

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Determinación del rendimiento y Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostratus* en diferentes sustratos

Por:

PATRICIA NUÑEZ SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

Determinación del rendimiento y Eficiencia Biológica del hongo *Pleurotus ostratus* en diferentes sustratos

POR:

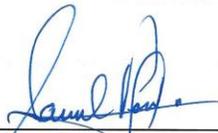
PATRICIA NUÑEZ SÁNCHEZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:



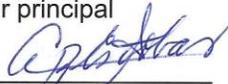
Dr. Víctor Samuel Peña Olvera

Asesor principal



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Vocal



M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez

Vocal



M.C. Juan Cepeda Dovala

Vocal



M.C. Sergio Sánchez Martínez
Coordinador de la División de Ingeniería



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México Diciembre 2019

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Sebastián y María por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo gracias a mi padre por ser mi ejemplo de constancia y dedicación y a mi madre por ser mi fortaleza e inspiración diaria.

A mis hermanos y hermanas por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar y por llenar mi vida de alegrías y amor cuando más lo he necesitado.

A mis maestros Les doy las gracias por todas las enseñanzas impartidas, por los infaltables consejos y por los conocimientos que han contribuido para enriquecer mi alma y mi espíritu.

A Alberto le agradezco por tantas ayudas y tantos aportes no solo para el desarrollo de mi tesis, sino también para mi vida; eres mi inspiración y mi motivación.

A mis amigas Selene Flor, Lourdes, Angélica, Andrea y Micaela, que han estado conmigo a lo largo de mi carrera y por permitirme aprender más de la vida.

INDICE

INDICE.....	4
INDICE DE CUADROS.....	8
INDICE DE GRAFICAS.....	9
INDICE DE FIGURAS.....	9
I.INTRODUCCION	13
OBJETIVO	16
HIPOTESIS	16
II.REVISION DE LITERATURA	17
2.1.-Historia del hongo comestible a nivel mundial	17
2.2.-Diversidad mundial	18
2.2.1.-Historia de los hongos comestibles en México	19
2.2.2.-Diversidad en México.....	20
2.2.3.-Definición de hongos	20
2.2.4.-Hongos comestibles.....	21
2.3.-Hongo <i>Pleorotus ostratus</i>	22
2.3.1.-Morfología de las setas.....	23
2.3.2.-La cutícula.....	25
2.3.3.-El sombrero.....	26
2.3.4.-El heminio.....	26
2.3.5.-El pie.....	27
2.4.-El anillo o cortina.....	28
2.4.1.-La volva.....	30

2.4.2.-Taxonomía de <i>Pleurotus ostratus</i> según Romero (1993).....	32
2.4.3.-Ciclo de producción.....	32
2.4.4.-Ciclo de vida de un hongo.....	33
2.4.5.-Hábitat natural del <i>Pleurotus ostratus</i>	34
2.5.-Factores de crecimiento.....	35
2.5.1.-importancia de <i>Pleorotus ostratus</i>	35
2.6.-Importancia medicinal	36
2.7.-Importancia ecológica	36
2.8.-Producción mundial de hongos comestibles	37
2.8.1.-Producción nacional de <i>Pleorotus ostratus</i>	38
2.8.2.-Localización de la producción de hongos en el país.....	39
2.8.3.-Importancia del hongo <i>Pleurotus ostratus</i> en el mercado	39
2.9.-Valor nutritivo de <i>Pleorotus ostratus</i>	40
2.10.- Eficiencia biológica	41
2.11.-Sustratos.....	42
2.11.1.-Sustratos utilizados en México en el cultivo de <i>Pleurotus sp.</i>	42
2.11.2.-Sustratos utilizados.....	44
Trigo.....	44
Morfología del trigo	44
Raíz.....	45
Tallo	45
Hojas.....	45
Inflorescencia.....	46
Granos	46
Estructura y composición del grano del trigo	46

El salvado.....	47
El endospermo	47
El Germen	47
Olote	47
Rastrojo de frijol (chicharro)	48
Palma de coco	48
2.12.-Preparación de sustratos	50
Pasteurización.....	50
Inoculación	51
Siembra e incubación.....	51
Fructificación	52
Cosecha.....	53
2.13.-Factores que influyen en el crecimiento del hongo ostra	53
2.13.1.-Plagas	53
Colémbolos(<i>Collembola</i>)	53
Dípteros	54
2.13.2.-Contaminación	54
Causas.....	54
Efectos de la contaminación	54
2.13.3.-Enfermedades.....	55
Telaraña.....	55
2.13.4.-Alta de luminosidad.....	56
2.13.5.-Exceso de luminosidad	56
2.13.6.- <i>Pennicillium</i>	56

2.13.7.-Efectos de gases y plaguicidas.....	56
2.13.8.-El contenido de agua	57
2.13.9.-Exceso de dióxido de carbono (CO ₂).....	57
2.13.9.-El pH	57
2.14.-Comercialización.....	58
III.-MATERIALES Y METODOS	58
3.1.-Descripción de las instalaciones	58
3.2.-Materiales	59
3.3.-Material Genético.....	59
3.4.-Establecimiento del trabajo experimental.....	60
3.5.-Diseño experimental	60
3.6.-Variables evaluadas.....	60
3.7.-Modelo Completamente al azar	61
IV.-METODOLOGIA	62
4.1.-Preparación del sustrato	62
4.2.-Fase de Pasteurización.....	63
4.3.-Siembra del micelio.....	64
4.4.-Fase de Incubación.....	65
4.5.-Fase de Fructificación	65
4.6.-Fase de Cosecha.....	66
V.-RESULTADOS Y DISCUSION.....	66
5.1.-Análisis de varianza	66
Peso fresco	68
Diametro de sombrero	69

Diámetro de pie.....	70
Longitud de pie.....	71
Eficiencia biológica.....	72
VI.-CONCLUSION.....	74
VII.-LITERATURA CITADA.....	75

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Comparación de la producción mundial de hongos comestibles cultivados en 1990 al 2011.	38
Cuadro 2 Contenido nutricional del hongo comestible <i>Pleurotus ostratus</i>	41
Cuadro 3 Eficiencias biológicas de diferentes tipos de sustratos en el cultivo de <i>Pleurotus ostratus</i> , en México	44
Cuadro 4. composición química del trigo	46
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos.....	60
Cuadro 6. Análisis de varianza.....	61
Cuadro7. calendario de actividades y etapas del cultivo de <i>Pleurotus ostratus</i>	62
Cuadro 5.1.- Valores promedios de las variables Peso fresco (PF), Diámetro de sombrero, Diámetro de pie (DP) y Longitud de pie (LP) de un cultivo de <i>Pleurotus ostratus</i> bajo tres tratamientos y un testigo.....	67
Cuadro.5.2.- muestra el porciento de la eficiencia biológica en los diferentes sustratos.....	73

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 5.1 Valores medios del diámetro de sombrero o píleo del hongo <i>Pleurotus ostratus</i>	69
Gráfica 5.2 Valores medios de los pesos totales de hongos de cada tratamiento.	68
Gráfica 5.3 Valores medios del diámetro de pie o estípite de <i>Pleurotus ostratus</i> .	70
Grafica 5.4 valores medios de la longitud de pie de <i>Pleurotus ostratus</i>	71
Grafica 5.5 eficiencia biológica de los diferentes sustratos de <i>Pleurotus ostratus</i>	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representa las partes principales de una seta adulta. (Diego, 1979; Guzmán, 1980)	23
Figura.2 Forma del cuerpo fructífero de <i>Pleurotus ostratus</i> (Fuente: Garnweidner, 1995).....	24
Figura 3 Estructura de las tres regiones de las láminas de <i>Pleurotus ostratus</i> : la trama, el subhimenio y el himenio (Fuente: García, 2002).....	25
Figura 4 Tipos de himenios	27
Figura 5 Tipos de pie de un hongo seta	28
Figura 6 Diferentes tipos de anillos y cortinas de un hongo seta	29
Figura 7 Diferentes tipos de volvas Biología de <i>Pleurotus ostratus</i>	30
Figura 8 Seta adulta <i>Pleurotus ostratus</i>	31
Figura 9 Ciclo de producción de <i>Pleurotus ostratus</i>	33
Figura 10 ciclo de figura producción de pleurotus ostratus	34

Figura 11 Etapas de crecimiento y desarrollo de planta de trigo.....	45
Figura 12 Preparación de cada sustrato	63
Figura 13 Pasteurización de sustratos	64
Figura 14.- micelio de <i>Pleorotus ostratus</i>	65

RESUMEN

Los hongos son organismos que carecen de clorofila, de soma y generalmente son filamentosos, la reproducción es por medio de esporas, no pueden elaborar sus propios alimentos, como son los azúcares, almidones, proteínas y grasas; por eso se ven obligados a tomarlos en otros seres que lo tienen; ya sea en forma saprófito, parásito o simbiótica.

A nivel nutricional, los hongos son un producto de alta calidad, por su contenido de aminoácidos esenciales y por su contenido de aminoácidos (4 a 5%), mayor que cualquier hortaliza. Poseen propiedades medicinales muy importantes como la reducción de colesterol con una ingesta de 15 días, propiedades anticancerígenas antivirales, actúan como tónico cardíaco, y presentan bajo contenido calórico.

La producción comercial de hongos en México, se localiza en los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guanajuato y Jalisco; se extiende desde el centro de Veracruz, terminando hasta Michoacán.

El presente trabajo se estableció con un diseño completamente al azar de cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, siendo un total de 16 unidades experimentales; T1:100% trigo; T2:100% paja de frijol (chicharro) T3:100% olote de maíz (testigo); T4; 100% palma. Todos los sustratos que se utilizaron en este experimente se desmenuzaron y después se pasteurizó durante tres horas de 80 a 100 °C en una tina grande, después de la pasteurización se dejó enfriar por unos minutos, posteriormente se inoculó con micelio *Pleurotus ostratus*, y se llevó al cuarto de incubación, la temperatura del cuarto era de 18-20°C. después de 15 días de incubación se pasó al cuarto de fructificación, donde la temperatura era de 18-22 °C. Se regaba dos a tres veces al día.

Los resultados que se obtuvieron para las variables estudiadas son las siguientes:

- Diámetro de pie. El mejor tratamiento fue el olote de maíz (T3).
- Longitud de pie. Los mejores resultados obtenidos corresponden a los tratamientos sustrato de trigo (T1) y el olote de maíz (T3).
- Eficiencia biológica y para oleadas fue el tratamiento T3 (olote de maíz).

Aunque se mostró mucha diferencia entre los tratamientos, posiblemente se deba a las condiciones de aire, temperatura, humedad y luz ya que no fueron las mismas para todos los tratamientos.

I.INTRODUCCION

En México desde la época prehispánica los hongos han sido de gran importancia para el hombre utilizándolos como alimentos, medicinas, amuletos, drogas e incluso para ritos religiosos.

El cultivo de diversas especies de hongos del género *Pleurotus* está adquiriendo una gran importancia, en el extranjero y en México en forma experimental siendo el más conocido *Pleurotus ostratus*. Esta práctica puede contribuir tanto a la diversificación de actividades agropecuarias, como al surgimiento de micro emprendimientos familiares tan necesarios en estos difíciles momentos, ayudando al medio ambiente. Ya que el cultivo de hongos presenta ventajas como forma más eficiente de conversión de desechos vegetales en alimento, pero también reutilizar el residuo donde se produjo el cultivo de hongos en numerosas formas tales como producción de biogás, lombricultura, mejoradores de suelo.

Se ha calculado que existen cerca de 250,000 especies de hongos tanto de variedades micros como macroscópicos, éstos últimos de más o menos 10,000 especies cuyos cuerpos fructíferos de diversos tamaños, formas y colores, pueden ser comestibles o no comestibles, dada su textura y consistencia, o bien venenosos. Dentro de los comestibles existen especies micorrizas, parásitas y saprofitas. Cerca de 80 especies (básicamente saprofitas) se han logrado cultivar en laboratorios de diversas partes del mundo, 22 han sido cultivadas comercialmente, y solo 10 se producen a escala industrial. En México se sabe que existen más de 200 especies de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et.al* 1993). Actualmente la producción mundial supera los 7 millones de toneladas de hongos comestibles cultivados frescos por año, cuyo valor económico aproximado supera los 30 billones de dólares. La tasa promedio de incremento anual en la producción de hongos es superior al 11%. También se han descubierto notables propiedades medicinales en estos hongos (anticancerígenas, antibióticas, que reducen el nivel de colesterol y la hipertensión,

antitrombóticas, antidiabéticas), lo cual ya brinda un impulso adicional al desarrollo de este campo. Se ha estimado que se generan operaciones comerciales de alto valor agregado superiores a los 3.6 billones de dólares en los mercados internacionales de la industria alimenticia, farmacéutica, y de perfumería y cosméticos observándose una creciente demanda en Europa, Norteamérica y Japón. A nivel mundial, el champiñón (*Agaricus*) es el hongo comestible más importante con un nivel de producción superior a los 2 millones de toneladas métricas anuales, seguido por el shiitake (*Lentinula*) con más de 1.5 millones de toneladas, y las setas (*Pleurotus*) con alrededor de un millón de toneladas. La importancia ecológica de esta actividad radica en la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales utilizados como sustrato de cultivo (Chang, 1999; Kues y Liu, 2000; Chang y Miles, 2004).

En México, el aprovechamiento y cultivo de hongos comestibles se ha desarrollado por más de 70 años, desde 1933, en pequeña (rural) y gran escala (Martínez-Carrera et al., 1991a, 1991b, 1992, 1998, 2002; Martínez-Carrera, 2000, 2002).

Los hongos pertenecientes al género *Pleurotus ostratus* es la tercera seta de mayor comercialización a nivel internacional y la segunda a nivel nacional, estimándose un mercado en crecimiento para los próximos años, debido, en parte, a que su cultivo se desarrolla mayoritariamente en paja de trigo, residuo que se encuentra disponible en el centro y sur del país (Medina y Cisterna, 2002). Por otra parte, la utilización de residuos de origen maderero como sustrato para el cultivo de este hongo también ayuda al aprovechamiento de productos del bosque nativo (Orensanz y Navarro, 1979).

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 alto valor nutricional que posee *Pleurotus ostratus* le ha permitido ser catalogado como la carne vegetal, porque presenta el doble del contenido proteico que los vegetales tradicionales, además tiene un elevado contenido de vitaminas (tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6), cobalamina (B12), ácido ascórbico (C), ácido nicotínico, ácido fólico y tocoferol), y actúa como fuente importante de calcio y fósforo.

Además, contiene ácidos grasos esenciales como el oleico palmítico y linoléico (Magdaleno, 2013).

OBJETIVO

- Evaluar rendimiento y eficiencia biológica del hongo *Pleurotus Ostratus* en diferentes sustratos

HIPOTESIS

- Ho: No existe diferencia en el rendimiento del hongo *Pleurotus ostratus* al probar diferentes sustratos.
- Ha: Al menos en uno de los tratamientos presenta diferencia en el rendimiento del hongo *Pleurotus ostratus*.

II.REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.-Historia del hongo comestible a nivel mundial

Se tienen registros de que se cultivó por primera vez un hongo macroscópico comestible (*Auricularia auricula-judae*) en China cerca del año 600 de nuestra era. En Europa se sabe que el champiñón (*Agaricus campestris*) se cultivó inicialmente en Francia hacia el año 1650. Muchas son las teorías dadas sobre el lugar de inicio del cultivo comercial de los hongos, pero la más generalizada es la que tiene como origen las cercanías de París, Francia. Se menciona que en la Francia del Rey Luis XIV, el jardinero de la corte, Olivier de Serres, aunado a los conocimientos del científico botánico Tournefort permitieron se realizara lo que puede considerarse como el primer cultivo moderno.

Se señala que posterior a esto y durante muchos años los agricultores fueron recogiendo este tipo de hongo (champiñón), que luego vendían en los mercados mayoristas y por iniciativa de algunos de ellos, por el año de 1852 surgió la idea de recoger trozos de "blanco de hongo" (el micelio del champiñón), y sembrarlos en los hoyos donde posteriormente depositaban semilla de melón para su germinación.

El resultado fue bueno, los hongos se desarrollaron acompañados del crecimiento del melón que con sus grandes hojas lo protegían del sol y las lluvias. En 1987 Steineck menciona que fue a finales del siglo XVIII cuando se comprobó que el cultivo realizado en galerías subterráneas, bodegas y minas proporcionaban resultados excepcionales. Los resultados de las investigaciones de Constantin y Matruchot en 1894, permitieron obtener la calidad óptima que daría a la fungicultura el carácter de industria agraria (Fernández, 2009).

2.2.-Diversidad mundial

En cuanto a la estimación de la diversidad de hongos en el planeta, los estudios que se han realizado desde 1991 a la fecha se basan en parámetros que revelan cifras muy variables, que van desde 500 000 hasta 9.9 millones de especies.

La hipótesis de trabajo más utilizada para calcular cuántos hongos hay en la Tierra es la de Hawksworth (1991, 2001), que sostiene la existencia de 1.5 millones de especies; sin embargo, esta hipótesis ha sido cuestionada por micólogos contemporáneos, quienes han sugerido la utilización de otros parámetros como la distribución geográfica, endemismos, especificidad de hospederos, diversidad de micro y macrohongos sobre material vegetal en diversos hábitats, así como su asociación con otros organismos (Schmit y Müller, 2007), o bien realizar este tipo de evaluaciones para la conservación de la biodiversidad, manejo y planeación del uso y aprovechamiento del suelo, entre otros temas (Müller y Schmit, 2007). Resultado de estas evaluaciones indican que existen por lo menos 700 000 especies de hongos en el mundo, de los cuales más del 80% son hongos microscópicos, lo que equivale al conocimiento entre el 4% (según Hawksworth) o 10.5% (según Schmit y Müller) del total de hongos del planeta. Para el caso sólo de macrohongos a nivel mundial, Müller et al. (2007) mencionaron que se han descrito 21 679 especies, y estiman que debe haber entre 53 000 y 110 000 especies, (Müller y Schmit, 2007).

2.2.1.-Historia de los hongos comestibles en México

Los inicios del cultivo de hongos comestibles en México tuvieron lugar en 1933, en un rancho cercano a Texcoco, Estado de México (Martínez-Carrera et al., 1991b). Esto convirtió al país en el tercer lugar de América donde se emprendía dicho cultivo, suelo antecedido por E.U.A. (1880) y Canadá (1912). Actualmente, la producción de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales, económicas y ecológicas. Se estima que la producción comercial en fresco es de aproximadamente 28,895 toneladas anuales. Nuestro país es el mayor productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 56% de la producción total de esa región y lo ubica como el 18o. productor a nivel mundial. El monto anual de las operaciones comerciales supera los 73 millones de dólares, generando alrededor de 15 mil empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 280,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas (Martínez-Carrera, 1999b).

En general, la producción rural y comercial de hongos comestibles se encuentra localizada en la región central de México. Se aprovechan grandes cantidades de subproductos agrícolas y forestales como substrato de cultivo, tales como las pajas de trigo, cebada, sorgo; pulpa de café; bagazos de algodón, caña de azúcar, y tequila; rastrojos de maíz, haba, frijol; fibra de coco y hojas, hojarasca, o cáscaras de diversas plantas. Estos substratos se preparan para su siembra, mediante fermentación aerobia y pasteurización, o por esterilización.

Los sistemas de producción utilizan cajas de madera o bolsas de plástico de diferentes tamaños, incubadas verticalmente o en anaqueles. Los cuartos de crecimiento y producción de los hongos comestibles son poco sofisticados y con control rústico de las variables ambientales (luz, humedad relativa, y ventilación), lo cual conduce a producción inestable y bajos rendimientos a lo largo del año. Pocas empresas están en posibilidades de efectuar procesamiento postcosecha de hongos comestibles, la mayoría comercializa su producto fresco. Algunas empresas han

realizado con éxito alianzas estratégicas con compañías capaces de envasar hongos comestibles a gran escala (Martínez-Carrera et al., 1996; Martínez-Carrera, 1999b).

2.2.2.-Diversidad en México

Dadas las características biogeográficas que posee México, se estima que hay alrededor de 200 000 especies de hongos, de las cuales solamente se conoce alrededor del 4 % (Guzmán 1998a, 1998b).

Los estudios realizados en México en materia de macromicetos son muy escasos en comparación con otros países, aun cuando la riqueza fúngica en dichos países es menor que en la región tropical de México (Hawksworth 1991, Guzmán et al. 1997).

2.2.3.-Definición de hongos

El reino Fungí 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, a clorofilos, heterótrofos por absorción, con reproducción asexual y sexual por medio de esporas, y con pared celular principalmente constituida por quitina o celulosa (Herrera y Ulloa, 1990).

Son actualmente considerados como polifiléticos (esto es con diferentes filogenias), y están referidos a 3 reinos distintos:

1) Reino Fungí, que incluye los phyla *Chytridiomycota*, *Blastocladiomycota*, *Neocallimastigomycota* (con zoosporas, cuyo flagelo no tiene mastigonemas, y colocados posteriormente en las zoosporas), *Zygomycota* (con esporas inmóviles y cigosporas), *Glomeromycota* (especies micorrízicas), *Ascomycota* (con ascomas y ascosporas), *Basidiomycota* (con basidiomas y basidiosporas), y el phylum *Microsporidia* (formas parásitas, con esporas flageladas, relacionado con los Protozoa);

2) Reino Chromista, con los phyla *Oomycota* (con zoosporas biflageladas, con un flagelo de tipo látigo y otro mastigonemado, colocados ventralmente o posteriormente en las zoosporas), *Hyphochytriomycota* (con zoosporas que tiene el flagelo mastigonemado y colocado anteriormente) y *Labyrinthulomycota* (con redes viscosas y zoosporas biflageladas), y

3), reino Protozoa (cuyas mixamebas se nutren por fagocitosis y absorción), que comprende los phyla *Cercozoa*, *Percolozoa*, *Amoebozoa* y *Choanozoa* (con plasmodios y mixamebas, que son la fase trófica de estos organismos, con cuerpos fructíferos diversos y con esporas inmóviles), (Ulloa y Hanlin 2012).

2.2.4.-Hongos comestibles

Actualmente han sido descritas 300 000 taxa, con cerca de 10 000 especies de macromicetos, de ésta cantidad, alrededor de 2 000 se consideran comestibles (Rossman 1994).

Los hongos comestibles se conocen desde tiempos remotos como una fuente tradicional de nutrición entre diversos pueblos (Guzmán et al., 1993). Su incomparable gusto y aroma, alto contenido de proteínas, así como la presencia de vitaminas y minerales atestiguan su valor en la dieta humana. Datos recientes indican la presencia en los hongos comestibles de compuestos biológicamente activos como anticancerígenos, estimulantes de la función hepática, inmuno moduladores y anticolesterol (Wasser y Weiss, 1999; Stamets, 2000).

Los hongos comestibles colaboran al enriquecimiento de los substratos vegetales haciendo asequibles los hidratos de carbono, albúminas, fermentos, vitaminas y elementos minerales, ya que en el proceso de su crecimiento el hongo degrada la lignina y la celulosa. Otro de los rasgos importantes del cultivo de hongos comestibles, es la posibilidad de la posterior utilización del substrato como abono orgánico, debido a que el micelio es fuente de fitohormonas y otras sustancias biológicamente activas. Uno de los problemas más importantes asociados con el proceso de cultivo de hongos es la producción de los micelios de siembra y la

selección de sustratos nutritivos que resulten óptimos para la obtención de la biomasa de hongos y su posterior fructificación, así como el desarrollo de variedades o clones más productivas (Maggie *et al.*, 1988).

2.3.-Hongo pleurotus ostratus

P. ostratus es un hongo lignícola saprófito, conocido con el nombre común de hongo ostra. Perteneciente a la clase Basidiomicetes, orden Agaricales, familia Agaricácea (Donoso y Aguirre, 1980; Furci, 2007).

En condiciones silvestres crece en tocones y ramas de planifolios muertos o debilitados, en bosques de ribera, parques y jardines (Alpuche y 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 lignocelulósico como troncos, corteza o aserrín (García, 1987; Levin, 1996; Adamovic *et al.*, 1998; Yildiz *et al.*, 2002).

La composición química de *P. ostratus* es muy variable y depende del estado de desarrollo y la cepa utilizada; la variabilidad es ocasionada por diferencias en el contenido de humedad, temperatura y la presencia de nutrientes. Esta especie constituye un alimento altamente proteico, posee un elevado contenido de vitaminas (Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Piridoxina (B6) y Cobalamina (B12)); y actúa como una fuente importante de calcio y fósforo (Breene, 1990).

Además de su valor nutritivo, *P. ostratus* posee enzimas específicas capaces de degradar lignina, fenoles y polifenoles hasta un 60% del contenido original, por lo que es una de las especies más utilizadas en la investigación de residuos aptos para su cultivo (Espinoza, 1997).

Normalmente, el cultivo de *Pleurotus* se realiza sobre sustratos preparados con paja de cereales, como trigo, centeno o cebada, cortados en trozos de 2 a 4 cm de

longitud. A modo de ejemplo, se ha observado una producción de 100 a 200 kg por tonelada de paja de trigo (García, 1987).

Yildiz *et al* (2002) y Salmenes *et al.* (2005), también observaron una elevada producción de *P. ostratus* en residuos derivados de actividades agroindustriales, como pulpa de café, hojas usadas en la extracción de aceites esenciales y bagazo de caña de azúcar.

2.3.1.-Morfología de las setas

A partir del micelio subterráneo se forma una masa esférica llamado primordio o huevo; él cual, al romperse por la presión interior, deja salir el sombrero y parte superior del pie de la futura seta para finalmente, al término del desarrollo ,dar lugar a una nueva seta cuyas partes constituyentes son: sombreros, escamas ,cutícula, himenio, pie, anillo y volva. La (figura 1), presenta las partes principales de una seta adulta. (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

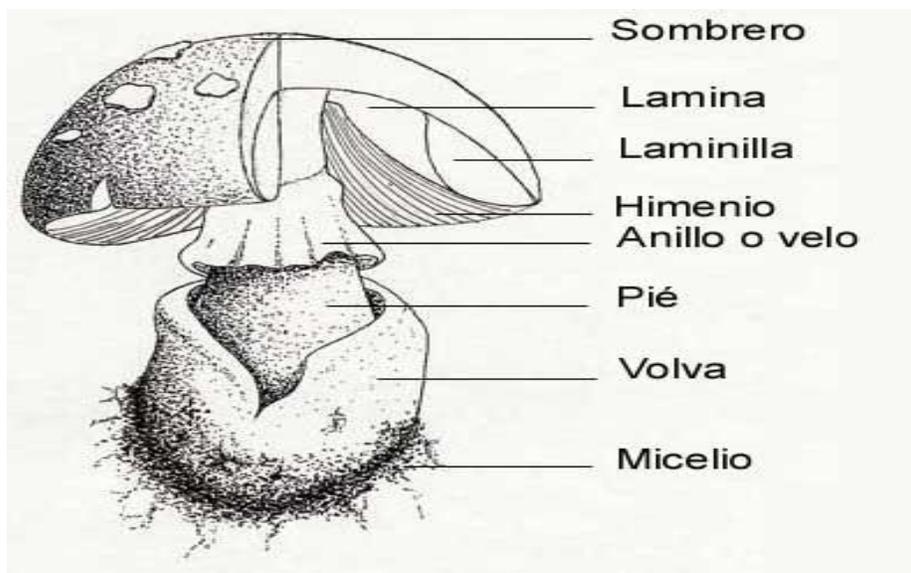


Figura 1. Representa las partes principales de una seta adulta. (Diego, 1979; Guzmán, 1980).

Algunas variedades al principio, adoptan una forma redondeada y abombada y, a medida que se va ensanchando, el píleo o sombrero se hace menos convexo y se aplana hasta acabar presentando una concavidad semejante a un plato (figura 2). Su

superficie es lisa generalmente uniforme. Su color varía según la especie o variedad, desde el blanco, pasando por diferentes tonos de gris, café, verde, rosa, violeta y azul, que pueden ser incluso muy llamativos. Su tamaño (que depende principalmente de la especie, de la edad y de las condiciones en que se ha desarrollado), oscila entre los 5 y 20 cm y pueden crecer juntas formando repisas o racimos laterales superpuestos sobre un costado de los bloques de cultivo. En la (figura 2.), representa el cuerpo fructífero de *Pleurotus ostratus*, (Romero y Rosales, 1998).



Figura.2 Forma del cuerpo fructífero de *Pleurotus ostratus* (Fuente: Garnweidner, 1995).

En la cara inferior del sombrero abierto, hay unas láminas (himenio) que van desde el pie que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas (basidiosporas) destinadas a la reproducción de la especie.

Estas complejas estructuras poseen un alto grado de diferenciación de tejidos, que están formados por hifas que provienen del micelio vegetativo, el cual se transforma en micelio reproductor. Además, en esta zona se lleva a cabo la cariogamia y meiosis, etapas fundamentales para dar lugar a la formación de los basidios, que es la estructura encargada de desarrollar y almacenar a las basidiosporas.

Las láminas del himenio (figura 3) se componen de tres regiones: la trama, el subhimenio y el himenio. Las células de la trama son elongadas y recorren

Longitudinalmente todo el centro de la lámina desde el píleo hasta el borde de la misma.

Las células subhimeniales son ramificadas y se originan desde la trama hasta las láminas. En la (figura3), representa Estructura de las tres regiones de las láminas de *Pleurotus ostratus*: la trama, el subhimenio y el himenio (García, 2002).

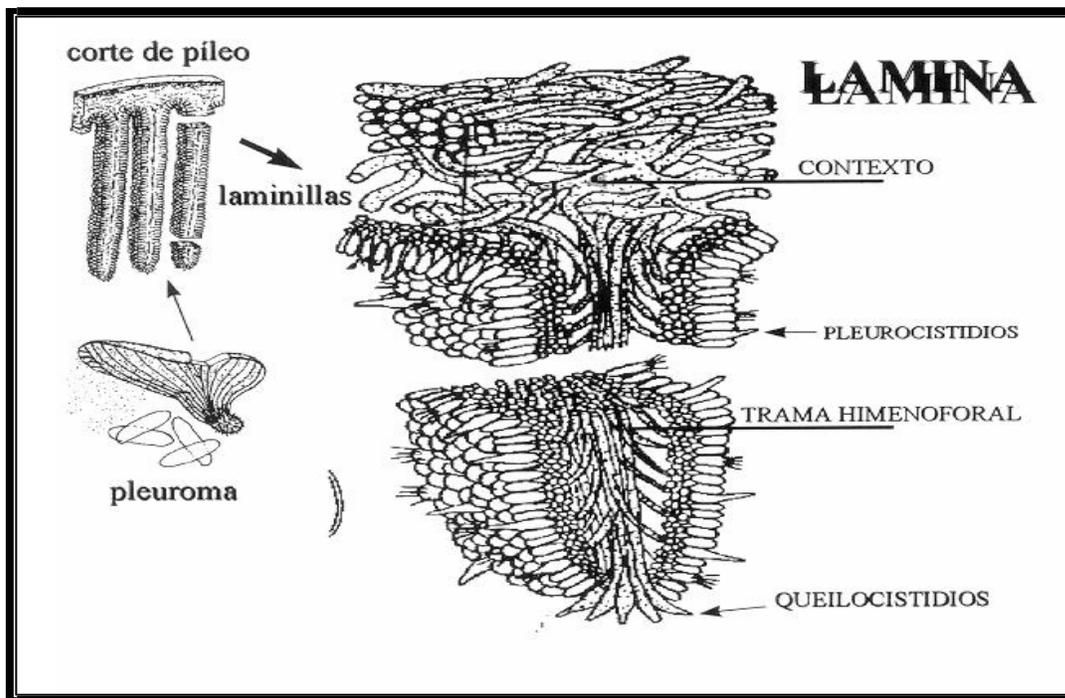


Figura 3 Estructura de las tres regiones de las láminas de *Pleurotus ostratus*: la trama, el subhimenio y el himenio (Fuente: García, 2002).

2.3.2.-La cutícula

Es la membrana exterior que recubre al sombrero y pie. Está formada por unas capas de células o por una red compacta de filamentos hifales; puede tener o no sustancias colorantes almacenadas que son las que le dan esa viveza de colores tan espectacular en algunas setas. Por lo general estos pigmentos son fácilmente degradados por la acción de la luz o arrastrados por el agua. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa; está fuertemente adherida al sombrero o es fácilmente separable del mismo, puede tener estrías, surcos o círculos concéntricos, escamosas (Diego, 1979).

2.3.3.-El sombrero

Presenta un sombrero convexo expandido ampliamente, ondulado en forma de ostra, eventualmente plano y muchas veces ondulado al envejecer, de 5-20 Cm. de diámetro, grisáceo, blanca a beige. El pie es típicamente, excéntricamente, pegado al sombrero, con velo ausente. Estos hongos forman grupos de más de 5 a 6 fructificaciones. Conocido comúnmente como hongo blanco, y en general con los mismos nombres comunes que *P. ostratus*, se diferencia de este por ser blanquecino. Ampliamente reportado en Norteamérica y Europa, se encuentran desde los 1200 hasta los 3000 m.n.m. Son comunes en primavera y verano (Guzmán, et -al 1993).

El sombrero de algunos hongos puede cambiar de aspecto y color con la sequedad y humedad del ambiente. Así, pueden ser más oscuros con la humedad y más pálidos y brillantes en tiempos secos (Lizán, 1967).

2.3.4.-El himenio

La capa himenial se origina mediante un complejo de ramificaciones y crecimiento hifal de la capa de abajo llamada capa sub-himenial. La zona himenial está compuesta de basidios apretados junto con otras células llamadas basidios y cistidios (pleurocistidios y queilocistidios) en contacto unos con otros es decir pared con pared. Conforme los basidios maduran y se desarrollan emergen de la superficie de la lámina y se vuelven conspicuos. En la (figura 4), representa, los tipos de himenios. (García, 2002).

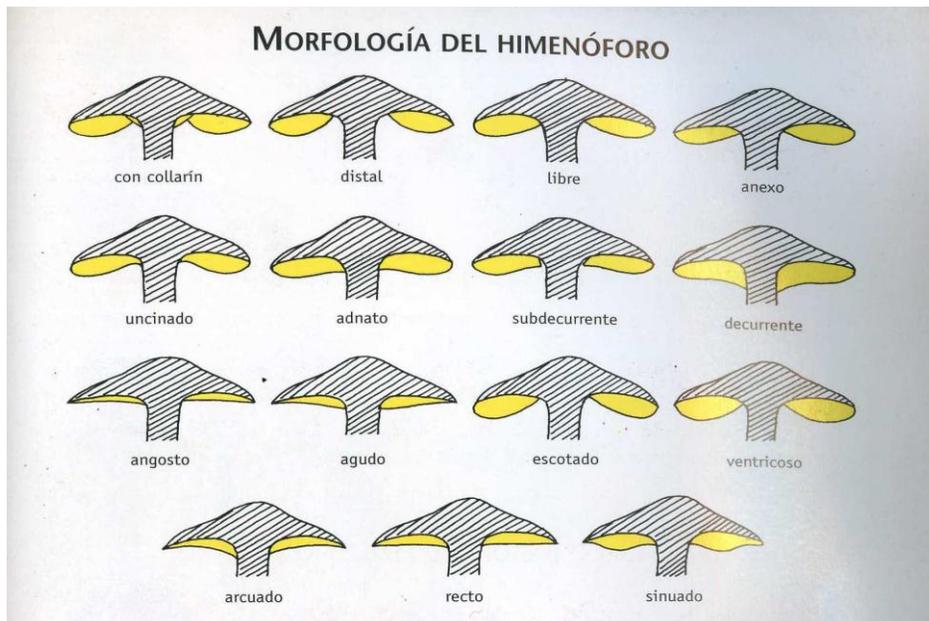


Figura 4 Tipos de himenios

2.3.5.-El pie

El pie es la parte de la seta que sostiene al sombrero, también llamado estípite. Está formado por hifas dispuestas generalmente en haces paralelos, aunque también pueden estar entrecruzados sin orden alguno. En cuanto a su estructura, lo más general es que sea fibrosa, pero a veces puede aparecer como granulosa, tal es el caso de las *Russula*. Finalmente puede ser el pie frágil o elástico y estar fusionado con el sombrero o por el contrario, quedar relativamente independizado, siendo en este caso fácilmente separable (Diego, 1979).

Este órgano varía de unas especies a otras; generalmente es cilíndrico, pero en algunas especies aparece abultado en su parte inferior y recibe el nombre de “Pie claviforme” (*Cantharellus*). Si está hinchado en forma de bulbo, se llama “Pie bulboso” (*Cortinarius*); si es más grueso en el centro que en los extremos; es el pie ensanchado (*Boletus*). Si sólo está atenuado en el extremo interior, que se prolonga en forma de raíz, nos encontramos ante el “Pie radial o radicante” (*Oudemansiella*). El pie puede ser simple o ramificado, en su parte exterior es más dura que la parte central, que es algodonosa y se destruye fácilmente. La superficie exterior del pie puede ser lisa o estar adornada con escamas, fibras, pelos o granulaciones. En la (figura 5), representa los tipos de pie de un hongo seta. (Lizan, 1967).



Figura 5 Tipos de pie de un hongo seta

2.4.-El anillo o cortina

El anillo es un resto de membrana que procede de la rotura del velo parcial interno que tienen algunas de las setas que al crecer se deposita en la parte superior del pie generando esta forma anular. Puede tomar diversas formas: aplicado, ascendente, descendente, en rueda, doble, estriado, cortiniforme.

La cortina, está formada por una masa de fibrillas muy finas que dan lugar a una especie de velo que recubre y protege al himenio. Durante la fase de crecimiento de la seta es fácil de apreciar el mismo, si bien tiende a desprenderse y puede desaparecer rápidamente o quedar depositado parcialmente sobre el propio el pie. Es una característica del género *Cortinarius* que le da el nombre.

Algunas setas, al nacer tienen una membrana entre el borde del sombrero y la zona media del pie, para proteger al himenio. Al desarrollarse el sombrero se rompe la membrana quedando los residuos alrededor del pie y es lo que se llama anillo (Perala, 1973).

En *Boletus flavus*, al romperse la unión entre el borde del sombrero y el pie, el borde del sombrero el que se deja parte sobre el pie, dando lugar a un anillo. En *Lentinus tigrinus* el anillo tiene su origen en los tejidos del pie, mientras que en *Boletus flavus*

el anillo tiene su origen en los tejidos del borde del sombrero. En la (figura 6), representa los diferentes tipos de anillos y cortinas de un hongo seta. (Lizán, 1967).



Figura 6 Diferentes tipos de anillos y cortinas de un hongo seta.

2.4.1.-La volva

La volva es un fragmento en forma de membrana procedente del velo general que envuelve la base del pie en algunas setas. Es característico en los géneros *Amanita* y *Volvaria* y en ocasiones puede desaparecer cuando la seta está madura o puede pasar desapercibida ya que normalmente está enterrada. Su forma puede ser clave para clasificar especies dentro del género. La forma de la volva puede ser abierta, circuncida, sacciforme, friable, membranosa.

En etapa de “Primordium” cuando esta alcanza el aspecto de un huevo, si se le da un corte longitudinal, observaremos la presencia de una envoltura externa, bastante espesa, de color blanco que rodea al ejemplar completamente. Esta envoltura recibe el nombre de “volva”. En el interior de esta envoltura se reconocen las diferentes partes del hongo adulto, el sombrero y el pié está soldado por la parte inferior a la volva. Durante el crecimiento del hongo, el pié y el sombrero lo hacen más de prisa que la volva y como consecuencia, al no poder seguir en su desarrollo a aquellos, la volva se desgarrar por la parte superior y queda como una bolsa alrededor de la base del pie, dejando libre el sombrero. No todos los hongos están provistos de volva. En la (Figura 7), representa los diferentes tipos de volvas Biología de *Pleorotus ostratus*. (Lizán, 1967).



Figura 7 Diferentes tipos de volvas Biología de *Pleorotus ostratus*

Los *Pleurotus ostratus* pueden ser de colores muy variables, desde gris claro hasta marrón oscuro, pasando por todas tonalidades intermedias, a veces con reflejos azulados, tomando una coloración más amarillenta con el tiempo. Margen delgado y enrollado del mismo color que el sombrero. El sombrero mide entre 5 y 15 cm., aunque en ocasiones alcanza dimensiones mucho mayores dependiendo de la edad del hongo, convexo a plano convexo, con forma de ostra.

Las laminillas están dispuestas radialmente como las varillas de un paraguas, que van desde el pie o tallo que lo sostiene, hasta el borde. Son anchas, espaciadas unas de otras, blancas o crema, a veces bifurcadas, y en ellas se producen las esporas destinadas a la reproducción de la especie. Estas esporas son pequeñas, oblongas, casi cilíndricas, que en gran número forman masas de polvo o esporadas, de color blanco con cierto tono lila-grisáceo.

El pie suele ser corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base. Pueden crecer de forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales superpuestas sobre un costado de los árboles. La carne de la seta es blanca, de olor y sabor fúngicos y agradables. En la (figura 8) se muestra la imagen de una seta adulta. (García, 1982).



Figura 8 Seta adulta *Pleurotus ostratus*.

2.4.2.-Taxonomía de *Pleurotus ostratus* según Romero (1993)

Subdivisión: *Eumicotina*

Clase: *Basidiomycetes*

Subclase: *Homobasidiomicetidae*

Orden: *Agaricales*

Familia: *Agaricaceae*

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostratus*

Nombre científico: *Pleurotus ostratus*

2.4.3.-Ciclo de producción

Los hongos se reproducen por medio de esporas, en ellos existen dos fases de desarrollo que son la vegetativa o micelial y la fase de fructificación. La fase micelial empieza con la liberación de esporas, después germinan originando un micelio primario llamado monocarion; este se fusiona con otro micelio monocarion compatible por medio de la plasmogamia, dando origen a un micelio secundario o dicarion (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. En la (figura 9), se puede observar el ciclo de producción de *Pleorotus ostratus*. (Velásquez, 1995).

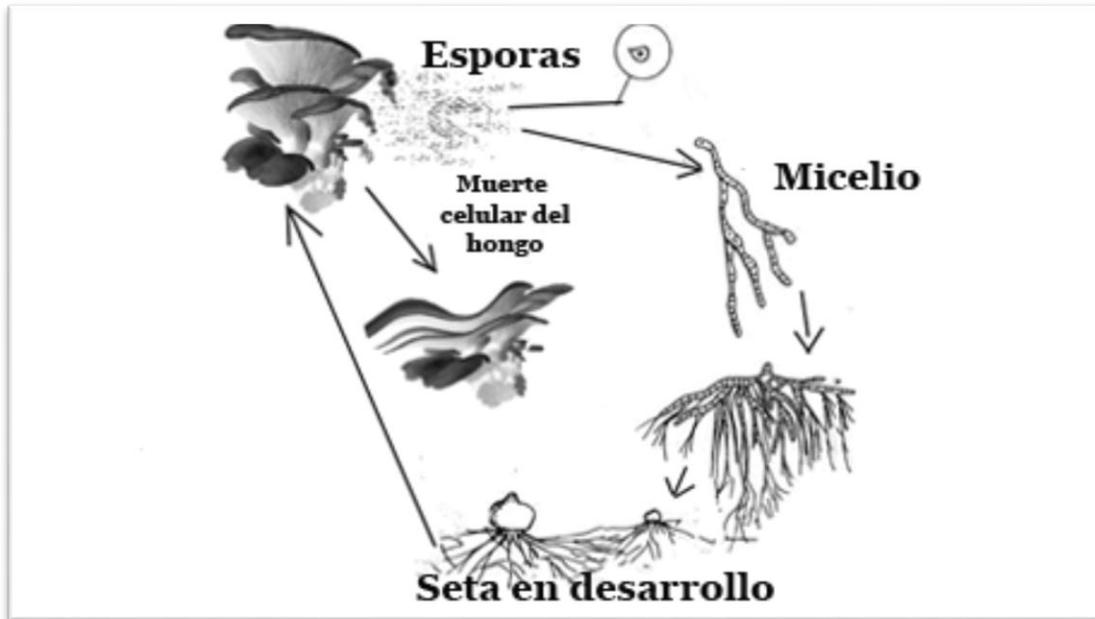


Figura 9 Ciclo de producción de *Pleorotus ostratus*

2.4.4.-Ciclo de vida de un hongo

Los hongos se reproducen mediante la formación de semillas muy pequeñas denominadas esporas. Hay dos tipos de esporas: espora (+) y espora (-), cuando las esporas caen en un lugar con humedad y comida suficientes, germinan y forman un pequeño tubo o filamento que recibe el nombre de hifa. El filamento está formado por varias células que se sitúan una a continuación de otra.

Las hifas crecen y se dividen, formando una red de hifas debajo del suelo que recibe el nombre de micelio, dos hifas pertenecientes al mismo micelio o, más frecuentemente, a micelios distintos se unen para formar un nuevo micelio, que contiene dos núcleos, uno procedente de una hifa y el otro de la otra.

Cuando las condiciones ambientales son adecuadas, el micelio forma el cuerpo fructífero, que es el encargado de producir las esporas, estas se dispersan por el viento y el ciclo reproductor se inicia de nuevo. En la figura 10 se muestra el ciclo de vida de *pleorotus ostratus*. (Microsoft Encarta 2009).

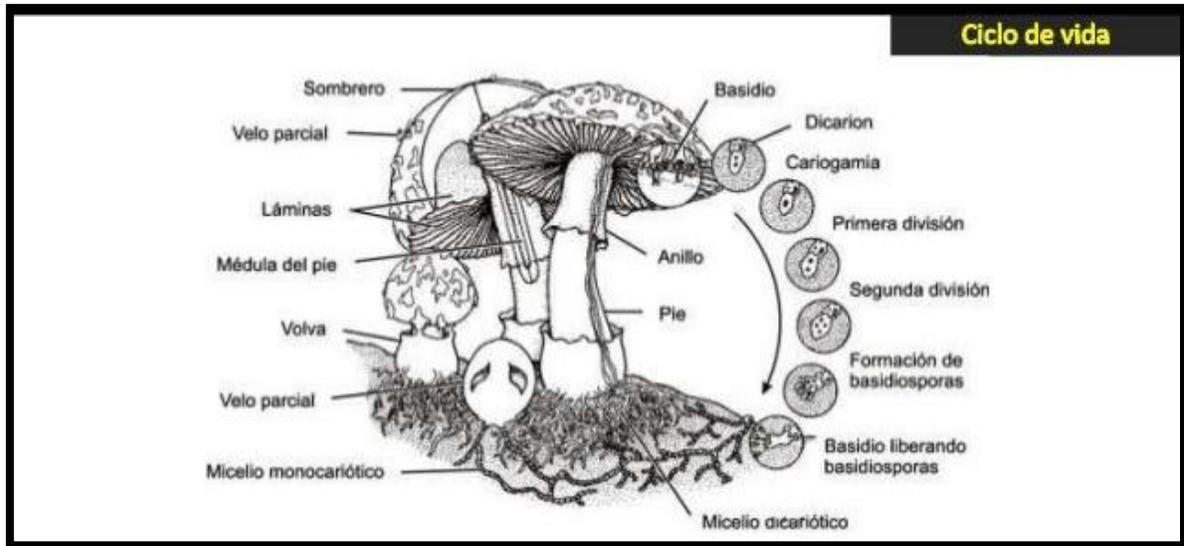


Figura 10 ciclo de vida producción de *Pleurotus ostratus*

2.4.5.-Hábitat natural del *Pleurotus ostratus*

Crecen en grandes conjuntos sobre troncos tirados o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosque de pino y encino; en jardines, a veces sobre chopos, sauces y fresnos (Guzmán, 1980).

Es una especie que suele encontrarse en los bosques de nuestro país, sobre todo en la mitad septentrional, al llegar el otoño. En sitios húmedos puede encontrarse también en otras épocas del año. Prefiere la base de los troncos de árboles de hoja ancha (frondosos), pero también crece sobre árboles y tocones de otras clases, incluso sobre arbustos como retamas (García, 2003).

En México se encuentra naturalmente en el bosque tropical perennifolio; en este bosque pueden distinguirse tanto los hongos lignícolas así como los humícolas, se escasean los hongos formadores de ectomicorrizas y predominan las endomicorrizas de tipo vesículo arbuscular (Rzedowski, 1988).

2.5.-factores de crecimiento

Para el crecimiento del hongo, en el sustrato se requiere de nutrientes que puedan ser aprovechados por las hifas del micelio; además, la temperatura y la humedad han de ser los adecuados para su desarrollo. Cuando ya se forman las setas, su crecimiento requerirá también una temperatura y humedad adecuadas, así como aire que aporte el oxígeno necesario y en algunos casos, cierta cantidad de luz (García, 2003).

2.5.1.-Importancia de *pleurotus ostratus*

Pleurotus spp. Es un hongo comestible, que está siendo estudiado ampliamente a nivel mundial desde diversos puntos de vista; actualmente su cultivo industrial y semiindustrial recibe mucha atención, debido a su habilidad para crecer en residuos de carácter lignocelulósico, en una gran variedad de desechos agrícolas. (Zadrazil y Kurtzman 1982).

El cultivo de *Pleurotus ostratus* iniciado en Europa, se ha ido extendiendo al Asia y E.U.A. y hace apenas unos años en América Latina en México, en 1974 se inició su cultivo comercial, con cepas y tecnología europea, bajo el nombre comercial de "seta" *Pleurotus spp.*, por su fácil adaptación, manejo y bajos costos en el cultivo, es el hongo actualmente explotado más comercialmente y paulatinamente está desplazando a los mercados internacionales de las otras especies competitivas, tal como el champiñón, el shitake y otros (Guzmán. et-al. 1993).

Debido a que los hongos viven de la descomposición de la materia orgánica en sus distintas formas, incluyendo la basura, la hojarasca, troncos y otros sustratos, estos organismos constituyen la clave para la reincorporación de los materiales orgánicos en el suelo, favoreciendo así la formación o el enriquecimiento de los suelos. Por otra parte, hay en los bosques de coníferas y de encinos, infinidad de hongos que viven

asociados con las raíces de los árboles, ayudándose así mutuamente a elaborar los nutrientes (Guzmán y Martínez, 1985).

2.6.-Importancia medicinal

De acuerdo con la sabiduría oriental, las setas previenen la hipertensión y la arterioesclerosis. Proporcionan longevidad y vigorizan el organismo, ayudando a las personas a recuperarse de la fatiga, previenen las crudas después de la borrachera, evitan el estreñimiento, y fortalecen las capacidades sexuales (Breene, 1990).

En la actualidad a través de las setas se siguen buscando alternativas para la cura de algunas enfermedades mortales, como el cáncer, la diabetes e incluso el SIDA, de cuyas investigaciones se ha obtenido que las setas desactivan virus, estimulan el sistema inmunológico, impiden la formación de coágulos en la sangre, previenen el cáncer en los animales y reduce el colesterol en la sangre. Las setas que han sido comprobadas para utilizarlas en la práctica alternativa de la medicina son: el Shiitake (*Lentinus edodes*), el Rishi (*Ganoderma lucidum*), entre otros. El *Pleurotus ostratus* tiene importancia medicinal en que combate tumores en los animales (Cruz, 2000).

En México y parte de Centroamérica, también se ha reportado el uso de algunas especies de *Pleurotus*, con fines terapéuticos, entre estas especies se han reportado las siguientes: *Pleurotus smithii*, *P. ostreatoreosus* y *P. ostratus*, se menciona el uso de estos hongos para el tratamiento de la hipertensión, como diurético, en la reducción del colesterol y como afrodisíaco (Guzmán, 1994).

2.7.-Importancia ecológica

La importancia de los hongos en la biosfera se debe a su carácter de descomponedores, especialmente en bosques, en el mantenimiento y equilibrio natural de los mismos, ya que reciclan la materia orgánica (no sólo la madera) con notable eficacia, regulan la liberación de nutrientes y son esenciales para la

supervivencia de plantas y animales. También pueden descomponer desde productos alimenticios hasta papeles, pinturas, emulsiones fotográficas, vidrios, estructuras de maderas, etc. (Manzi *et al.*, 1999).

Los hongos comestibles en la naturaleza actúan como degradadores de la materia orgánica para reincorporarla posteriormente a los ciclos biológicos (Odum, 1971).

Actualmente, la producción comercial de hongos comestibles en México ofrece notables ventajas sociales, económicas y ecológicas. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Martínez Carrera 2002, Martínez Carrera *et al.*, 2006).

2.8.-Producción mundial de hongos comestibles

La producción mundial de hongos comestibles cultivados ha aumentado más de 30 veces desde 1978; para 2012 se registraron más de 31 millones de toneladas, generando 20 000 millones de dólares, con un consumo per cápita de hongos que supera los 4.70 kg anuales (Chang y Wasser, 2012; FAO, 2014).

China es el principal productor de hongos cultivados en el mundo, para el año 2013 produjo más de 30 000 millones de kg de hongos frescos, representando 87 % de la producción total, mientras que Estados Unidos y otros países produjeron alrededor de 3 100 millones de kilos. Cabe destacar que en los Estados Unidos la producción ha aumentado alrededor de 11.7 % en los últimos 10 años, generando 423.2 millones de kg en 2015 (Wu *et al.*, 2013; Cunha y Pardo, 2017).

Aunque el champiñón *Agaricus bisporus* ocupe el primer lugar, tanto las setas *Pleurotus spp* como el shiitake u hongo japonés *Lentinula edodes* compiten por el segundo y tercer lugar en la producción mundial del comercio de hongos comestibles. Es probable que esta producción de setas continúe incrementándose en el corto plazo por las siguientes razones: 1) Existe un gran número de especies potencialmente cultivables; 2) Las tecnologías de producción son relativamente

sencillas y de baja inversión; 3) Se han desarrollado cepas comerciales con amplio rango de temperaturas de fructificación y sustratos de cultivo; y 4) Las fructificaciones son bien aceptadas por los consumidores en muchos países (Bano y Rajarathnam 1989, Martínez Carrera 1998, Chang y Miles 2004).

Cuadro 1 Comparación de la producción mundial de hongos comestibles cultivados en 1990 al 2011.

	1990	2000	2009	2010	2011	Participación 2011 %	Crecimiento anual (2000-2011) %
África	7.806	10.538	16.495	17.439	17.716	0,2	5,0
América	376.555	464.071	437.394	432.399	469.832	6,1	0,2
Asia	797.103	2.619.629	4.941.617	5.122.059	5.302.486	68,9	6,7
Europa	866.095	1.070.276	1.730.134	1.821.728	1.849.159	24,0	5,5
Oceanía	23.534	44.500	52.051	49.508	59.580	0,8	3,1
Mundo	2.071.093	4.209.014	7.177.691	7.443.133	7.698.773	100	5,7

Fuente: Recopilado por el autor a partir de los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAOStat, TradeStat, 2013.

2.8.1.-Producción nacional de *Pleurotus ostratus*

México es el mayor productor de Latinoamérica, generando alrededor de 80.8 % de la producción total de la región, seguido por Brasil (7.7 %) y Colombia (5.2 %), ubicándose como el 13o a nivel mundial (Romero-Arenas et al., 2015). Cabe resaltar que para el año 2011 se tuvo una producción de hongos frescos de 62 374 toneladas, aumentando cada año (Martínez-Carrera et al., 2012). Además, la producción de setas (*Pleurotus spp*) en México se ha incrementado en los últimos 10 años; actualmente corresponde a una proporción de 4.76 % de la producción total (Martínez-Carrera et al., 2016). Cabe destacar que el género *Pleurotus* es la segunda seta más cultivada; constituye aproximadamente 19 % de la producción mundial, mientras que *Auricularia* contribuye con alrededor de 17 %. Los otros dos géneros, *Agaricus* y *Flammulina*, son responsables de 15 y 11 % del volumen, respectivamente (Suárez y Nieto, 2013; Royse et al., 2016).

El cultivo de hongos en México ha evolucionado, a diferencia de otros países donde se ha desarrollado como un negocio netamente privado, bajo dos vertientes principales: el desarrollo industrial privado y la producción rural por el sector social. Esta última es la más reciente, ya que se generó a partir de 1989 mediante el desarrollo del modelo sostenible de producción rural de hongos comestibles (Martínez-Carrera *et al.*, 1998).

En 1990, la producción anual estimada de setas en México fue de 356 t (Martínez-Carrera *et al.*, 1993). A partir de ese año la producción comercial de 17 setas se incrementó notablemente, alcanzando alrededor de 1,825 t en 1997, lo que representó un incremento de 413% durante ese período (Sobal *et al.*, 1997). La tendencia se mantuvo, alcanzando una producción nacional estimada de 2,190 t en 2005 (Martínez-Carrera *et al.*, 2006).

2.8.2.-Localización de la producción de hongos en el país

La producción comercial de hongos en México, se localiza en los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Michoacán, Guanajuato y Jalisco; siguiendo una franja geográfica que se extiende desde el centro de Veracruz, terminando hasta Michoacán. Algunos elementos que permiten explicar la distribución de la producción honguera comercial en tal arreglo geográfico son: la tradición micófaga y la existencia de mercados regionales localizados; la presencia de climas propicios para el cultivo de hongos; y la existencia de centros de investigación en varios de los estados mencionados, que han actuado como núcleos de difusión del conocimiento micológico (Villegas, 1996).

2.8.3.-Importancia del hongo *Pleurotus ostratus* en el mercado

A pesar de haber sido cultivado de manera comercial por menos de 30 años en México, el *Pleurotus ostratus* se ha destacado por una rápida aceptación en el mercado y un crecimiento rápido de la industria (Martínez-Carrera *et al.*, 1999).

Este hongo tiene diferentes presentaciones en el mercado como producto fresco; a granel o en pequeños contenedores de cartón o plástico. Se comercializa generalmente, en cuatro formas: en racimos, como setas seleccionadas grandes, pequeñas y como hongo de poca clase. En el mercado, el *Pleurotus* es considerado como un producto dirigido a la clase media y alta, debido fundamentalmente a su precio. En el medio rural, debido a su tradición micófila (en el sur del país), fácilmente adoptarían el producto si el precio fuera más accesible o si ellos lo supieran producir (Villegas, 1996).

2.9.-Valor nutritivo de *Pleurotus ostratus*

Este es uno de los géneros que contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales, también en su estructura está formado por vitaminas como la tiamina (B1), riboflavina (B2), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos; así también otra serie de aminoácidos esenciales. Ancestralmente se ha estimado a los hongos como alimento de calidad debido a su sabor, textura apreciable y sobre todo el alto valor alimenticio. En la actualidad los hongos juegan un papel importante en la nutrición del hombre, al igual que la carne de pescado, frutas y vegetales (Chang, Shu Ting y Miles, 2004).

En cuanto al valor nutritivo hay que mencionar que su contenido de agua es muy alto (90 a 95%), aumentando con la edad y disminuyendo por estancia en el frigorífico. Como cifras orientadoras podemos decir que en 100 gr. de *Pleurotus ostratus* fresco hay además del agua 0.2 a 0.3 gr. de grasas, 0.5 a 1 gr. de compuestos minerales (García, 1985).

El contenido de fibra dietética aproximado en los cuerpos fructíferos secos de esta seta es 11% de celulosa, 47% de fibra total y 28% de hemicelulosa. Además contiene 367 kilocalorías, 10% de proteína cruda, 81% de carbohidratos y 15% de cenizas (Andrade, 1995).

Cuadro 2 Contenido nutricional del hongo comestible *Pleurotus ostratus*

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

Fuente: Romero y colaboradores, 2000.

2.10.- Eficiencia biológica

Beltrán *et al.* 1995 y Naranjo 1995 coinciden en que el rendimiento de los sustratos, está en función del peso fresco de hongos por cada parte del peso seco del sustrato, esto es lo que se conoce como Eficiencia Biológica.

$$\text{Eficiencia Biológica (EB)} = \frac{\text{Peso del hongo fresco (PHF)}}{\text{Peso del sustrato seco (PSS)}} \times 100$$

Probaron la fibra del fruto de coco (*Cocos nucífera*) en el cultivo de *Pleurotus ostratus* mezclándolo con la pulpa de café en proporciones de 1:1 y 1:2, con diferentes periodos de fermentación; la fibra de coco su eficiencia biológica fue de 80.6%; para la proporción 1:1 la máxima fue de 120.5% a los 5 días de fermentación

y para la proporción 1:2 fue de 152% a los tres días de fermentación. Bernabé *et al* (1993) citados por Rodríguez (1996).

Obtuvieron una eficiencia biológica de 17.51% en la pulpa de café considerándose como buena para la producción de especies *Pleurotus ostratus*. Martínez *et al.* (1998) citados por Gaitán (1993).

2.11.-Sustratos

Un sustrato es el material sólido natural, de síntesis o residual, orgánico o mineral, puro o mezclado que en un contenedor permite el anclaje del sistema radical, da soporte a la planta e interviene o no en su nutrición. Los sustratos se clasifican en inertes, si sólo proporcionan soporte a la planta, y activos, si proporcionan además nutrimentos (Pastor, 2000; Abad *et al.*, 2005).

México ocupa cerca de 500 000 m³ de sustrato para la producción de plantas ornamentales en contenedor, para lo cual se usa tierra de monte como sustrato principal (García *et al.*, 2001).

2.11.1.-Sustratos utilizados en México en el cultivo de *Pleurotus sp.*

Martínez C. *et al.* (1990) citado por Gaitán (1993) elaboraron dos mezclas en proporciones 1:1 con bagazo de caña de azúcar más paja de cebada y bagazo de caña con pulpa de café utilizando una cepa (CP-15). En la primera mezcla se obtuvo una eficiencia biológica del 65% con un total de dos cortes en la segunda mezcla la EB fue de 97% con un total de 4 cortes y en el bagazo de caña puro, la EB fue de 14.5% concluyendo que las mezclas fueron mejores que el bagazo de caña.

Bernabé y Arzeta, (1994) citado por Rodríguez, (1996), utilizaron como sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostratus*, la cascara del fruto del cacahuete (*Arachis hipogaea*), la hoja seca de maíz (*Zea mays*) mezclándose con una relación de 2:1. La cáscara de cacahuete logró 85.44% de EB; la hoja seca de maíz obtuvo una EB de 144.85% y la mezcla en relación 2:1 alcanzó 95% de EB.

Bautista et al., (1991) citado por Rodríguez (1996), utilizó la vaina del frijol en el cultivo de *P. ostratus*, se obtuvo una EB de 75% con un total de 3 cortes.

Burgos et al., (1993) citado por Rodríguez, (1996) utilizaron el bagazo de henequén fermentado, en el cultivo de *Pleurotus ostratus* obteniendo una EB del 51.46%. En este trabajo se concluye que el bagazo de henequén fermentado es adecuado para la producción de esta seta.

Gaitán (1993), utilizó como sustrato el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), viruta de encino (*Quercus sp.*) y bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*) en el cultivo del hongo comestible (*Pleurotus djamour*). Estableció 4 tratamientos con 4 repeticiones: T1: Zacate buffel más papel periódico y se agregó como suplemento 15 gramos de harina de trigo, obteniendo una Eficiencia Biológica (EB) de 58.7%; T2: Zacate buffel se agregó 15 gramos de trigo obtuvo una EB de 54%; T3: Viruta de encino utilizando como suplemento 24 gramos de levadura, 22 gramos de harina de maíz, 9 gramos de fosfato de calcio obteniendo una EB de 26%; T4: Bagazo de henequén, más como suplemento 15 gramos de nitrato de amonio obtuvo una EB de 0%.

Morales et al., (1987), cultivaron *Pleurotus ostratus* utilizando pulpa de cárdamo (*Elettaria cardamomum*) de la familia *Zingibetaceae* como sustrato, obteniendo una EB de 113.64%.

Téllez et al., (1991) citado por Rodríguez, (1996), utilizaron los residuos de orégano en el cultivo de *Pleurotus ostratus* después de la destilación para la extracción de aceite esencial. La producción alcanzó una EB del 117.31%. La temperatura máxima durante el cultivo fue de 24 °C con un mínimo de 19 °C.

Cuadro 3 Eficiencias biológicas de diferentes tipos de sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostratus*, en México.

Sustratos utilizados	Especies	Eficiencia Biológica %	Autor y año
Zacate buffel+periódico	<i>P. djamour</i>	58.7	Gaitán-Hernández, 1993
Zacate buffel fermentado	<i>P. djamour</i>	54.1	Gaitán-Hernández, 1993
Viruta de encino	<i>P. djamour</i>	26	Gaitán-Hernández, 1993
Bagazo de henequén+15gr. Nitrate de amonio	<i>P. ostreatus</i>	0	Gaitán-Hernández, 1993
Residuos de oregano	<i>P. ostreatus</i>	117.31	Tellez et al. 1991
Vaina de frijol	<i>P. spp.</i>	75	Bautista et al. 1991
Cascara de cacahuate	<i>P. ostreatus</i>	85.44	Bernabé y Arzeta, 1994
Hojas secas de maíz	<i>P. ostreatus</i>	144.85	Bernabé y Arzeta, 1994
Bagazo de henequén	<i>P. ostreatus</i>	51.46	Burgos et al 1993
Rastrojo de haba	<i>P. ostreatus</i>	99.8 a 137.6	Sobal et al. 1993
Rastrojo de frijol	<i>P. ostreatus</i>	113.5 a 118	Sobal et al. 1993
Paja de cebada	<i>P. ostreatus</i>	62.2 a 78.1	Sobal et al. 1993
Bagazo de caña de azúcar	<i>P. ostreatus</i>	14.15	Martínez-Carrera, et al. 1990
Pulpa de cardamo	<i>P. ostreatus</i>	113.64	Morales et al. 1998
Bagazo de agave tequilero	<i>P. ostreatus</i>	60.2	Guzman et al, 1987
Corteza de pino	<i>P. ostreatus</i>	7.3	Naranjo-Jiménez et al. 1998
Fibra de coco	<i>P. ostreatus</i>	80.6	Bernabé et el. 1993
Pulpa de café	<i>P. spp.</i>	17.51	Martínez-Carrera et al. 1993

2.11.2.-Sustratos utilizados

Trigo (*triticum spp*)

El trigo, es el cereal más extendido sobre nuestro planeta con aproximadamente 240 millones de hectáreas, y aun cuando potencialmente el maíz rinde más que el trigo, también este último ocupa el primer lugar en producción con 425 millones de toneladas (Hanson et al., 1985).

Morfología del trigo

Todos los cereales disponen de un sistema radicular que está compuesto por raíces primarias o seminales y por raíces secundarias o adventicias. Las raíces primarias varían en número según la especie de cereal, por ejemplo, en el caso del trigo es en torno a 5 o 6 y de 3 a 4 en la avena, y son funcionales desde la emergencia hasta el

comienzo del ahijado. Las raíces secundarias nacen del nudo de ahijamiento, apareciendo cuando la planta emite sus tallos, para sustituir a las raíces primarias y cesando su emisión al iniciarse el encañado, aunque a veces puede prolongarse a fases posteriores (Iñigo, 2010)

Raíz

El trigo posee una raíz fasciculada o raíz en cabellera, es decir, con numerosas ramificaciones, las cuales alcanzan en su mayoría una profundidad de 25 cm, llegando algunas de ellas hasta un metro de profundidad.

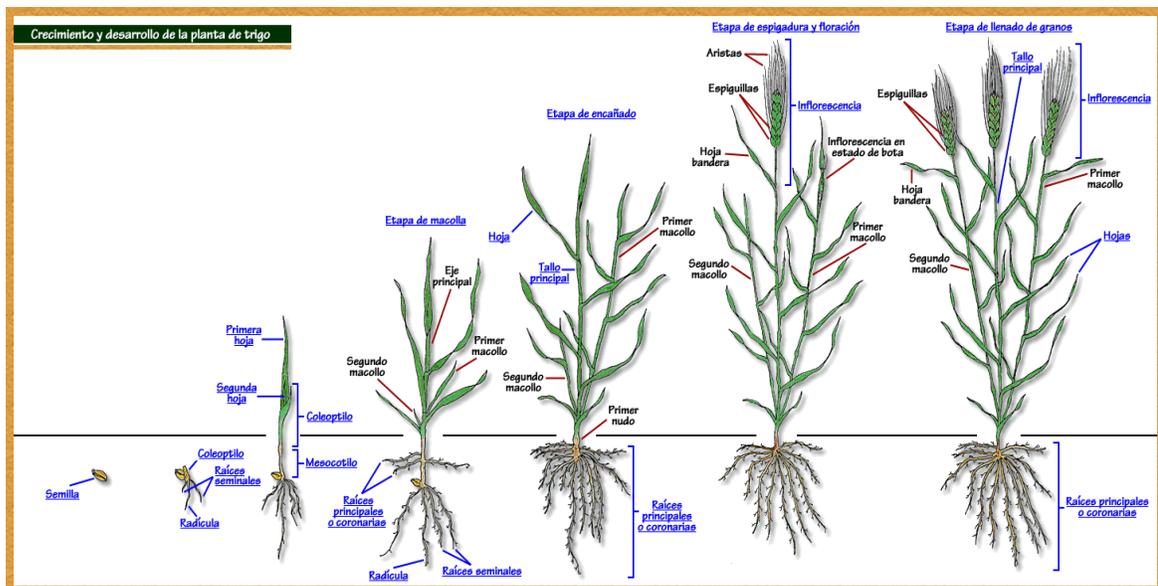


Figura 11 Etapas de crecimiento y desarrollo de planta de trigo

Tallo

El tallo del trigo, de tipo herbáceo, es una caña hueca con 6 nudos que se alargan hacia la parte superior, alcanzando entre 0.5 a 2 metros de altura, es poco ramificado.

Hojas

Las hojas del trigo tienen una forma linear-lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas de 20 a 30 espiguillas en forma alterna y laxa o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas, glumillas o glumelas, lodículos o glomélulas.

Granos

Los granos de trigo son redondeados en la parte dorsal y posee una ranura a lo largo de la parte ventral. La ranura abarca aproximadamente toda la longitud del grano, penetra casi hasta al centro. Los dos laterales pueden llegar a tocarse ocultándose así la verdadera profundidad de la ranura, que no solamente representa dificultad para que el molinero separe el salvado del endospermo con un buen rendimiento, sino que también un buen escondite para microorganismos y esporas de hongos provenientes de la amplia microflora del campo.

Cuadro 4.composición química del trigo

Planta	Agua	Materia seca	Proteínas	Grasas	Celulosa	Cenizas
Trigo	12-15	85-86	0.81-0.83	1.2-1.3	19.8-20.06	4.1-4.9

Fuente: Baudilio, J.1974

Estructura y composición del grano del trigo

La estructura del grano de trigo está formada por: salvado, endospermo y germen. En la Figura se puede apreciar las estructuras del trigo antes mencionadas, en cada una de estas fracciones se encuentra los diferentes compuestos químicos que forman el grano.

El salvado

Es la parte externa, sirve de cubierta protectora y constituye el 14,5% del grano, está formado por una capa externa y otra interna. La externa recibe el nombre de pericarpio, la parte interna está compuesta por la testa que contiene los pigmentos que dan el color rojo a las variedades rojas. El pericarpio es removido durante la molienda, sus capas interiores (testa, epistermo, aleurona) se remueven más fácilmente que las exteriores (epidermis, epicarpio, celdas transversales, endocarpio) ya que tienen una contextura más firme debido a su alto contenido de fibra (Forero, 2015).

El endospermo

Constituye el 83% del grano de trigo y es la parte que se transforma en harina, contiene gránulos de almidón (64%) embebidos de una matriz proteica. Las proteínas (8-16 %) de mejor calidad se obtienen del centro del grano y en su exterior del endospermo se concentra la materia mineral (Forero, 2015).

El Germen

Es la menor parte en el grano de trigo, constituye el 2,5% rico en vitaminas del grupo B y E, y también contiene grasas, proteínas y minerales (Iñigo, 2010).

Olote

Entre las fuentes de recursos no maderables con un alto contenido de xilanos, por lo que ha sido considerado de interés como fuente alternativa de diferentes compuestos químicos de interés comercial o industrial, entre otras fuentes de biomasa se encuentra el olote de maíz. El olote es un residuo o subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca y se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote (CIMMYT, 1995).

En México, debido a su amplia producción en el país con cifras que rebasan las 35 toneladas anuales el cultivo del maíz es el que más contribuye a este tipo de contaminación, por medio del olote, un subproducto derivado del desgranado mecánico del mismo (SAGARPA, 2010). El olote, ampliamente rico en hemicelulosa con un 34% del cual el 94% corresponde a xilano, se emplea mezclado con otros compuestos en la alimentación ganadera como forraje, pero carece de otra aplicación debido a su escases de nutrimentos (Saha 2003; Gupta y Kar, 2008). A causa de esta concentración de xilano, el olote de maíz se ha venido empleando como sustrato en fermentaciones en medio líquido y sólido, para la producción dirigida de enzimas degradadoras de ésta hemicelulosa (Robledo y col., 2012; Gupta y Kar, 2008).

Desde el punto de vista de la composición química, el olote es interesante, teniendo en cuenta que tiene, aparte de celulosa (65%) y lignina (16%), altos contenidos de hemicelulosa (31%) (Córdoba y col., 2010).

Entre los usos y aplicaciones que se le ha dado al olote, se encuentran la utilización como forraje para rumiantes, soporte para disminuir la erosión en la tierra y también como sustratos para la producción de la enzima xilanasas (Knob and Cano-Carmona, 2010). Sin embargo, hay pocos reportes en la literatura sobre su potencial para la obtención de compuestos orgánicos (Córdoba y col., 2010, Radlein y col., 1997) u otros productos de uso industrial (Ingram y col., 1998, Dien y col., 2003, Gray y col., 2006).

Rastrojo de frijol (chicharro)

El chícharo también conocido en algunas regiones como guisante o arveja, es una leguminosa que pertenece a la familia *Fabaceae* al igual que los garbanzos, las habas y los frijoles. Esta hortaliza se originó en el Medio Oriente lugar de donde se expandió principalmente a Europa y Asia y de ahí a diferentes partes del mundo, donde se consumía debido al alto valor nutricional que aporta.

En México su cultivo es considerado como uno de los más relevantes, por esta razón se destinan más de 12 mil hectáreas para llevar a cabo su producción, las cuales están divididas a lo largo de casi toda la República, donde anualmente se producen más de 66 mil toneladas de chícharos, siendo los meses de abril, mayo, septiembre y octubre, la época donde se obtiene la mayor producción de chícharos a través de diferentes técnicas de cultivo.

Las leguminosas son importantes en la economía, algunas son usadas en la alimentación como fuente de proteínas y energía en la nutrición de los humanos y en nutrición animal (Alanís-Guzmán, 1990; Nielsen, 1991).

El frijol es la leguminosa más importante de México y ocupa el segundo lugar después del maíz, en cuanto a su consumo per cápita. (INEGI, 1997).

El frijol es una planta herbácea y anual, cuyas numerosas variedades prosperan en todos los climas, de preferencia en los templados; se da a muy distintas alturas. Presenta una raíz típica o pivotante ramificada en su origen, en la que después se notan nudosidades bacterianas que fijan el nitrógeno atmosférico (Ruiz Oronoz *et al.*, 1983).

El papel del frijol en la alimentación de los mexicanos es muy importante, ya que constituye para éstos uno de sus alimentos básicos por la tradición de su cultivo y por su riqueza en proteínas e hidratos de carbono. De esta planta se emplean las semillas y los frutos cuando aún no han madurado (ejotes). Sus raíces, asociadas a bacterias simbióticas (*Rhizobium phaseoli*), enriquecen los terrenos con sustancias nitrogenadas (Ruiz-Oronoz *et al.*, 1983).

Tallo de Palma de coco

Con frecuencia se hace referencia a la palma de coco (*Cocos nucifera L.*) como el “árbol de la vida”, debido a que tiene un gran valor como planta de uso múltiple, encontrándose en el 12avo lugar de la lista de especies de plantas alimenticias más importantes para el hombre; además de ser una de las más bellas.

Desde hace miles de años se ha cultivado y su dispersión es tan amplia que en la actualidad existe un fuerte debate sobre su centro de origen geográfico. El cocotero es considerado la joya de los trópicos y es sin duda el cultivo arbóreo más importante del mundo, con alrededor de 3,000 millones de hectáreas cultivadas, que involucra a más de 13 millones de personas relacionadas directa o indirectamente con los productos de esta planta (Borgtoff & Balslev, 1993).

Tiene un buen desarrollo en suelos de aluvión tipo migajón arenoso, con presencia de materia orgánica, aireación, buen drenaje y con un pH entre 5 y 8. La profundidad mínima del suelo para su óptimo desarrollo radicular debe ser de 80 a 100 cm (Del Cañizo, 1991).

Cocos nucifera L. pertenece a la familia *Palmae*, que comprende un solo género. Su número cromosómico es $2n = 32$. Es una planta monopódica que mide 12 a 25 m de alto. Su tallo esbelto y estipitoso crece más o menos torcido; a menudo es más ancho en la base, donde puede tener alrededor de 80 cm de diámetro; la porción superior del tronco raramente alcanza los 30 cm.

Sus hojas se agrupan en el ápice formando un penacho. Los pecíolos de 90 a 150 cm de largo se disponen en forma envolvente dando la estructura fibrosa al tallo. Las frondas de las hojas tienen una longitud de 1.8 a 6 m; son pinnadas con folíolos de 60 a 90 cm de largo (Loria, 1993).

2.12.-Preparación de sustratos

Pausterización

Esta es una actividad de importancia en el cultivo del hongo (*Pleurotus ostratus*). Su función es minimizar la cantidad de organismos presentes en el material a pasteurizar que compitan con el hongo dentro del sustrato. Para lograrlo se calienta agua suficiente a temperatura de 90 °C en la que se sumerge la totalidad del lote (sacos de sustrato) y se mantiene a esa temperatura durante un mínimo de 45 minutos. Luego de la pausterización se elimina el exceso de agua exprimiendo el

sustrato con las manos y luego se deja escurrir por dos horas (Acosta y Bustos, 1998).

Un método de pasteurizar consiste en sumergir la bolsa con el sustrato en agua calentada de 80 a 90 °C, durante 15 minutos, haciendo un movimiento de meter y sacar la bolsa con la finalidad de que se lave la paja y se desprendan las sustancias nocivas de la superficie; y posteriormente a esta actividad, se sacan las bolsas del agua caliente y se sumerge en agua a la temperatura ambiental. (López, 1995).

Es necesario insistir en la importancia que reviste el hecho de meter el sustrato únicamente cuando el agua ya ha alcanzado la temperatura de 90 °C o hirviendo; esto provoca un choque térmico muy brusco que es difícil de soportar por los organismos que se encuentran sobre el sustrato. Este choque térmico sirve también para que se destruyan semillas e insectos parásitos, que puedan aparecer posteriormente en el cultivo (Girón, 2000).

Inoculación

Es el siguiente paso después de la pasteurización del sustrato; se debe tener mucho cuidado de no inocular el sustrato caliente, el exceso de calor puede matar el micelio (Beltrán *et al.*, 1995).

La cantidad de semilla que se inocula, va de acuerdo con el peso húmedo del sustrato y es del 2 al 5 %, o del 8 al 20% del peso seco (Beltrán *et al.*, 1995).

Siembra e incubación

La siembra consiste en mezclar el micelio con el sustrato ya preparado, del modo más uniforme posible, tratar de no frotar los granos ni restregarlos para desmenuzar el conjunto totalmente, pues se corre el riesgo de destruir el micelio (García, 1976).

La siembra del micelio se realiza en bolsas de plástico transparente, las dimensiones de la misma dependen de la experiencia y de los requisitos del cultivador o productor. No se recomienda la utilización de bolsas de color opaco o negras porque

tienen el inconveniente de no permitir ver el crecimiento del micelio sobre el sustrato y tampoco se puede observar si aparece algún moho contaminante u otro problema. Las bolsas deben de ser nuevas, para evitar contaminaciones, siendo recomendable examinarlas para que no presenten perforaciones, algún desperfecto o que estén sucias. La siembra se debe llevar a cabo en un área destinada para ello (aséptica), (Acosta y Bustos, 1998).

La incubación es una de las etapas más importantes, porque es cuando el hongo se propaga en el sustrato, previo a la fructificación y su posterior cosecha. Por lo que se debe realizar en un local donde la luz sea mínima o en completa oscuridad, colocando los sustratos en anaqueles debe mantenerse una temperatura de 28 °C durante 15-21 días. Durante la incubación, 2 días después de haber realizado la siembra, se hacen perforaciones bien distribuidas sobre toda la superficie de la bolsa que se ha sembrado, eso es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo (Ardón, 2004).

El hongo inicia su crecimiento durante las primeras 24 horas, crece poco porque se tiene que adaptar y empezara un crecimiento acelerado durante las 48 horas. A los 3 días se pueden reconocer los signos de expansión y son los siguientes: Hay un avance inicial claro y vigoroso del micelio sobre el sustrato; el sustrato adopta un color blanco y un olor agradable (Beltrán et al, 1995).

Fructificación

En esta etapa del cultivo, para que el hongo pueda crecer en excelentes condiciones, es necesario mantener dentro del cuarto oscuro una alta humedad relativa, de lo contrario la fructificación crecerá y por falta de humedad se secarán y serán de un tamaño muy pequeño o inclusive no llegarán a fructificar, (Arrúa 2007).

De 14 a 22 días de la siembra, los primordios empieza a aparecer, entonces se quita la bolsa para dar lugar a la fructificación; si esta práctica no se lleva a cabo los primordios se dañan al salir (Quimio et al, 1990), después los cuerpos fructíferos se desarrollan en un periodo de 4 a 7 días (Ávila, 1997).

Es importante realizar la mayor cantidad posible de orificios en los lados de la bolsa para permitirle otra salida a los cuerpos fructíferos, o se abra la boca, de esta manera simulando un pico de botella. El crecimiento de los hongos es un proceso rápido y que puede finalizar al término de tres o cuatro días, por esto es importante llevar un control bastante actualizado de su estado de crecimiento. Para la cosecha se corta el fruto al ras del sustrato y se deposita en pequeñas canastas o recipientes de plástico, para su refrigeración o para su comercialización como producto fresco (Tuchan, 2004).

En cuanto al riego de los sustratos, ha de ser suficiente para que permanezcan húmedos (70 a 75% de humedad), el exceso puede favorecer el ataque de bacterias como la *Pseudomona* sp. Las gotas de agua deben ser lo más finas posible y si se riega cuando las setas están creciendo, dejar entrar más aire fresco para que se sequen las gotas que hayan caído sobre los sombreros, la luz es necesario para que el hongo crezca uniforme y tiene que ser de 8 a 12 horas diarias (García, 1998).

Cosecha

Para recoger las setas, deben tener el sombrero bien abierto, pero todavía convexo; se hacen en grupos, sin afectar el micelio. Se utiliza una navaja o un cuchillo de buen filo y delgado (García, 1998).

2.13.-Factores que influyen en el crecimiento del hongo ostra

Los principales problemas a que se puede enfrentar el productor del hongo comestible ostra (*Pleurotus ostratus*) son básicamente las contaminaciones y la presencia de plagas y las enfermedades (Ardón, 2004).

2.13.1.-Plagas

Colémbolos

Son insectos diminutos, sin alas, que forman pequeñas galerías secas y de sección oval en la carne de los hongos. Se encuentran en gran cantidad entre las laminillas

que ha bajo el sombrero de las setas. También pueden atacar al micelio si el sustrato está demasiado húmedo. Destaca la especie *Hypogastrura armata* (Infoagro, 2010).

Dípteros

El daño lo causan sus larvas que se comen las hifas del micelio, hacen pequeñas galerías en los pies de las setas y luego en los sombreros. Destacan algunas especies de mosquitos de los géneros *Lycoriella*, *Heteropeza*, *Mycophila* y moscas del género *Megaselia*. Para el control de colémbolos y de dípteros se recomiendan medidas preventivas como colocación de filtros junto a los ventiladores, eliminación de residuos, tratamiento térmico de los sustratos para eliminar huevos y larvas, etc. También pueden emplearse distintos insecticidas: diazinón o malatión en polvo mezclados con el sustrato, nebulizaciones con endosulfán o diclorvos.

2.13.2.-Contaminación

Introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural, causando inestabilidad, desorden y también daños. Los contaminantes además pueden ser de varios tipos, clasificados en no degradables, de degradación lenta, degradable o biodegradable (ecologiahoy, 2014).

Causas

Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra (Cuevas, 2008).

Efectos de la contaminación

Los efectos de una mala pasteurización o descuidos en el manejo del sustrato determinan un crecimiento pobre y hongos mal formados o defectuosos. Los hongos *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*, aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y anaranjadas sobre el sustrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas (Cuevas, 2008).

Para evitar problemas de contaminación en el cultivo del hongo ostra es necesario trabajar en condiciones asépticas, realizando una buena esterilización y pasteurización de los sustratos, desinfección y desinfestación de los cuartos de incubación y fructificación, ésto ayuda a evitar la proliferación de plagas y enfermedades que pueden dañar la producción. Alrededor del módulo debe mantenerse muy limpio, siempre con el objetivo de no permitir el acercamiento e ingreso de ningún patógeno (Ardón, 2004).

2.13.3.-Enfermedades

Se presentan dos tipos de enfermedades que pueden causar daños a los hongos las: bióticas y abióticas. Las bióticas son causadas por bacterias, micoplasmas o virus; este tipo de enfermedades son comunes en los hongos, aunque no han sido reportadas como importantes desde el punto de vista económico. Las abióticas son aquellas causadas por factores no vivientes, como la falta de espacio para el crecimiento de la raíz, la presencia de niveles crónicos o agudos de contaminantes del aire o el agua, o la presencia de condiciones extremas de humedad, calor, luz, pH del suelo, y nutrientes. (Girón, 2000).

Telaraña

Los filamentos de este hongo crecen rápidamente y se extienden sobre la superficie del sustrato y de las setas, cubriéndolas con un moho blanquecino, primero ralo y luego denso y harinoso. En las partes viejas las formas perfectas forman puntos rojizos. Los ejemplares atacados se vuelven blandos, amarillento, y se acelera su descomposición (Infoagro, 2010).

Esta enfermedad aparece con humedad excesiva, el calor y la escasa ventilación. Para su control se deben cubrir las zonas afectadas con cal viva en polvo (Infoagro, 2010).

2.13.4.-Alta de luminosidad

Las especies de *Pleurotus* tienen fototropismo positivo, ya que la luz (intensidad luminosa, fotoperiodo y tipo de radiación) es uno de los factores necesarios para el desarrollo de los primordios. En condiciones de total oscuridad se diferencian escasos basidiocarpos que suelen ser deformes, racimos, de forma coraloide, color blanco y sabor amargo, en los que no se distingue el pie y el sombrero. En condiciones de escasez de luz se asiste a la producción de cuerpos fructíferos con forma de corneta, sombrero muy reducido y pie alargado y débil. Este efecto es más marcado cuanto menor es la intensidad luminosa, de forma que los carpóforos pálidos no pigmentados aparecen cuando la intensidad luminosa se sitúa por debajo de 300 lux, (Cuevas, 2008).

2.13.5.-Exceso de luminosidad

De acuerdo Lainez y Navarro (2008), también es perjudicial, ya que puede retardar la formación de primordios. Según la variedad de *Pleurotus*, cuando la intensidad de luz es superior a 2000 lux se puede inhibir la iniciación del fruto. Las radiaciones rojas son desfavorables para el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

2.13.6.-*Pennicillium*

Es otro hongo invasor que limita el crecimiento de la ostra por la competencia de nutrientes, su color es verde. Su manifestación se ve ayudada por la aplicación de métodos térmicos insuficientes y por la falta de medidas higiénicas en las áreas de siembra e incubación. Se ha detectado en sustrato recién elaborado y a lo largo de las fases de incubación y fructificación. Suele aparecer en las aberturas de las bolsas en las que se produce condensación de la humedad, impidiendo así la fructificación normal de los carpóforos (Infoagro, 2010).

2.13.7.-Efectos de gases y plaguicidas

Algunas anomalías observadas como son los márgenes ondulados y la torsión del sombrero pueden estar causadas por el efecto fungitóxico de plaguicidas, ya que el

tejido del basidiocarpo actúa como una esponja, absorbiendo muchos productos volátiles. Además de afectar la morfología de los cuerpos fructíferos, inciden en modo más o menos grave sobre la productividad. También puede haber daños por gas de combustión, en los que se observa una hipertrofia del tejido del sombrero todavía no diferenciado, dando lugar a láminas y crestas más o menos irregulares (Lainez y Navarro, 2008).

2.13.8.-El contenido de agua

El sustrato puede ser difícilmente digerido si el contenido en agua es inferior al 55%. Por encima del 70% la flora bacteriana es más activa, colonizando la película de agua de alrededor de cada paja y dejando mínimas esperanzas al micelio de *Pleurotus* (Cuevas, 2008).

El estrés Térmico un incremento demasiado elevado de temperatura puede conducir a un proceso en el que muera el micelio de *Pleurotus*, sobre todo entre 33-40 °C, según la variedad cultivada. Temperaturas de 22 a 28 °C, dependiendo de la variedad, pueden causar serios retrasos de fructificación e incluso la inhibición completa de la misma (Lainez y Navarro, 2008).

2.13.9.-Exceso de dióxido de carbono (CO₂)

El aumento del contenido de dióxido de carbono (CO₂) del aire hasta valores de 0.08% provoca una ralentización en el crecimiento de los cuerpos fructíferos, mientras que si el contenido de dióxido de carbono (CO₂) asciende a 0.15-0.3% se puede producir una rápida mortandad de toda la producción. La falta de luz junto con una aireación insuficiente provoca la aparición de masas de tejido sin diferenciar, con forma de coliflor, de las que raramente se desarrollan cuerpos fructíferos normales. Este síntoma también puede estar ligado a la presencia de virus, (Cuevas, 2008).

2.13.9.-El pH

El micelio de *Pleurotus* mostrará un bajo crecimiento y una incubación defectuosa si el pH es superior a 7.0 o inferior a 5.0 (Cuevas, 2008).

2.14.-Comercialización

Se estima que aproximadamente el 80-90% de la producción de hongos comestibles se comercializa en la ciudad de México a través de la Central de Abastos, de manera que el comercio está muy centralizado y manipulado por los grandes acapadores; estas prácticas monopólicas conducen a un excesivo intermediarismo y a la especulación de precios, además de observarse una fuerte carencia de infraestructura de conservación del producto (las bodegas con sistemas de refrigeración apropiada son escasas), todo esto repercute en la calidad, disponibilidad y precios al consumidor (Carrera *et al.*, 1999; Carrera, 2000).

Un sistema eficiente de comercialización trae como consecuencia el desarrollo de un país y de los productores, y por lo tanto beneficio para los consumidores, esto también disminuye la pobreza y la desnutrición. Para el productor, le promueve la apertura de nuevos mercados y la descentralización, obteniendo ganancias acordes a sus costos de producción al estar presente un sistema bien estructurado de comercialización; también se mejora el déficit comercial, aumentando las exportaciones y disminuyendo las importaciones (Nava, 2000).

III.-MATERIALES Y METODOS

3.1.-Descripción de las instalaciones

El presente experimento se llevó a cabo en el periodo escolar enero-agosto, la siembra se realizó en el mes de junio del 2019 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en una de las instalaciones de Agrotecnia. En Buenavista, Saltillo, Coahuila el cual se ubica a los 25° 21' 03" N y 101° 01' 34" W con 1805 msnm. (CENTENAL, 1977).

En un cuarto de incubación que tiene una área de 4x4 m, bien cerrado para evitar el paso de los insectos o contaminación de otros hongos parásitos, permitiendo el desarrollo micelar en estas condiciones.

Para el fructificación, el cuarto es de 3x4 m. con ventanas enmalladas para la protección de insectos y que pueda entrar aire natural y luz, facilitando el control de temperatura, humedad y aire.

3.2.-Materiales

- Bolsas de hule de 20x40
- Ligas
- Cubrebocas
- Bata de laboratorio
- Alcohol
- Tina
- Vernier
- Cerrillos
- Mechero
- Cloralex
- Bascula
- Cubetas
- Arpiller

Se trabajó con los siguientes sustratos:

1. olote de maíz
2. rastrojo de frijol (chicharro)
3. tallo de palma
4. Paja de trigo

3.3.-Material Genético

Se trabajó con el siguiente material genético;

- Micelio el Hongo *Pleurotus ostratus*.

3.4.-Establecimiento del trabajo experimental

El experimento se estableció un día miércoles 05 de junio del 2019, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en una de las instalaciones de Agrotecnia. En Buenavista, Saltillo, Coahuila, con un diseño completamente al azar de 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, siendo un total de 16 unidades experimentales.

3.5.-Diseño experimental

El experimento se evaluó con un diseño completamente al azar (T1, T2, T3, T4,) con cuatro repeticiones cada tratamiento. T1:200 gr de paja de trigo, T2:200 gr de sustrato de rastrojo de frijol (chicharro) T3:200 gr de olote (testigo) y T4:(200 gr de palma).

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos

Bloques			
T1R1	T1R2	T1R3	T1R4
T2R1	T2R2	T2R3	T2R4
T3R1	T3R2	T3R3	T3R4
T4R1	T4R2	T4R3	T4R4

3.6.-Variables evaluadas

Las variables agronómicas a evaluadas en esta investigación son:

- a) Peso fresco
- b) Diámetro de sombrero
- c) Diámetro de pie
- e) Longitud de pie
- d) Eficiencia biológica

3.7.-Modelo Completamente al azar

$Y_{ij} = M + T_i + \sum_{ij}$, donde:

Y_{ij} = Dato del i-ésimo tratamiento en su j-ésima repetición

M = Efecto de la media poblacional.

T_i = Efecto i-ésimo tratamiento.

\sum_{ij} = Efecto del error experimental.

Cuadro 6. Análisis de varianza

FV	GL	SC	CM	FC
TRATAM	t-1	SCT	CMt	CMt/CME
ERROR	n-t	SCE	CME	
TOTAL	n-1	SCT		

t=Número de tratamientos

n=Número de unidad experimental

FV=Fuente de variación

GL=Grados de libertad

CM=Cuadrados medios

Para determinar el diámetro de pie, longitud de pie y el diámetro de sombrero se utilizó un vernier o pie de rey con el que se tomaron las medidas de los hongos en centímetros, para que se pudiera tomar las medidas de los hongos fue necesario separar el hongo del sustrato, con la ayuda de un bisturí para que no se dañara el hongo ni el sustrato.

Después que se cosecho el hongo, se pesó en una balanza granitaria, modelo JOGUADIN, N. Serie 153028, con capacidad para 10 kg. Después de haber pesado los hongos se procedió a tomar las medidas del diámetro de sombrero, diámetro del pie y la longitud del pie, anotándolas en una libreta, junto con los datos del peso fresco del hongo para calcular la eficiencia biológica.

IV.-METODOLOGIA

Cuadro7. calendario de actividades y etapas del cultivo de *Pleorotus ostratus*

	actividades	fechas
Etapas del cultivo	preparación de sustratos	05 de junio del 2019
	pausterización	05 de junio del 2019
	incubación	05 al 24 de junio del 2019
	fructificación	10 de julio del 2019
	cosecha 1	14 de julio del 2019
	cosecha 2	23 julio del 2019
	cosecha 3	01de agosto del 2019

4.1.-Preparación del sustrato

Se pesaron 200 gr de sustrato por cada repetición en cada tratamiento, en total se pesaron 16 bolsas de sustratos de 200 gr con 4 repeticiones en cada tratamiento.



Figura 12 Preparación de cada sustrato

4.2.-Fase de Pausterización

Para la pausterización se utilizaron arpilleras donde se pusieron los sustratos, después se utilizó una tina para calentar el agua a una temperatura de 80 a 100 °C y se sumergieron las arpillas con el sustrato por 2 a 3 horas. Al finalizar la pasteurización se dejó escurrir o drenar y enfriar los sustratos, hasta que estuviera a una temperatura ambiente.



Figura 13 Pausterización de sustratos

4.3.-Siembra del micelio

En este experimento se usó la sepa del hongo *Pleurotus ostratus*, activada en grano de trigo. Obtenida en el laboratorio de Agrotecnia de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, Mex.



Figura 14 Micelio de *Pleurotus ostratus*

La siembra se realizó de la siguiente forma: en cada capa de sustrato se le agregaron 20% del micelio en cada bolsa.

4.4.-Fase de Incubación

Los tratamientos de cada sustrato, una vez que se inoculo se pasó al cuarto de incubación, para que el micelio se pudiera desarrollar mejor la sala estaba a una temperatura optima de 25°C. a los 15 – 20 días el micelio ya había invadido totalmente el sustrato. En esta etapa el cuarto de incubación permaneció a oscuras para se propagará mejor el micelio.

4.5.-Fase de Fructificación

Una vez que se propago bien el micelio en todo el sustrato, se pasó a la sala de fructificación, con riegos frecuentes para que se mantuviera a una temperatura

óptima, sin exceder de riego para evitar el desarrollo de enfermedades y propagación de otros hongos.

4.6.-Fase de Cosecha

La cosecha se llevó a cabo con mucho cuidado ya que se podían dañar a los hongos jóvenes; para el corte se utilizó un bisturí, para sacar las medidas de diámetro de sombrero y tallo se utilizó un vernier graduado en centímetros y para el peso se utilizó una balanza granitaria. Se realizó tres cosechas en cada tratamiento, cosechando cada 10 días aproximadamente.

V.-RESULTADOS Y DISCUSION

5.1.-Análisis de varianza

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANVA) para las variables Peso fresco (PF) tres fechas (14/07/2019,23/07/2019 y 01/08/2019), Diámetro de pie (DP), y Longitud de pie (LP) en las fechas (14/07/2019 y 23/07/2019), mostraron diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 5.1).

El ANVA para la variable DS no mostro diferencia significativa ($p>0.05$) entre tratamiento (Cuadro 5.1).

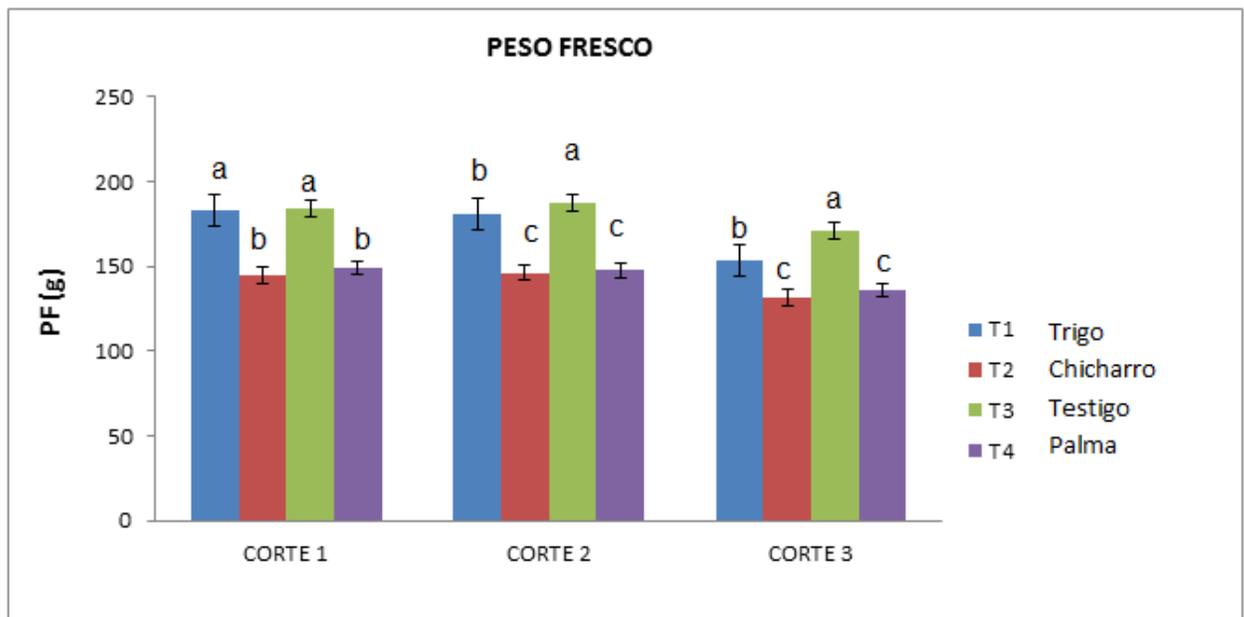
Cuadro 5.1.- Valores promedios de las variables Peso fresco (PF), Diámetro de sombrero, Diámetro de pie (DP) y Longitud de pie (LP) de un cultivo de Pleurotus ostratus bajo tres tratamientos y un testigo.

FECHAS	TRATAMIENTOS	PF (gr)	DS (cm)	DP (mm)	LP (cm)
14/07/2019	T1 (TRIGO)	183.8 a	5.37 a	0.525 ab	4.5 ab
	T2 (CHICHARRO)	145.0 b	5.25 a	0.375 b	3.75 ab
	T3 (TESTIGO)	183.8 a	5.75 a	0.675 a	4.75 a
	T4 (PALMA)	148.8 b	4.75 a	0.475 b	3.625 b
	C.V. (%)	8.2	10.13	14.9	12.4
23/07/2019	T1 (TRIGO)	181.2 b	5.125 a	0.45 b	4.5 a
	T2 (CHICHARRO)	146.2 c	4.625 a	0.375 b	3.5 bc
	T3 (TESTIGO)	187.5 a	5.25 a	0.625 a	4.25 ab
	T4 (PALMA)	147.5 c	4.75 a	0.425 b	3.25 c
	C.V. (%)	1.63	9.91	14.11	10.53
01/08/2019	T1 (TRIGO)	153.8 b	4.5 a	0.325 a	3.385 a
	T2 (CHICHARRO)	131.2 c	4.25 a	0.35 a	3.375 a
	T3 (TESTIGO)	171.2 a	4.5 a	0.425 a	4.125 a
	T4 (PALMA)	136.2 c	4.25 a	0.35 a	3.25 a
	C.V. (%)	2.92	12.34	14.89	13.24

CV (%)=Coeficiente de variación en porciento; DS= Diámetro del Sombrero, LP= Longitud de pie y DP= Diámetro de pie; Tukey (p<0.05).

Peso fresco (PF)

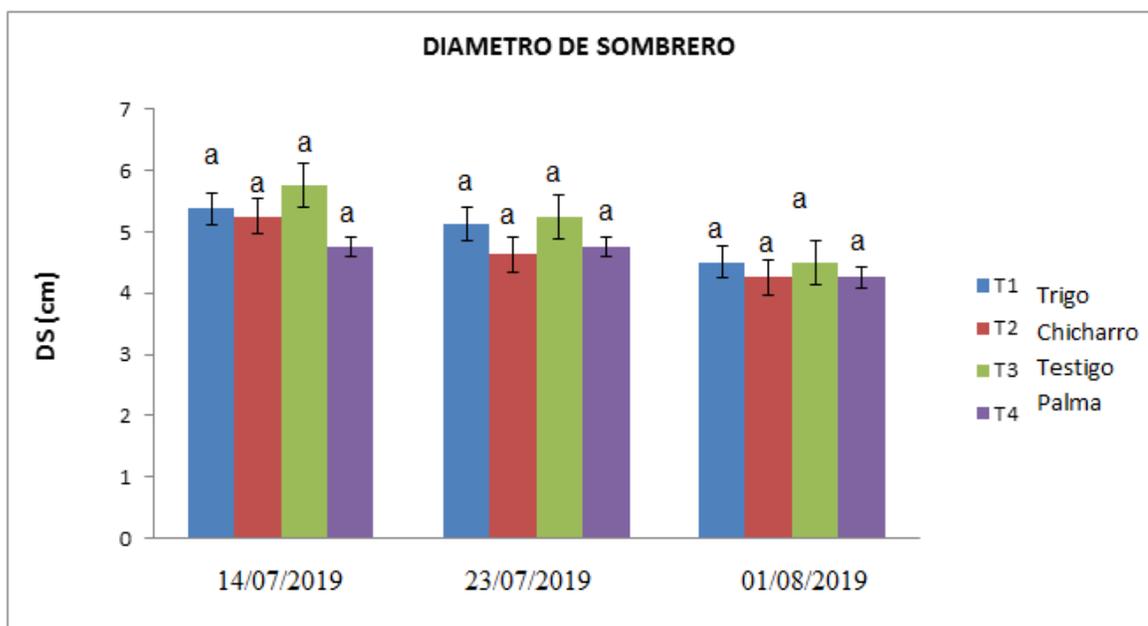
Para esta variable, de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado. Se puede observar que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (cuadro 5.1). Como se puede observar también en la gráfica que los tratamientos T1 (trigo) y T3 (testigo) presentaron un valor arriba de 180 g sin embargo la T3 (testigo) fue el mejor tratamiento, con 0.43 por ciento superior en la primera cosecha, en segunda cosecha con 3.59 por ciento superior al T1 (trigo) y en la tercera cosecha con 11.1 por ciento superior al T1 (trigo), (grafica 5.1).



Gráfica 5.1 Valores promedios de los pesos totales de hongos de cada tratamiento.

Diámetro de sombrero (DS)

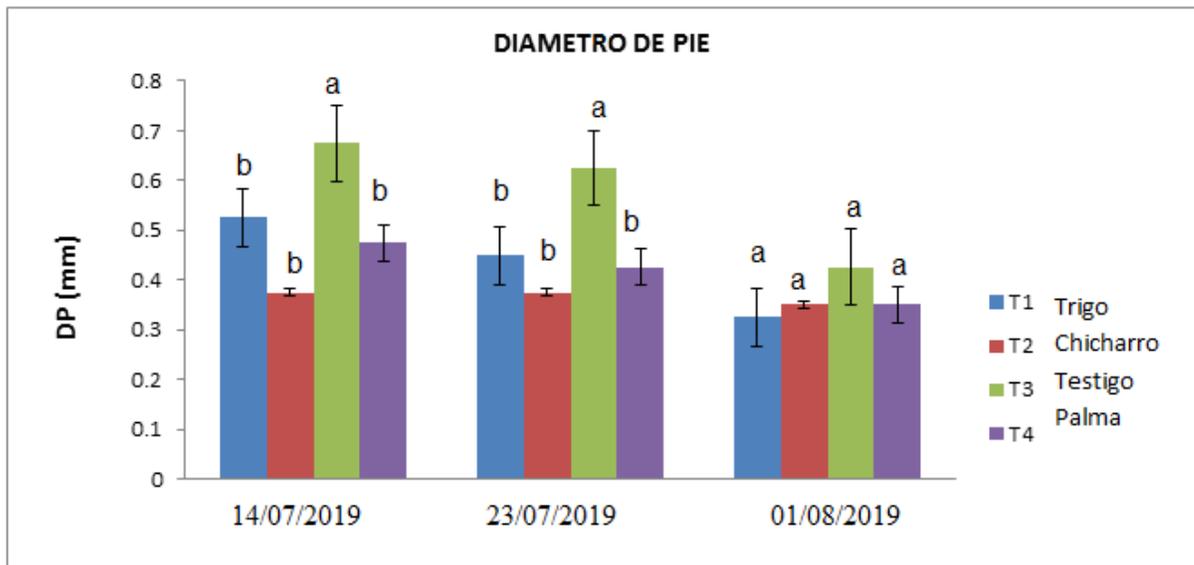
De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado para esta variable, se puede observar que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (cuadro 5.1). De manera gráfica, también se puede apreciar que los tratamientos T1 (trigo) y T3 presentaron un valor por arriba de 5 cm de diámetro de sombrero (DS), siendo el T3 (testigo) el mejor tratamiento con un valor de 5.75 cm, con 7.07 por ciento superior sobre el T1 (trigo) en la primera cosecha y con 2.4 por ciento en la segunda cosecha, (grafica 5.2).



Gráfica 5.2 Valores promedios del diámetro de sombrero o píleo del hongo *Pleurotus ostratus*.

Diámetro de pie (DP)

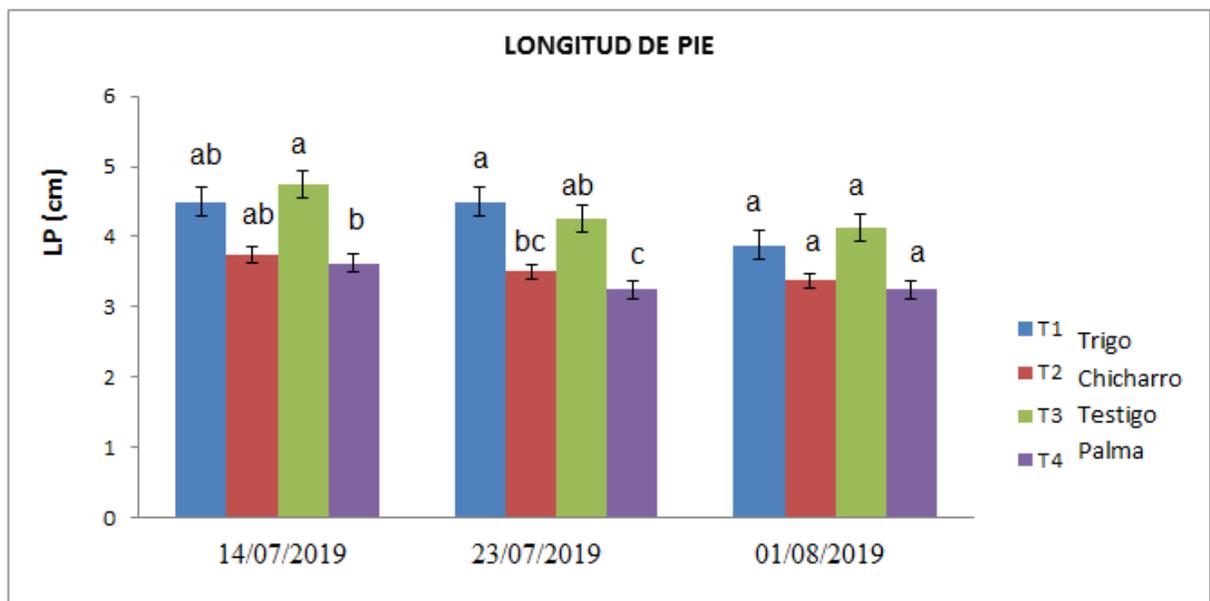
Para esta variable, de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado. Se puede observar que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (cuadro 5.1). Como se puede observar también en la gráfica que los tratamientos T1(trigo) y T3 (testigo) presentaron un valor arriba de 0.600 mm en la primera y segunda cosecha, sin embargo la T3 (testigo) fue el mejor tratamiento ,con 28 por ciento superior en la primera cosecha, en la segunda cosecha con 38 por ciento superior al T1(trigo) y en la tercera cosecha con 21.4 por ciento superior al T2 rastrojo de frijol(chicharro),(grafica 5.3).



Gráfica 5.3 Valores promedios del diámetro de pie o estípide de *Pleurotus ostratus*.

Longitud de pie (LP)

Para esta variable, de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado. Se puede observar que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (cuadro 5.1). Como se puede observar también en la gráfica que los tratamientos T1(trigo) y T3 (testigo) presentaron un valor arriba de 4 cm en las tres cosechas, sin embargo, la T3 (testigo) fue el mejor tratamiento, con 5.55 por ciento superior en la primera cosecha, en la segunda cosecha con 5.88 por ciento superior al T1(trigo) y en la tercera cosecha con 6.45 por ciento superior al T1 (trigo), (grafica 5.4).



Grafica 5.4 valores promedios de la longitud de pie de *Pleurotus ostratus*

Eficiencia biológica (EB)

Beltrán et al. 1995 y Naranjo 1995 coinciden en que el rendimiento de los sustratos, está en función del peso fresco de hongos por cada parte del peso seco del sustrato, esto es lo que se conoce como Eficiencia Biológica.

$$\text{Eficiencia Biológica (EB)} = \frac{\text{Peso del hongo fresco (PHF)}}{\text{Peso del sustrato seco (PSS)}} \times 100$$

El cuadro 5.3. Presenta la eficiencia biológica de cada sustrato, en los tres cortes, en donde se observa el comportamiento en los diferentes sustratos, en el corte uno el tratamiento que muestra la mayor eficiencia biológica es el sustrato de paja de trigo con un 92.5 %, seguido por el sustrato de tallo palma con un 74.5 % y los tratamientos que presentaron la menor eficiencia biológica son el sustrato chicharro y el olote de maíz con un 72.5 %.

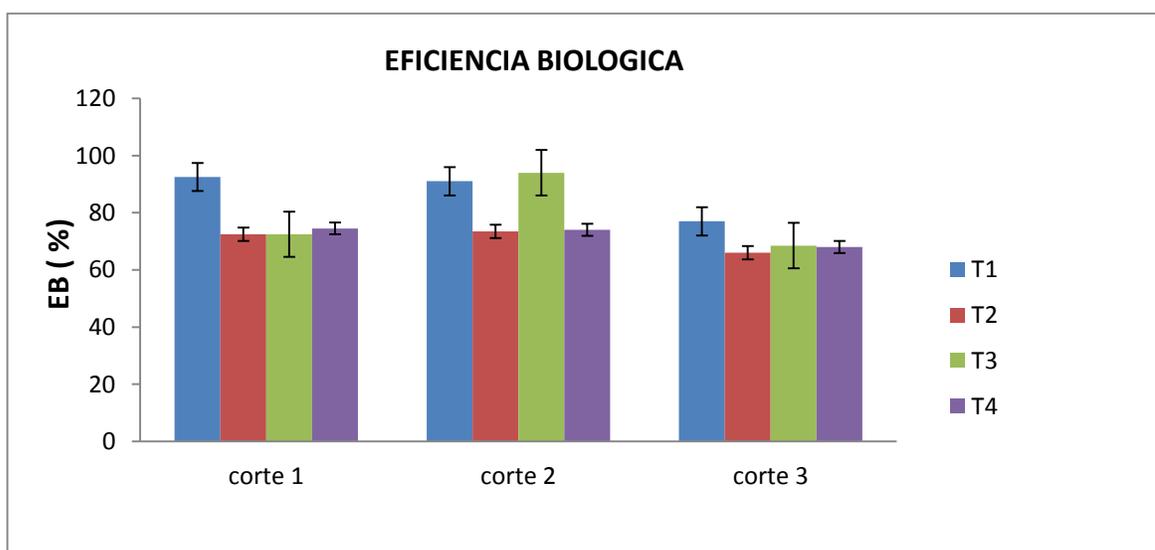
En el corte dos el tratamiento que mostró mayor eficiencia biológica fue el olote de maíz con un 94%, seguido por el sustrato de trigo con un 91% y las que presentaron menor eficiencia biológica son el sustrato de chicharro y el tallo de palma con un 74% de eficiencia biológica,

Para el corte 3 el tratamiento de mayor eficiencia biológica fue otra vez el T1 que corresponde al sustrato de trigo con un 77 % seguido por los tratamientos T3 (olote de maíz) y T4 (tallo de palma) con un 68 % de eficiencia biológica y el que mostro una baja eficiencia biológica de todos los tratamientos fue el T2 que corresponde al sustrato de chicharro con un 66% de EF, (cuadro 5.2).

Cuadro 5.2.- Muestra el porcentaje de la Eficiencia Biológica en los diferentes sustratos.

tratamientos	14/07/2019		23/07/2019		01/08/2019	
Sustratos (gr)	PF (gr)	EB (%)	PF (gr)	EB (%)	PF (gr)	EB (%)
T1 (200 gr)trigo	185	92.5	182	91	154	77
T2 (200 gr) chicharro	145	72.5	147	73.5	132	66
T3 (200 gr) olote	145	72.5	188	94	137	68.5
T4 (200 gr) palma	149	74.5	148	74	136	68

Para esta variable, de acuerdo a los resultados realizados, se puede observar que los tratamientos realizaron efecto altamente significativo (cuadro 5.1). Como se puede observar también en la gráfica que los tratamientos T1(trigo) y T4 (palma) presentaron un valor arriba de 90 por ciento en las primera cosechas, sin embargo, la T1 (trigo) fue el mejor tratamiento, con 24 por ciento superior en la primera cosecha, en la segunda cosecha la T3 fue superior al T1 con 3.29 por ciento y en la tercera cosecha la T1 fue superior con 12.40 por ciento al T3 (testigo), (grafica 5.5).



Grafica 5.5 eficiencia biológica de los diferentes sustratos de *Pleurotus ostratus*

VI.- CONCLUSIÓN

De los cuatro tratamientos analizados, se concluye que se pueden obtener hongos con buenas características en el sustrato de olote maíz, por haber mostrado tener muy buenos resultados en las variables evaluadas. El olote de maíz es el mejor sustrato, para la producción del hongo *Pleurotus ostratus*, ya que contiene los nutrientes esenciales para el desarrollo de los cuerpos fructíferos del hongo, además este sustrato es rico en hemicelulosa, concluyendo que sea aceptado la hipótesis alternativa.

Para la variable peso fresco se concluye que el tratamiento que mostro mejor resultado fue el T3 (testigo) con un efecto altamente significativa, con 0.437 por ciento superior en la primera cosecha, en la segunda cosecha con 3.59 por ciento superior que los otros tratamientos y en la tercera cosecha con 11 por ciento superior que las de más. Se concluye que para la variable diámetro de sombrero, el mejor tratamiento fue el T3 que corresponde al olote de maíz (Testigo), con 7 por ciento superior en la primera cosecha y en la segunda cosecha con 2.43 superior que los demás tratamientos.

En relación al diámetro de pie, el mejor tratamiento para esta variable fue el T3 que corresponde al olote de maíz (testigo), mostrando una diferencia de 28 por ciento superior en la primera cosecha, con 38 por ciento superior en la segunda cosecha y con 21 por ciento superior en la tercera cosecha. En la variable longitud de pie, el mejor tratamiento fue el T3 (testigo) que corresponde al olote de maíz, con una diferencia de 5 por ciento superior en la primera cosecha y con 6 por ciento superior en la tercera cosecha.

En eficiencia biológica, el tratamiento que muestra mejor resultado, con mayor eficiencia biológica es el sustrato de paja de trigo con un 92.5 % en el primer corte, al igual que el tercer corte con un 77% de eficiencia biológica y en el segundo corte el tratamiento que mostro mejor eficiencia biológica (EB) fue el T3 que corresponde al olote de maíz (testigo) con un 94 % de eficiencia biológica.

VII.-LITERATURA CITADA

- Acosta D., C. M., S. Gallardo C., N. Kämpf, y F. Carvallo B.** 2008. Materiales regionales utilizados en Latinoamérica para la preparación de sustratos. *Inv. Agrop.* 5: 93-106.
- Acosta, U.L.:** Bustos, Z. (1998). Cultivo de *Pleurotus ostratus*, en la planta *Probiote*. Tesis. Q.F.B. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas. 57p.
- Alanis-Guzmán, M.G.** 1990. Apuntes de Nutrición. Apoyo Didáctico editado por la Facultad de Ciencias Biológicas, U AN.L.
- Ardón C.E.** (2004). Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plestostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostratus*, Ecosur 112). EPSA Investigación Inferencial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 101 p. 33 ref.
- Arrua J.** (2007). Producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostratus*) a partir de las malezas *paspalum fasciculatum* y *Rottboellia cochinchinensis*. Tesis de grado. Universidad EAR de Costa Rica. Págs. 42.
- Ávila, R.L.E.** (1997). Evaluación financiera de una planta rural de setas comestibles (*Pleurotus spp*) diseñada bajo tecnología ambiental en el sur de Jalisco, México. Tesis profesional. Chapingo, México.

- Bano, Z. y Rajarathnam, S. (1989).** Pleurotus mushrooms as a nutritious food. En: Tropical mushrooms biological nature and cultivation methods.
- Beltrán, V. et al. 1995.** Producción comercial de setas (Pleurotus spp.). Manual de setas y champiñones, S. A. de C. V. México.
- Borgtoft, P. H.; Balslev, H. 1993.** Palmas útiles. Especies ecuatoriales para agroforestería y extractismo. Ediciones ABYA-YALA. Quito, Ecuador. 158 pp.
- Breene, W.M. 1990.** Nutritional and medicinal, value of specialty mushrooms. University of Minnesota, St. Paul, M.N. En: Journal of Food Protection. (USA), Vol.53 (10):883-894.
- Chang, S.T., and S. P. Wasser. 2012.** The role of culinary medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. Int J Med Mushrooms. 1: 95-134.
- Chang, S. T. y P. G. Miles. 2004.** Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact. CRC Press, Boca Raton. 451 pp.
- Cruz Hernández, 2000.** El poder curativo de los Hongos. Edición Selector, México.
- Cuevas, F. (2008).** Cultivo de Pleurotus ostratus/ Carne Vegetal: Alternativa Doméstica Xalapa, Veracruz, México 2006 pp 1 a la 56.

- Cunha, Z. D., and G. A. Pardo.** 2017. Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications. Ed. John Wiley & Sons Ltd. U.S.A. 592 p.,.
- Del-Cañizo. J. A.** 1991. Palmeras. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Diego, F.** 1979. Setas. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Ecologiahoy.** (2014). Contaminación. Consultado el 2 de junio de 2014. Disponible en línea: www.ecologiahoy.com/definicion-de-contaminacion.
- FAO** (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. Available online: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (acesado el 10 de abril de 2016).
- García C., O., G. Alcántar G., R. I. Cabrera, R. F. Gavi, y V. Volke H.** 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoam.* 19: 249-258.
- García, J.**2002. Estructura del pleuroma de *Pleurotus*. México. URL: <http://www.uv.mx/institutos/forest/hongos/estruc.html>
- García, R.** 1976. Hongos de la madera. Ministerio de agricultura. Madrid España.

- García** R.M. 2003. Cultivo de setas y trufas. Cuarta Edición. Ediciones Mundi – Prensa España.
- García-Rollán**, M. 1982. Cultivo industrial de *Pleurotus ostratus*. Hojas Divulgadoras Núm. 11/82 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 16 pp.
- Girón**, D. (2000). Cultivo del hongo *Pleurotus ostratus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 57 p.
- Guzmán** Gastón y Martínez Carrera, D. 1985. Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café. Revista Ciencia y Desarrollo. (95): 41- 48.
- Guzmán** G. 1980. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes. Edición Limusa. México.
- Guzmán**, G. G Mata, D Salmenes. C Soto-Velazco y L. Guzmán. Davalos. 1993. El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Guzmán**, G. 1998a. Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de los hongos en México (Ensayo sobre el inventario fúngico del país). In La diversidad biológica de Iberoamérica II, G. Halffter (ed.). Acta Zoológica Mexicana,

nueva serie vol. Especial, CYTED e Instituto de Ecología, Xalapa. p. 111-175.

Guzmán, G. 1998b. Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.

Guzmán, G. 1994. Los hongos en la medicina Tradicional de Mesoamérica y de México. *Revista Iberoamericana de micología*.

Hawksworth DL (1991) the fungal dimension of biodiversity: Magnitude, signigance, and conservation. *Mycological Research* 95: 641-655.

Herrera, T. y M. Ulloa. 1990. El Reino de los Hongos, micología básica y aplicada. UNAM-Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 552 p.

Infoagro. (2010). El cultivo industrial de las setas (2ª parte). Consultado el 18 de septiembre de 2013. Disponible en línea: <http://www.infoagro.com/forestales/setas2.htm>

Inegi. (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1997. Cultivos Anuales de México. VII Censo Agropecuario. México, D.F. pp 195, 200.

Iñigo, P. (2010), Evaluación de variedades de triticale para distintos aprovechamientos: grano, forraje y biomasa energética y estudio comparativo con variedades de trigo, España: Universidad Pública de Navarra. Recuperado el 20 de mayo de 2016 de:<https://goo.gl/tjQZGU>

Kurtzman, R. H. y F. Zadrazil, 1982. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushrooms. In: Chang, S. T. y T. H. Quimio (Eds). *Tropical mushrooms: biological nature and cultivation methods*. The Chinese University Press, Hong Kong.

Lainez, A. y Navarro, L. (2008). El cultivo de *Pleurotus* está expuesto a alteraciones que pueden ocasionar descensos en el rendimiento. Disponible en línea: <http://www.terraia.com/index.php?revista=44&articulo=313>.

Lizan, R. 1967. *Identificación de hongos comestibles*. Madrid, España.

Loria M. J. L. 1993. Verde palma. Galería del 4 al 31 de octubre. Dirección General de Extensión, Departamento de Difusión Cultural de la Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán

López, R. A. 1995. *Cultivo de setas*. Centro de Genética de Forestal. Universidad Veracruzana, Xalapa Ver. México.

Maggie, Y., Y. MATSUBARA, T. SHIRATORI and T. SASAKI. 1988. Variation in fruiting body production of protocloned oyster mushroom. *HortScience* 23(6):1.065-1.066.

Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V., Pizzoferrato, L., 1999. Nutrients in edible mushrooms: an interspecies comparative study. *Food Chemistry*, 65:477-482.

Martínez-Carrera, D., A. Aguilar, W. Martínez, P. Morales, M. Sobal, M. Bonilla y A. Larqué-Saavedra. 1998. A sustainable model for rural production of edible mushrooms in Mexico. *Micol. Neotrop. Apl.* 11: 77-96.

Martínez-Carrera, D. 2002. Current development of mushroom biotechnology in Latin America. *Micol. Apl. Int.* 14: 61-74.

Martínez-Carrera, D. y Larqué-Saavedra, A. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. *Ciencia y desarrollo.* 95: 53-64.

Martínez Carrera, D.; Morales, P.; Sobal, M. (1990). Cultivo del *Pleurotus ostratus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada. (CEICADAR, Puebla, Pue, Mex.). *Micología Neotropical Aplicada* No. 3 p 49-52.

Martínez-Carrera, D. 1998. Oyster mushrooms. *McGraw-Hill Yearbook of Science & Technology.* McGraw-Hill, Inc., Nueva York.

Mayett, Y., D. Martínez-Carrera, M. Sánchez, A. Macías, S. Mora & A. Estrada, 2006. Consumption trends of edible mushrooms in developing countries: the case of Mexico. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 18: 151-176.

Microsoft ® Encarta ® 2009. © 1993--2008 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Müeller, G. M., J. P. Schmit, P. R. Leacock, B. Buyck, J. Cifuentes, D. E. Desjardin, R. E. Halling, K. Hjortstam, T. Iturriaga, K. H. Larsson, D. J. Lodge, T. W. May, D. Minter, M. Rajchenberg, S. A. Redhead, L. Ryvarden, J. M. Trappe, R. Watling y Q. Wu. 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and Conservation* 16:37-48.

Müeller, G. M. y J. P. Schmit. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation* 16:1-5.

Naranjo, J., et al. 1995. Cultivo de hongos comestibles. Parte II. Crecimiento del hongo *Pleurotus ostratus*, en mezclas de paja de frijol con de Agave mezcalero. UBAMARI. Revista hispanoamericana de ciencia y tecnología. Vol. 11 (36): 31-33. IPN-Durango, México.

Nava, L. D. 2000. Estrategias para la comercialización de hongos comestibles a nivel local y regional en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. México.

Nielsen, S. S. 1991. Digestibility of Legumes Proteins. *Food Technology*, vol. 45 No.9 pp 112-114.

Odum, E. P., 1971. *Ecología*. 3^a Edición, Editorial Interamericana, México, D. F.

Pastor S., J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoam.* 17: 231-235.

Perala, Santolaria, 1973. *Setas*. 2aEd. Madrid, España.

- Robledo** Armando, C. Noe Aguilar, J. C. Montañez. (2012). Uso del olote de maíz como sustrato microbiano para la obtención de xilanasa. Acta Química Mexicana.
- Rodríguez**, M.R. (1996). Caracterización de cepas del hongo comestible (*Pleurotus* spp.) en medios de cultivos y su evaluación en sustratos lignocelulósicos forrajeros para la producción de carpóforos. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Romero**, B. L. y Rosales, G.M. 1998. Manual práctico para el cultivo de setas (*Pleurotus* spp). Edit: Universidad Autónoma de Hidalgo y Macrofungi de México. Pachuca, Hidalgo. México. p. 41.
- Royse**, D. J., J. Baars., and Q. Tan. 2016. Current overview of mushroom production in the world. In: Zied DC, editor. Edible and medicinal mushrooms: technology and applications. New York, Wiley. 462 p.
- Ruiz** Oronoz, M; D. Nieto Roaro y E Larios Rodríguez. 1983. Tratado Elemental de Botánica. 1aed.
- Rzedowski**, Jersy 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Tuchan**, R. O. (2004). Evaluación del efecto de la pulpa de café *Coffea arabica* L. en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa INIREB-8 de *Pleurotus ostratus* utilizando cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y bambú (*Bambusa vulgaris* var.

Striata) como sustrato, en el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55p.

Ulloa, M. y R. T. Hanlin. 2012. Illustrated Dictionary of Mycology, Second Edition. APS Press, St. Paul, Minnesota. 782 p.

Velázquez, Delín, N. 1995. Producción del hongo ostión o de cazahuate (*Pleurotus* spp). Revisión bibliográfica departamento de Fitotecnia. UACH. México.

Villegas de G. A. (1996). Biotecnología Intermedia en México. primera ed. Chapingo, México.

Villegas, G. 1996. La producción de Hongos en México. Ed. Chapingo México.

Wasser, S. P. and A. L. WEIS. 1999. Therapeutic effects of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: a modern perspective// -Critical Reviews in Immunology. 19:65.