

Cuernavaca, Morelos a 3 de octubre de 2022

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Ernesto Javier Estrada Popoca**, con el título del trabajo: **Evaluación de cultivo de *Pleurotus ostreatus* (hongo oreja de cazahuate) en dos condiciones de cultivo.**

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 33° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DR. EDGAR MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

SECRETARIO: DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ

VOCAL: M. EN C. MA. DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA

SUPLENTE: M. EN C. PATRICIA MARTINEZ JAIMES

SUPLENTE: M. EN C. ABIGAIL GOMEZ CORTES

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MA DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA | Fecha:2022-10-03 21:45:15 | Firmante

GRL+zW8AieKSmtlfldAWdNkkTZmmS+PF3SefagYshWCnvrMfbWhayiD8BNiD1cb32vqQ+laV6M8xvjinYFMgWde1MSa7IH67YB2+IkMQoEXJczGARBq5VYLed8HmjwQgephUvqUOBESMUUBRgMxcxbjB0xnNvfbjJ80S5CTAiUSkvMPmowmPbLcDLYHplAXT/5YDXyWYJRwKvUWpbzE98Szc2kE7glajz9TfcrNwh9bhmPV5zDPxWDkRMshafURngbtUWG2cPmcPVJpbTCoNZ4bry4AU7Sq275NRfNinjP6TAYxIV7C9MqOdN1mBagcnl+PiBvIFQrY6YhFPQ2aeQw==

MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2022-10-04 08:25:14 | Firmante

akQCL2hw+0L5ES8/oha9SUGFrPPWPr0LfpvUxTRhdfUXK5qjWqTvyZMn+xQy+GKa9EvxZMgElvByWUYkWEIHJ8SIFeZ45I046iThiPHzgf56UBh8Y5L1HPyCWHG/B4V/SARJwAcFZnURzyk2v18W2DLaqzlugtjZRJYd2IG2OKTo59Lx/C8kbFZre0a0a3TprlXaJ2giSW5Ssr5i9sSLFFU9T7T9rsyz9udfsHQQLUNwFP4u5kfGWkF2VTv9NFsBkO+aDMBrRtYYSIsV8M3KxLw6gHW2CEINZUHS38p6so9rgVsObpB75GQ8MkuXuF5GU8qCH/i0RW5XR17Yw==

PATRICIA MARTINEZ JAIMES | Fecha:2022-10-07 08:23:45 | Firmante

N/7oiTphyYNwOMOImeuZV/NQqIQI00AwEqwXDsNR/3YEnOUX41xhHMMmkyH6JotF/tcT2+AVieG/31YKJpM0iDiIXNnilyFZJUN980nP9bl34a76stJaBb1VDNvB6KtCZJniUZSKIgd8vY3Nti4MPE30Ivb3nllScJWdSv83/zW9PRJWnMiktLcviGMO01RJEjot1eq/Tap9LU73NvzFqOPwzTuwb0GK5F9Kv5a+ddu07mOyRvQofm8eeZQEh/nRqSxWrEyNalAGgDTDrULCvdz0m9dENq4orCvLcG4GCJlaFN3BiX4EhU+kHnd0vq/SGN8/s/+qHKpk6fB/7rq0Q==

EDGAR MARTINEZ FERNANDEZ | Fecha:2022-10-10 12:22:24 | Firmante

d32Tp3n+tbixradshacSgkqzGj4bWpkYpGfBzTr38UZHPx+xBoLT9qJ2ehlaShGsp20EDjji1m4cUzrTSHLT65+isCzNUCvXCaOVdVhGtCZdmcMjEai4mm9AXPMdtl29fp0BjSLHte/x29YPCSZkMFKvKA0REs/7prSbOQn1EsJpywGGAbAwAcxExo/pOSga+0oPwO9xnOFGLIfeN39PGcubEA+WkzeETjauwsSTdNCmGs2S4Pe+EWVbDHvR2GIEYwIDtVg+YUZa9LT9jkZ0bnnlWlarFeSPht4PAFGXacvG02qQlvi6THOClrGaoAsGcQEQQFD1K5PPr7TTCA==



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Evaluación de cultivo de *Pleurotus ostreatus* (hongo oreja de caahuate) en dos condiciones de cultivo

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

ERNESTO JAVIER ESTRADA POPOCA

CODIRECTORES

DRA. MA. DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA

BIOL. NÉSTOR IRAÍ BAUTISTA GARCÍA

CUERNAVACA, MORELOS

OCTUBRE, 2022

DEDICATORIA

CON TODO EL CARIÑO, MI AMOR, ADMIRACIÓN Y ETERNO
AGRADECIMIENTO A:

MI ESPOSA JULIETA FLORES MARTÍNEZ

QUIEN SIEMPRE ESTUVO PRESENTE

MIS PADRES RAFAEL ESTRADA SANCHÉZ EL CUAL AGRADEZCO DE

CORAZÓN APOYARME EN ESTA ETAPA DE MI VIDA

MI MADRE AMADA POPOCA OCAMPO POR DARME ESTA OPORTUNIDAD

DE PODER LOGRAR ESTA CARRERA.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Investigaciones Biológicas y la Facultad de Ciencias Agropecuarias por aceptarme en este proyecto y permitirme desarrollarme profesionalmente y otorgarme las facilidades para concluir la Licenciatura en Biología.

Dra. Ma. de Lourdes Acosta Urdapilleta (Directora) por haber confiado en mi persona para la realización de este proyecto, por su apoyo académico y su dedicación, el tiempo brindado y el gran ser humano que es.

A los miembros del comité tutorial:

Dr. Edgar Martínez Fernández por su apoyo incondicional y sus valiosas sugerencias en la elaboración de este proyecto.

Dra. Maura Téllez Téllez por el apoyo en la realización de experimentos, por sus acertadas sugerencias y tiempo para las correcciones del presente escrito.

Ma. en C. Patricia Martínez Jaimes por sus acertadas recomendaciones durante la elaboración de este proyecto y sugerencias en la escritura del mismo.

Biól. Nestor Iraí Bautista García por su amplio conocimiento en la elaboración de los diferentes módulos de cultivo de la especie para poder llevar a cabo este proyecto como también su tiempo y dedicación, así mismo el apoyo incondicional que me brindo.

A mi compañera de trabajo Estefany por brindarme sus consejos y sugerencias de que este proyecto fuera lo mejor posible, al igual, de risas y desalientos que compartíamos, el enorme tiempo brindado de apoyarme en esta etapa de mi carrera universitaria y ser mejor como persona, gracias por ser la amiga como eres. Te lo agradezco mucho.

A Daniel por se uno de los amigos con los que viví experiencias inolvidables en el transcurso de la carrera de aquellas pláticas que no tenían fin y con risas que nunca olvidare.

A mis hermanos Jesús y Francisco por siempre creer en mi dándome motivos de aliento cuando más lo necesitaba

A mis sobrinos que siempre me cuestionaban todo y hacían que esas dudas fueran una motivación más para indagar en este bello camino de la ciencia.

A mi padre Rafael por estar al pendiente de que nunca me faltara nada y que siempre se aprende algo nuevo en la vida y que lo puedes proyectar en las demás personas desde una expectativa diferente.

A mi madre Amada por darme todo ese cariño tan enorme que me brindo en mi vida y los consejos para envolverme en mi carrera.

A mi esposa Julieta, por siempre estar cuando más lo necesita y que cuando algo se quiere en la vida todo se puede lograr con esfuerzo y dedicación. Por todas esas veces de desvelo que provocaban un impulso de terminar esta hermosa carrera.

Nunca terminare de agradecer a todas esas personas que siempre depositaron en mí su confianza de este bello camino universitario y que siempre me brindaron su mano para seguir adelante cada día. Gracias a todos por estar conmigo.

ÍNDICE

	PÁG.
RESUMEN	1
1.INTRODUCCIÓN	2
2.ANTECEDENTES	4
2.1 Generalidades de los hongos.....	4
2.2 Características taxonómicas y descriptivas de la especie <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
2.3 Valor nutricional.....	5
2.4 Ciclo de vida.....	6
2.6 Cultivo del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	6
2.7 Condiciones ambientales para <i>Pleurotus ostreatus</i>	7
2.8 Características estándar para la venta comercial de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
3. JUSTIFICACIÓN	9
4. HIPÓTESIS	9
5. OBJETIVO GENERAL.....	9
5.1 Objetivos particulares.....	9
6. MATERIALES Y MÉTODOS	10
6.1 Obtención de las bolsas de cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	11
6.1.1 Características de los módulos de producción	11
6.1.2 Localización de las bolsas.....	12
6.1.3 Riego y limpieza	12
6.1.4 Determinación de las condiciones ambientales.....	12
6.1.4.1 Determinación del Dióxido de carbón	12
6.1.4.2 Medición de temperatura	13
6.1.4.3 Registro de humedad relativa	13
6.1.5 Determinación de parámetros	13
7. RESULTADOS	2
7.1 Fase de producción.....	2
7.2 Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción.....	4
7.3 Características fenotípicas de los hongos cosechados.....	7
7.4 Condiciones ambientales durante la fructificación.....	11
Módulo rústico (CIB)	11
Módulo tipo invernadero (FCA)	12
7.4.1 Aeración en los dos distintos módulos de producción.....	13

7.5 Plagas y contaminantes	15
Módulo rústico (CIB).....	15
Módulo tipo invernadero (FCA)	16
8. DISCUSIÓN	17
9. CONCLUSIÓN	20
10. RECOMENDACIONES	21
11. REFERENCIAS.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema experimental del proyecto.	10
Figura 2. Parte externa del módulo CIB.....	11
Figura 3. Dimensión interna del módulo.....	11
Figura 4. Módulo FCA.....	12
Figura 5. Dimensión interior del módulo FCA.....	12
Figura 6. Higrotermógrafo digital en CIB.....	13
Figura 7. Higrómetro HOBO, MX2302 en FCA.....	13
Figura 8. Inicio de fructificación de <i>P. ostreatus</i> en módulo de producción tipo invernadero FCA.	5
Figura 9. Inicio de fructificación de <i>P. ostreatus</i> en módulo de producción rústico CIB.	6
Figura 10. Eficiencia biológica media y tasa de producción media del módulo rústico CIB y tipo invernadero FCA.	7
Figura 11. Condiciones ambientales Temperatura y Humedad relativa en módulo rústico CIB.....	12
Figura 12. Condiciones ambientales Temperatura y Humedad relativa en módulo tipo invernadero FCA.	13
Figura 13. Contenido de dióxido de carbono en los módulos de producción rústico y tipo invernadero.....	14
Figura 14. Alargamiento del estípite de la cepa <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
Figura 15. Efecto de la aireación en la cepa <i>P. ostreatus</i> en el módulo tipo invernadero.	15
Figura 16. Babosas alrededor de las bolsas en producción.....	16
Figura 17. Bolsa contaminada por <i>Trichoderma</i>	16

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Primeras cosechas, periodo de cosechas y ciclo de cultivo de <i>P. ostreatus</i> en el módulo de producción rústico (Centro de investigaciones Biológicas)	3
Tabla 2. Primeras cosechas, periodo de cosechas y ciclo de cultivo de <i>P. ostreatus</i> en el módulo de producción tipo invernadero (Facultad de Agropecuarias).....	3
Tabla 3. Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción de <i>P. ostreatus</i> en el módulo de producción tipo rústico (Centro de Investigaciones Biológicas).....	4
Tabla 4. Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción de <i>P. ostreatus</i> en el módulo de producción tipo invernadero (Faculta de Agropecuarias)	5
Tabla 5. Características fenotípicas de la cepa <i>Pleurotus ostreatus</i> en los dos diferentes módulos de producción.....	8
Tabla 6. Diámetro máximo y mínimo del píleo de <i>P. ostreatus</i> en el módulo rústico del CIB.	9
Tabla 7. Largo y ancho del estípite de <i>P. ostreatus</i> en el módulo rústico del CIB...	9
Tabla 8. Diámetro máximo y mínimo del píleo de <i>P. ostreatus</i> en el módulo tipo invernadero de FCA	10
Tabla 9. Largo y ancho del estípite de <i>P. ostreatus</i> en el módulo tipo invernadero de FCA.	11

RESUMEN

Las especies de los hongos del género *Pleurotus* son conocidos por nuestra cultura desde tiempo antiguos con diferentes nombres, seta, oreja de cazahuate, oreja de palo, hongo ostra, etc., donde se consumían, por ser una fuente importante de nutrientes que contribuye a una buena alimentación, estos hongos siguen, consumiéndose en los tiempos actuales. Por otro lado, el cultivo de las especies de *Pleurotus* en nuestro país contribuyen a incrementar el ingreso económico tanto a pequeña o a gran escala. Actualmente el cultivo del hongo (*P. ostreatus*) se desarrolla en diferentes tipos de módulos: rústicos, semi tecnificados, tecnificados, etc. Y por ende en diferentes condiciones ambientales, por lo que el objetivo principal del presente proyecto fue determinar el patrón de producción de *P. ostreatus* en dos tipos de módulos y la influencia de los principales factores ambientales: aeración, humedad relativa y temperatura. El proyecto se realizó en dos módulos, en un módulo rústico y el segundo en un módulo tipo invernadero, se utilizó como sustrato una combinación de paja de trigo y rastrojo de maíz inoculado con *P. ostreatus*. Las diferencias entre los dos módulos arrojaron resultados distintos. Aún con las diferencias notables en la infraestructura de los módulos no se presentaron gran variación en las condiciones ambientales: la concentración de dióxido de carbón respecto a la concentración de la muestra blanco fue de 1.34 ppm para la muestra y 1.35 ppm para el blanco en el módulo rústico, mientras que, en el módulo tipo invernadero, obtuvo un valor 1.37 ppm para la muestra y de 1.39 ppm para el blanco. Además de ello la temperatura entre módulos vario con un rango de 18 °C media semanal en el módulo rústico y de 25.5°C media semanal en el módulo tipo invernadero. Sin embargo, el módulo que presentó resultados altos de producción de cuerpos fructíferos fue el módulo tipo invernadero con una tasa de producción de 0.95 y una eficiencia biológica (EB) de 97.97% en comparación con el módulo rústico que alcanzó una tasa de producción de 0.67 y una EB de 62.92%. A pesar de que las unidades de producción fructificaron en tiempos iguales en los dos módulos encontramos diferencia mínima de 4 días, con un ciclo de cultivo media de 102 días en el módulo tipo invernadero y de una media de 98 días en el módulo rústico. Tomando en consideración las condiciones ambientales en este estudio vemos que influyeron en el patrón de producción de esta especie. Como conclusión de este trabajo, podemos considerar ambos módulos rentables para el cultivo de esta especie, sin embargo, se presentó mayor producción y cosechas en el módulo tipo invernadero. En ambos módulos de producción las características morfológicas de los hongos cosechados fueron las típicas de la especie y presentaron valor comercial.

1. INTRODUCCIÓN

Hongos comestibles

Desde la antigüedad los hongos se han utilizado en la alimentación, en ritos religiosos y en la medicina; en diversas culturas como la veda, la griega, la escocesa, la china y la azteca, entre otras (Freundt-Espinosa, 2003). Es en China donde se reporta por primera vez su consumo como alimento varios siglos antes del nacimiento de Cristo (Aaronson, 2000). Los hongos silvestres fueron recolectados en los bosques en tiempos de la antigua Grecia y de los romanos, siendo apreciados más por personas de alto rango que por la población en general (Buller, 1914). La “Amanita de los Césares” (*Amanita caesarea*) es el legado de una antigua tradición que todavía existe en muchas partes de Italia y abarca una gran variedad de especies comestibles entre las cuales predominan el tartufo (*Tuber magnatum*) y el porcino (boleto comestible, *Boletus edulis*). En los mercados comerciales predominan las especies *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes* y *Pleurotus* que representan más o menos el 70 por ciento de las especies cultivadas del mundo (Chang, 1999).

El cultivo empírico de los hongos comestibles pertenecientes al género *Pleurotus*, tuvo sus inicios en Alemania, alrededor de 1917, empleando micelio silvestre para la inoculación de troncos. Sin embargo, el primer cultivo a gran escala con troncos como sustrato solo fue posible hasta 1969 en Hungría. A partir de entonces el cultivo de varias especies de *Pleurotus* a pequeña y gran escala se ha desarrollado rápidamente en diversas partes del mundo, utilizando subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales disponibles regionalmente (Sánchez-Vázquez *et al.*, 2007).

En Latinoamérica, el champiñón fue el primer hongo cultivado comercialmente en 1941 (aunque desde 1933 se hacían ensayos a pequeña escala) y *Pleurotus* en los años 1970, ambos hongos en México (Martínez-Carrera *et al.*, 1991). El champiñón empezó a ser cultivado después 10 hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica, en Argentina (1941), Colombia (1950) y Brasil (1951) para luego extenderse a otros países del área (Lahmann y Rinker 1995; Andrade-Gallegos *et al.*, 2012). El cultivo de champiñones comenzó en México en 1933, sin embargo, España que inició este cultivo casi 30 años después, tenía en el año 2002 una producción 3.6 veces mayor. Para el año 2009, considerando el crecimiento de la producción en ambos países, las estimaciones se mantenían en esos niveles (España 131,974 t y México 43,595 t), (Andrade-Gallegos *et al.*, 2012; Martínez-Carrera y López-Martínez de Alva 2010). Lo mismo se observa en el caso de la producción brasileña, que inició en 1951, pero que actualmente es mayor que la colombiana y la argentina, que empezaron antes. España dentro de la comunidad europea como productor de setas, ya que es el segundo productor, después de Italia; mientras que, en Latinoamérica, los más grandes productores son México y Brasil (Andrade, Mata y Sánchez, 2012). La producción comercial de hongos comestibles es una actividad relevante en México, desde el punto de vista social, económico y ecológico. Se estima que los volúmenes de producción ascienden a

más o menos 38,708 t anuales de hongos frescos. Nuestro país genera alrededor del 59% de la producción total de Latinoamérica, ubicándose como el 18°. productor a nivel mundial (Martínez-Carrera *et al.*, 2004).

Pleurotus spp. es uno de los grupos más importantes de hongos comestibles cultivados comercialmente, con una producción estimada de 6.46×10^9 Kg que los posiciona en el segundo lugar a nivel mundial (Royse *et al.*, 2017). El 99% de la producción de *Pleurotus* se concentra en el continente asiático, especialmente en China. En Latinoamérica, la producción comercial se genera mayoritariamente en Brasil, México, Colombia, Argentina y Guatemala (Royse y Sánchez, 2017).

El cultivo de hongos comestibles constituye un verdadero sistema de producción-consumo, el cual ha adquirido en el mundo gran relevancia social, económica y ecológica. Además, el cultivo de hongos puede ser una actividad agroindustrial intensiva, que puede ayudar a generar empleo, particularmente en países en desarrollo (Girmay *et al.*, 2016). Se trata de procesos biotecnológicos aplicados que pueden desarrollarse a pequeña y gran escala para producir: 1. Alimento humano de buena calidad nutritiva y con propiedades medicinales (anticancerígenas, antibióticas, reductoras del nivel de colesterol e hipertensión, antitrombóticas, antidiabéticas); 2. suplementos dietéticos; y 3. enzimas y productos metabólicos con amplio potencial de utilización en la industria (Mora y Martínez-Carrera, 2007). Se describieron 317 especies de hongos comestibles en México, a partir de entonces las cifras se continúan moviendo, de tal forma que en la actualidad se reconocen 371 especies (Moreno, 2014).

Cuatro géneros principales comprenden cerca de 85% de la oferta mundial de hongos *Lentinula edodes* (shiitake) es ahora el más ampliamente cultivado, con 22% de la producción mundial en 2013. Le siguen muy de cerca *Pleurotus* spp. y *Auricularia* spp., que cuentan con 19% y 18% respectivamente. *Agaricus bisporus* ocupa el cuarto lugar en términos de producción mundial con 15% del total. Esta situación demuestra que un cambio sustancial ha ocurrido en cuanto a los géneros que constituyen la oferta mundial de hongos comestibles: hace solo 30 años, *A. bisporus* contabilizaba cerca de 55.8% del total (Chang, 1993; Royse y Sánchez, 2017).

En el caso de México, la producción ha sido más estable. Se estima que en 2014 fue de 3000 t (Martínez-Carrera y Ramírez-Juárez, 2016), lo que implica un crecimiento de 1.6 veces respecto de 1998. Pero este incremento no fue suficiente para que el país mantuviera el liderazgo americano, ya que del primer lugar de producción que tenía en 1998 (Sánchez y Mata 2012), cayó al tercer sitio en 2013. Aunque la mayor producción de *Pleurotus* spp. se ubica en el centro de México, se reportan pequeñas unidades productivas de corte rural en la mayoría de los estados que componen el país.

2. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades de los hongos

Los hongos son definidos como “macrohongos con un cuerpo fructífero distinto que puede ser tanto epigeo como hipogeo” (Chang y Miles, 1992). En un sentido más simple, la palabra hongo puede referirse solo al cuerpo fructífero. Los hongos fueron clasificados dentro del Reino *Plantae*, aunque ahora pertenece al Reino Fungí debido a las características fúngicas únicas que la diferencia de los animales y las plantas. A diferencia de las plantas verdes, los hongos son heterótrofos. Al no tener clorofila, no puede generar nutrientes por medio de la fotosíntesis. Estos son tomados de otras fuentes. La mayoría de las especies de hongos se encuentran dentro de los Basidiomicetos o Ascomicetos, ambos *phyla* (divisiones) dentro del reino fungí (Mushworld, 2005).

Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición u otros substratos vegetales (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006). Cada hongo está formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un substrato adecuado se transforma en pequeños grumos que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta. El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

2.2 Características taxonómicas y descriptivas de la especie *Pleurotus ostreatus*

La palabra *Pleurotus* proviene del griego “*pleura*” que significa “formado lateralmente”, y el sufijo latino “*otos*”, con la desinencia latina *us* la cual se refiere a la posición lateral del estípite respecto al sombrero y a la forma de este (Staments y Chilton, 1983; Ulloa y Herrera, 1994).

Según Ulloa y Herrera (1998), el género *Pleurotus* tiene la siguiente taxonomía:

REINO.FUNGY O MYCOTA
PHYLLUM BASIDIOMYCOTA
CLASE HOLOBASIDIOMICETES
ORDEN AGARICALES
FAMILIA TRICHOLOMATACEAE
GÉNERO *Pleurotus*

P. ostreatus también es conocido como seta, oreja blanca, hongo ostra, además se conoce en México como: orejas blancas u orejas de izote o cazahuate. *P. ostreatus* presenta un sombrero en forma de repisa, de 4-14 cm de diámetro, blanquecino, gris o de color café grisáceo; las láminas son decurrentes, blanquecinas; presenta un parte lateral corto, que en ocasiones puede ser excéntrico; la carne o contexto es blanca o blanquecina, con sabor y olor agradables. Los cuerpos fructíferos crecen en forma gregaria y por lo general imbricados, sobre troncos caídos o en pie, o en diversos restos vegetales (Rodríguez-Macías, 1996). Este tipo de seta no presenta anillo ni volva, se le denomina ostra por su forma y color de los cuerpos fructíferos (sombrero o carpóforo). Características microscópicas: esporas pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporada, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo $7.5-9.5 \times 3-4 \mu\text{m}$ (Sánchez-Vélez, 2013; Stamets, 1993). Las especies de *Pleurotus* son saprófitas, por lo que toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales sobre los que crecen (Royse y Sánchez, 2017). Por otra parte, contiene 92.4 % de humedad y 7.6 % de materia seca (Cano-Estrada y Romero-Bautista, 2016). Las especies de *Pleurotus* se desarrollan tanto en bosques tropicales y subtropicales como en bosques templados y regiones semiáridas (Mata *et al.*, 2017). De las condiciones ambientales naturales en las que se desarrolla la especie *P. ostreatus* se encuentra de forma natural en climas templados y subtropicales.

2.3 Valor nutricional

Para la mayoría de la población el comer bien significa incluir en su dieta diaria, principalmente, frutas y verduras. Sin embargo, el consumo de alimentos que aporten proteínas y otros nutrientes es importante pero no suficiente, además de ello deben de ser saludables (Gaitán-Hernández, 1975).

Los hongos comestibles tienen del 19 al 35% de proteínas aprovechables en peso seco, en comparación con la mayoría de las frutas y hortalizas, que tienen entre el 7.3 al 13.2%. Contienen tiamina (vitamina), riboflavina (vitamina B₂), piridoxina (vitamina B₆), cobalamina (vitamina B₁₂) y ácido ascórbico (vitamina C), entre otros; además de minerales como el fósforo, hierro, calcio y potasio. El bajo contenido en carbohidratos hace que se recomienden como dietéticos. Tienen alto contenido de ácido glutámico aminoácido que entre otras funciones inmunitarias ayuda a combatir las infecciones. Otros alimentos de consumo común contienen concentraciones de proteínas similares o inferiores a los hongos, entre ellos, la leche (25.2%), arroz (7.3%), maíz (11.2%), frijol (24.2%), aguacate (7.1%) y naranja (5%) y además aporta un contenido de fibra del 11.9% (Gaitán-Hernández, 1975; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Además de quitina como una fuente importante de fibra; son además bajos en grasas y carecen totalmente de colesterol. Su contenido de grasas es de 0.9 a 1.8% con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos (Trigos y Suárez-Medellín, 2010; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006). En general, podríamos señalar que el contenido protector de los hongos silvestres comestibles

se encuentra entre 10 y 40% en peso seco, habiendo casos excepcionales por debajo del límite inferior. En general poseen un buen contenido de minerales en peso seco uno bajo en grasas, y nutrientes esenciales y minerales importantes (Boa 2005); son ricos en fibras y favorecen la digestión. Tiene un gran valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

2.4 Ciclo de vida

Los hongos se reproducen por medio de esporas, en ellos existen dos fases de desarrollo que son la miceliar y la fase de fructificación. La fase miceliar empieza con la liberación de esporas, después germinan originando un micelio primario llamado monocarión; este se fusiona con otro micelio monocarión compatible por medio de la plasmogamia, dando origen a un micelio secundario o dicarión (se caracterizan por tener células con dos núcleos haploides y fíbulas en los septos de las hifas). Las fíbulas son estructuras especializadas que permiten el intercambio de núcleos entre cada compartimento hifal. La segunda fase sucede cuando el micelio binucleado se desarrolla y se forman uno o varios cuerpos fructíferos en los cuales en su himenio terminara la reproducción sexual con la formación de basidiosporas en los basidios (López-Pérez, 2011).

2.6 Cultivo del hongo *Pleurotus* spp.

Los hongos del género *Pleurotus* se han convertido en un producto comestible ampliamente reconocido en la industria de los hongos cultivados. Su técnica de producción sencilla y barata, así como su habilidad para crecer de manera rápida en diversos residuos orgánicos y su adaptación a diversas condiciones climáticas, son atractivos que han aumentado el interés de muchos cultivadores. La seta, como comercialmente se le conoce en nuestro país, es uno de los géneros cultivados en los trópicos y ha ganado mucha importancia en las últimas dos décadas (Gaitán-Hernández *et al.*, 2007).

En México se han realizado investigaciones para adaptar su cultivo a los diferentes sustratos disponibles en grandes cantidades o reservados a subproductos locales. Así, se reportan más de 35 sustratos para el cultivo de hongos de este género (Mora y Martínez-Carrera, 2007). Tal es el caso de algunos sustratos utilizados para la fructificación: se puede utilizar una amplia gama de productos de desecho agrícolas y forestales, que incluyen, entre otros: paja (trigo, centeno, avena, arroz y paja de cebada); tallos de maíz, bagazo de caña de azúcar; pulpa de café; desperdicio de banano; residuos de algodón y cascotes de semillas de algodón; aserrines de madera dura; subproductos de papel; residuos de soja; subproductos de aceite de palma; residuos de agave; e incluso la pulpa restante de la producción de tequila. El pH en la composición puede variar entre 6.0-8.0 pero debe caer a un óptimo de 5.0 en la fructificación para obtener la máxima producción de biomasa (Stamets, 1993).

La producción de hongos ostra ha aumentado a un ritmo rápido en todo el mundo hecar en los últimos años. Desde 1997 a 2010, la producción de *Pleurotus* spp. aumentó de 876 t a 6,288 t (618%). De tal manera que China fue responsable de la mayor parte de la producción. Aumento y representó más del 85% de la producción total del mundo en 2010, aproximadamente el 25% del hongo es en China con la producción en 2010 fue de dos especies de *Pleurotus*: *P. ostreatus* y *P. cornucopiae* (Royse, 2014).

Soto-Velazco (2007) mencionó módulos de producción tipo invernadero forrados de plástico y recubiertos con placas de poliestireno. Sin embargo, la producción de setas no es tan eficiente, ya que debido a la alta insolación que ocurre durante los meses más calurosos se crean ambientes de temperatura cercanos a los 35-38°C. Martínez-García en el 2005 y López-Eustaquio *et al.*, 2012 mencionaron los diferentes módulos que se tienen en el estado de Morelos respecto a la infraestructura, se tiene que el 82.5% cuenta con infraestructura rústica, el 12.5% cuenta con instalaciones semitecnificadas, mientras que el 5% cuenta con una infraestructura ya sea de concreto o tipo invernadero (modelo tecnificado) con sistemas que les han ayudado a controlar mejor los elementos limitantes para la producción como son: temperatura, humedad relativa, la luz, entre otros.

2.7 Condiciones ambientales para *Pleurotus ostreatus*

Los hongos, como otros organismos, necesitan para su crecimiento condiciones específicas de temperatura, humedad, pH, luz y aireación. Para cada uno de estos factores, existe un rango delimitado por un punto mínimo y un punto máximo, bajo y sobre los cuales no habrá crecimiento. Un módulo de cultivo ideal para hongo no debe ser necesariamente una estructura de alta tecnología y elevado costo, con todos los controles automáticos. El mayor valor de un módulo para cultivar hongos es proporcionar las condiciones favorables para su crecimiento y protegerlo de los factores ambientales adversos tales como climas rigurosos, pestes, patógenos y contaminantes (Mushworld, 2005).

Los productores necesitan una gran cantidad de agua para preparar, pasteurizar o esterilizar la mezcla del sustrato, para regar el suelo y mantener una humedad alta constante, para humedecer o limpiar los cuartos (Mushworld, 2005). Al final de la incubación, se baja la temperatura y se suministra luz (50 a 300 lux) de cuatro a 12 h/día para inducir la formación de primordios. Se incrementa la humedad de manera consistente hasta 80% (humedad relativa 60-95%) o más con riego y una temperatura de 25-35°C, y se introduce aire fresco suficiente para bajar los niveles de CO₂ a menos de 700 ppm (Rodríguez-Macías, 1996; Qing, 2017).

De todos los factores físicos que afectan el crecimiento de hongos, la temperatura es sin duda de los más importantes. Las temperaturas extremas (máximo y mínimo) son de gran importancia para determinar la supervivencia y distribución de una especie fúngica en la naturaleza. (Chang y Miles, 2004).

El papel más importante que juega la luz para los hongos está en las respuestas fototrópicas de las estructuras reproductivas, el desarrollo de primordios de cuerpos fructíferos de muchos basidiomicetos, el posicionamiento del estípite y el píleo (sombrero), afecta el alargamiento del estípite (Chang y Miles, 2004).

Los hongos de los basidiomicetos pueden estar malformados en presencia de demasiado dióxido de carbono, un hecho que enfatiza la necesidad de una ventilación adecuada en caso de cultivar hongos propios en casa. El efecto de altas concentraciones de dióxido de carbono se informó un alargamiento del estípite en el desarrollo de cuerpos fructíferos. Lambert en 1933 lo determinó por primera vez.

2.8 Características estándar para la venta comercial de *Pleurotus ostreatus*

Una vez cosechados los hongos se pueden consumir, comercializar en fresco o almacenar. Si el objetivo es la comercialización en fresco, ésta debe realizarse inmediatamente después de la cosecha, poniendo especial atención en el empaque: elegir un método que evite el maltrato ya que este disminuye la calidad y con ello el costo. Así también, ponga especial atención en el tamaño del hongo al momento de cortarlo (debe de ser de aproximadamente 10 cm de diámetro del píleo) y observe que el borde este liso y doblado hacia abajo (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Una vez que ocurre la fructificación los hongos son cosechados antes de que los bordes inicien su enrollado hacia arriba, de preferencia se cosechan en estado joven, ya que se ha observado que en esta etapa tienen un tiempo de vida de anaquel mucho más prolongado (Soto-Velazco, 2007).

Una vez cosechadas, pasan a la etapa de selección: por tamaño, manchadas, rotas o muy maduras. Después, se hace un despatado (selección) al separar parte del estípite o pie del píleo o sombrero (Soto-Velazco *et al.*, 2005). Los hongos de las especies de *Pleurotus* se venden frescos, secos o como productos procesados. Los hongos cosechados típicamente se envasan en cajas o charolas de 1.36 kg (3 lb) a 2.27 kg (5 lb) y se envían a los distribuidores para su venta al menudeo, quienes cambia la presentación de las unidades de 100 g (3.5 oz) (Qing, 2017). Los hongos son productos perecederos. El precio de los hongos depende de su calidad, sobre todo su frescura. Una vez que pierden la frescura, su comercialización y precio caen drásticamente (MushWorld, 2005).

3. JUSTIFICACIÓN

Analizar diferentes módulos de producción del hongo *Pleurotus ostreatus* en el estado de Morelos, ya que se sabe que hay más módulos rústicos de producción que constituyen el mayor porcentaje en infraestructura, se pretende el uso de un módulo tipo invernadero, además de ello, se determinarán parámetros de las condiciones ambientales que no se han hecho aún para poder enfatizar en la proliferación y el desarrollo de nuestra cepa en condiciones diferentes en infraestructura y ambientales. Este es algún proyecto que permitirá enfatizar los parámetros ambientales, de tal manera que permita distinguir que módulo es el más apropiado y poder garantizar a otros que estén interesados en la producción de *Pleurotus ostreatus*.

4. HIPÓTESIS

La producción de *Pleurotus ostreatus* será más eficiente en un módulo rústico que en un módulo de producción tipo invernadero.

5. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el patrón de producción de *Pleurotus ostreatus* en dos condiciones de cultivo (módulo rústico e invernadero).

5.1 Objetivos particulares

- Determinar la producción de *P. ostreatus* en los dos diferentes módulos (rústico e invernadero) con los parámetros: inicio de fructificación, número de cosechas, ciclo de cultivo, eficiencia biológica y tasa de producción.
- Evaluar las condiciones ambientales en los dos módulos (rústico e invernadero) tales como; humedad relativa, temperatura y concentración de dióxido de carbono.
- Evaluar las características morfológicas de los hongos cosechados en los módulos (rústico e invernadero) mediante la evaluación de algunas características del píleo y estípite.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1 se muestra el esquema experimental del proyecto.

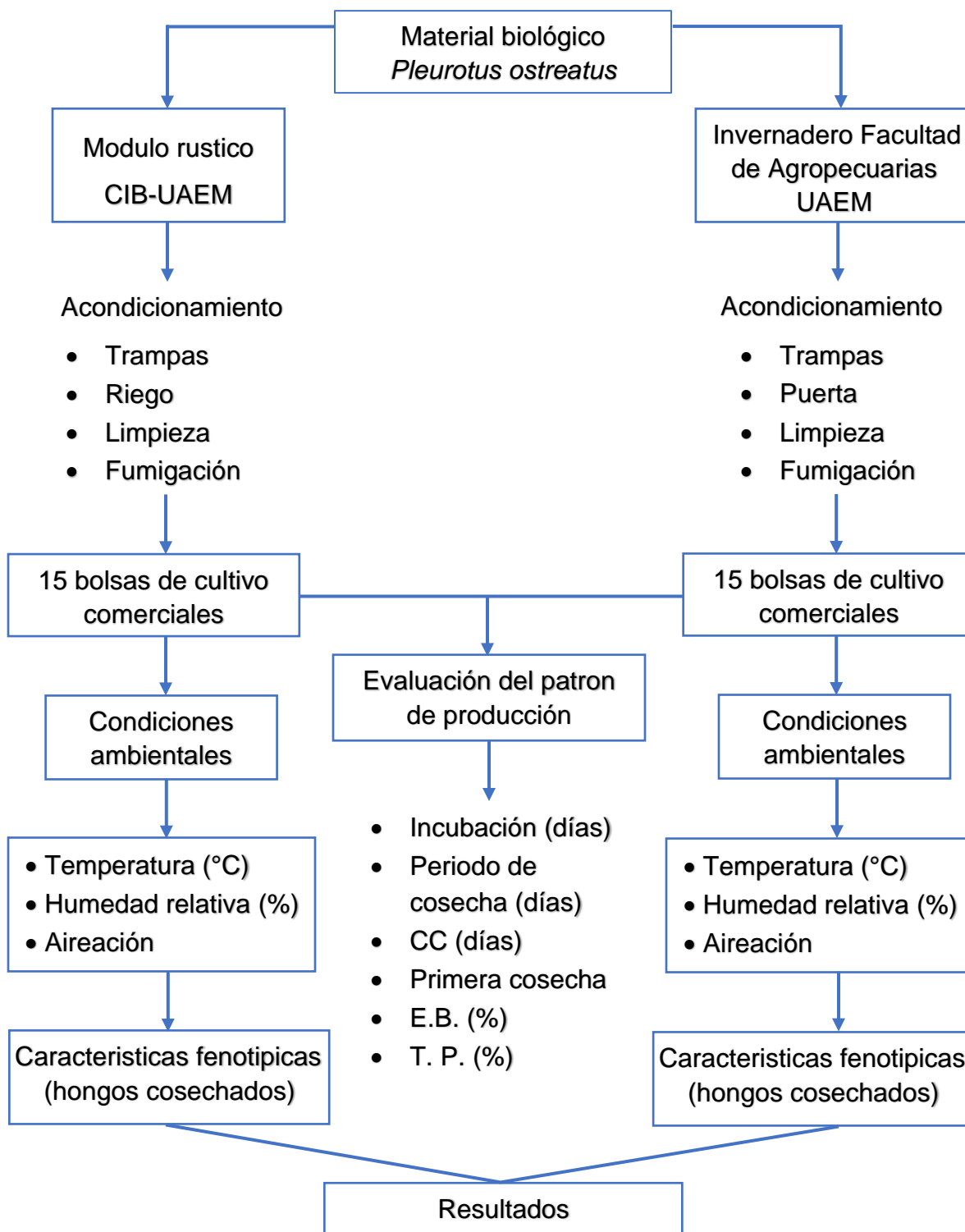


Figura 1. Esquema experimental del proyecto.

6.1 Obtención de las bolsas de cultivo de *Pleurotus ostreatus*

Las bolsas se obtuvieron por medio de un productor de hongos comestibles el cual el sustrato ya viene inoculado por el hongo, se obtuvieron tanto bolsas negras como transparentes para su posterior fructificación, con una cantidad de 30 bolsas con un peso de 15 kg cada una que contienen sustratos de rastrojo de maíz y paja de trigo 50%/50%. Se trasladaron al módulo del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) y Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), para su fructificación. En este estudio se utilizaron en su mayoría bolsas negras en un 80% respecto a las bolsas blancas 20%.

6.1.1 Características de los módulos de producción

El módulo del Centro de Investigaciones (CIB) presenta las siguientes dimensiones: construcción de paredes de concreto, en dimensión rectangular de 4.10m² x 5.85m², con una semi ventilación a través de una malla denominada pared humedad permitiendo una ventilación fresca al igual que un ventilador. El módulo consta de estantes de plástico que permiten el reposo de las mismas bolsas para su posterior fructificación (Figura 2 y 3).



Figura 2. Parte externa del módulo CIB.



Figura 3. Dimensión interna del módulo.

El módulo tipo invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) consta de las siguientes dimensiones: construcción de paredes de plástico 3.60 m² x 6.40 m², con patas de 1 1/4" y el largo de las patas traseras de 1.28 m² cada una y las frontales de 52 cm², arcos de 1" del arco trasero de dimensión de 6.07 m² y frontal de 6.70 m² y travesaños de 1" y 6.3 m² de largo cada uno, plástico blanco lechoso del 30%, malla sombra del 50%, malla antiafidos para los costados sin calibre, Grond cover negro con calibre y tezontle en el piso (Figura 4 y 5).



Figura 4. Módulo FCA.



Figura 5. Dimensión interior del módulo FCA.

6.1.2 Distribución de las bolsas en los módulos

Se tomaron 10 bolsas para ponerlas a fructificar en el módulo del CIB. De igual manera se tomaron los 10 restantes para ser colocadas en el módulo de la FCA.

6.1.3 Riego y limpieza

En ambos módulos tanto en la FCA y en de Centro de investigaciones Biológicas (módulo de CIB, se hicieron riegos diarios de manera manual a las 9:00 am y a las 3:00 pm, al igual se limpió el área de trabajo y el cuidado de las bolsas de los diferentes organismos contaminantes y plagas que afectan la fructificación de este.

6.1.4 Determinación de las condiciones ambientales

6.1.4.1 Determinación del dióxido de carbono

La concentración de Dióxido de Carbono (CO_2), se tomó de un tubo vacutainer rojo (sin aditivo) en los módulos a las 12:00 pm, los martes y jueves. Los tubos fueron rotulados con fecha del día, nombre del módulo, blanco o muestra. Se realizó una toma muestra (de aire) con una jeringa de 5mL dejando entrar aire sobre el mismo dos veces y a la tercera se pasó el aire tomado al tubo vacutainer, sea el caso del blanco, se tomó la muestra alrededor del módulo y de la muestra donde se encuentren las bolsas. Cabe mencionar que la toma de muestra de la concentración de CO_2 se realizó los días en los que había fructificación. Posteriormente las muestras fueron leídas en un equipo de cromatógrafo de gases donde se determinó la concentración de CO_2 .

6.1.4.2 Medición de temperatura

La medición de la temperatura se determinó a través de un higrómetro digital dos veces al día a las 9:00 am y a las 3:00 pm.

6.1.4.3 Registro de humedad relativa

La determinación de la humedad relativa se realizó a través de aparatos digitales (Figura 6 y 7) con excepción de que se tomarán los datos de manera manual en el módulo de CIB (Figura 6) y de registró computarizado en el módulo de FCA (Figura 7).



Figura 6. Higrotermógrafo digital en CIB. Figura 7. Higrómetro HOBO, MX2302 en FCA.

6.1.5 Parámetros de fructificación

Una vez visto la formación de primordios en las bolsas, se tomaron datos de primera cosecha posteriormente hasta la otra formación de brotes la siguiente cosecha y así con las siguientes. En esta etapa de fructificación se evaluaron los siguientes parámetros:

1. Aparición de la primera, segunda, tercera y cuarta cosecha (según el caso).
2. Período de cosecha (día)
3. Ciclo de cultivo (período de colonización del substrato + período de fructificación en días).
4. Características fenotípicas de los hongos cosechados: forma, textura, consistencia, diámetro (cm) (máximo y mínimo del píleo durante las cosechas), coloración del cuerpo fructífero (tanto del margen, periferia inmediata al margen, parte central del píleo, himenio y estípite) utilizando las cartas de Munsell (1992), textura y consistencia del estípite y olor.

5. Eficiencia biológica (EB), determinándose con la siguiente fórmula propuesta por Tschierpe y Hartmman (1977).

$EB = \frac{\text{Peso fresco de los cuerpos fructíferos obtenidos}}{\text{Peso seco del sustrato empleado al momento de la inoculación}} \times 100$

6. TP: se calculó con la siguiente fórmula (Royse 1989).

$TP = EB/CC$

Dónde:

CC= Ciclo de cultivo (Período de colonización del sustrato + periodo de fructificación (días).

7. Presencia de contaminantes (mohos, bacterias e insectos)

6.1.6 Medición de los parámetros estándar para la venta de comercio

Pasaran a la etapa de selección: descartando aquellos hongos que estén en pudrición o que estén contaminados, por tamaño, manchadas, rotas o muy maduras (Soto-Velazco *et al.*, 2005).

Se tomó en cuenta todos los hongos respecto a cada bolsa, pero se utilizaron los más grandes y pequeños para la medición del diámetro del carpóforo en cm con la ayuda de un vernier. El estípite se midió el grosor en cm (ancho) y el más largo.

7. RESULTADOS

7.1 Fase de producción

Inicio de fructificación, periodo de fructificación y ciclo de cultivo

En la tabla 1 se muestra los días de incubación para la primera fructificación en las diferentes bolsas (rastrajo de maíz y paja de trigo) en el módulo rústico del CIB (10 bolsas en total), los días transcurridos en las bolsas variaron en días, desde el día que se inoculó *P. ostreatus* en el sustrato, las que fructificaron antes son la bolsa 1 y 5 a los 36 días, posteriormente las bolsas 7 y 2 respectivamente. Las siguientes fueron fructificando con hasta 7 días de diferencia con una media de 64 días durante los meses de marzo y finales de abril de 2020. Respecto al módulo de producción tipo invernadero de FCA las bolsas contienen los mismos sustratos que en el módulo de producción del CIB cuales bolsas fructificaron antes son la bolsa 7 y 10 siendo las primeras a los 35 días después de la incubación, pero se denota que no hay una diferencia entre las otras bolsas con una media de 61 días. Se puede apreciar que el inicio de fructificación se dio primero en el módulo tipo invernadero de FCA que en el módulo rústico del CIB (Tabla 1 y 2).

En cuanto al período de cosecha de las diferentes siembras en el módulo rústico se observó un período de 34 días y una diferencia de una semana (7 días) respecto al período de cosecha del módulo tipo invernadero con 41 días (Tabla 1 y 2).

En lo referente al ciclo de cultivo se encontraron valores medios 98 días en el módulo de producción rústico del CIB referente a las fechas marzo-abril, se puede observar que el ciclo de cultivo es más corto en cuanto al módulo de producción tipo rústico respecto al módulo tipo invernadero teniendo un ciclo de cultivo más tardado en 4 días de diferencia con un ciclo de cultivo media de 102 días (Tabla 1 y 2).

Tabla 1. Primeras cosechas, periodo de cosechas y ciclo de cultivo de *P. ostreatus* en el módulo de producción rústico (Centro de investigaciones Biológicas)

No. de bolsas	Primera cosecha (días)	Período de cosechas	C.C.
1	60	33	93
2	62	31	93
3	60	20	80
4	70	38	108
5	60	12	72
6	69	31	100
7	61	86	147
8	70	30	100
9	69	42	111
10	60	20	80
Media	64.1	34.3	98.4
Desviación Estándar	4.701063709	20.25970275	21.21425098

C.C. = Ciclo de Cultivo

Tabla 2. Primeras cosechas, periodo de cosechas y ciclo de cultivo de *P. ostreatus* en el módulo de producción tipo invernadero (Facultad de Agropecuarias)

No. de bolsa	Primera cosecha (días)	Período de cosechas	C.C. (días)
1	60	33	93
2	60	33	93
3	62	51	113
4	61	52	113
5	61	32	93
6	61	32	93
7	59	54	113
8	62	33	95
9	61	57	118
10	59	34	93
Media	60.6	41.1	101.7
Desviación Estándar	1.0749677	10.79557523	10.91431272

C.C. = Ciclo de Cultivo

7.2 Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción

En cuanto al número de cosechas de las bolsas sembradas siete bolsas produjeron segunda cosecha y sólo una bolsa presentó tercera cosecha con 170 g. En todas, se observó que las primeras cosechas hubo mayor producción con una media de 2024.9 g y conforme transcurre el período de cosecha esta va descendiendo en cantidades de cosecha con datos de media de 317.7 g y 17 g respecto a la segunda y tercera cosecha (Tabla 3).

Tabla 3. Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción de *P. ostreatus* en el módulo de producción tipo rústico (Centro de Investigaciones Biológicas)

Número de bolsa	Cosechas (g)			Total (g)	E.B.	T.P.
	1°	2°	3°			
1	2362	620	0	2982	79.52	0.86
2	2398	134	0	2532	67.52	0.73
3	2139	0	0	2139	57.04	0.81
4	2107	548	0	2655	70.80	0.66
5	1723	0	0	1723	45.95	0.77
6	2137	298	0	2435	64.93	0.65
7	1915	1173	170	3258	86.88	0.59
8	1696	281	0	1977	52.72	0.53
9	1957	123	0	2080	55.47	0.50
10	1815	0	0	1815	48.40	0.69
Media	2024.9	317.7	17	2359.6	62.9226667	0.6775948
Desviación Estándar	233.501799	353.85733	51	478.773892	12.7673038	0.1112161

E.B. = Eficiencia Biológica T.P.= Tasa de producción

En relación al número de cosechas de las bolsas sembradas en el módulo de producción tipo invernadero, todas las bolsas produjeron segunda cosecha mientras que cuatro bolsas produjeron hasta tercera cosecha con 1001 g, 470 g, 437 g y 200 g respectivamente a las bolsas 4,3, 9 y 7. Se observa que conforme van avanzando el número de cosechas van disminuyendo con una media de 2340.4 g la primera cosecha, 1112.2 la segunda cosecha y 210.8 g con la tercera cosecha denotando que en la primera cosecha hay mayor volumen en gramos (Tabla 4).

Tabla 4. Número de cosechas, eficiencia biológica y tasa de producción de *P. ostreatus* en el módulo de producción tipo invernadero (Faculta de Agropecuarias)

Número de bolsa	Cosechas (g)			Total (g)	E.B.	T.P.
	1°	2°	3°			
1	2782	1099	0	3881	103.49	1.11
2	1905	142	0	2047	54.59	0.59
3	2039	1758	470	4267	113.79	1.01
4	2465	884	1001	4350	116	1.03
5	2826	2110	0	4936	131.63	1.42
6	1888.5	343	0	2231.5	59.51	0.64
7	3339	742	200	4281	114.16	1.01
8	2325	1518	0	3843	102.48	1.08
9	2651	1892	437	4980	132.8	1.13
10	1183.5	634	0	1817.5	48.47	0.52
Media				3663.4	97.6907	0.95
Desviación Estándar				1188.84	31.7025	0.28

E.B. = Eficiencia Biológica T.P. = Tasa de Producción



Figura 8. Inicio de fructificación de *P. ostreatus* en módulo de producción tipo invernadero FCA.



Figura 9. Inicio de fructificación de *P. ostreatus* en módulo de producción rústico CIB.

La eficiencia biológica de la cepa *Pleurotus ostreatus* sobre los sustratos de rastrojo de maíz y paja de trigo durante los meses de marzo-abril hubo mayor eficiencia biológica en el módulo de producción de Agropecuarias (tipo invernadero) con una media de 98 % respecto al módulo de producción del CIB (rústico) con una media de 63 % (Tabla 3 y 4). Cabe destacar que la cepa *P. ostreatus* tuvo mayor incidencia en cuanto a la eficiencia biológica en el módulo de producción tipo invernadero con una diferencia de 35 % en cuanto al módulo rústico (Figura 8 y 9).

Con respecto a la tasa de producción que se presentan en los dos diferentes módulos durante los meses de marzo-abril se observa que hay mayor tasa de producción en las bolsas del módulo tipo invernadero oscilando entre 0.52 % a 1.42 % mientras que en módulo de producción rústica oscila entre 0.50 % a 0.86 % (Tabla 3 y 4). Cabe mencionar que la mayoría de las bolsas su tasa de producción es igual a 1 o mayor a 1 con una media de 0.95 en el caso del módulo tipo invernadero mientras que en módulo rústico se denota valores de 0.5 a 0.80 respectivamente con una media de 0.68 (Figura 10).

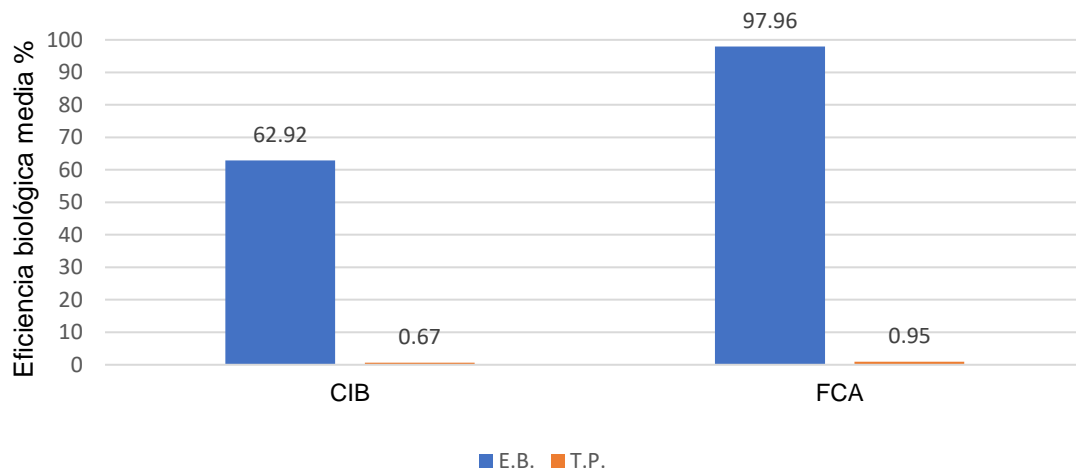


Figura 10. Eficiencia biológica media y tasa de producción media del módulo rústico CIB y tipo invernadero FCA.

7.3 Características fenotípicas de los hongos cosechados

De acuerdo con las características fenotípicas de los cuerpos fructíferos cosechados se demuestran a detalle en la tabla 5. En el apéndice A se demuestran de manera detallada las características morfológicas.

Tabla 5. Características fenotípicas de la cepa *Pleurotus ostreatus* en los dos diferentes módulos de producción

Cepa	Módulo	Substrato	Forma del píleo	Consistencia	Tamaño medio del píleo y estípite	Coloración del píleo y estípite según cartas de Munsell (1992).	Olor
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Rústico CIB	Paja de trigo	Forma infundibuliforme con márgenes ondulado.	Tanto del estípite como del píleo es carnosa.	Presenta un tamaño de 9.35 cm del píleo y del estípite de 3.33 cm.	Color blanco del estípite 5YR 8/1, en el borde color blanquecino 10YR 8/1 y en el centro marrón muy pálido 10YR 8/2.	Fúngico agradable
		Rastrojo de maíz					
	Tipo invernadero FAC	Paja de trigo	Forma deprimido con bordes ondulado	El estípite y el píleo es carnosa	Presenta un diámetro de 8.2 cm del píleo y del estípite de 2.37 cm.	Color blanco del estípite 5YR 8/1, en el borde color blanquecino 10YR 8/1 y en el centro marrón muy pálido 10YR 8/2.	Fúngico agradable
		Rastrojo de maíz					

En cuanto a la forma del carpóforo la cepa *P. ostreatus* al cultivarse en el sustrato rastrojo de maíz y paja de trigo en el módulo rústico del CIB presentó forma deprimido con borde estriado y conforme pasaba el tiempo en el módulo de producción cambio su forma a una etapa más madura infundibuliforme con márgenes ondulado. De acuerdo con el píleo de la cepa *Pleurotus ostreatus* en módulo de producción tipo invernadero de FCA su forma fue deprimido con bordes ondulado a pocos días de fructificación tomó la forma de aplanado con bordes estriado en su estado ya maduro.

En el módulo rústico el diámetro del carpóforo se denota que el tamaño fue mayor en la primera cosecha mientras que en la segunda cosecha fueron menores, además, se observó que conforme pasan las cosechas el píleo va disminuyendo progresivamente. Para más detalle observe la (Tabla 6). Respecto al largo del estípite tenemos que es más largo en la primera cosecha con una media de 4.69 cm y en la segunda es menor con una media de 2.01 cm (Tabla 7). En lo que corresponde con el ancho del estípite se observa que es más grueso en las primeras cosechas con una media de 2.39 cm y conforme sigue las cosechas disminuye con una media de 1.08 cm. Tanto desde el inicio hasta al final de la fructificación presentaron un fuerte olor fúngico y agradable.

Tabla 6. Diámetro máximo y mínimo del píleo de *P. ostreatus* en el módulo rústico del CIB.

No. de bolsa	Cosecha 1		Cosecha 2	
	Ø Mínimo (cm)	Ø Máximo (cm)	Ø Mínimo (cm)	Ø Máximo (cm)
1	1	14	6	12
2	1	10	6	7
3	1	13	0	0
4	1	9	2	12
5	1	9	0	0
6	1	9	1	10
7	1	11	1	12
8	1	11	1	10
9	1	14	1	12
10	1	12	0	0
Media	1	11.2	1.8	7.5

Ø= Diámetro en cm

Tabla 7. Largo y ancho del estípote de *P. ostreatus* en el módulo rústico del CIB.

No. De bolsa	Cosecha 1		Cosecha 2	
	Estípote largo (cm)	Estípote ancho (cm)	Estípote largo (cm)	Estípote ancho (cm)
1	3.3	2	3	2
2	6	4.5	2.1	0.8
3	4.5	3.2	0	0
4	5.3	2.5	2.5	1.2
5	4.8	1.9	0	0
6	2.7	2.6	3	1.5
7	3.8	2	5	2
8	3.9	2	4	2
9	7.4	2	0.5	1.3
10	5.2	1.2	0	0
Media	4.69	2.39	2.01	1.08

En lo referente al diámetro del carpóforo en el módulo tipo invernadero de FCA las dimensiones fueron mayores en lo que corresponde a la segunda cosecha con diámetros inferiores a uno, tres, cinco y seis siendo los más pequeños con una media de 7.5 cm mínimo y máximo de 12.4 cm. A lo que corresponde la primera cosecha con un diámetro del carpóforo que es mayor a lo que es la tercera cosecha con una media de mínimo de 1cm y máximo de 11.7 cm (Tabla 8). En lo que corresponde con el largo y ancho del estípote se denota que conforme el inicio de la fructificación durante las cosechas el largo del estípote disminuyó progresivamente, colocándose la primera cosecha como el de mayor rango en cuanto al largo del estípote y del ancho con una media de 3.5 cm en largo y 2.19 cm de ancho del estípote correspondiente a la primera cosecha (Tabla 9).

Tabla 8. Diámetro máximo y mínimo del píleo de *P. ostreatus* en el módulo tipo invernadero de FCA

No. De bolsa	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3	
	Ø Mínimo en cm	Ø Máximo en cm	Ø Mínimo en cm	Ø Máximo en cm	Ø Mínimo en cm	Ø Máximo en cm
1	1	11	15	16	0	0
2	1	12	5	6	0	0
3	1	16	1	17	1	16
4	1	13	3	19	1	14
5	1	13	15	16	0	0
6	1	10	6	7	0	0
7	1	12	11	12	1	13
8	1	10	1	11	0	0
9	1	10	9	10	1	11
10	1	10	9	10	0	0
Media	1	11.7	7.5	12.4	0.4	5.4

Ø= Diámetro en cm

Tabla 9. Largo y ancho del estípite de *P. ostreatus* en el módulo tipo invernadero de FCA.

No. De bolsa	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3	
	Estípite largo (cm)	Estípite ancho (cm)	Estípite largo (cm)	Estípite ancho (cm)	Estípite largo (cm)	Estípite ancho (cm)
1	2.7	2.2	3	2.2	0	0
2	3.1	1.8	3.6	2.1	0	0
3	5.1	3.2	2.5	3	1.5	2.5
4	3.6	3.4	2	2	2	2.5
5	5.1	3.2	4	2.5	0	0
6	3	2	1.5	0.7	0	0
7	4.2	2	3.1	2.4	2	1
8	2.9	1.3	2	1	0	0
9	2.5	1.5	2	1.5	5	3
10	2.8	1.3	2	1.5	0	0
Media	3.5	2.19	2.57	1.89	1.05	0.9

7.4 Condiciones ambientales durante la fructificación

Módulo rústico CIB

En cuanto al área de fructificación la temperatura media semanal es de 18 °C con una mínima media semanal de 17.1 °C y máxima de 19.5 °C, esto se mantuvo durante el tiempo de fructificación.

La humedad relativa media semanal durante el período de fructificación de la cepa *P. ostreatus* se mantuvo en un rango de 60.6 % y 73.7 % con una media de 68 %. En la figura 11 se observan las condiciones ambientales durante el período de fructificación. Se observa una variación de la humedad relativa en cuanto transcurre la fructificación en las semanas en la que las bolsas están expuestas en el módulo.

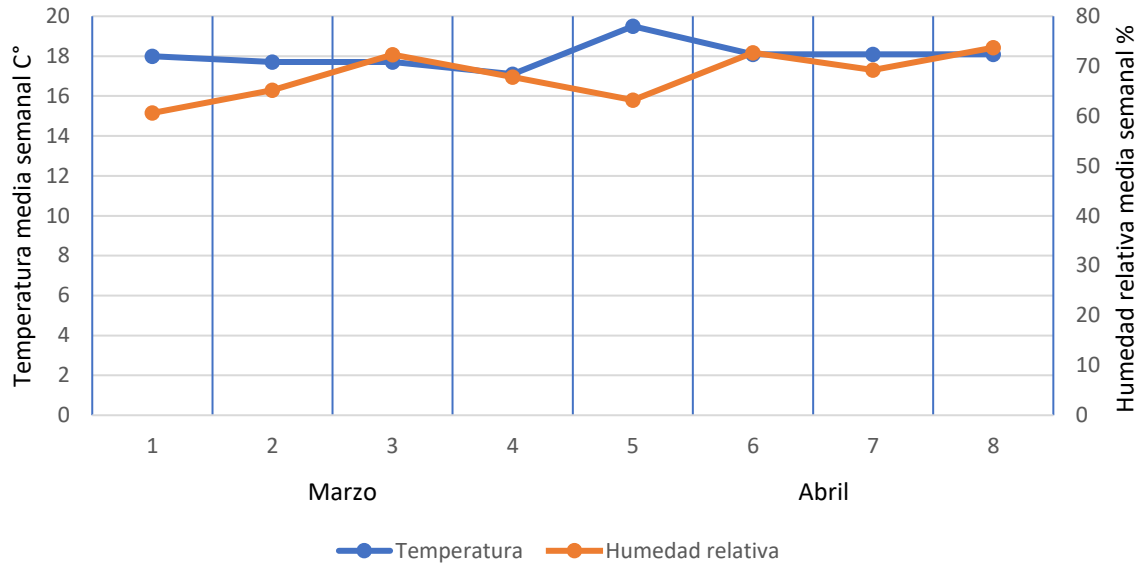


Figura 11. Condiciones ambientales Temperatura y Humedad relativa en módulo rústico CIB.

Módulo tipo invernadero FCA

La temperatura media semanal en el módulo tipo invernadero (FCA) oscilo en 25.5 °C durante el período de incubación y posteriormente de fructificación con una variación de la temperatura mínima media de 22.4 °C y máxima de 27.5 °C.

La humedad relativa media semanal durante el período de incubación y fructificación de la cepa *P. ostreatus* se mantuvo entre 31.8 % y 53.1 %, con una humedad relativa baja media de 39.91 %. En la figura 12 se puede apreciar las condiciones ambientales de fructificación e incubación (temperatura y humedad relativa semanal) a las que fueron condicionadas las cepas evaluadas como su ciclo de cultivo. Como se puede apreciar conforme pasan las semanas en el módulo tipo invernadero la cantidad de humedad relativa va en forma decreciente siendo en el mes de marzo el de mayor porcentaje y el mes de abril la humedad disminuye.

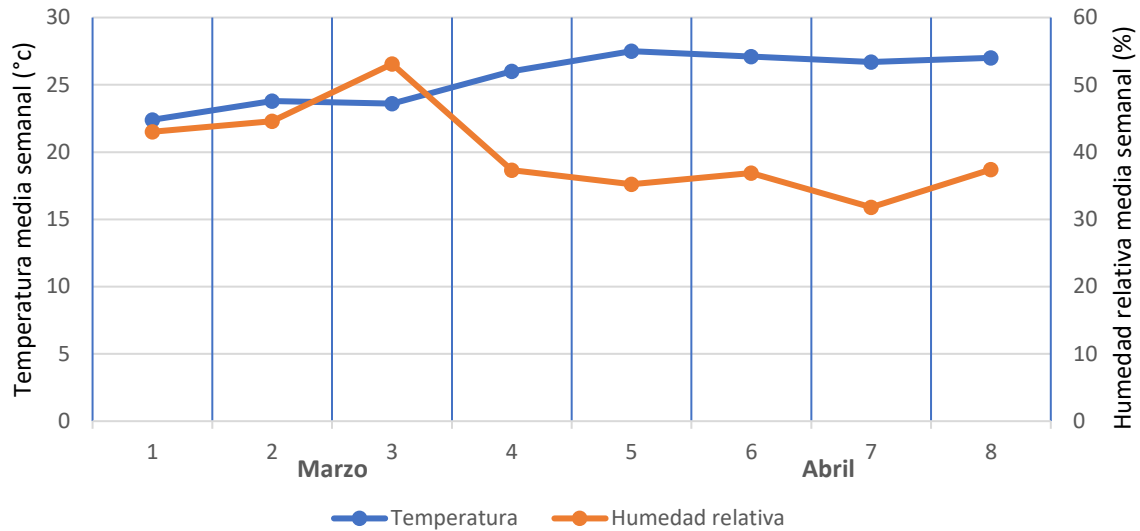


Figura 12. Condiciones ambientales Temperatura y Humedad relativa en módulo tipo invernadero FCA.

7.4.1 Aeración en los dos distintos módulos de producción

En cuanto a la concentración de dióxido de carbono en los dos distintos módulos de producción durante los meses de marzo-abril la liberación del gas por parte de la cepa *Pleurotus ostreatus* durante los días de fructificación fueron casi similares a la muestra blanco con una media de diecinueve días de 1.34 ppm en la muestra mientras que el blanco es de 1.35 ppm en el módulo rústico. En el módulo de producción tipo invernadero no se observa una gran diferencia significativa de la muestra respecto al blanco 1.37 ppm y 1.39 ppm respectivamente con una media de 19 días. Las concentraciones del gas respecto a los días en los dos módulos de producción tanto tipo invernadero como rústico, se observa que la liberación del gas dióxido de carbono durante los días de fructificación fueron inferiores a la unidad de ppm en los dos módulos. Para más detalles observe la (Figura 13).

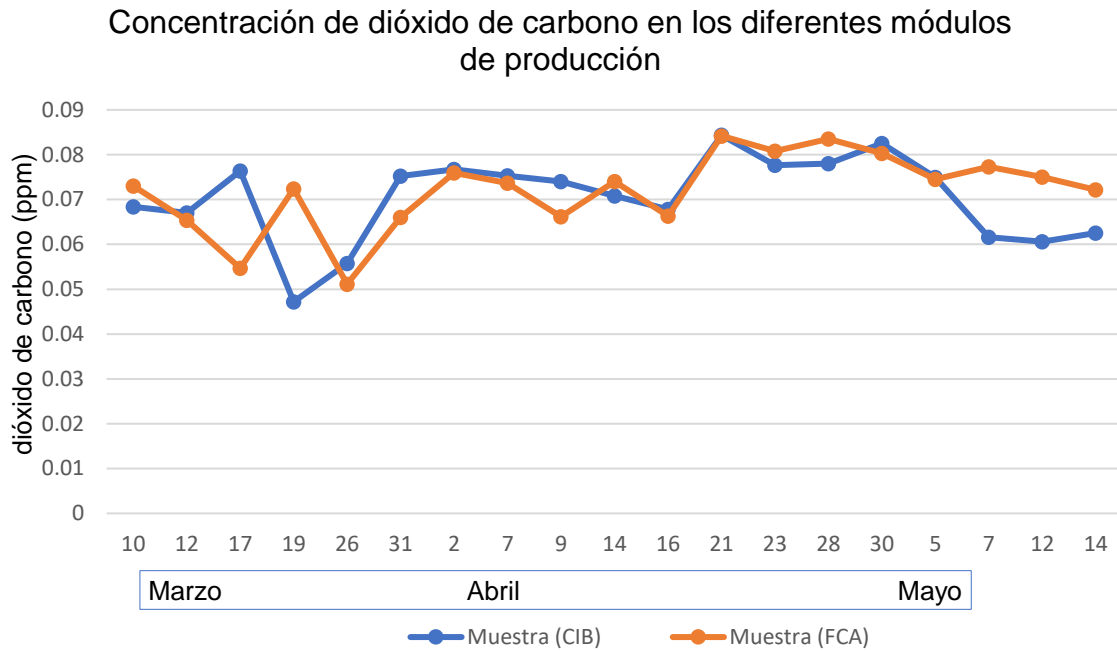


Figura 13. Contenido de dióxido de carbono en los módulos de producción rústico y tipo invernadero.

En lo que respecta la concentración de dióxido de carbono con la cepa *P. ostreatus*, se observó una mal formación y alargamiento del estípite respecto al píleo, de igual forma, el sombrero también presentó mal formaciones en su reducción de tamaño de diámetro en el caso del módulo rústico (Figura 14).



Figura 14. Alargamiento del estípite de la cepa *Pleurotus ostreatus*.

En el módulo de producción tipo invernadero se encontraron las cepas de *P. ostreatus* en condiciones de quebradizas o frágiles con una notable falta de retención de agua en los cuerpos fúngicos además de un color café oscuro en el píleo y parte del estípite (Figura 15).



Figura 15. Efecto de la aireación en la cepa *P. ostreatus* en el módulo tipo invernadero.

7.5 Plagas y contaminantes

Módulo rústico CIB

En lo que respecta a los organismos invasores en las bolsas de fructificación en el módulo de producción se encontraron varios agentes que afectaban las cosechas (total en g) y otras la proliferación de cuerpos fructíferos (*Trichoderma*). En lo que representa a plagas se observaron tanto en las bolsas como en los cuerpos fructíferos (desde el estípite hasta el píleo) organismos como moscas, babosas (Figura 16). y mosquitos. Inclusive se visualizó raramente la presencia de roedores en énfasis ratas.

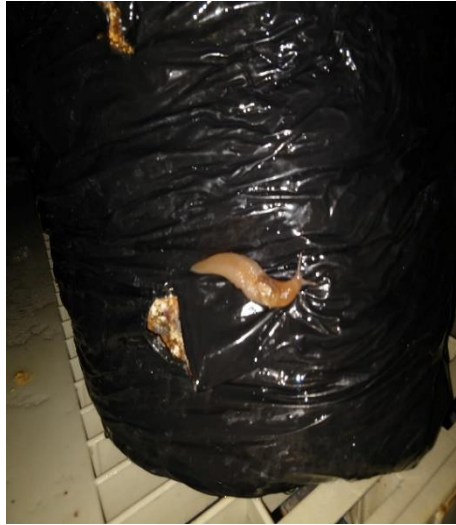


Figura 16. Babosas alrededor de las bolsas en producción.

Módulo tipo invernadero FCA

De acuerdo con los organismos invasores vistos en las bolsas de fructificación del módulo de producción, se visualizaron varios organismos que afectaban tanto del total de cosechas en gramos como también en la proliferación de la cepa *P. ostreatus*, tales organismos se presentaron desde la parte de la base de la bolsa como en los carpóforos de la cepa, tales organismos son; mosquitos en su mayoría, moscas, un ciempiés, babosas, cucarachas y cochinillas como también agentes de otros hongos como *Trichoderma*. No se observaron la presencia de roedores (Figura 17).



Figura 17. Bolsa contaminada por *Trichoderma*.

8. DISCUSIÓN

En cuanto al inicio de la fructificación de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo y de rastrojo de maíz hay autores que reportan esta evaluación; Gaitán-Hernández y Silva (2016) reportaron un inicio de fructificación para la cepa IE-115 de 22 días para *P. pulmonaris* y de IE-728 para *P. ostreatus* de 25 días en un módulo rústico. Rojas (2004) reportó un período de incubación de 3 meses y un crecimiento de carpóforos a los 28 días. Respecto a la aparición de los primeros brotes en los dos módulos tanto en módulo rústico como tipo invernadero tenemos un inicio de fructificación a los 37 días cercanos a los reportados por Aguilar (2003) un inicio de cosecha de 33 días después de la siembra en paja de trigo con 3% de cáscara de pitaya y parcialmente con los resultados por Garzón y Cuervo (2008) reportaron un inicio de fructificación después de la incubación con la formación de primordios entre 31 y 34 días en los tratamientos 8 (C, A, M y S), 9 (C, M y S), 11 (C, A y M) y 12 (C, A y S) y tardó en los tratamientos 2 (A) y 7 (C y A) con 87 y 50 días respectivamente en combinaciones de café (C), aserrín (A), bagazo de caña de azúcar (S) y tallo de maíz (M) con base a los estudios obtenidos estos resultados son parcialmente cercanos a los autores antes mencionados.

En lo referente al período de cosechas (semana/días) Flores (2012) registraron un periodo de 74 días en una mezcla de 50/50 de paja trigo y bagazo de yuca siendo uno de los tratamientos más tardío y Gaitán-Hernández y Silva (2016) reportaron un período de cosecha de 45 a 61 días en tres tratamientos diferentes con rastrojo de maíz y paja de avena; Rojas (2004) menciona un período de cosecha de 63 días en los cuatro tipos de tratamientos (paja de trigo/broza de encino, paja de trigo, Broza de encino/rastrojo de maíz y rastrojo de maíz). Sánchez (2008) menciona un período de 40 días en tratamientos con rastrojo de tomate, paja de trigo y madera de vid. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se tiene un inicio de período de cosecha de 41 días que son muy cercanos a lo que reportaron Sánchez (2008) y Gaitán-Hernández y Silva (2016).

En cuanto a la eficiencia biológica (EB) Aguilar (2003) reportó una combinación de paja de trigo con pitaya de concentraciones del 0%, 3% y 10% con una mayor eficiencia biológica del 45.89% respecto al 3%, de 16.2% para el 10% y 23.78% en 0%. Flores (2012) reportó un incremento de eficiencia biológica de 92.3% a 125.7% en una mezcla de paja de trigo con bagazo de yuca al 50/50 por ciento lo que coincide con nuestros resultados en el módulo tipo invernadero con valores de eficiencia biológica de 97.96%. De igual forma Garzón y Cuervo (2008) reportaron una eficiencia biológica en los diferentes tratamientos en sustratos de café (C), Aserrín (A), Tallo de maíz (M) y bagazo de caña de azúcar (S) siendo los tratamientos 6 (C y A), 8 (C, A, M y S), 9 (C, M, y S), 11 (C, A y M) y 12 (C, A y S) presentaron un porcentaje mayor que de los demás tratamientos de 25%-34%, los cuales siguen siendo menor en comparativa con el presente estudio con una eficiencia de 62.93% en el módulo rústico, por otra parte, Gaitán-Hernández y Silva (2016) reportaron una mayor eficiencia biológica en los diferentes tratamientos con rastrojo de maíz y paja de avena en el tratamiento de paja de avena 80% y rastrojo

de maíz 20% una eficiencia de 139.7% siendo el más alto y de 103.9% en rastrojo de maíz al 100% siendo el más bajo coincidiendo parcialmente con nuestros resultados en el módulo tipo invernadero. Al igual, Rojas (2004) reportó una eficiencia promedio en sus cinco tratamientos de 56.55%, 48.32%, 63.32%, 79.16% y 91.07% respecto a paja de trigo/rastrojo de maíz, rastrojo de maíz, paja de trigo, broza de encino/rastrojo de maíz y broza de encino/paja de trigo respectivamente anunciando que el último tratamiento es el más eficiente, estos datos se correlacionan con los datos obtenidos en este estudio obtenido en combinaciones de dos sustratos con rastrojo de maíz y paja de trigo.

En lo referente a la Tasa de producción, las cepas estudiadas obtuvieron una tasa de producción media de 0.95% en el módulo tipo invernadero y de 0.67% en el módulo rústico, Flores (2012) reportó un incremento en la tasa de producción en la segunda cosecha de 1.28% a 4.82% en los diferentes tratamientos con paja de trigo y bagazo de tuca; Gaitán-Hernández y Silva (2016) mencionaron una tasa de 1.8% en el tratamiento de paja de avena 80% y rastrojo de maíz 20%. Sánchez *et al.*, (2008) indicaron una tasa de producción de 2.9% en rastrojo de tomate siendo el más eficiente respecto diferentes tratamientos en combinación de rastrojo de tomate y paja de trigo 1:1 con una tasa de 2.7%. Ante los estudios de los autores antes citados no concuerdan nuestros datos aún en diferentes combinaciones de rastrojo de maíz y paja de trigo que fueron los que se utilizaron en el presente estudio.

En cuanto a las características de la especie *P. ostreatus* el diámetro del píleo (cm); según valores por Garzón y Cuervo (2008) el diámetro medio del píleo varió de 3 cm (mínimo) a 8 cm (máximo) utilizando sustratos de café, aserrín, bagazo de caña de azúcar y tallo de maíz; Sánchez *et al.*, (2008) mencionaron el tamaño chico fue predominante en un 72.4% menores a 5 cm en sus diferentes combinaciones de sustrato con rastrojo de tomate. Las características fenotípicas evaluadas de los carpóforos cultivados coinciden parcialmente con los reportados por Gaitán-Hernández y Silva (2016) en el tamaño del píleo fue mayoritariamente de (10-14.9 cm) en IE-728 (*P. ostreatus*) y de 5-9.9 cm para *P. pulmonaris* (IE-115), las cepas nativas estudiadas en el presente estudio presentaron tamaños medios de tamaño 5.4 cm a 12.4 cm respecto a la producción en el módulo tipo invernadero mientras que en el tamaño de los carpóforos en el módulo rústico no coincide con los autores antes mencionados con tamaños de 1.8 cm a 11.2 cm.

En cuanto a su forma, color, consistencia y olor hay autores que lo reportan, de acuerdo con Ancco (2012) el estípite se presenta imbricado y superpuestos con diferentes tonalidades en la cepa desde los colores negro violáceo a gris pardusco que con la edad los colores palidecen. El color que presentaron los carpóforos en el presente trabajo varió de color blanquecino, blanco y marrón muy pálido que coincide de manera parcial con lo reportado por Paredes *et al.*, (1996) que reportan colores blanco-grisáceo, amarillo claro, blanco amarillento y café oscuro.

Respecto a la consistencia de la cepa *P. ostreatus* concuerda con lo reportado por Huerta *et al.*, (2009) con textura carnosa y quebradiza respecto a las características

de la cepa en los dos módulos y de un estípote excéntrico a central de olor agradable a hongo. Con la forma que presento de forma deprimido con bordes ondulados de acuerdo con la cepa expuesta en el módulo tipo invernadero concuerda con lo reportado por Ancoo (2012) reportó una forma de concha o espátula y algo deprimidos. La forma de la cepa en el módulo tipo rústico en el presente estudio varió desde el estado inmaduro de forma deprimido con borde estriado y en el estado maduro infundibuliforme con márgenes ondulado. El olor que obtuvieron fue de fúngico agradable y a olor fúngico.

En lo referente a las condiciones ambientales de aireación y de iluminación, de acuerdo con lo reportado por Guzmán *et al.*, (1993) si no hay una buena circulación de aire en los módulos, los cuerpos fructíferos crecerán anormales, con el estípote muy alargado y el píleo no alcanzará su tamaño natural. Por el contrario, si la ventilación es excesiva, las fructificaciones se deshidratarán rápidamente. Cisterna, (2002) reportó que la concentración óptima se encuentra cerca del 0,03% del volumen total, además de la falta o excesiva de luz, los carpóforos se desarrollan con estípotes largos; Guarín y Ramírez (2004) reportaron para la construcción de un módulo industrial (tecnificado) la concentración del gas dióxido de carbono no debe ser mayor al 0,06% y de una adecuada iluminación de 200 a 500 lux durante un periodo de 12 horas.

Flores (2012) reportó que la exposición del hongo a la luz a tiempos menores de 12h disminuye la EB en un 68%. Los cultivos expuestos a 4h y 8h de luz no desarrollan completamente el cuerpo fructífero, mientras que el grupo expuesto a 12h evidenció un desarrollo de los hongos. Este comportamiento se atribuye al hecho de que en la oscuridad se manifiestan fenómenos de etiolación: el estípote de los cuerpos fructíferos se alarga y el píleo se reduce. Esto concuerda con varios de los autores antes citados en la investigación realizada en el módulo rústico con un alargamiento del estípote y deshidratación de los carpóforos en el módulo tipo invernadero (Guzmán *et al.*, 1993 y Flores, 2012).

En el área de fructificación las condiciones ambientales que se registraron fue una temperatura media (17.1-19.5 °C) en el módulo de producción rústico coincidiendo parcialmente con Paredes *et al.*, (1996) quienes reportaron una temperatura de 15 a 20 °C e inferior a lo reportado por Hernández-Ibarra *et al.*, (1995) de 25 a 28 °C pero coincidiendo parcialmente con los datos obtenidos en el módulo tipo invernadero (22.4- 27.5 °C). El rango de humedad relativa en el presente trabajo fue más amplio a lo reportado por Paredes *et al.*, (1996) de 90 a 95% y Hernández-Ibarra *et al.*, (1995) de 80-90% en comparativa con los diferentes módulos de este proyecto. Respecto a las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) que se registraron en los módulos (tipo invernadero y rústico) durante el período de fructificación no son los más recomendables.

9. CONCLUSIÓN

En el presente estudio se obtuvieron resultados que nos indican qué módulo es más adecuado en comparación del otro y como las condiciones ambientales influyen en el crecimiento de los carpóforos. A pesar de las desventajas y considerando que el objetivo principal del trabajo fue determinar el comportamiento de la cepa *Pleurotus ostreatus*, no sólo con relación a sus características fenotípicas sino de la calidad, que, de igual manera, el nivel de producción en gramos en comparación con dos módulos diferentes (rústico y tipo invernadero) con diferentes niveles de construcción y materiales hay notables diferencias uno respecto del otro. A pesar de que fueron condiciones ambientales controladas de manera adecuada y que fueron llevados a dos diferentes módulos se encontraron similitudes reportado por investigadores siendo así el daño en la disminución en la eficiencia biológica y tasa de producción que fue provocado en presencia de estas condiciones unas siendo afectadas en la morfología de los cuerpos fructíferos con daños en el alargamiento del estípite en el caso del módulo rústico y una deshidratación presente en el módulo tipo invernadero, la humedad relativa, la aireación y la temperatura son condiciones que necesitan ser controladas para tener una producción y que éstas en su morfología sean buenas para la venta comercial. En este caso, tenemos que los dos módulos son rentables para la producción de la cepa *P. ostreatus* a nivel comercial, siendo en este resultado donde la cepa mejor se adaptó fue en el módulo tipo invernadero dando hasta tres cosechas y en el módulo rústico a pesar de que sólo dio segunda cosecha en cuatro bolsas dieron una producción alta en gramos en la primera cosecha. Es notable como estos factores ambientales afectan desde el nivel de incubación hasta la proliferación de la cepa disminuyendo o aumentando el número de cosechas, eficiencia biológica, tasa de producción, hasta las características fenotípicas. Utilizando los mismos sustratos se comparó que si es influida el nivel de tipo de construcción del módulo para cultivar hongos comestibles, por lo que, entre más adecuado sea para la cepa mejor fructificara. En base a nuestros resultados en este estudio tenemos que hay una diferencia entre los dos módulos con una tasa de producción de 0.67% y una E.B. de 62.92% del módulo rústico, respecto al módulo tipo invernadero se tiene resultados de E.B. de 97.97% y una tasa de producción 0.95%. Analizando nuestros resultados de tasa de producción y eficiencia biológica nuestra hipótesis fue rechazada ya que hay un mayor porcentaje en el módulo tipo invernadero siendo el módulo que mejor se adecua para la producción de *P. ostreatus*. Como punto final cabe mencionar los agentes externos que también tuvieron una influencia en las bolsas de producción con la cepa inoculada siendo afectados por agentes como lo son mosquitos y el hongo *Trichoderma* en su mayoría, babosas, escarabajos por lo que cabe mencionar que ninguno de los dos módulos fue exento de agentes contaminantes.

10. RECOMENDACIONES

- ✓ Para tener un mejor rendimiento en cuanto a la producción de cultivo de *P. ostreatus* es de vital importancia mantener las condiciones ambientales principalmente (temperatura y humedad relativa). De lo contrario crecerán a menor tasa de producción.
- ✓ Tener puntos de salida donde pueda entrar y salir aire fresco del exterior y viceversa.
- ✓ Una vez que aparezcan los primeros brotes se dejaran un tiempo para que estos maduren y se puedan cosechar, los otros que estén en estado inmaduro, crecerán y aumentaran de peso con el paso de los días hasta llegar al estado de maduras.
- ✓ Se recomienda utilizar bolsas blancas para poder ir visualizando posibles plagas o contaminantes, y de igual forma, el desarrollo adecuado de las setas.
- ✓ La elección del diseño del módulo de los materiales para su construcción de una planta productora de *Pleurotus ostreatus*, dependerán de varios factores, entre los que destacan la especie a cultivar, la ubicación en la que construirá el módulo y los servicios (disponibilidad de agua), el clima del sitio elegido y las vías de acceso. De esto dependerá la utilización de los recursos para el cuidado de la fructificación de la cepa tanto de las condiciones ambientales como de contaminantes.
- ✓ Los módulos para producción de *Pleurotus ostreatus* que se construirá puede ser tan versátil de acuerdo con las necesidades del productor. Es decir, el módulo variará de acuerdo con la ubicación en que se encuentre dicho diseño y del capital disponible para invertir, esto es dependiente del nivel de volúmenes que se desea obtener siendo para nivel comercial o sustento familiar.
- ✓ Se recomienda que se tenga acceso de aireación del exterior como del interior para una buena circulación del dióxido de carbono durante el período de fructificación en cuanto un módulo rústico, ya que podría afectar el adecuado desarrollo de los cuerpos fructíferos. En cuanto al módulo tipo invernadero, contar con un sistema de riego automatizado de riego de tres veces por día en estaciones de año de primavera, que evite la deshidratación de los carpóforos y su adecuado desarrollo.
- ✓ De acuerdo con los organismos presentes durante la etapa de incubación como de fructificación, es preventivo colocar trampas amarillas con pegamento especial o miel de abeja para capturar a los mosquitos que ingresen y evitar así que ovipositen y contaminen nuestras bolsas. En cuanto

a la presencia de babosas se deberá poner a los alrededores de las bolsas sal gruesa o sal de mar.

- ✓ Respecto a la selección de los dos módulos de producción del hongo seta, los dos son rentables en cuanto a producción, siempre y cuando se tome en cuenta las condiciones ambientales con un control adecuado para la proliferación agregando elementos como tezontle en el piso en el módulo tipo invernadero para retener mayor cantidad de agua y así subir el nivel de humedad relativa y del módulo rústico sólo sería recomendable tener accesos de aireación agregando ventiladores y de una fuente de iluminación artificial.

11. PERSPECTIVAS

- Evaluar la intensidad luminosa de los diferentes tipos de módulos evaluados.
- Realizar pruebas de viabilidad post cosecha de los hongos cosechados en cada módulo.
- Tener medidas preventivas para evitar plagas y enfermedades.
- Evaluar la producción de ambos módulos en por lo menos dos períodos al año temporada de seca y temporada de lluvia.
- Cotizar la construcción de cada uno de los módulos utilizados.
- Determinar la concentración del gas dióxido de carbono por otros equipos más exactos.
- Realizar ensayos para saber que material retiene mayor cantidad de humedad y si es factible para el módulo.

11. REFERENCIAS

- Aaronson, S. (2000). En Fungi. Kiple, K. F. y Ornelas, (eds). The Cambridge world history of food, 313-336. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press.
- Aguilar, M. (2003). *Aprovechamiento de cáscaras de pitaya para el crecimiento de setas (Pleurotus ostreatus) en condiciones de laboratorio*. Tesis publicada, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán, México.
- Ancco, M. (2012). *EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA (Pleurotus ostreatus) EN TRES DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE LA PROVINCIA DE ABANCAY*. Tesis de ingeniería publicado, Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac, Abancay, Perú.
- Andrade-Gallegos, H., Mata, M. y Sánchez, J. (2012). La producción iberoamericana de hongos comestibles en el contexto internacional. En Sánchez, J. y Mata, G. (Eds.), *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. Tapachula, Chiapas, México.
- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles perspectiva global de su uso e importancia para la población*. Italia, Roma: FAO.
- Buller, A. H. (1914). *The fungus lore of the greeks and romans*. doi: 10.1016/s0007-1536(14)80007-7.
- Cano-Estrada, A. y Romero-Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Chil Nutr*, 43 (1).
- Chang, S.T. y Miles, P.G. (1992). *Mycologist. Mushroom biology: a new discipline*. (6), 64–65.
- Chang. (1993). *Mushroom biology: the impact on mushroom production and mushroom products. Department of biology*.
- Chang, S. T. (1999). Producción mundial de hongos comestibles y medicinales cultivados en 1997 con énfasis en *Lentinus edodes* (Berk.) Sing, en China. *Revista internacional de hongos medicinales*, 1(4), 291-300. doi: 10.1615 / IntJMedMushr.v1.i4.10.
- Chan, S.T. y Miles, P. (2004). *Mushrooms cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact* (2a ed.). Washington, D.C. New York: CRS PRESS.
- Cisterna, L. (2002). *Cultivo del champiñón ostra en Chile*. Chile, Micotec Ltda.
- Flores, G. (2012). *Aprovechamiento del bagazo residual de Yuca spp. como sustrato para la producción de Pleurotus spp.* Tesis de maestría publicado, Instituto Politécnico Nacional (IPN), D.F. México.

- Freundt-Espinosa, P. (2003). *Producción y comercialización de hongos comestibles para el mercado nacional e internacional*. Tesis de licenciatura publicado, Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez, M.R y Mata, G. (2006). *Manual Práctico de Cultivo de Setas: Aislamiento, Siembra y Producción*. Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología.
- Gaitán-Hernández, R., Mata, G. y Salmones, D. (2007). Cómo llegar a la certificación de la calidad del inóculo para la producción de *Pleurotus* spp. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.), *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. Xalapa, Veracruz, México. ECOSUR.
- Gaitán-Hernández, R. (1975). *La importancia nutricional y medicinal de los hongos cultivados*. Recuperado el 23 de marzo del 2020 de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/234-la-importancia-nutricional-y-medicinal-de-los-hongos-cultivados>.
- Gaitán-Hernández, R. y Silva, A. (2016). Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Rev. Mex. Mic*, 43.
- Garzón, P. y Cuervo, L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA*, (6)10, 101-236. doi: <https://doi.org/10.22490/24629448.403>.
- Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G. y Zewdie, S. (2016). Crecimiento y rendimiento de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (ostra) hongo) en diferentes sustratos. *AMB Express*, 6 (87). doi: 10.1186 / s13568-016-0265-1.
- Guarin, J. y Ramírez, A. (2004). *Estudio de factibilidad Técnico_Financiero de un cultivo del hongo Pleurotus ostreatus en Cundinamarca*. Tesis de ingeniería publicado, Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería. Santafe de Bogotá, Dc
- Guzmán, G. (2000). Genus *Pleurotus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetidae): diversity, taxonomic José E. Sánchez y Daniel J. Royse. Editores 80 problems, and cultural and traditional medicinal uses. *Int. J. Med. Mush.* 2:95-123.
- Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto-Velazco, C. y Guzmán-Dávalos, L. (1993). *El cultivo de los hongos comestibles*. Veracruz, Xalapa, Instituto Politécnico Nacional.
- Hernández-Ibarra, H., Sánchez-Vázquez, J.E y Calvo-Bado, L.A. (1995). Estudio de cinco cepas de *Pleurotus* spp. de la región de Tapachula Chiapas. México. *Revista Mexicana de Micología*, 11, 29-38.

- Huerta, G., Martínez-Carrera, D., Sánchez, E. J y Leal-Lara, H. (2009). Grupos de interesterilidad y productividad de cepas de *Pleurotus* de regiones tropicales y subtropicales de México. *Revista Mexicana de Micología*, 32, 35-42.
- Lahmann, O. y Rinker, D. (1995). Historical development of commercial mushroom production in Central and South America. *Mush. Sci.* 14, 459-466.
- López-Eustaquio, L., Mora, M., V. y Portugal, D. (2012). productores de setas *Pleurotus* spp. en el estado de Morelos, México. Sánchez, J. y Mata, G. (Eds.), *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. Ecosur. Tapachula, Chiapas, México: ECOSUR.
- López-Pérez, C. (2011). *Manejo holístico en la producción de hongos comestibles (Pleurotus ostreatus) en el semidesierto*. Tesis de licenciatura publicada, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Martínez-Carrera D. y Ramírez-Juárez, J., (Eds.). (2016). *Ciencia, tecnología e innovación en el sistema agroalimentario de México. Texcoco, México.: Colegio de Posgraduados, AMC-CONACYT, UPAEPIMANAP.*
- Mata, G., Salmones, D y Savoie, M. (2017). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas *Pleurotus* spp. Royse, J. y Sánchez, E. (Eds.), *las enzimas lignocelulolíticas de Pleurotus* spp. Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Martínez-Carrera, D. y López-Martínez de Alva, L. (2010). Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México II: éxitos y fracasos durante el período 1991-2009. En: Martínez-Carrera, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P. y Mora, V.M. (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción- consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI*. Red Latinoamericana de hongos comestibles y medicinales. Puebla, México. pp. 513-551.
- Martínez-Carrera, D., Sobal, M., Morales, P., Martínez, W., Martínez, M. y Mayett, Y. (2004). *Los hongos comestibles: propiedades nutricionales, medicinales, y su contribución a la alimentación mexicana El shiitake*. México, Puebla: Colegio de Postgraduados (COLPOS).
- Martínez-García, J. (2005). *Distribución, ubicación, producción, infraestructura y comercialización de los módulos de cultivo del hongo Pleurotus spp. En el estado de Morelos*. Tesis de licenciatura publicado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.
- Martínez-Carrera, D., Leben, R., Morales, P., Sobal, M. y Larqué-Saavedra, A. (1991). Historia del cultivo comercial de los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo*, 15 (96), pp. 33-43.

- Mora, V. M. y Martínez-Carrera, D. (2007). Investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas sobre el cultivo de setas (*Pleurotus*) en México. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.), *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. (7-26). Morelos, México; ECOSUR.
- Moreno, A. (2014). Un recurso alimentario de los grupos originarios y mestizos de México: los hongos silvestres. *An. Antrop*, 48 (I), 241-272.
- Munsell. (1992). Soil color charts. Newburg, Nueva York, Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corp.
- MushWorld. (2005). *Mushroom Growers' Handbook 1: Oyster Mushroom Cultivation*. Recuperado el 12 de marzo del 2020 de <http://www.hongoscomestiblesymedicinales.com/P/liga2.htm>.
- Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). (2005). *Los hongos comestibles perspectiva global de uso e importancia para la población*. Recuperado el 08 de febrero del 2020 de <http://www.fao.org/3/a-y5489s.pdf>
- Paredes P., Leal, H., Ramírez, R y Arias-García, A. (1996). Criterios de selección de cepas de *Pleurotus* spp. para mejorar la competitividad de la producción comercial. *Micología Neotropical Aplicada*, 9, 67-79.
- Qing, S. (2017). Producción comercial de la seta *Pleurotus* spp. Commercial production of oyster mushroom *Pleurotus* spp. Royse, J. y Sánchez, E. (Eds.). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp* (127-148). Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Rodríguez-Macías, R. (1996). *Caracterización de cepas del hongo comestible Pleurotus spp. en medios de cultivo y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Rojas, E. (2004). *Evaluación de paja de trigo, Triticum sativum; broza de encino, Quercus sp. y rastrojo de maíz, Zea mays; para el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus bajo condiciones artesanales en San Rafael La Independencia, Huehuetenango*. Tesis de licenciatura publicado, Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Agronomía, Guatemala, Guatemala.
- Royse, D. J. (1989). Factors influencing the production rate of shiitake. *Mush. J. Tropics*. 9, 27-138.
- Royse, D. (2014). Una perspectiva mundial sobre los altos cinco: *Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia y Flammulina*.

- Royse, J., Baars, J. y Tan, Q. (2017). Current Overview of Mushroom Production in the World. En Cunha-Zied, D y Pardo-Giménez, A (Eds). *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*. 5-13. Nueva York: John Wiley y Sons.
- Royse, J. y Sánchez, E. (Eds.). (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.* Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Sánchez, J. y Mata, G. (Eds.). (2012). *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. Tapachula, Chiapas, México.: El Colegio de la Frontera Sur.
- Sánchez-Vélez, C. (2013). *Evaluación de la productividad del hongo comestible Pleurotus ostreatus sobre un residuo agroindustrial del departamento del valle del cauca y residuos de poda de la Universidad Autónoma de Occidente*. Tesis de maestría publicado, Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali.
- Sánchez-Vázquez, J., Martínez-Carrera, D., Mata, G y Leal, H. (2007). El cultivo de setas *Pleurotus spp.* en México. *ECOSUR*, 1.
- Sánchez, A., Esqueda, M., Gaitán-Hernández, R., Córdova, A. y Coronado, M. (2008). Uso potencial del rastrojo de tomate como sustrato para el cultivo de *Pleurotus spp.* *Rev. Mex. Mic*, 28.
- Soto-Velazco, C. (2007). El desarrollo del cultivo de setas en jalisco. J. E. Sánchez, D. Martínez-Carrera, G. Mata & H. Leal (Eds.), *El Cultivo de Setas Pleurotus spp. en México*. Zapopan, Jalisco. ECOSUR.
- Soto-Velazco, C., Serratos, J. C., Ruiz-López, M. y García-López, P. (2005). Análisis proximal y de aminoácidos de los residuos de cosecha del hongo *Pleurotus spp.* *Rev. Mex. Micol.* 21, 49-53.
- Stamets, P. (1993). *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Eugene, Oregon: Ten Speed Press.
- Staments, P. y Chilton, J.S. (1983). *The musshrooms cultivator, a practical guide to growing mushrooms at Home*. Olimpia, Washington: Agariikon Press.
- Trigos, A. y Suárez-Medellín, J. (2010). Los hongos como alimentos funcionales y complementos alimenticios. D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales y V. M. Mora (eds.), *Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. (59-76). Puebla, Puebla, México. (COLPOS).
- Ulloa, M y Herrera. T. (1994). *Etimología e iconografía de géneros de hongos*. Cuadernos (21). Distrito Federal, México: UNAM. Instituto de Biología.

Ulloa, M. y Herrera, T. (1998). El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. (2 ed.). *Instituto de Biología UNAM*. pp. 62-63.

Apéndice A. Morfología de la cepa *Pleurotus ostreatus* durante producción en los diferentes módulos.

	Módulo	Substrato	Forma del píleo	Consistencia	Tamaño medio (estípite y píleo)	Coloración del cuerpo fructífero según cartas de Munsell (1992).	Olor
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Rústico (CIB)	Paja de trigo/ Rastrojo de maíz	Se presenta en el estado inmaduro de forma deprimido con borde estriado y en el estado maduro infundibuliforme con márgenes ondulado	Desde de la etapa de la inmadurez hasta el estado maduro mantiene su consistencia en estado carnosa	Tamaño del píleo de 9.35 cm, el largo del estípite de 3.33 cm y del ancho del estípite de 1.73 cm.	Color blanco del estípite 5YR 8/1, en el borde color blanquecino 10YR 8/1 y en el centro marrón muy pálido 10YR 8/2. La coloración del himenio es color respecto al píleo.	Fúngico agradable
	Tipo invernadero (FCA)		La forma fue deprimido con bordes ondulado en la forma inmadura, en cuanto al estado maduro su forma es aplanado con bordes estriado.	Durante la inmadurez presenta consistencia carnosa mientras más está expuesta al clima se vuelve quebradiza en el píleo.	El tamaño del píleo es de 9.83 cm, en cuanto al largo del estípite de 2.37 cm y del ancho de 1.66 cm.	Color blanco del estípite 5YR 8/1, en el borde color blanquecino 10YR 8/1 y en el centro marrón muy pálido 10YR 8/2. La coloración del himenio es respecto al píleo.	Fúngico agradable