatus utilizando alfalfa deshidratada como suplemento en diferentes sustratos agrícolas*. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(2), 145-160.<https://doi.org/10.22231/asyd.v15i2.788>
- Romero, L., y Rosales, M. 2011. *Las setas: algunas generalidades*. Guadalajara, México. [En línea]. [Fecha de consulta: 8 Diciembre 2020], Disponible en: <http://www.todacultura.com/micologia/setas.htm>
- Roncero., I. 2015. *Propiedades nutricionales y saludables de los hongos*. Centro tecnológico de investigación del champiñón de la rioja (CTICH). [En línea]. [Fecha de consulta: 8 diciembre 2020], Disponible en:<http://www.adenyd.es/wp>

content/uploads/2015/02/Informe-sobrechampi%C3%B1-y-setas.pdf
<https://doi.org/10.31692/2526-7701.iicointerpdvagro.2017.00100>

- Royse, D. J., y Sánchez, J. E. 2017. *Producción mundial de setas Pleurotus spp. con énfasis en países iberoamericanos*. La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, 17-25.
<https://doi.org/10.15174/au.2015.776>
- Sánchez, C. 2004. *Modern aspects of mushroom culture technology*. Applied Microbiology and Biotechnology, 64(6), 756-762.
<https://doi.org/10.1007/s00253-004-1569-7>
- Villarroel, D. M., González, L. R., Brito, M., & Ramos-Villarroel, A. Y. 2015. *Luz ultravioleta: inactivación microbiana en frutas*. SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, 27(3), 454-469.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2012.728628>