

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO  
DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO  
DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA  
MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)**

**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:  
REYNA ISABEL CUEVA CLAVIJO**

**DIRECTOR**

**MA. DE LOURDES ACOSTA URDAPILLETA**

**CUERNAVACA, MORELOS**

**OCTUBRE 2020**

# Índice

<b>Índice de figuras</b> .....	i
<b>Índice de tablas</b> .....	ii
<b>Resumen</b> .....	iii
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	2
2.1 Reino Fungi.....	2
2.2 Basidiomicetos.....	3
2.3 Valor nutrimental.....	3
2.4 <i>Pleurotus</i> spp. ....	4
2.5 <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	5
2.6 Ciclo de vida de <i>P. ostreatus</i> .....	6
2.7 Taxonomía .....	7
2.8 Cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	7
2.9 Importancia económica del cultivo .....	8
2.10 Sustratos.....	8
2.11 Sustratos utilizados para <i>Pleurotus</i> .....	9
2.12 Bosque de los hongos.....	11
III. Justificación.....	11
IV. Hipótesis .....	11
V. Objetivos.....	12
5.1 Objetivo general.....	12
5.2 Objetivos particulares .....	12
VI. Materiales y métodos.....	12
6.1 Zona de estudio .....	12
6.2 Etapa de trabajo en el Bosque de los Hongos azules.....	14
6.2.1 Capacitación de la comunidad.....	14
6.3 Etapa de trabajo en el laboratorio .....	14
6.3.1 Activación de la cepa.....	14
6.3.2 Preparación de la semilla o inóculo en grano de trigo .....	14

6.3.3 Preparación y pasteurización del sustrato .....	15
6.3.4 Siembra .....	15
6.3.5 Incubación .....	16
6.3.6 Fructificación.....	16
6.4 Criterios para evaluar la productividad.....	16
VII. Resultados y discusión .....	17
7.1 Capacitación de la comunidad “El Bosque de los Hongos Azules” .....	17
7.1.1 Plática sobre el manejo del cultivo del hongo Oreja de cazahuate .....	17
7.1.2 Acondicionamiento del área de producción de hongos.....	17
7.1.3. Donación de bolsas de cultivo de <i>Pleurotus</i> a la comunidad.....	18
7.1.4. Producción de las bolsas donadas la comunidad .....	18
7.1.5 Condiciones ambientales en el módulo de producción de los Hongos Azules.....	20
7.2 Etapa Laboratorio de Micología .....	21
7.2.1 Activación de la cepa en el Laboratorio de Micología CIB-UAEM.....	21
7.2.2 Preparación del inóculo .....	21
7.2.3 Siembra .....	22
7.2.4 Incubación .....	22
7.2.5 Fructificación.....	23
7.2.6 Plagas y enfermedades durante el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	25
7.2.7 Condiciones ambientales.....	26
7.2.7 Características morfológicas de <i>P. ostreatus</i> .....	27
VIII. Conclusión .....	28
IX. Perspectivas .....	29
X. Literatura citada .....	30

## Índice de figuras

Figura 1 Valor nutrimental de un hongo seta (%) en comparación con otros alimentos .....	4
Figura 2 Partes de una seta .....	5
Figura 3 Ciclo de vida de <i>P.ostreatus</i> .....	6
Figura 4 Bosque de los Hongos Azules .....	11
Figura 5 Ubicación del Bosque de los Hongos Azules .....	11
Figura 6 Croquis del área.....	12
Figura 7 Módulo del bosque de los hongos azules.....	12
Figura 8 Diagrama de flujo para el cultivo de <i>P. ostreatus</i> .....	13
Figura 9 Sra. Ángeles, persona a cargo del módulo .....	17
Figura 10 Capacitación de la Sra. Ángeles.....	17
Figura 11 Capacitación a Mayte.....	17
Figura 12 Acondicionamiento de área.....	18
Figura 13 Limpieza de área.....	18
Figura 14 Bolsas donadas al Bosque de los hongos azules.....	18
Figura 15 Bolsa con primera cosecha.....	19
Figura 16 Temperatura y humedad matutina de abril.....	20
Figura 17 Temperatura y humedad vespertina de abril.....	20
Figura 18 Activación de la cepa.....	21
Figura 19 Cepa HEMIM-50.....	21
Figura 20 Frasco de semilla F1 recién sembrado.....	22
Figura 21 Frasco F2 invadido de micelio.....	22
Figura 22 Repeticiones de rastreo de sorgo.....	22
Figura 23 Tratamientos sembrados.....	22
Figura 24 Bolsas en el módulo del Bosque de los Hongos Azules.....	23
Figura 25 Temperatura y humedad matutina mayo-septiembre.....	26
Figura 26 Temperatura y humedad vespertina mayo-septiembre.....	26
Figura 27 Esporada inicial.....	27

Figura 28 Esporada finalizada.....	27
Figura 29 Tomando color con las cartas de Munsell.....	27

## Índice de tablas

Tabla 1 Contenido nutricional del hongo comestible <i>P. ostreatus</i> .....	4
Tabla 2 Eficiencias biológicas de los sustratos empleados.....	9
Tabla 3 Porcentaje de lignina y celulosa de los sustratos empleados.....	9
Tabla 4 Sustratos empleados en el laboratorio de micología .....	9
Tabla 5 Cosechas y diámetros de los carpóforos de las bolsas donadas al bosque..	19
Tabla 6 Fechas de siembra por tratamiento.....	22
Tabla 7 Incubación en días de cada tratamiento.....	23
Tabla 8 Fructificación de los sustratos empleados.....	25
Tabla 9 Características morfológicas de los cuerpos fructíferos de cepa HEMIM-50 <i>P. ostreatus</i> .....	26

## Resumen

El término <setas> es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*Pleurotus ostreatus* y afines), estos hongos también son conocidos con diferentes nombres vernáculos como; orejas blancas, oreja de palo, oreja de cazahuate, entre otros (Sánchez y Royse, 2001). Las setas tienen características muy importantes, ya que pueden adecuarse con facilidad a diferentes preparaciones culinarias, su valor nutritivo es aceptable, son especies con gran aceptación en el estado de Morelos y son relativamente fáciles de cultivar.

El objetivo del presente proyecto fue evaluar la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre tres diferentes sustratos y capacitar a la comunidad del Bosque de los Hongos Azules para promover una alternativa económica. El proyecto se dividió en dos lugares en el módulo de cultivo de hongos comestibles del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM y en el Bosque de los Hongos Azules en Santa María Ahuacatlán, Morelos; En el laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones Biológicas se llevó a cabo la activación de la cepa, preparación de la semilla o inóculo en grano de trigo, preparación y pasteurización de los tres sustratos, siembra, e incubación (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006). Se evaluaron tres tratamientos (T) cada tratamiento tuvo un total de 10 repeticiones (bolsa de cultivo de 40 X 60 cm con diferente sustrato); los diferentes tratamientos consisten en: T1 rastrojo de sorgo, T2 paja de trigo y T3 paja de avena.

Durante la fase de fructificación se tomaron las siguientes variables: inicio de fructificación (días), ciclo de cultivo (días), eficiencia biológica (%), diámetro de los carpóforo (cm) y características fenotípicas de los hongos cosechados. Además, se registraron las condiciones ambientales.

De los tres sustratos empleados el que presentó mejor productividad fue el rastrojo de sorgo con una eficiencia biológica de 94% y una tasa de producción de 2.37, seguido de la paja de avena con una eficiencia biológica de 89.66% y una tasa de producción de 2.62, por último la paja de trigo fue el sustrato con una eficiencia biológica de 58.33 y una tasa de producción de 1.41, cabe mencionar que se lograron buenos rendimientos en dos de los tres sustratos evaluados además de capacitar a la comunidad del Bosque de los Hongos Azules.

## I. Introducción

A través del tiempo, el hombre ha ido evolucionando en la tecnología, tratando de ajustarla a sus necesidades. Se ha empeñado en conseguir todo a su alcance domesticando a las especies y ajustando las técnicas de cultivo que cada vez han ido en aumento, tal es el caso del cultivo de los hongos.

Desde hace más de 200 años se ha desarrollado el cultivo de los hongos comestibles, en Europa con el cultivo del champiñón *Agaricus bisporus* (J.E.Lange) Imbach y en Asia con el cultivo de especies como *Lentinula edodes* (Berk) Pené y *Auricularia* spp. En México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* y afines, se utiliza el termino setas, aunque estos hongos también son conocidos popularmente como orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, oreja de cazahuate y oreja de izote (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

El cultivo de *Pleurotus* spp. inicio en el siglo XX. A pesar de ser relativamente reciente ha tenido un desarrollo, de tal manera que en la actualidad se cultiva en casi todas las latitudes del mundo (Sánchez & Royse, 2001). Gaitán-Hernández *et al.* en 2006 mencionaron que en los años 70 se inició el cultivo de setas en América Latina además producía cerca de 4000 ton de setas anualmente, lo cual equivale a aproximadamente el 60 % de la producción total de esta región, siendo México el pionero de dicha actividad, desde entonces el interés por su propagación y consumo ha ido en aumento. El cultivo de setas, en este caso *P. ostreatus* es muy importante por varios aspectos como lo es producir un alimento de alta calidad, reciclaje de los materiales lignocelulósicos y alternativa económica, además de que con los desechos se pueden elaborar compostas y todo esto sin contaminar tanto el ambiente.

Chang en 2007 mencionó que el cultivo de setas *Pleurotus* sobre sustratos lignocelulósicos es una buena alternativa para producir alimentos, por lo que son considerados como una fuente barata de proteína. La mayoría pueden ser generados a bajo costo, corto período de tiempo y espacio reducido.

En este contexto, el presente proyecto se procuró implementar al Bosque de los Hongos Azules una tecnología limpia, económica y sustentable, adaptada al clima y a las características económicas de la zona para generar alimento a través del hongo comestible *P. ostreatus* y en lo posible generar ingresos económicos, por lo tanto, es una prioridad fomentar el cultivo del hongo evaluando la productividad en los diferentes sustratos para definir cual tiene un mejor patrón de producción.

## II. Marco teórico

### 2.1 Reino Fungi

Hasta el siglo XIX, todos los animales sólo se dividían en dos reinos: Animalia y Plantae; sin embargo, se fueron agregando otros organismos, como bacterias y hongos.

Los cinco reinos de la naturaleza corresponden a una clasificación que agrupa a todos los organismos en cinco grupos llamados reinos. Estos son el reino Protistas, el reino Monera, el reino Fungi, el reino Plantae y el reino Animalia. Esta clasificación fue propuesta por Robert Whittaker en 1969 y agrupa a los organismos vivos en cinco reinos, de acuerdo con sus características ecológicas y tróficas, comunes para los integrantes de cada reino (Whittaker & Margulis, 1978).

El reino Fungi incluye eucariotas del tipo de los hongos unicelulares o levaduriformes, pluricelulares o filamentosos y hongos carnosos (Negroni, 2009), representa una de los más grandes acervos de biodiversidad con actividades ecológicas cruciales en todos los ecosistemas y con una gran variabilidad en morfología y ciclos de vida. Los organismos incluidos en la categoría de hongos son tan diversos que es difícil dar una diagnosis diferencial concisa, pero pueden ser descritos como organismos, en su mayoría, filamentosos con crecimiento apical, eucarióticos, heterótrofos, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa organismos muy variables y polimórficos; nacen de esporas, carecen de clorofila, se reproducen sexual o asexualmente por medio de esporas y tienen un cuerpo generalmente formado por filamentos muy ramificados llamados hifas, los cuales en conjunto forman el micelio además son cosmopolitas, ya que se encuentran en todos los ambientes, pueden vivir en el suelo, en agua dulces y marinas y sus esporas son muy abundantes en el aire. Para alimentarse degradan sustancias a través de enzimas que secretan y absorben los nutrientes necesarios para su desarrollo (Sánchez & Royse, 2001; Herrera & Ulloa, 1990; Webster, 1986).

Según su alimentación estos pueden ser saprófitos, debido a que se alimentan de cuerpos muertos o desechos de organismos o bien parásitos, los cuales pueden penetrar las células de tejidos ya sean animales o vegetales y tomar sus nutrientes. Cabe mencionar que algunos saprófitos pueden vivir como parásitos si se les presenta la oportunidad, mientras que otros son siempre parásitos. Sean saprófitos o parásitos los hongos son heterótrofos, pues ninguno de ellos es capaz de producir su propio alimento. Algunos pueden formar asociaciones simbióticas con raíces de las plantas, llamadas micorrizas, o con algas y/o cianobacterias, llamados líquenes.



Los hongos tienen un papel muy importante en la naturaleza dentro de los ciclos del carbono, nitrógeno y azufre, ya que son un grupo de descomponedores junto con las bacterias (Herrera & Ulloa, 1990; Webster, 1986).

La formación de nuevos individuos puede ser de forma sexual o asexual. La sexual puede ser por fragmentación del micelio, el cual al estar en condiciones adecuadas da origen a un nuevo individuo. En otros casos el micelio da origen a esporas asexuales por división mitótica; las cuales se denominan según el nombre de la estructura que las produce. Las esporas juegan un papel importante en la propagación de las especies, pues favorecen la ocupación de nichos disponibles al producir un gran número de individuos en corto tiempo. La mayoría de los hongos presenta ciclos alternos de reproducción sexual y asexual como parte de su desarrollo (Alexopoulos *et al.*, 1996; Stamets, 1985).

## 2.2 Basidiomicetos

Los basidiomicetos forman un grupo de hongos muy grande y diverso que se caracteriza porque produce esporas sexuales en cuerpos fructíferos llamados basidiocarpos, también conocidos como basidiomatas o basidiomas (del griego *basidion*= base pequeña, basidio + *karpos*= fruto), el cual porta las estructuras especializadas conocidas como basidias. En la mayoría de las especies, cada basidia produce cuatro basidiosporas, que son fuertemente disparadas al llegar a su madurez (balistosporas) (Cairney, 1991; Rayner, 1991).

## 2.3 Valor nutrimental

Los hongos se pueden clasificar de diferentes maneras, una de ellas es según sus usos, como son los hongos ornamentales, hongos venenosos, hongos contaminantes, hongos alucinógenos, hongos medicinales y hongos comestibles. Estos últimos son de suma importancia ya que contienen un valor nutrimental muy alto.

El valor nutricional de los hongos comestibles es significativo, en base seca contiene de 19 a 35% de proteínas, a diferencia de otros alimentos, además de contener aminoácidos esenciales (fenilalanina, metionina, leucina, lisina, valina, isoleucina, treonina y triptófano), sin omitir que además de estos componentes poseen vitaminas del complejo B, vitamina C y D, niacina, ácido pantoténico y ácidos grasos insaturados (FAO, 2015). En la figura 1 se muestra el valor nutricional de los hongos en comparación con otros alimentos, como podemos observar su valor nutricional es significativo ya que está por encima de los productos básicos que consumimos como son la leche, el frijol, la calabaza, el maíz y las papas y muy cercano a las carnes de cerdo en comparación con la de res y pollo.

La tabla 1 muestra el contenido nutricional en porcentaje de *P. ostreatus*, se puede observar que tiene un alto contenido de agua con un 92.20%, en materia seca un 7.80% y tiene un contenido de grasa muy bajo con el 1% además de otros elementos.

Debido a su valor proteico los hongos comestibles pueden considerarse como un recurso natural, su cultivo y producción son de gran importancia enmarcando las tres especies más cultivadas tanto a nivel mundial como nacional; estas son el champiñón (*Agaricus bisporus*), Shiitake (*Lentinula edodes*) y Oreja (*Pleurotus ostreatus*). El champiñón tiene el primer lugar nivel mundial y nacional, la oreja el segundo a nivel mundial y nacional y por último el Shiitake con el tercer lugar a nivel mundial y nacional (Royse, 2014).

Tabla 1. Contenido nutricional del hongo comestible *P. ostreatus*. Tomado de Romero et al., 2000

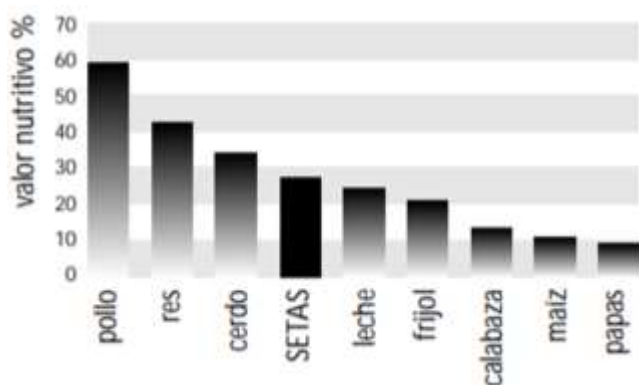


Figura 1. Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos  
Tomado de Gaitán-Hernández et al, 2006

SUSTANCIA	%
Agua	92.20
Materia seca	7.80
Ceniza	9.50
Grasa	1.00
Proteína bruta	39.00
Fibra	7.50
Fibra cruda	1.40
Nitrógeno total	2.40
Calcio	33mg/100g
Fósforo	1.34mg/100g
Potasio	3793mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Ácido ascórbico. Vit. C	90-144mg/100g
Tiamina. Vit. B1	1.16-4.80mg/100g
Niacina. Vit. B5	46-108.7mg/100g
Ácido fólico	65mg/100g

## 2.4 *Pleurotus* spp.

El género *Pleurotus* pertenece al *Phylum* Basidiomycota, se encuentra distribuido en Europa, Asia, Australia y América (Sánchez, 2010) y está adaptado a las diferentes condiciones climáticas propias de dichas regiones como puede ser el ambiente semidesértico, regiones boscosas, localidades de gran altitud o regiones de selva tropical, dando lugar a una gran cantidad de especies, de las cuales solo se consumen una pocas (Martínez-Carrera, 2010).

En general el hongo comestible *Pleurotus* es carnoso, no tiene estípite bien definido o éste es pequeño (Stamets, 1985) tiene un excelente gusto y sabor; generalmente son de color blanco, amarillento, o rosado, a veces grisáceo o de color oscuro (Gaitán-Hernández et al., 2006).

Los hongos *Pleurotus* spp. son agentes biológicos de gran interés por su capacidad de convertir subproductos orgánicos no comestibles en alimentos humanos de buena palatabilidad, con una eficiencia de conversión de proteína por unidad de área y por unidad de tiempo superior a las fuentes de proteína animal (Rodríguez & Zuluaga, 1994).

En la figura 2, se muestra una seta que consta de las siguientes partes: a) Píleo: parte superior y ancha de la seta, b) Láminas: la parte de abajo del sombrero se llama himenóforo en él está el himenio que es la parte donde se ven las láminas, parte fértil de la seta, donde están las esporas y c) Estípite: también llamado pie, está unido al sombrero y sirve como sostén.



Figura 2. Partes de una seta: a) píleo b) láminas c) estípite

## 2.5 *Pleurotus ostreatus*

*Pleurotus ostreatus* es un hongo lignícola saprofito, conocido con el nombre común hongo ostra (Donoso & Aguirre, 1980), presenta píleos de color muy variable, desde gris claro hasta café grisáceo oscuro, con tonalidades intermedias y reflejos azulados (Royse & Sánchez, 2017). En condiciones silvestre crece en tocones y ramas de planifolios muertos o debilitados, en bosques de ribera, parques y jardines (Alpuche & Paredes, 1996). Su desarrollo ocurre durante la estación otoñal e inicio de primavera, aunque en sitios húmedos también es posible encontrarlo en otras estaciones del año. Esta especie presenta gran versatilidad y adaptabilidad, ya que tolera un rango amplio de temperaturas; además, presenta resistencia a plagas y enfermedades, y se puede cultivar prácticamente sobre cualquier sustrato lignocelulósicos como troncos, corteza o aserrín (Yildiz *et al.*, 2002); se distribuye en Estados Unidos, México, Centroamérica, España y Asia. Se espera que su distribución sea más amplia (Mata, 1999).

## 2.6 Ciclo de vida de *P. ostreatus*

En la figura 3 se muestra el ciclo de vida de *P. ostreatus*. Cuando el carpóforo está maduro produce unas células especializadas llamadas basidios en las cuales se llevan a cabo dos procesos; la cariogamia, es decir la unión de los núcleos seguida de una meiosis donde una célula diploide experimenta dos divisiones sucesivas, con la capacidad de generar cuatro células haploides, cuando esto ocurre las esporas son liberadas de los esterigmas. Las basidiosporas son genéticamente distintas, es decir que tienen un patrón de reproducción tetra polar (cuatro diferentes). Posteriormente se forma el primer micelio que es el primario o monocariótico (un núcleo), el cual no es capaz de formar el fruto. Subsecuentemente ocurre una plasmogamia, la unión de dos células de distinto sexo dando como resultado un micelio dicariótico (dos núcleos) y así formar los basidios para repetir el ciclo (Acosta-Urdapilleta, 2000).

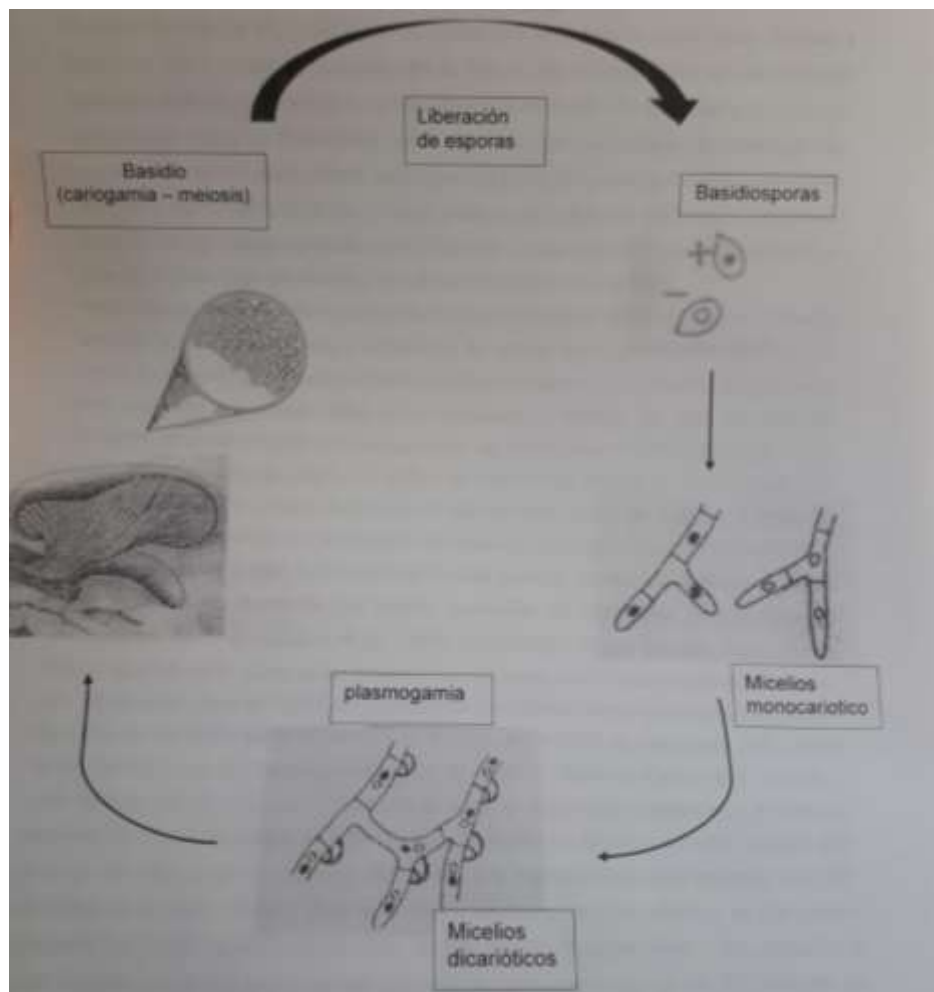


Figura 3. Ciclo de vida de *P. ostreatus*. Tomado de Acosta-Urdapilleta, 2000

## 2.7 Taxonomía

El hongo *P. ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P.Kumm 1871 presenta la siguiente clasificación taxonómica (<http://www.mycobank.org/BioloMICSDetails.aspx?Rec=22136>).

Reino: Fungi  
Filo: Basidiomycota  
Clase: Agaricomycetes  
Orden: Agaricales  
Familia: Pleurotaceae  
Género: *Pleurotus*  
Especie: *P. ostreatus*

## 2.8 Cultivo de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de hongos es una actividad desarrollada mundialmente (Martínez-Carrera, 2010). En México, el cultivo de setas es una actividad económica y ecológicamente importante además de generar empleos (Piña-Guzmán *et al.*, 2016). Valencia del Toro & Aguilar (2000), mencionan que la producción de hongos comestibles representa una amplia posibilidad biotecnológica para la obtención de un alimento. Es por eso que la generación de la tecnología limpia y sustentable del cultivo y su transferencia a productores, debe ser específica a cada zona y comunidad y debe mantener una asesoría continúa capacitando a los productores adecuadamente. En este contexto, al realizar la propuesta de cultivar hongos en las comunidades rurales, las preguntas obligadas de los productores son: ¿Qué se requiere para cultivarlos?, ¿Dónde se pueden cultivar? ¿Qué espacios se necesitan? Estas preguntas deben tener respuesta antes de proceder al cultivo de los hongos (Marín-Castro *et al.*, 2018).

El cultivo, producción y consumo deben fomentarse adecuadamente entre la población por las instituciones tanto de investigación como de vinculación y asesoría, generando el material biológico o inóculo adecuado en cuanto a su viabilidad y eficiencia, así como la tecnología económica y accesible que garantice la adopción y manejo adecuado de la misma por los productores (Marín, 2001).

En la producción del cultivo de setas pueden utilizarse como sustrato una gran variedad de residuos o subproductos agrícolas o agroindustriales. El cultivo de setas es un sistema biotecnológico eficiente, ya que se logran altos rendimientos y buena productividad con pocos controles ambientales. Las setas tienen tiempos de crecimiento cortos, crecen en un amplio intervalo de temperaturas y su habilidad para utilizar diversos materiales lignocelulósicos como sustrato, hace posible el empleo de residuos agrícolas, agroindustriales y forestales disponibles regionalmente (Piña-Guzmán *et al.*, 2016).

## 2.9 Importancia económica del cultivo

En México, el cultivo de setas es una actividad económicamente y ecológicamente importante, genera empleos y permite el reciclaje de más de 500 000 ton anuales de residuos agrícolas, agroindustriales y forestales, aminorando el impacto ambiental de la disposición final de dichos residuos (Piña-Guzmán *et al.*, 2016).

La técnica básica sobre el proceso de cultivo ya establecida no requiere de gran inversión para realizarse a pequeña escala como lo refieren varios autores (Gaitán-Hernández & Mata, 2004; Martínez-Carrera *et al.*, 1993).

## 2.10 Sustratos

El sustrato es el material sobre el que se va a desarrollar el micelio aportado por el inóculo hasta su completa fructificación. En este medio especial de cultivo, el hongo tendrá que competir selectivamente por los nutrientes con otros organismos presentes en el medio (García, 2002). Los sustratos utilizables como sustratos para el cultivo de setas se clasifican en seis categorías: pajas, rastrojos, pulpas, bagazos, residuos forestales y otros (Piña-Guzmán *et al.*, 2016).

Los hongos de género *Pleurotus*, toman los nutrientes necesarios para su alimentación de los materiales donde crecen. Para seleccionar los sustratos se deben considerar ciertas características como es el porcentaje de lignina y celulosa, el tamaño de partícula (5-10cm), humedad de 70-75%, cierto grado de compactación, disponibilidad y costo (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Esta reportado que los hongos degradadores de la madera, denominados hongos de pudrición blanca (degradan lignina, celulosa y hemicelulosa), pueden cultivarse básicamente en materiales o sustratos celulósicos como esquilmos o residuos agroindustriales cuya proporción de celulosa y lignina sea aproximadamente 70% y 15% respectivamente, tradicionalmente a nivel mundial se utiliza la paja de trigo como sustrato (Reyes *et al.*, 2013).

En la tabla 2, se muestran las eficiencias biológicas de los sustratos que se utilizaron en el presente proyecto, donde se observa que el sustrato con mayor eficiencia es la paja de trigo seguido del rastrojo de sorgo mientras que la paja de avena es relativamente baja. La tabla 3, muestra el porcentaje de lignina, celulosa, hemicelulosa y la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) de los sustratos empleados.

Tabla 2. Eficiencias biológicas de los sustratos empleados

Sustrato	Eficiencia biológica%	Referencia
Rastrojo de sorgo	132	Bernabé-González & Garzón-Mayo, 1995
Paja de trigo	90-142	Paredes, 1996
Paja de avena	103-120	Gaitán-Hernández & Silva, 2016

Tabla 3. Porcentaje de lignina, celulosa, hemicelulosa y relación C/N de los sustratos empleados

Sustrato	Lignina %	Celulosa %	Hemicelulosa %	Relación C/N
Rastrojo de sorgo	16.09	44.6	25.3	88
Paja de trigo	16.85	35.8	26.8	102
Paja de avena	12.85	37.60	23.34	100

Tomado de Carrasco *et al.*, 2011; Carroll & Somerville, 2009.

## 2.11 Sustratos utilizados para *Pleurotus*

En la tabla 4, se muestran los sustratos que se han utilizado en el laboratorio de micología del Centro de Investigaciones Biológicas. Los sustratos evaluados son paja de trigo, acahual, cascarilla de cacahuate y rastrojo de maíz. El sustrato más utilizado es la paja de trigo y también el que mejor eficiencia biológica ha tenido.

Tabla 4. Sustratos empleados en el laboratorio de micología

Especie	Cepa	Sustrato	EB%	TP	CC	Referencia
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-11	Trigo				
		Bolsas de 40x60 cm	105.38	1.05	99	
		30x90	140.62	1.4	98	

		50x70	99.50	0.99	101	Gómez, 2004
		60x90	82.54	0.77	106	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Trigo	101.95	1.2	80	
		Bolsas de 40x60				
		30x90	105.11	1,1	96	
		50x70	107.65	1.2	89	
		60x90	71.79	0.8	85	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	81.7	0.68	119	Aguirre, 2000
		Acahual	55.4	0.41	134	
		Cascarilla de cacahuete	13.9	0.10	133	
		Rastrojo de maíz	72.4	0.50	144	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	92.1	0.95	96	Acosta- Urdapilleta, 2000
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-15	Paja de trigo	70.699	1.037	70.8	Vergara, 2006
	HEMIM- 16	Paja de trigo	45.415	0.677	78.7	
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	67.7	1.2	59	Gómez, 2006
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	57.58	0.82	69.6	Mora, 2016
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	70.95	0.81	90	Bautista <i>et al.</i> , 2005
<i>Pleurotus ostreatus</i>	HEMIM-50	Paja de trigo	162.2	1.80	90	Mora, 2004
	HEMIM- 11		142.8	1.57	75	



## 2.12 Bosque de los hongos

El Parque Ecoturístico el Bosque de los Hongos Azules (Figura 4), ubicado en el paraje denominado “El Cajetito” de Santa María Ahuacatlán (Municipio de Cuernavaca) forma parte del Corredor Biológico Chichinautzin (Figura 5). Desde su creación, el parque ha procurado dar vida a la comunidad y, mediante un proceso de formación permanente y trabajo multidisciplinario, ha transformado poco a poco la forma de ver e interactuar con la naturaleza, además de su interés en la conservación intentan hacer uso sustentable del recurso, ahí su interés en la producción de hongos comestibles.



Figura 4. Bosque de los Hongos Azules



Figura 5. Ubicación del Bosque de los Hongos Azules

## III. Justificación

El Bosque de los Hongos Azules cuenta con un módulo para el cultivo de *P. ostreatus*, además de condiciones ambientales favorables para el crecimiento de los mismos, lo cual puede ser aprovechado por la comunidad a cargo dado que el cultivo es relativamente sencillo y económico además pueden tener una alternativa económica, un alimento de buena calidad y a su vez utilizar los desechos agrícolas de sus alrededores para ello fue necesario capacitarlos y posteriormente evaluar el cultivo.

## IV. Hipótesis

Dado que el sustrato más trabajado por los cultivadores de hongos en México es la paja de trigo se espera que dicho sustrato tenga mejor patrón de producción en comparación con rastrojo de sorgo y paja de avena.

## V. Objetivos

### 5.1 Objetivo general

- Evaluar la productividad del cultivo de *P. ostreatus* en tres sustratos en el módulo del Bosque de Hongos Azules y capacitar a la comunidad a cargo acerca del mismo.

### 5.2 Objetivos particulares

1. Determinar el patrón de producción de *P. ostreatus*.
2. Capacitar a la comunidad en el cultivo de *P. ostreatus*.

## VI. Materiales y métodos

### 6.1 Zona de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en dos etapas, la primera en el Laboratorio de Micología del Centro de Investigaciones Biológicas ubicado en la Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa en el *Campus* Norte de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y la segunda parte en el Bosque de los Hongos Azules ubicado en el paraje El Cajetito, este se ubica en la comunidad de Santa María Ahuacatlán municipio de Cuernavaca Morelos, las coordenadas del sitio son las siguientes: 18°59'01'' N y 99°16'14'' O a una altitud de 2,043 msnm. En la segunda etapa se trabajó en las instalaciones del módulo de producción del bosque de los Hongos Azules (Figura 6 y 7).

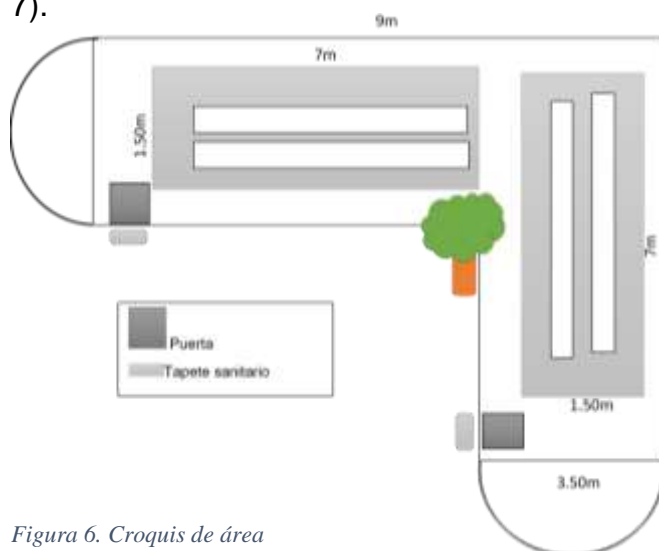


Figura 6. Croquis de área



Figura 7. Módulo del bosque de los hongos azules

En la figura 8 se muestra las etapas de trabajo que se llevaron a cabo en el presente proyecto.

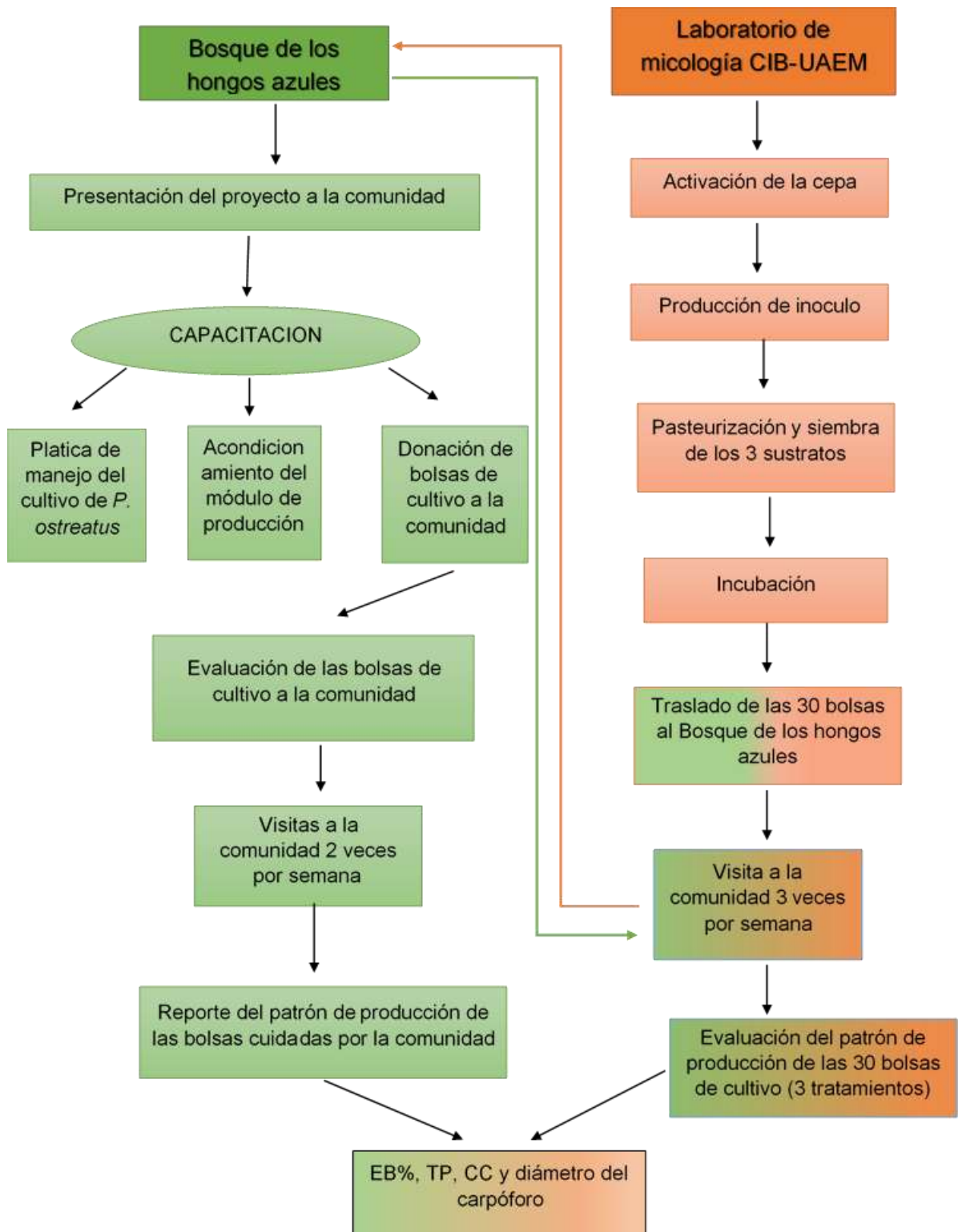


Figura.8. Diagrama de flujo para el cultivo de *P. ostreatus*

## 6.2 Etapa de trabajo en el Bosque de los Hongos azules

### 6.2.1 Capacitación de la comunidad

La comunidad a cargo del bosque recibió una capacitación teórico-práctica que consistió en impartir una plática detallada de todo el proceso que se lleva a cabo para el cultivo de *P. ostreatus* además se acondiciono el área de producción y se les proporcionaron diez bolsas adquiridas de forma comercial ya inoculadas, mezcla de paja de trigo, rastrojo de maíz, olote y aserrín; para evaluar la fase de fructificación en el módulo del bosque con el fin de instruirlos acerca de las medidas y cuidados que se deben tener como son temperatura y humedad que debe presentar el módulo, cosecha de los cuerpos fructíferos, toma de datos como fecha de cosecha , peso y diámetro del carpóforo en cm también las medidas sanitarias que se deben tomar en cuenta y el control de plagas para ello se realizaron visitas periódicas durante el período de fructificación dos o tres veces por semana.

## 6.3 Etapa de trabajo en el laboratorio

### 6.3.1 Activación de la cepa

Para la preparación del medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) se suspendieron 39 g de medio en 1L de agua, se caliento con agitación suave hasta completa disolución del polvo y hervir durante un minuto, posteriormente se esterilizó en la autoclave a 121° (15 libras de presión) durante 15 min, se enfrió a una temperatura entre 45-50°C y se vaciaron en placas de Petri estériles (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

Para el aislamiento fúngico, cuando las cajas hayan solidificado se realizaron clones de la cepa HEMIM-50 depositada en el Laboratorio de Micología, tomando con un asa previamente calentada al rojo vivo un poco del micelio de la cepa y depositando una pequeña muestra en las cajas Petri realizadas anteriormente, sellando con parafilm para evitar posible contaminación después se incubaron a 25°C en oscuridad (Guzmán, 2002).

### 6.3.2 Preparación de la semilla o inóculo en grano de trigo

Para sembrar las bolsas se necesita preparar la semilla para ello el grano de trigo se limpia mediante enjuagues con agua, las veces que sean necesarias hasta que el agua quede limpia. Se hierve el grano de trigo, durante aproximadamente 15-20 minutos, transcurrido el tiempo de hidratación, se escurre el exceso de agua.

En esta etapa los granos de trigo tienen que alcanzar una hidratación de 50-55%, cabe mencionar que esto es muy importante ya que si alcanza más del 55% de hidratación el inóculo se contamina por el contrario si alcanza menos de 50% no hay crecimiento de micelio.

Se agregó 5 g de cal y 20 g de yeso por kilo a los granos de trigo y se colocan en frascos de vidrio de boca ancha, se llenan 2/3 partes, o bien pueden colocarse en bolsas de polipapel. Se esteriliza en autoclave u olla de presión a 121° (15 libras de presión) durante una hora y media, se dejan enfriar a temperatura ambiente.

Dos días después de la elaboración de la semilla se deben agitar los frascos con la finalidad de separar los granos entre si y favorecer un aireación e hidratación homogénea.

Subsecuentemente se inocula con la cepa seleccionada, con porciones del medio y se incuba a 25°C. Los frascos o bolsas de polipapel inoculadas con medio de cultivo reciben el nombre de frascos, bolsas primarias o “masters” y estarán listos en aproximadamente 15 días (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

### 6.3.3 Preparación y pasteurización del sustrato

Se evaluaron tres sustratos (tratamientos T), T1 rastrojo de sorgo, T2 paja de avena y T3 paja de trigo. Cada tratamiento tuvo un total de 10 repeticiones (bolsa de cultivo de 40x60 cm con diferente sustrato).

El sustrato se picó (tener un tamaño considerable para que el hongo pueda degradarlo). Se llenó un tambo de 200L con 2/3 partes de agua, se le agrego 1kg de cal, ½ kg de yeso y 1L de cloro. Se calentó y posteriormente se sumergieron los sustratos en costales en el tambo durante 1 hora a una temperatura de 70-80°C. Los costales fueron sacados del tambo para drenar el agua del sustrato y se colocó sobre una malla para que se enfríe, aproximadamente 30°C, aquí el sustrato alcanza del 70-75% de humedad. Esto se realizó con cada uno de los tratamientos (Guzmán, 2002).

### 6.3.4 Siembra

Ya que los sustratos se hayan enfriado se inició la siembra en bolsas de 40 x 60 cm con una técnica en capas, la cual consiste en colocar una capa de semilla y una de sustrato hasta alcanzar un peso húmedo de 4 kg peso. Se colocan unos cuadros de papel filtro a los costados para que pueda ocurrir un intercambio gaseoso dado que el hongo es aerobio y necesita oxígeno para poder vivir, posteriormente se sellaron con cinta adhesiva y se etiquetaron (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

### 6.3.5 Incubación

La incubación es aproximadamente un mes, al cabo de este tiempo la bolsa se llena de micelio y se torna blanca, cuando surgieron los primeros primordios se trasladaron al área de fructificación (con las debidas precauciones para evitar contaminantes) al módulo de producción del Bosque de los Hongos Azules y se incubaron a 25-30°C en oscuridad (Sánchez & Royse, 2001).

### 6.3.6 Fructificación

El área de fructificación debe tener una temperatura de 15-25°C aproximadamente, una humedad de 80-90%, 12 horas luz y 12 horas oscuridad, ventilación y protección contra insectos ya que hay muchas plagas que pueden afectar el cultivo.

Al paso de los días comenzaron a salir brotes, cuando esto ocurre se perforan las bolsas donde se encuentra el brote para que el cuerpo fructífero pueda crecer.

Cuando el cuerpo fructífero haya crecido se corta del estípote, lo más cerca al sustrato para evitar que el sobrante se pudra y se contamine la bolsa. El hongo está listo para consumo propio o venta (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

## 6.4 Criterios para evaluar la productividad

Durante la fase de fructificación se tomaron los siguientes parámetros: inicio de fructificación (días), ciclo de cultivo (días), tiempo de cosechas (días), número de cosechas, eficiencia biológica (%), tasa de producción, diámetro de los carpóforo (cm) y características fenotípicas de los hongos cosechados (forma, textura, consistencia y coloración). Además, de estos parámetros existen varios factores que deben controlarse como son: humedad, temperatura, aireación, iluminación y plagas (Gaitán-Hernández *et al.*, 2006).

La eficiencia biológica (Tschierpe & Hartmann, 1977) se calculó con la siguiente fórmula:

$$EB = \frac{\text{Peso fresco de los hongos cosechados}}{\text{Peso en fresco del sustrato empleado}} \times 100$$

La tasa de producción se determinó de acuerdo con lo propuesto de por Royse en 1989 con la siguiente fórmula:

$$TP = \frac{EB\%}{CC}$$

El ciclo de cultivo (CC) se determinó con el período de colonización del sustrato más el período de fructificación en días.

Además, se calculó la desviación estándar de la eficiencia biológica, la tasa de producción y el ciclo de cultivo.

El color de los hongos se determinó con las cartas de Munsell de 2011 para plantas, cada una de ellas es una forma precisa de especificar y mostrar las relaciones entre los colores por medio de escalas numéricas que intentaba mostrar los colores separados por espacios visualmente iguales. El color de la esporada se tomó con las cartas de Munsell de 1992 para suelos.

## VII. Resultados y discusión

### 7.1 Capacitación de la comunidad “El Bosque de los Hongos Azules”

#### 7.1.1 Plática sobre el manejo del cultivo del hongo Oreja de cazahuate

Se realizaron visitas a la comunidad del Bosque de los Hongos Azules para presentar el proyecto a los integrantes de la asociación; la Sra. María de los Ángeles Martínez Flores (Figura 9 y 10), Ana Mayte Rito Farías y Sr. Tomas Campos Jiménez, con el fin de hablarles acerca del cultivo de *P. ostreatus* y organizar las actividades y visitas posteriores para emprender el proyecto (Figura 11).



Figura 9. Sra. Ángeles, persona a cargo del módulo



Figura 10. Capacitación a la Sra. Ángeles



Figura 11. Capacitación a Mayte

#### 7.1.2 Acondicionamiento del área de producción de hongos

El acondicionamiento del área de estudio (Figura 12) consistió en la colocación de trampas para los mosquitos, limpieza con cloro del lugar y de la superficie donde se colocaron las bolsas (Figura 13), riego de agua con cloro para evitar contaminaciones, también se les propuso colocar puertas con mosquitero, un tapete sanitario, colocar un higrotermógrafo y un extractor para mejorar la ventilación.

Al paso de una semana se colocaron todos los requerimientos a excepción del extractor debido a que el Parque Ecoturístico el Bosque de los Hongos Azules cuenta con energía solar y eólica la cual se agota y por ello se colocaron ventanas de malla sombra para una mejor ventilación.



Figura 12. Acondicionamiento del área



Figura 13. Limpieza del área

### 7.1.3. Donación de bolsas de cultivo de *Pleurotus* a la comunidad

Se proporcionaron diez bolsas de cultivo inoculadas y listas para la fase de fructificación a la comunidad en el Bosque de los Hongos Azules (Figura 14) con las cuales se capacitó mostrándoles todo el proceso que se lleva a cabo en el área de fructificación las cuales posteriormente ellos monitorearon.



Figura 14. Bolsas donadas al bosque de los hongos azules

### 7.1.4. Producción de las bolsas donadas la comunidad

En la tabla 5, se muestra el peso en gramos y el diámetro en centímetros de los carpóforos tanto de la primera como de la segunda cosecha además del total en gramos por bolsa, el ciclo de cultivo en días, la eficiencia biológica y la tasa de producción de cada una de las bolsas proporcionadas al bosque como el promedio de las mismas.



En general, el cultivo presentó dos cosechas. En la primera cosecha (Figura 15) se obtuvo un total de 29.430 kilogramos donde el tamaño de los carpóforos fue de 1.5 cm el más pequeño y 19 cm el más grande oscilando en promedio de 5 a 15 cm; la segunda cosecha fue de 9.550 kilogramos, el carpóforo más pequeño fue de 3cm y el más grande de 10 cm, en promedio oscilaron de 4 a 8 cm. En total se obtuvieron 38.980 kilogramos de setas.



Figura 15. Bolsa con primera cosecha

Tabla 5. Cosechas y diámetros de los carpóforos de las bolsas donadas al bosque

# de bolsa	Cosecha 1			Cosecha 2		Total (g)	CC días	EB%	TP
	Peso (g)	Ø de carpóforo (cm)	Cosecha (días)	Peso (g)	Ø de carpóforo (cm)				
1	2650	7-18	39	1000	3-9	3650	66	97	1.46
2	1580	5-14	43	400	5-10	1980	66	53.8	0.8
3	1150	6-19	42	1400	5-10	2550	64	68	1.06
4	4200	4-10	42	1100	3-8.6	5300	62	141.33	2.27
5	4000	5-13	42	1000	3-6	5000	66	133.33	2.02
6	3100	5-15	47	750	5-7	3850	65	102.66	1.57
7	3600	5-17	45	600	5-7	4200	65	112	1.72
8	2050	1.5-18.5	38	500	3-9	2550	64	68	1.06
9	2400	6-10	43	1800	5-9	4200	64	112	1.75
10	4700	5-16	43	1000	3-7.6	5700	62	152	2.45
	29430 (75.50%)	4.95-15.05	42.4±2.5 9	9550 (24.49%)	4-8.32	38980	64.4± 1.50	104.012± 33.08	1.616 ±0.54

CC: ciclo de cultivo

EB%: eficiencia biológica

TP: tasa de producción

En promedio el cultivo de *P. ostreatus* (evaluado en el Bosque de los Hongos Azules) obtuvo una EB de 104.012% lo que indica que el cultivo es redituable ya que la eficiencia biológica siendo arriba del 70% indica que es redituable en cuestión económica además presentó una TP de 1.66.

Datos muy cercanos a los obtenidos en eficiencia biológica en este trabajo los reportaron Naraian *et al.* (2011) utilizando la mezcla de olote de maíz, paja de trigo suplementado con agua residual de industria de lácteos con una EB de 108.6%.

Algunos autores han trabajado con otras mezclas y las EB varían de 14.9 a 96.4% dependiendo de los sustratos utilizados para elaborar la mezcla (Heredia-Solís *et al.* , 2016; Varnero *et al.*, 2010; Soto-Velazco *et al.* , 1989).

Uno de los parámetros importantes en la evaluación de la producción de hongos es la segunda cosecha la cual en promedio fue de 64 días, Arias-García (1998) encontró un grupo de cepas de *Pleurotus* spp. de fructificación temprana (entre 21 y 32 días), y otro de fructificación tardía (entre 41 y 54 días) además Paredes *et al.*, (1996), encontraron cepas de fructificación temprana (de 21 a 38 días), intermedia (de 47 a 53 días) y tardía de (57 a 73 días). El autor con el que coincidimos es Arias-García (1998) ya que el cultivo de *P. ostreatus* en el Bosque de los Hongos Azules presentó una fructificación tardía (42 días).

### 7.1.5 Condiciones ambientales en el módulo de producción de los Hongos Azules

El módulo presentó una temperatura promedio en la última semana de marzo de 16°C por la mañana y 18°C por la tarde; un porcentaje de humedad de 82% tanto por la mañana como por la tarde. Durante el mes de abril se registró una temperatura promedio de 17°C por la mañana y 19°C por la tarde; una humedad de 79% por la mañana y 77% en la tarde (Figura 16 y 17).

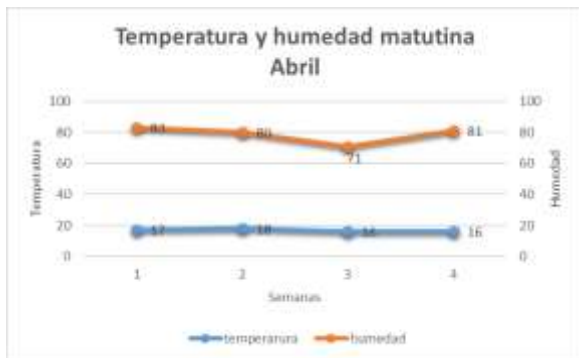


Figura 16. Temperatura y humedad matutina de mayo

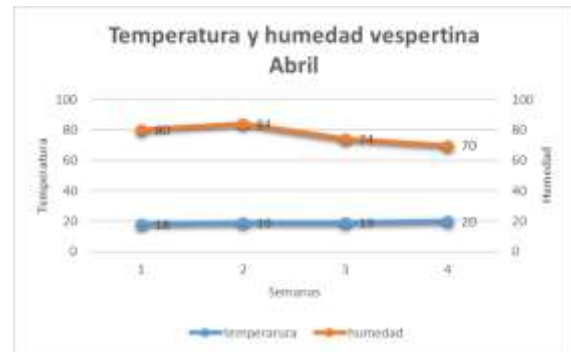


Figura 17. Temperatura y humedad vespertina de abril

Martínez (2012) reportó una temperatura de 18 y 26°C correspondiente al mes de marzo-abril, siendo el período de fructificación de las bolsas empleadas en el presente proyecto, cabe mencionar que las temperaturas fueron más elevadas a las reportadas en este proyecto, de igual manera la humedad que reportó fue de 90% también más alta a la generada en el presente proyecto.

El rango de temperatura a la que se desarrolla *P. ostreatus* es de 10 a 21°C y a una humedad relativa de 85 a 90% (Stamets, 1993), según las condiciones reportadas en el presente proyecto tanto de temperatura y humedad están dentro del rango reportado para esta especie.

## 7.2 Etapa Laboratorio de Micología

### 7.2.1 Activación de la cepa en el Laboratorio de Micología CIB-UAEM

Se preparó medio de cultivo HIT y PDA, así mismo se realizaron 30 clones de la cepa HEMIM-50 para poder realizar posteriormente semilla. En la figura 18 se muestra como se llevó a cabo la activación de la cepa y en la figura 19 las cepas activadas.



Figura 18. Activación cepa



Figura 19. Cepa HEMIM-50

### 7.2.2 Preparación del inóculo

Para preparar el inóculo se elaboraron 18 kilos y medio de semilla de trigo la cual se inoculó con las cepas antes elaboradas, se prepararon 29 frascos (F1) y 33 frascos (F2) con 300 g de trigo cada uno los cuales se incubaron a 25°C en oscuridad. El porcentaje de contaminación fue de 4.8. Aproximadamente de 18 a 20 días el micelio ya había invadido totalmente los frascos F1 (Figura 20) y de 12 a 16 días los frascos F2 (Figura 21). Martínez en 2012 reportó el período de tiempo en que produjo el inóculo la cual fue de 10-14 días de manera que fueron menores a las obtenidas.



Figura 20. Frascos de semilla F1 recién sembrado



Figura 21. Frasco F2 invadido de micelio

### 7.2.3 Siembra

En la tabla 7 se muestran las fechas en las que se sembró cada uno de los tratamientos empleados, los cuales fueron rastrojo de sorgo, paja de trigo y paja de avena con 10 repeticiones (Figura 22) cada uno dando un total de 30 bolsas (Figura 23).

Tabla 6. Fechas de siembra por tratamiento

Tratamiento	N° de bolsas	Fecha de siembra
Rastrojo de sorgo	2	11/04/2019
	8	30/04/2019
Paja de avena	10	11/07/2019
Paja de trigo	8	07/05/2019
	2	11/07/2019
Total de bolsas	30	



Figura 22. Repeticiones de rastrojo de sorgo



Figura 23. Tratamientos sembrados

### 7.2.4

#### Incubación

Los tratamientos se incubaron en el módulo del Laboratorio de Micología, cuando el micelio invadió el sustrato las bolsas fueron trasladadas al módulo de producción de hongos del Bosque de los Hongos Azules (Figura 24). Para evitar posibles contaminaciones las bolsas fueron llevadas y se realizó previa desinfección del vehículo.

De las diez repeticiones por tratamiento se evaluaron tres bolsas de cultivo. En la tabla 8 se muestran los días de incubación de cada uno de los tratamientos, es decir, la fecha de siembra hasta la fecha de primera cosecha.

En promedio el sustrato con menor tiempo de incubación fue el rastrojo de sorgo y el que presentó mayor tiempo de incubación fue la paja de trigo.

Mora (2004) reportó 75 días de ciclo de cultivo siendo 40 de colonización (incubación) con la cepa HEMIM-50 (*P. ostreatus*) en sustrato de paja de trigo, este valor fue idéntico al obtenido en este proyecto con el mismo sustrato y especie.

Ragunathan & Swaminathan (2003) realizaron un experimento en rastrojo de sorgo con tres especies de *Pleurotus* (*Pleurotus sajor-caju*, *Pleurotus platypus* y *Pleurotus citrinopileatus*) con incubación de 24,26 y 29 días respectivamente siendo más bajas a las obtenidas en esta investigación.

Gaitán-Hernández & Silva en 2016 para el sustrato de paja de avena utilizaron dos cepas IE-115 e IE-728, respectivamente la incubación fue de 24 y 23 días con las cuales no coincidimos ya que los datos de los autores anteriormente mencionados son más bajos a los nuestros (Tabla 7).

Tabla 7. Incubación en días de cada tratamiento

Tratamiento	Tiempo de incubación (días) *	Promedio Días *
Rastrojo de sorgo	30	39.33±19.76
	26	
	62	
Paja de trigo	35	40±4.3
	43	
	42	
Paja de avena	27	41.33±12.50
	50	
	47	

\*media de tres repeticiones



Figura 24. Bolsas en el módulo del Bosque de los Hongos Azules

### 7.2.5 Fructificación

La tabla 8 muestra los datos obtenidos durante el período de fructificación que corresponden al número de cosechas, cosecha en gramos, diámetro de los carpóforos, eficiencia biológica, ciclo de cultivo y tasa de producción de cada uno de los tratamientos evaluados. Los sustratos presentaron una cosecha, en el caso de rastrojo de sorgo y paja de trigo solo una bolsa de cada tratamiento presentó segunda cosecha.

En promedio el sustrato con mayor producción fue el rastrojo de sorgo con 1056 g de carpóforos seguido de la paja de trigo con 465 g y por último la paja de avena con 419.5 g. Con respecto al tamaño de los carpóforos los sustratos presentaron una medida mínima y máxima, el rastrojo de sorgo osciló entre 4-19 cm siendo uno de los más grandes la paja de trigo presentó carpóforos con diámetros de 2-17 cm y la paja de avena de 2-15 cm.

Los diámetros de los carpóforos son adecuados para la comercialización y cumplen con la calidad del mercado. El tamaño de las setas más pequeñas es debido a que crecen en racimos, por lo tanto, hay una competencia por el espacio aéreo y una competencia y por el sustrato, y además porque es el hábito de crecimiento de esta especie (cespitoso) (Sejnavi, 2015). La eficiencia biológica en el rastrojo de sorgo fue de 94%, seguido de la paja de avena con 89.6% y finalmente la paja de trigo con 58.3%.

Ragunathan & Swaminathan en 2003 obtuvieron EB en sustrato de rastrojo de sorgo las cuales fueron *P. sajor-caju* 36.8%, 33.4 *P. platypus* y 32.1 *P. citrinopileatus* mucho menores a la reportada en este trabajo. Bernabé-González & Garzón-Mayo en 1995 obtuvieron una EB de 132% en paja de sorgo, la cual fue más alta que la obtenida en el presente trabajo.

Dentro de los trabajos donde se reporta el patrón de producción de *P. ostreatus* con paja de avena se encuentra Gaitán-Hernández & Silva, (2016), ellos hicieron un trabajo con cultivo de *P. ostreatus* en diferentes combinaciones de sustrato que fueron rastrojo de maíz al 100%; 50% rastrojo de maíz y 50%, paja de avena; 20% de rastrojo de maíz y 80% de paja de avena y paja de avena al 100%, utilizando dos cepas IE-115 e IE-728; reportando para el sustrato paja de avena una EB de 103.6 y 120.3% y una tasa de producción de 1.7 y 1.5 respectivamente, los datos relativamente fueron más altos sin antes mencionar que la TP de la cepa IE.728 es parecida a la reportada en el presente proyecto.

En promedio el ciclo de cultivo que presentó cada uno de los sustratos fue de 40 días correspondiente a la paja de trigo siendo uno de los que presentó menor tiempo, la paja de avena con 41 días y por último el rastrojo de sorgo con 46. El ciclo de cultivo fue tardío en los tres sustratos según lo reportado por Arias-García (1998)

La tasa de producción en promedio más alta corresponde a la paja de avena con 2.62, rastrojo de sorgo con 2.37 y paja de trigo con 1.41.

Gómez en 2006 realizó un trabajo con la cepa HEMIM-50 de *P. ostreatus* en paja de trigo donde se obtuvieron resultados más elevados a los obtenidos en este proyecto, presentó una EB% de 67.7, una TP de 1.2 y un CC de 59 días. Además, Mora (2016)

realizó un estudio con cepa HEMIM-50 en paja de trigo con una EB% de 57.58 muy cercana a la obtenida en el presente proyecto, una TP de 0.82 y 69.9 de CC.

Tabla 8. Fructificación de los sustratos empleado

Sustrato	Número de Cosechas		Diámetro mínimo y máximo de los carpóforos (cm)		Total (g)	EB% *	CC días *	TP *
	1	2	1	2				
Rastrojo de sorgo	923.33	400	4-19	1-11	1056	94±22.51	46±18.33	2.37±1.25
Paja de trigo	368.66	289	2-17	2.5-11	465	58.33±19.73	40±4.35	1.41±0.64
Paja de avena	419.95	-	2-15	-	419.5	89.66±45.93	41.33±12.50	2.62±2.28

\*= Media de tres repeticiones

#### 7.2.6 Plagas y enfermedades durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

El cultivo de *P. ostreatus* como cualquier otro cultivo puede presentar alteraciones ocasionadas ya sea por factores bióticos o abióticos, o una combinación de ambos. Entre las causas bióticas se encuentran los insectos, los ácaros, los hongos, las bacterias y los virus. Entre los factores abióticos se hallan la temperatura, la luz, la concentración de anhídrido carbónico del aire, la humedad relativa, y la presencia de productos químicos tóxicos en el sustrato de o en la atmosfera local del cultivo (Sánchez & Royse, 2001).

Cabe mencionar que se deben tomar medidas con respecto a la contaminación ya que el módulo de producción del Bosque de los Hongos Azules se encuentra en un área boscosa y debido a eso hay variedad de coleópteros y dípteros que afectan al cultivo, por lo que se recomienda que los cultivos se roten dejando descansar 15 días el módulo de producción y en ese descanso fumigar; otro problema que se ha presentado en el cultivo es el caso de *Trichoderma* para ello cuando haya indicios en las bolsas de este hongo verde inyectar cloro en el área afectada y si es demasiado eliminar la bolsa contaminada.

Se ha reportado que *Trichoderma* spp. ha demostrado tener gran competencia contra diversos hongos cultivados, principalmente el champiñón, seguido del hongo seta (Rossman, 1996; Domsch *et al.*, 1993).

## 7.2.7 Condiciones ambientales

Las temperaturas registradas durante el cultivo en el módulo del Bosque de los Hongos Azules son las siguientes: en el mes de mayo la temperatura fue de 15°C por la mañana y 19°C por la tarde mientras que la humedad fue de 85% por la mañana y 77% por la tarde; junio con 16°C por la mañana y 17°C por la tarde y con humedad de 86% en la mañana y 85% en la tarde; julio 15°C en la mañana y 16°C por la tarde y una humedad de 87% por la mañana y 85% por la tarde; temperatura matutina y vespertina para el mes de agosto fue de 14°C y la humedad tanto matutina como vespertina fue de 86% por último el mes de septiembre la temperatura matutina como vespertina fue de 15°C y la humedad de 84% por la mañana y por la tarde (Figura 25 y 26).

Martínez en 2012 evaluando la especie de *P. ostreatus* en Valle del Fuerte, Sinaloa reportó humedad en primavera de 90% y en verano de 85% presentando valores cercanos a los obtenidos además de temperatura mínimas de entre 7 y 13°C y máximas de 31 a 37°C en agosto-septiembre con las cuales no coincidimos.

Las condiciones presentadas a lo largo del fructificación en el módulo del Bosque de los Hongos Azules fueron las óptimas para el crecimiento de *P. ostreatus* (Stamets, 1993).

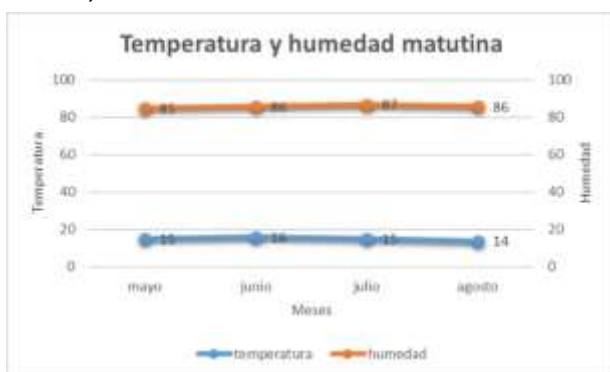


Figura 25. Temperatura y humedad matutina



Figura 26. Temperatura y humedad vespertina

El módulo de producción de hongos del Bosque de los Hongos Azules presentó temperaturas y humedades preminentes por lo cual no fue necesario regar a diario sino una o dos veces por semana y solo cuando disminuía la humedad por debajo del 70%. Asimismo, factores como la aireación e iluminación se controlaron de tal forma que estos fueran benéficos para el cultivo. Se colocaron ventanas con mosquitero para favorecer la entrada de luz, aire y a su vez evitar la entrada de mosquitos.



### 7.2.7 Características morfológicas de *P. ostreatus*

La tabla 9 muestra las características morfológicas siguientes: forma del píleo, consistencia del píleo, estípites, color de esporada (Figura 27 y 28), color de píleo (Figura 29), olor y color de láminas que presentaron los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* de la cepa HEMIM-50 en los tres sustratos empleados cabe mencionar que las esporadas fueron etiquetadas y almacenadas en refrigeración entre 2-5°C en el Laboratorio de Micología para posteriores trabajos.

Tabla 9. Características morfológicas de los cuerpos fructíferos de la cepa HEMIM-50 de *P. ostreatus*

Parámetro	Característica
Forma del píleo	Repisa y trompeta
Consistencia del píleo	Carnosa y suave
Estípites	Blanquecino, corto, carnoso y correoso lateral
Color de la esporada	(5R 7/2 Munsell, 2011)
Color del píleo	En los bordes del píleo presento un tono (10YR 8/2 Munsell, 1992) café muy claro o café muy pálido. En la parte central del píleo presenta un tono (10YR 6/3 Munsell, 1992) café pálido
Olor y sabor	Fúngico agradable
Himenóforo	Laminar, decurrente, crema a blanquecino, laminas crenadas y delgadas, juntas entre sí con abundantes lamélulas.
Contexto	Carnoso, de color blanco suave



Figura 27. Esporada inicial



Figura 28. Esporada finalizada



Figura 29. Tomando color en las cartas de Munsell

Es importante mencionar que las características morfológicas de los cuerpos fructíferos obtenidos durante este trabajo en los sustratos evaluados coinciden con las típicas de la especie.

## VIII. Conclusión

En conclusión, podemos decir que de los tres sustratos empleados el que presentó mejor productividad fue el rastrojo de sorgo con una eficiencia biológica de 94% y una tasa de producción de 2.37, seguido de la paja de avena con una eficiencia biológica de 89.66% y una tasa de producción de 2.62, por último la paja de trigo fue el sustrato con una eficiencia biológica de 58.33 y una tasa de producción de 1.41, las cuales fueron bajas a tal grado de que el cultivo no fue redituable, por lo que la hipótesis de este proyecto es rechazada ya que la paja de trigo no fue el sustrato que tuvo mejor patrón de producción en comparación con la paja de avena y el rastrojo de sorgo.

Al comparar los tres sustratos evaluados con las bolsas comerciales (mezcla de paja de trigo, rastrojo de maíz, olote y aserrín), lo recomendable para el módulo de producción del Bosque de los Hongos Azules es adquirir las bolsas comerciales ya inoculadas ya que la temperatura que presenta oscila entre los 15-20°C y la humedad relativa entre 70-90% lo cual hace apto el módulo solo para fase de fructificación, en caso de que los integrantes de la asociación deseen sembrar las bolsas se podría comprar inóculo comercial ya que no se cuentan con las instalaciones necesarias como campana de flujo laminar y autoclave para elaborarlo, pero para ello sería necesario contemplar otra área para incubación.

El objetivo del proyecto se cumplió evaluándose los tres sustratos y capacitando a la comunidad en el cultivo de *P. ostreatus*, la comunidad del Bosque de los Hongos Azules tuvo un gran impacto ya que con la capacitación ellos adquirieron nuevos conocimientos y con las bolsas donadas obtuvieron producto (seta), el cual vendieron con el fin de adquirir un ingreso económico y a su vez abrir mercado, esto para volver a invertir en la compra de más bolsas con el fin de que en un futuro puedan adquirir los materiales necesarios para ellos realizar sus propias bolsas inoculadas de *P. ostreatus* y mejorar las instalaciones o bien edificar nuevas.

## IX. Perspectivas

A pesar de que el estado de Morelos tiene productores locales de setas no existe una cultura en su consumo, debido a que los champiñones son los hongos más conocidos y accesibles para incluir en la alimentación. Por ello es necesario adoptar el cultivo en las comunidades rurales que presentan características de temperatura y humedad ideales para el cultivo además no se requieren grandes inversiones y es un proceso de relativa facilidad. Para llevarse a cabo es necesario difundir información clara y precisa sobre los hongos y dar a conocer sus propiedades nutritivas y curativas. Las setas pueden ser vendidas en las propias comunidades incluso en mercados, tianguis y hasta centros comerciales o tiendas de autoservicio para que el producto sea accesible para los consumidores. La deshidratación y envasado son otras alternativas de venta, pero son muy limitadas por falta de demanda, con estrategias y una mayor difusión se podría generar un mercado interesante. Además de generar empleos en la comunidad.

Todo esto con el fin de que comunidades como el Bosque de los Hongos Azules puedan realizar un diseño para obtener ingresos económicos y en un futuro sofisticar la infraestructura y equiparse con lo necesario para cultivar el hongo *P. ostreatus* y por qué no escalar la producción y cultivar otras especies de hongos comestibles.

## X. Literatura citada

- Acosta-Urdapilleta, ML. de Lourdes. (2000). Aislamiento y cultivo de diferentes cepas silvestres de *Pleurotus* spp. en el Estado de Morelos, México. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/102783>
- Aguirre, G. H.F. (2000). Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus* spp. nativas de Morelos y su cultivo en cuatro sustratos (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.
- Alexopoulos, C. J., Mims, C. W., & Blackwell, M. (1996). Phylum oomycota. *Introductory mycology*, 4, 683-737.
- Alpuche, G. & Paredes, O. (1996). Potencial en la biotecnología para la producción de hongos comestibles empleando desperdicios agrícolas. *Acta Universitaria: México*, 1(4), 1-15.
- Arias-García, A. (1998). Selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* para el cultivo comercial por apareamiento entre neohaplontes (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, 165 p).
- Bautista, N., Bautista-García, N., Venegas, R., López, L., & Portugal, D. (2003). Evaluación de la producción de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de trigo como sustrato en un módulo rústico en galeana, Municipio de Zacatepec, Estado de Morelos, México.
- Bernabé-González, T. & Garzón-Mayo, R.(1995). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre paja de sorgo y cáscara de cacahuate. *Rev. Mex. Mic.* 11: 165-168.
- Cairney, J. W. (1991). Rhizomorphs: organs of exploration or exploitation?. *Mycologist*, 5(1), 5-10.
- Carrasco, N., Zamora, M. S., & Melin, A. (2011). Manual de sorgo (No. 633.174). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina).
- Carroll, A., & Somerville, C. (2009). Cellulosic biofuels. *Annual review of plant biology*, 60, 165-182.
- Chang, S. T. (2007). Mushroom cultivation using the ZERI principle: potential for application. *Micología aplicada internacional*, 19(2), 33-34.
- Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, T. H. (1993). *Compendium of soil fungi*. Eching. IHV-Verlag, 850 Pp.
- Donoso, J., & Aguirre, J. (1980). Cultivo de hongos comestibles lignívoros.
- FAO. (2015). *El Panorama de la Inseguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe. América Latina sin hambre 2025*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma.

- Gaitán-Hernández, R., & Mata, G. (2004). Cultivation of the edible mushroom *Lentinula edodes* (Shiitake) in pasteurized wheat straw: Alternative use of geothermal energy in Mexico. *Engineering in life sciences*.
- 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.
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez-Merlo, R., & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología AC, México.
- García T, J., & Luna, M. (2014). Evaluación de 6 sustratos para determinar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* (no. Qk603. H6. G37 2002.).
- García, M. C.J (2002). Estructura del pleuroma de *Pleurotus*. México. <http://www.uv.mx/institutos/forest/hongos/estruc.html>.
- García, P.P. (2018). Los 5 reinos de Margulis guía de examen UAM. México: unitips. Recuperado de: <https://blog.unitips.mx/los-5-reinos-de-margulis-guia-de-examen-uam>
- Gómez, C, A. (2006). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre aserrines de pino, encino y sus mezclas con paja de trigo (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.
- Gómez, U. A.T. (2004). Evaluación de la eficiencia biológica de dos cepas comerciales de *Pleurotus ostreatus* con relación al tamaño de la bolsa sobre paja de trigo. (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.
- Guzmán, G. (2002). El cultivo de los hongos comestibles: con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales.
- Heredia-Solís, A., Esparza-Ibarra, E. L., Romero-Bautista, L., Cabral-Arellano, F. J., Echavarría-Chairez, F. G., & Bañuelos-Valenzuela, R. (2016). Evaluación de mezclas para sustrato y producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. *Agro*.
- Herrera, T., & Ulloa, M. (1990). El reino de los Hongos. *Micología básica y aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marín, C.M. (2001). Cultivo y producción sustentable del hongo *Pleurotus ostreatus*, En: Recursos Naturales, Medio Ambiente y Agricultura, Aragón 6. A y J.F
- Marín-Castro, M. A., Ramos, C.M.E., Alonso, C. A & Ticante, R.J.A. (2018). Tecnología limpia y sustentable para el cultivo del hongo *Pleurotus* sp. Puebla, México. 34-43.
- Martínez, C. J. (2012). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en el valle del fuerte, Sinaloa: una alternativa de aprovechamiento de esquilmos agrícolas. Trabajo Fin de Grado, Universidad Autónoma Indígena de México.

- Martínez-Carrera, D. (2010). Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y perspectivas en el siglo XXI. Porfirio MORALES.
- Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra, A., Morales, P., Sobal, M., Martínez, W., & Aguilar, A. (1993). Los hongos comestibles en México: biotecnología de su reproducción. *Ciencia y desarrollo*, 108, 41-49.
- Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica*. Vol. 1. Heredia, Instituto Nacional de Biodiversidad, p. 118
- Mora, O.I. (2016). Cultivo de *Pleurotus ostreatus* y evaluación organoléptica de galletas con hongo (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.
- Mora, P.V.M. (2004). Estudio comparativo de diferentes cepas comerciales que se cultivan en México de *Pleurotus* spp. (tesis para obtener el grado de ciencias biología general). Facultad de Ciencias, División de Estudios de Posgrados, México, DF.
- Munsell. (1992). *Munsell Soil Color Charts*. Macbeth, Division of Kollmorgen Instruments Corporation. Newburg, Nueva York. Pag. 12-14
- Munsell. (2011). *Munsell Color Book Plant Tissue Color Charts to define color through precise color validation systems*. X-RIDE Word Headquarters Grand Rapids, Michigan USA.
- Negróni, M. (2009). *Microbiología Estomatología: Fundamentos y guía práctica* (2da edición). Buenos aires: medica panamericana.
- Paredes, P., H. Leal, R. Ramírez & A. Arias-García. 1996. Criterios de selección de cepas de *Pleurotus* spp. para
- Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A., & Robles-Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32, 141-151.
- Ragunathan, R., & Swaminathan, K. (2003). Nutritional status of *Pleurotus* spp. grown on various agro-wastes. *Food chemistry*, 80(3), 371-375.
- Rayner, A. D. (1991). The challenge of the individualistic mycelium. *Mycologia*, 48-71.
- Reyes, L., Camacho, T., & Guevara, F. (2013). Rastrojos: manejo, uso y mercado en el centro y sur de México. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Rodríguez, N. & Zuluaga, J. (1994). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Qué. en pulpa de café, 45(3):81-92.
- Romero, J., Rodríguez, M., Pérez, R. (2000). *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología del cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos, Ciudad de Cienfuegos. Cuba.

- Rossmann, A. Y. (1996). Morphological and molecular perspectives on systematics of the Hypocreales. *Mycologia*, 88(1), 1-19.
- Royse, D. J. (2014). A global perspective on the high five: *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* & *Flammulina*. In Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8) (Vol. 1, pp. 1-6).
- Royse, D. J., & 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.
- Royse, D., 1989. Factors Influencing the Production Rate of Shiitake. *MushJ. Tropics*. 9: 127-138.
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied microbiology and biotechnology*, 85(5), 1321-1337.
- Sánchez, J. E., & Royse, D. J. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. (No. 635.8 S211b). México, MX: Limusa.
- Sejnauí Mora, M. (2015). Evaluar el establecimiento de una unidad de producción del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado sobre polvillo de bagazo de caña de azúcar con fines de responsabilidad social de la Fundación Propal (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente).
- Soto-Velazco, C., Guzmán-Dávalos, L., & Rodríguez, O. (1989). Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. *Scientia Fungorum*, 3(5), 92-101.
- Stamets, P. (1985). *The mushroom cultivator, a practical Guide to growing mushroom at home*. Agarikon press, Olympia, Washington.
- Stamets, R. A. (1993). Ain't Nothin' Like the Real Thing, Baby: The Right of Publicity and the Singing Voice. *Fed. Comm. LJ*, 46, 347.
- Tschierpe, H. J., & Hartmann, K. (1977). A comparison of different growing methods [Edible fungi]. *Mushroom Journal*.
- Valencia del Toro, G., & Aguilar, M. E. G. (2000). Aspectos generales del cultivo de setas comestibles (*Pleurotus* spp.). UNAM-Iztacala. México, 494-497.
- Varnero, M. T., Quiroz, M. S., & Álvarez, C. H. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información tecnológica*, 21(2), 13-20.
- Vergara, A.C.A. (2006). Evaluación de la resistencia de la cepa comercial HEMIM.15 y HEMIM-16 de *Pleurotus ostreatus* a *Trichoderma* sp. Sobre paja de trigo (tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca Morelos.
- Webster, J. (1986). *Introduction to fungi*. Volume III. Development mycology. Eduard Arnold.

Whittaker, R.H., & Margulis, L. (1978). Protist classification and the kingdoms of organisms. *Biosystems*, 10(1-2),3-18.

Yildiz, S., Yildiz, Ü. C., Gezer, E. D., & Temiz, A. (2002). Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom. *Process Biochemistry*, 38(3) 301-30.

<http://www.mycobank.org/BioloMICSDetails.aspx?Rec=22136>



Cuernavaca, Mor., A 30 de septiembre de 2020

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Reyna Isabel Cueva Clavijo**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)** Quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:      SI (  X  )              NO (    )

ATENTAMENTE



\_\_\_\_\_  
**M. EN C. MA. DE LOURDES ACOSTA URDAPILLET A**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

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:2020-09-30 19:27:13 | Firmante**

m0gGk2Fso2NY7a14J/2Lf6ViPxeiJ10o+ydr7fCg63g838BPrEBw/YVcB6qvbXHfvhTNI4out5u6Nu4Cd9PtpWXZctrgi53v87teCCjw3uVosebWWIZz/duD1U485CRmJfzi11pR+Ho10SLaBoeMqaAXE9pHT1QLEVibHiPnknCHjWMjYwsymKS0ZbqWKg8ynUjvbBU8le7ZBiqM15kT1U59R3euSANMyHDrrR48LxVpmoso9TvicekEvdcz3RkrqJ2DOWWi8ly2QooMVknMN0/Pp8oNsf0eJxJzdVYiYnrLwEFrUAojrXHpQWkzNUPwu/1KNtkoz76nqxb0gbNEQg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**MyCfs6**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LRhWv3Gu6mEdQIBBJ9axbr2fHYIDsvJvU>



Cuernavaca, Mor., 30 de septiembre de 2020

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Reyna Isabel Cueva Clavijo**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)** Quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:      SI ( X )              NO (\_\_\_)

A T E N T A M E N T E



---

**DRA. MAURA TÉLLEZ TÉLLEZ**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

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

**MAURA TELLEZ TELLEZ | Fecha:2020-09-30 18:10:42 | Firmante**

oDVHAXXiAsPWA37D6ifNATmXcMlh2AwuyfFaJn3ea6N/n7cirzbXZ1ne7DM82bWHeWFXNXr3f4cPtVcgPew2M3of0bWS/Xsp+ORfmTzJ1oRWYTNrDmJmRhUKHjchH7usKgoH  
URT6bmNULuGiKCE6lGZqnTptShrAyC7c6o2KneLq9j7ACWbc9PX9yYMPWkaqT2vEBbokWwmo4cT4i1u3SwFBlykBHz2Uc4R6g4kykT5lxdzzymPQwKtKaXuuZYSlr3NDcgoq  
W0DV4dFi9CQjv0R7kjqP2VzYkwarkuqPme/y9qsv8HMqx19aVgSx5nakLTsFcrSoBpesjg/Fys0Mw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



TiwYxH

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/hFCUETgzlACQpHXJzHtn6MiLk8t8y2H3>



Cuernavaca, Mor., 01 de Octubre 2020

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Reyna Isabel Cueva Clavijo**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)** Quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:      SI ()              NO ()

ATENTAMENTE



**DRA. ELBA CRISTINA VILLEGAS VILLARREAL**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

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

**ELBA CRISTINA VILLEGAS VILLARREAL | Fecha:2020-10-02 13:12:54 | Firmante**

Ll0S2dOTW/ljSy2lFjgZo0A1DmfzOEFaWry4DngxleZPCks0ydrO60lzVckXbHsu5C3xzB74xe3vUd2RTNXGdlfo93FsrYHR9l+Q5uGCznu3BEoXuH78ZK6C+Zgy/F03pGxurWMmNc3VlX2lF3+rA5VwHiJjTu0WkAoSoCVGXlbsVrexWAoUjsYyhGuQ8D4lB1++g+7jbuWE+DSEB10Wj4DmtVSglL7G5U2StaLeP0/ye5Ok+SZleMnWe5H2TlctOK/6LuoGdX9qerxDk4diVJlqz5Xjnc4DuAdjVOlFUV4Fcb/c6hupKG4lSe9rvNebESrylFzEbNjSxgo5X0Lig==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**F2vBOg**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/wDaKYw0a6qcpTdUmYap1Tb19oieHAssG>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD  
DE CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor. \_\_29 de septiembre de 2020\_\_

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Reyna Isabel Cueva Clavijo**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)** Quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:    SI ()            NO ()

ATENTAMENTE

**BIÓL. NESTOR IRAÍ BAUTISTA GARCÍA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

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

**NESTOR IRAI BAUTISTA GARCIA | Fecha:2020-09-30 13:11:18 | Firmante**

Td1ueo71C41c3w1cEp73TnWmd2qalv7nF4Z+11fiNAi5Hh6S3ULXYZ2yOU0ZQPJlftW/WUQskOEuEyBNDPZVPQNbjkFWWhCPBoe1Qlb6NcHTfxkyevrj7WPqc+i4hJCuRI5G4EJO  
Wn3vWloX+rLSmV8cohU1Kd7DQeobhJv9mhaQz1ekJyUiBnY8MF6pTjdYr2A0TwVbclUis9EdDDTgVtF0FXsF9z3skNH9xPhEjibne8FsVZQBQY8pINmhnq407bFYoOtnI7VGD  
m1o0sZYkt3NJTfNUX5Lv83YBgrqjLkat2jxHwd+zmoY6cG21fQMA8u51tysDGWIZ43Bku/Q==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



tWc0Fw

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/95S996a61rYht70W0THHTlepjiAp0Fg3i>





Cuernavaca, Mor., 05 de octubre de 2020

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

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **Reyna Isabel Cueva Clavijo**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm EN EL MÓDULO DEL BOSQUE DE LOS HONGOS AZULES (SANTA MARÍA AHUACATITLÁN, MORELOS)** Quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR:      SI ()              NO ()

A T E N T A M E N T E



---

**DRA. ROSA EMILIA PÉREZ PÉREZ**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

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

**ROSA EMILIA PEREZ PEREZ | Fecha:2020-10-03 13:57:59 | Firmante**

q4+eEj0FJbrmnYxJhBYc4VhZ4Fapc16blx5ckkMlgOL6mj+YhmFQ58QG+DsEJdFKUJnIvw6poD3X35UhStKtJUX+o/D42dn3ZLI27kTITVN9SShBjfh8d0syF9BofyZCI5fZ32GGeyS  
ECXYjtxp3Qj4anOSJKWYhbXyua3q1VYqIQX669zIFxCcuWw7ykhq3fwXZCUWfwG7J9PKiCYsuUyRNZE+niH8gqYKIGT+3oFjUQAj01ew9ug7ygsX7BZ6oMXUvLBme6ZzuUcNn  
mdv25hp1eeQ2dVZqrHBsfzJ+73HCHdof/bvM0MUAY2MWKPB/F+pHNI8oiHW4eSHWA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o  
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[pKMhxm](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/oQuDwj6noJXifn2uSZEJfFNOfXdE1P7>

