



UNIVERSIDAD DE CORDOBA

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*
(BASIDIOMYCOTA) EN DISTINTOS SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS
(CAPACHO DE MAIZ, HOJA DE ALMENDRO Y ASERRIN DE MADERA) EN LA
ESTACION ECOLÓGICA LAS GUARTINAJAS EN EL MUNICIPIO DE
TIERRALTA-CORDOBA-COLOMBIA**

NEDY HERNANDEZ MARTINEZ

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
MONTERÍA
2020**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*
(BASIDIOMYCOTA) EN DISTINTOS SUSTRATOS LIGNOCELULÓSICOS
(CAPACHO DE MAIZ, HOJA DE ALMENDRO Y ASERRIN DE MADERA) EN LA
ESTACION ECOLOGICA LAS GUARTINAJAS EN EL MUNICIPIO DE
TIERRALTA-CORDOBA-COLOMBIA**

NEDY HERNANDEZ MARTINEZ

Tesis o trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al Título
de:

Bióloga

Director(a):

GABRIEL MONTES FUENTES M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
MONTERÍA
2020**

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento de una cepa comercial del hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes combinaciones de sustrato y de esa forma determinar el tratamiento con mejor eficiencia y rendimiento. Los sustratos evaluados fueron capacho de maíz (*Zea maíz*), hojas de almendro y aserrín de madera. Los sustratos se sumergieron en agua con hipoclorito de sodio al 20% durante 24 horas en tanques de 100 L, posteriormente se realizó recambio de agua dos veces y se adicionaron 4 kg de cal viva por cada 100 L de agua. Se preparó 1.0 Kilogramo (Kg) de cada uno de los sustratos. Los sustratos se colocaron en bolsas plásticas transparentes con capacidad para 1,5 kg y se sembraron con 50 g del inóculo preparado (5%). Los sustratos se incubaron a 27°C y en total oscuridad, hasta que el micelio cubrió todo el material. Se avaluó el crecimiento micelial, el tiempo de aparición de primordios, peso de los carpóforos, eficiencia biológica y rendimiento. En total se obtuvo 1,792 gramos, distribuidos así: 634 gramos en tratamiento 1 (M-Maíz 100%), 578 gramos en el tratamiento 2 (A- Aserrín 100%), 0 gramos en el tratamiento 3 (AL- Almendro) 0 gramos en el tratamiento 4 (AL- A 50% Almendro- 50% Aserrín) 580 gramos en el tratamiento 5 (M-A 50% Maíz- 50% Aserrín) y 0 gramos en el tratamiento 6 (AL-M 50% Almendro- 50% Maiz). En los tratamientos 3, 4 y 6 se evidenció la muerte del micelio.

Palabras claves: *Pleurotus ostreatus*, sustratos, desechos agrícolas, micelio

ABSTRACT

The growth of a commercial strain of the *Pleurotus ostreatus* fungus in different substrate combinations was evaluated and in this way determine the treatment with the best efficiency and performance. The substrates evaluated were corn husk (*Zea maiz*), almond leaves and wood sawdust. The substrates were immersed in water with 20% sodium hypochlorite for 24 hours in 100 L tanks, subsequently, water was changed twice and 4 kg of quicklime was added for every 100 L of water. 1.0 Kilogram (Kg) of each of the substrates was prepared. The substrates were placed in transparent plastic bags with a capacity of 1.5 kg and seeded with 50 g of the prepared inoculum (5%). The substrates were incubated at 27 ° C and in total darkness, until the mycelium covered all the material. Mycelial growth, time of appearance of primordia, weight of carpophores, biological efficiency and yield were evaluated. In total, 1,792 grams were obtained in total, distributed as follows: 634 grams in treatment 1 (M-Corn 100%), 578 grams in treatment 2 (A- Sawdust

100%), 0 grams in treatment 3 (AL- Almond) 0 grams in treatment 4 (AL- A 50% Almond- 50% Sawdust) 580 grams in treatment 5 (MA 50% Maize- 50% Sawdust) and 0 grams in treatment 6 (AL-M 50% Almond- 50% Corn). In treatments 3, 4 and 6 the death of the mycelium was evidenced.

.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, substrates, agricultural waste, artisanal cultivation

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	4
1.1. Objetivo General	4
1.2. Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.2. Situación del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> en latinoamerica.	5
2.1.3. Situación del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> en Colombia.	7
2.2. Residuos Lignocelulósicos	10
2.2.1 Almendro	11
2.2.2. Maíz.....	14
2.3. Generalidades de los hongos.....	18
2.3.1. Ciclo reproductivo	22
2.3.3.1. Estructura de los hongos	23
2.4. Clasificación de los hongos.....	24
2.4.1. Chytridiomycota	24
2.4.2. Zygomycota	25
2.4.3. Ascomycota	26
2.4.4. Basidiomycota.....	28
2.5. <i>Pleurotus ostreatus</i>	34
2.5.1. Descripción taxonómica	35
2.5.2. Descripción morfológica.....	36
2.5.3. Ciclo de vida de <i>Pleurotus ostreatus</i>	38
2.5.4. Composición química.....	39

2.5.5. Factores que influyen en el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	41
3. METODOLOGÍA.....	44
3.1. Localización	44
3.2.2. Incubación	47
3.3. Analizar estadísticamente los datos experimentales obtenidos.	49
3.3.1. Eficiencia biológica.	49
3.4. Determinación del rendimiento de los sustratos utilizados en la producción de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	50
3.4.1. Rendimiento.....	50
3.5. Análisis estadístico.....	50
3.5.1. Diseño Experimental.....	50
3.5.2. Tratamientos.....	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
4.1. Evaluación de la producción de la cepa comercial <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivada en los diferentes sustratos	52
4.1.1. Obtención del micelio y preparación de sustratos.....	52
4.1.2. Cosecha.....	56
4.2. Determinación de la eficiencia biológica de los sustratos utilizados en la producción de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	60
4.2.1. Eficiencia biológica.	60
4.3. Determinación del rendimiento de los sustratos utilizados en la producción de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	63
4.3.1 Rendimiento.....	63
5. CONCLUSIONES.....	67
6. RECOMENDACIONES.....	68
7. BIBLIOGRAFÍA.....	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química del Almendro	¡Error! Marcador no definido.	14
Tabla 2. Composición química del Aserrín.....		18
Tabla 3. Composición química del hongo Pleurotus ostreatus.....		40
Tabla 4. Proporción de los sustratos en cada uno de los tratamientos		51
Tabla 5. Ubicación aleatoria de las unidades experimentales.....		52
Tabla 6. Eficiencia biológica (EB), en porcentaje, para tratamientos	¡Error! Marcador no definido.	61
Tabla 7. Tabla ANOVA para Eficiencia Biológica .	¡Error! Marcador no definido.	62
Tabla 8. Rendimiento de Pleurotus ostreatus en cada uno de los sustratos		64
Tabla 9. Tabla ANOVA para Rendimiento.....		65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hojas de Almendro.....	12
Figura 2. Estructuras femeninas y masculinas en la planta de maíz.	177
Figura 3. Formación de hifas y micelio en macromicetos.....	24
Figura 4. Basidios en hongos Basidiomicetos	30
Figura 5. Ciclo de vida de un Basidiomiceto.....	32

Figura 6. Partes de una seta de Pleurotus ostreatus	37
Figura 7. Ciclo de vida de Pleurotus ostreatus	39
Figura 8. Ubicación geografica del area de estudio	45
Figura9. mapa de la estacion ecologica las guartinajas.....	46
Figura 10. Bloques cubiertos por el micelio después de 21 días de incubación...	47
Figura 11. Diagrama de flujo para la evaluación de la producción de cuerpos fructíferos	48
Figura 12. Pesaje de los cuerpos fructíferos	489
Figura 13. Tiempo promedio de corrida de micelio en los sustratos	54
Figura 14 Aparición de primordios tratamiento	547
Figura 15. Muerte de micelio Tratamiento 3.....	57
Figura 16 Primera cosecha tratamiento 1.....	579
Figura 17. Producción en peso fresco de carpóforos por tratamiento en cada cosecha.....	60

INTRODUCCIÓN

Con el panorama actual de generación de residuos de muy diversos orígenes, y su disposición final inadecuada, se están estudiando diversos métodos para convertirlos en productos útiles en el menor tiempo posible (Raj, 2011; Shafawati y Siddiquee, 2013). Se han descrito diversas opciones de uso y reciclaje de los residuos lignocelulósicos generados en las agroindustrias.

Según Doelle (1996) & Santos, (2000) los residuos agrícolas, forestales y las industrias agrícolas, siendo en su mayoría de la biomasa lignocelulósicos, representan una fuente de sustratos abundantes y renovables que pueden convertirse biológicamente a biomasa microbiana de alto valor nutricional.

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, en la práctica se les denomina “residuos orgánicos”, dentro de este rubro se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales (Saval, 2012.)

Un “subproducto” es un producto secundario, bien conocido, generalmente útil, comercializable y por lo tanto con valor agregado, que resulta de un proceso industrial. El término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden conferir algún interés para su utilización. Desde este punto de vista, los términos “subproducto” y “residuo” podrían utilizarse como sinónimos, no así el término “desecho”, que está referido a aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final (Saval, 2012.)

El desarrollo de la producción industrial de hongos tropicales comestibles, como *Pleurotus* sp, es especialmente importante para América Latina, incluyendo Colombia, ya que la creciente demanda de consumo por parte de la población en algunos casos no puede ser cubierta por la producción doméstica, perdiéndose los mercados potencialmente buenos y con proyección de crecimiento. La producción de hongos representa una alternativa para el desarrollo de nuevas áreas de producción, siendo una importante alternativa para la utilización de desechos ricos en lignocelulosa, material que representa cerca del 40% de la biomasa producida por la fotosíntesis y que no puede ser aprovechada en forma directa para la alimentación humana y animal, debido a su baja digestión (Aguilar ,2012).

El cultivo de los hongos representa una alternativa de bioconversión de estos desechos (Camacho, 2003). De otro lado, los hongos comestibles colaboran al enriquecimiento de los substratos vegetales haciendo accesibles los carbohidratos, albúminas, fermentos, vitaminas y elementos minerales, ya que durante el crecimiento y desarrollo, el hongo degrada celulosa, hemicelulosa y lignina. Otro de los rasgos importantes del cultivo de hongos comestibles, es la posibilidad de la posterior utilización del sustrato agotado como abono orgánico o para alimentación de rumiantes (Putzke y López. M.,1998).

Dentro de las alternativas que se presentan para la degradación de residuos orgánicos lignocelulósicos se encuentra la utilización de macrohongos. En esta investigación se plantea la evaluación del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* a partir de residuos lignocelulósicos en la Estación ecológica Las Guartinajas.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Evaluar del crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* (Basidiomycota) en distintos sustratos lignocelulósicos (capacho de maíz, hoja de almendro y aserrín de madera) en la Estación Ecológica Las Guartinajas en el municipio de Tierralta-Cordoba-Colombia

1.2. Objetivos específicos

- Establecer el mejor sustrato en el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.
- Analizar estadísticamente los datos experimentales obtenidos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.2. Situación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en latinoamerica.

La historia del uso de hongos va de tiempos remotos. Durante siglos, nuestros antepasados, sacaron beneficios con los hongos que encontraban en los campos y bosques. Por ejemplo: Los romanos tenían setas en el menú, los mayas y aztecas las usaban con fines medicinales y mágicos y los egipcios las consideraban el alimento de los dioses.

Dentro de los estudios destacados a nivel internacional en el cultivo del hongo *Pleurotus* se encuentran:

Ardon (2004) evaluó el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, ecosur-0112) en la Universidad de San Marcos, Guatemala. En esta investigación se evaluó el período productivo (T) de *Pleurotus ostreatus* sobre pasto estrella africana, pericarpio de jacaranda y en el substrato formado por la mezcla de ambos fueron de 39.50, 37.75 y 41 días respectivamente, los cuales son significativamente mayores al registrado sobre el

testigo (34.25 días). La tasa de producción (TP) de *Pleurotus ostreatus* obtenido sobre pasto estrella africana, pericarpio de jacaranda y en el substrato formado por la mezcla de ambos fué de 2.72, 1.8 y 2.05 por ciento respectivamente, las cuales fueron significativamente menores al registrado sobre el testigo correspondiente a 4.32 por ciento. La mezcla de substratos no ofreció efectos favorables para el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus*, dado que no mejoró la eficiencia biológica y prolongó significativamente el período productivo del hongo.

Romero y colaboradores (2010) evaluaron la capacidad de producción en hoja de plátano deshidratada en relación con otros sustratos agrícolas, investigación desarrollada en la Universidad Autónoma de Puebla, México. La cepa CP-50 de *Pleurotus ostreatus*, obtuvo un adecuado desarrollo en el sustrato de hoja de plátano deshidratada al no presentar diferencia significativa con los sustratos de paja de trigo y cebada, ya que estos sustratos son los más convencionales en el cultivo de hongo seta por su alto grado de producción en las comunidades rurales, en contraste con los 2 sustratos de bajo rendimiento como son el rastrojo de maíz y de frijol, donde el sustrato de hoja de plátano marcó diferencias significativas en la producción.

Auquilla y Auquilla (2012) en su trabajo de tesis realizado en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador. Desarrollaron el Análisis de la Capacidad Degradativa de Residuos Lignocelulósicos utilizando el hongo *Pleurotus ostreatus* var. Florida. El porcentaje de degradación en el bagazo de

caña, en los diferentes parámetros fue de 4,13% la fibra, 24,53%, en ceniza y un 11.96% en lignina . El promedio de la eficiencia biológica, obtenida en la cascarilla de arroz, fue del 60,25% con un rendimiento del 13,5%. El promedio de la eficiencia biológica, adquirida en el bagazo de caña, fue de 14,5% con un rendimiento del 4%.

2.1.3. Situación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en Colombia.

Bonilla-Lavado y colaboradores (2006) Evaluaron algunos Residuos orgánicos (coco y aserrín) Como sustratos Para la producción de *Pleurotus ostreatus* (jacq: fr.) En la ciudad de Buenaventura. Concluyeron que el hongo *Pleurotus ostreatus* puede cultivarse y fructificar a temperaturas entre 28-32°C y humedad relativa 60%-70%, que son las condiciones del cuarto de cultivo de la Universidad del Pacífico. Los materiales de AM (mezcla de aserrín de madera y EC (estopa de coco) enriquecidos con T (*Thitonia diversifolia*), formaron un buen sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Sin embargo, se debió adicionar otros materiales que le proporcionaron nutrientes como potasio y nitrógeno.

Garzón y Cuervo (2008) desarrollaron un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos, en la Universidad Nacional de Colombia. Éstos fueron bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. Evaluaron el efecto de los cuatro sustratos de forma individual y en mezclas sobre la producción del

hongo y en mezclas sobre la producción del hongo a través de indicadores como la eficiencia biológica, el rendimiento, el número de días en periodo de incubación, el número de días para la aparición de primordios, la frecuencia y el porcentaje de peso de cada cuerpo fructífero y la productividad. Comparando los diferentes sustratos usados en este ensayo, se pudo observar que al mezclar el café con bagazo de caña de azúcar o con tallo de maíz se obtuvieron los mejores resultados. En estos sustratos el número de días de incubación fue entre 7 y 16 días menor y el número de días para la aparición de primordios fue entre 11 y 54 días menor respecto de los demás sustratos. Se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 4,0 y el 48%, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron eficiencias biológicas que variaron entre el 0,5 y 36%. La productividad estuvo entre 0,715 y 0,905kg de hongos frescos por cada 100kg de sustrato seco al día, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron productividades que variaron entre 0,324kg y 0,494kg de hongos frescos por cada 100kg de sustrato seco al día.

Aguilar (2012), evaluó el crecimiento de *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus ostreatus* en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja el Hangar del Municipio de Piedecuesta (Santander). En los sustratos estudiados a partir de los 56 días, se alcanzó el máximo crecimiento de los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius*, momento ideal para realizar la cosecha obtenida y esperar a que se presente el desarrollo de nuevos brotes alrededor de los 12 o 15 días después. Las condiciones físico ambientales, en el lugar donde se desarrolló el trabajo, Granja

Educativa Experimental “El Hangar” del municipio de Piedecuesta que presentaron valores de temperatura que variaron entre 19.6 y 27.6° con un promedio de 22.9° centígrados y de humedad relativa entre el 59 y el 85% con promedio de 70.87% constituyeron las condiciones ideales para el desarrollo adecuado de los hongos estudiados.

Perez y Tuiran (2008) Evaluaron el cultivo de un aislado nativo de *Pleurotus ostreatus* en desechos de plátano Harton (Musa AAB Simmonds). Hubo una aparición de primordios bajo condiciones experimentales pasados 21 y 30 días después de la siembra. Los bloques que contenían el sustrato pseudotallo, fueron los que tardaron menor tiempo en producir primordios. El pseudotallo presentó una eficiencia biológica y mayor rendimiento que el resto de sustratos. Dicho sustrato presentó una eficiencia biológica de 62,57%, la de la hoja fue 40%; mientras que la combinación pseudotallo+hoja presentó un valor promedio de 42,35%.

Cordero y Pedroza (2008), evaluaron el cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonaris* en dos mezclas de desechos orgánicos y agroindustriales en el Departamento de Córdoba. La cepa CP-184 de *Pleurotus pulmonaris* logró colonizar las dos mezclas de desechos orgánicos y agroindustriales. Hallaron diferencias significativas en las velocidades de crecimiento micelial, alcanzando valores de velocidad mayores en la mezcla #1 respecto a la mezcla #2. El micelio del hongo se diferenció físicamente en su consistencia, mostrando ser más

vigoroso y fuerte en la mezcla # 1 y de apariencia tenue en la mezcla #2, durante los 7 y 14 días después de la inoculación.

2.2 Residuos Lignocelulósicos

La biotecnología permite la bioconversión de residuos agroindustriales en productos de interés comercial mediante procesos de extracción directos o de transformación por química o microbiológica (Moldes y col., 2002). Además del interés económico que ello supone para la producción de productos de mayor valor añadido (enzimas, proteína unicelular, pigmentos, antibióticos, etc.), la utilización de subproductos agroindustriales tiene incidencia en la preservación de la calidad del medio ambiente, al considerar el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales (Blanca et al., 2008).

Los subproductos agroindustriales constituyen un problema serio de residuos en gran parte del mundo debido a dos factores principales: un aumento en la producción y al surgimiento de leyes ambientales más estrictas. Por ello, surge la necesidad de conversión de los mismos en un producto útil y de mayor valor agregado (Jurado et al., 2003).

El término “residuos”, se aplica a aquellos que pueden tener o no un valor comercial, porque son poco comunes o porque se generan en bajas cantidades, sin embargo, algunos de sus constituyentes aún en baja proporción, le pueden

conferir algún interés para su utilización. Desde este punto de vista, los términos “subproducto” y “residuo” podrían utilizarse como sinónimos, no así el término “desecho”, que está referido a aquellos materiales que no tienen algún valor comercial, ni poseen atributos de interés para ser utilizados en algún proceso, por lo que se consideran como basura y se les debe dar una disposición final.

En general, las características de los residuos agroindustriales son muy variadas, dependen de la materia prima y del proceso que los generó, no obstante, comparten una característica principal que es el contenido de materia orgánica, constituida por diferentes porcentajes de celulosa, lignina, hemicelulosa y pectina. Por ser la materia orgánica su principal componente, en la práctica se les denomina “residuos orgánicos”, dentro de este rubro se incluyen otros residuos, como los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, la hojarasca de parques y jardines, así como los residuos domésticos y residuos sólidos municipales (Saval, 2012)

2.2.1 Almendro

La *Terminalia catappa* L. es una Combretácea ampliamente distribuida en zonas tropicales y subtropicales, las hojas de esta planta han sido empleadas en la Medicina Tradicional para el tratamiento de la dermatitis y la hepatitis en Taiwan, La India, Filipinas, Malasia e Indonesia.

Es un árbol exótico de altura considerable y cañón recto, cuyas ramas o brazos casi horizontales, saliendo de un mismo punto en todas direcciones, asemeja el varillaje o figura de un quitasol sin curvatura; sigue el tronco limpio y vuelve a repetir aquella capa siempre en disminución, por cuya agradable y peregrina apariencia se destina para alamedas y jardines; la madera es blanca, cáscara lisa, roja por dentro; hojas grandes, nerviosas, ovoides, algo angostadas por sus extremos y rematando en punta, verdes o moraduzcas, verdes amarillosas por debajo y ásperas; flores pequeñas, inodoras, de un verde blancuzco y en espigas; el fruto se asemeja a la almendra común exótica.



Figura 1. Hojas de Almendro

2.2.1.1. Composición química del Almendro (*Terminalia cattapa*)

Las hojas del *Terminalia cattapa* contienen diterpenos, triterpenos, flavonoides, compuestos fenólicos y taninos catéquicos. La raíz contiene flavonoides. La actividad hipotensiva de las hojas es controvertida, pero la actividad hepatoprotectora está confirmada.

Los compuestos presentes en las hojas de la *Terminalia catappa* son fundamentalmente taninos hidrolizables como: punicalagina, punicalina, ácido chebulágico y geranina y otros (Napralet, 1998 y Tanaka T, Nonaka G, Itsuo N., 1986).

La *Terminalia catappa* tiene efecto antioxidante probado, porque extractos acuosos obtenidos de las hojas resultaron efectivos inhibiendo la peroxidación lipídica producida por el sistema FeCL₂-ácido ascórbico en homogenatos de hígado de ratas y, además, presentó actividad scavenger de radical superóxido, lo que se comprobó mediante el uso de resonancia electrónica de espín y técnicas de cambios de espín (Lin, Chen, Lin y Ujiie, 1997).

Las almendras, en especial la harina de almendra de esta especie contiene proteínas, carbohidratos, fibra, ácidos grasos saturados e insaturados (tabla 1).

Con respecto al contenido de proteína, en esta especie están por encima del contenido reportado para cereales como arroz, cebada, avena, maíz, y es similar al contenido de proteínas en la carne de cerdo y de pollo.

Tabla 1.

Composición química de hojas de Almendro

HOJAS MOLIDAS DE <i>Terminalia catappa</i>	Estado de la Hoja		
	Hoja nueva	Hojas Semi-Madura	Hoja Madura
Humedad (%)	9.6	9.4	9.0
Ceniza (%)	7.4	7.6	7.8
Solidos solubles (%)	66	64	60
pH (%)	5.6	5.6	5.6
Azúcares reductores (%)	11.84	11.56	11.02
Acidez (%)	0.69	0.69	0.69
Solidos totales (%)	90.4	90.6	91.0
Grasa (%)	4	4.1	4.2

Fuente: Carrion y Chavesta (2019)

2.2.2. Maíz

El maíz es una especie vegetal cultivada desde la antigüedad, hace más de 7000 años. Las raíces son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias. El tallo tiene aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de una médula esponjosa, erecto, sin ramificaciones y de

elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura. El maíz tiene escasa capacidad de ahijamiento, de hecho la aparición de algún hijo es un efecto no deseado que perjudica la capacidad productiva. Las hojas son alternas, paralelinervias y provistas de vaina que nace de cada nudo (gramínea). El número de hojas depende de la variedad y del ciclo, de la época de siembra, etc. pero, aunque podrían llegar hasta 30, lo normal en nuestras condiciones es que haya un máximo de 15 hojas. Parece que el número de hojas está relacionado con el potencial de producción. El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y flores femeninas separadas pero en el mismo pie. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta (Figura 2). La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espatas. Los estilos de cada flor sobresalen de las brácteas formando las sedas. Cada flor fecundada formará un grano que estará agrupado en torno a un eje grueso o zulo. El número de granos y de filas de la mazorca dependerá de la variedad y del vigor del maíz.(Ortas, 2008).

2.2.2.1. Composición química del Maíz (*Zea mais*)

La información de que se dispone sobre la composición química general del maíz es abundante y permite conocer que la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes es muy amplia. El componente químico principal del grano de maíz es el

almidón, al que corresponde hasta el 72-73 por ciento del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 por ciento del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30 por ciento del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75 por ciento del almidón. La composición del almidón viene determinada genéticamente. En el maíz común, ya sea con un endospermo de tipo dentado o córneo, el contenido de amilosa y amilopectina del almidón es tal como se ha descrito anteriormente, pero el gen que produce maíz ceroso contiene un almidón formado totalmente por amilopectina. Un mutante del endospermo, denominado diluyente de la amilosa (da), hace aumentar la proporción de amilosa del almidón hasta el 50 por ciento y más. Otros genes, solos o combinados, pueden modificar la composición del almidón al alterar la proporción entre la amilosa y la amilopectina (Boyer y Shannon, 1987).

Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 por ciento del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos del maíz han sido estudiadas ampliamente, y según Landry y Moureaux (1982), están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas. Conforme a su descripción,

las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18 por ciento del total de nitrógeno, con proporciones del 7 por ciento, 5 por ciento y 6 por ciento, respectivamente.

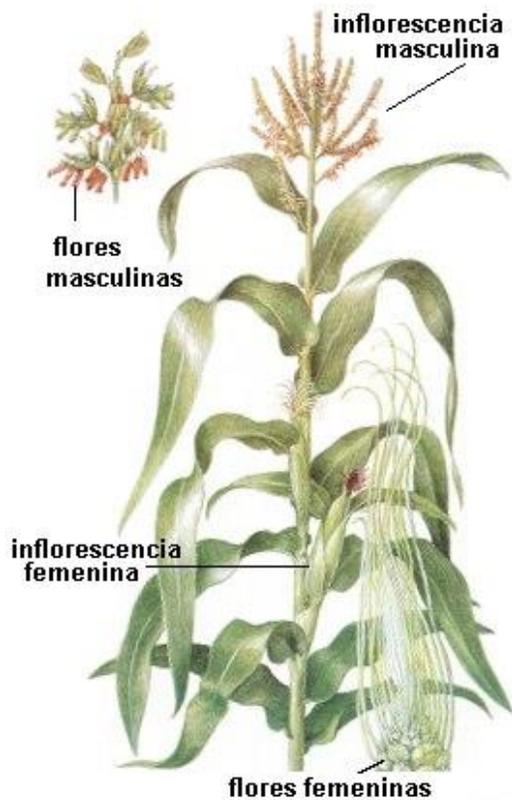


Figura 2. Estructuras femeninas y masculinas en la planta de maíz.

Fuente: biologia.edu.ar (2013)

2.2.3. Aserrín

El aserrín es el conjunto de partículas o polvillo que se desprende de la madera cuando ésta es aserrada; también contiene minúsculas partículas de madera producidas durante el proceso y manejo de la misma, paneles contrachapados y/o aglomerados. Además del polvo, en el proceso de aserrado se genera la viruta, que es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral. La composición química y física determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar, específicamente las características físicas

influyen en el tratamiento previo que sea necesario aplicar. Por esto se necesita caracterizar estas biomásas en cuanto a contenido de humedad, volátiles, carbono fijo, cenizas y granulometría. En los residuos industriales, el contenido de humedad depende en gran medida de la fase del proceso en que se extraiga y del secado del producto antes de esa fase. Para el caso del aserrín y de otros residuos madereros se reportan valores de humedad superiores al 10 % y contenido de cenizas superiores a 0,5 %. (Reyes J. 2013).

2.2.3.1 Composición química del aserrín

El aserrín de roble posee una composición química característica pero al mezclarse con otros componentes se complementan entre sí, ha sido utilizado en el cultivo de hongos comestibles como sustratos para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* ya que es un hongo lignocelulolítico que fácilmente puede utilizar este aserrín como fuente de carbono para su crecimiento y reproducción. (Garcia, 2005, Stamets, 2000).

Tabla 2.

Composición química del aserrín de roble

Material	Materia seca	grasa	Fibra	N-libres	Minerales totales	Calcio	Nitrógeno
Roble	93.8	9.3	2.7	29.9	45.3	6.6	1.49

Fuente: (Stamets, 2000).

2.3. Generalidades de los hongos

Los hongos son organismos eucariotas, con pared celular definida de quitina y/o celulosa, rara vez ausente. Su micelio está formado por estructuras ramificadas y filamentosas, cuyos fructificaciones portan esporas. No poseen pigmentos clorofílicos y por lo tanto su nutrición es heterótrofa. Presentan reproducción sexual y asexual (Tomo Molina, 1996).

Los hongos no son plantas y son clasificados en el reino Fungi. La parte del hongo que se ve es solamente el “fruto” del organismo. La parte viviente del hongo es un micelio constituido por un tejido de filamentos delgados llamados hifas. El micelio está escondido debajo de la tierra, en madera, o en otras fuentes de alimento. Estos tejidos viven ocultos hasta que aparecen los cuerpos fructíferos. Si el micelio produjera frutos microscópicos, la gente quizás nunca se fijaría en el hongo. La mayoría de los hongos construyen sus células de quitina. Los hongos se alimentan absorbiendo nutrimentos del material orgánico en que viven, por lo que éstos secretan ácidos y enzimas que simplifican el material orgánico en partículas más fáciles de digerir y luego atraviesan la pared celular de la hifa. Los hongos han evolucionado para usar muchas sustancias como alimento. Algunos descomponen material orgánico como hojas muertas, otros se alimentan de células vivas, causando enfermedades. Los hongos infectan a plantas, animales y hasta a otros hongos. Los hongos micorrízicos viven como compañero. Ellos le proveen nutrientes minerales a las plantas a cambio de otros alimentos que el hongo no puede producir (Fogel,1997).

Están ampliamente distribuidos en todo el planeta y prosperan en casi todos los climas: tropicales, subtropicales, templados, fríos, es decir en todos aquellos ámbitos de temperaturas comprendidas entre 4 a 60 grados centígrados, donde existan los elementos indispensables para su existencia: material orgánico y agua. Las setas de gran consumo han sido tradicionalmente poco conocidas. Se calcula

que solamente un 5 por ciento de los hongos existentes en el mundo son conocidos científicamente. Se ha estudiado un número pequeño de hongos de los cientos de miles de especies existentes. De ellos solamente unas decenas de especies son usadas normalmente con fines gastronómicos o medicinales. El conocimiento de los hongos es milenario y su estudio sistematizado tuvo comienzo en los últimos años y está todavía por desarrollar. No hay más de un par de decenas de especies que sean comercializadas en el mundo (Pineda,1998).

Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus*, tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa. Estos tipos de hongos son considerados como agentes primarios de descomposición porque son capaces de utilizar los desechos de las plantas en su forma natural sin que hayan sido sujetas a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica. La utilización de los materiales lignocelulósicos como fuente para la producción de hongos comestibles representa una amplia posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano partiendo por lo general de materia prima de desecho de bajo costo (Sánchez y Royse, 2002).

Pueden ser organismos unicelulares o pluricelulares, eucarióticos, productores de esporas, carentes de clorofila, heterótrofos, se reproducen tanto sexual como asexualmente y usualmente son filamentosos, ramificados, con estructuras somáticas llamadas hifas y típicamente rodeados de paredes celulares. Las hifas son tubos largos y finos, por lo que tienen una gran superficie externa. Esto

constituye una gran ventaja para los hongos, ya que obtienen su alimento absorbiendo materia orgánica desde el exterior a través de las paredes celulares (Cubas, 2007). Incluidos en este reino se encuentran los champiñones u hongos con forma de concha (setas), mildéus polvosos, mohos del pan, levaduras, morillas y trufas, por nombrar algunos (Suárez Arango, 2010).

Los hongos constituyen un grupo muy numeroso de organismos (se han descrito aproximadamente 500.000, pero se estima que pueden existir entre 1 y 1,5 millones de especies) que presentan una amplia distribución en la naturaleza, contribuyendo a la descomposición de la materia orgánica y participando en los ciclos biológicos (Valenzuela, 2012).

En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo, que se encuentra bajo el suelo, está formado por unos filamentos llamados hifas que pueden ser unicelulares (con sucesión de núcleos). Al conjunto de todas las hifas es a lo que se le llama micelio. El micelio es el que se encarga de absorber las sustancias minerales del suelo para alimento del hongo.

El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (a la que comúnmente se la llama hongo), es su aparato reproductor. Los micelios reproductores crecen hacia la superficie externa del medio y son los encargados de formar los organelos reproductores (endosporios) para la formación de nuevos micelios. Los micelios

vegetativos se encargan de la absorción de nutrientes, crecen hacia abajo, para cumplir su función. (Chang et al, 1997).

2.3.1. Ciclo reproductivo

Los hongos se reproducen por medio de esporas, cuando las condiciones son favorables la espora germina, surgiendo de ella una primera hifa, por cuya extensión y ramificación se va constituyendo un micelio. La velocidad de crecimiento de las hifas de un hongo es verdaderamente espectacular: En un hongo tropical llega hasta los 5 mm por minuto. Las esporas de los hongos se producen en esporangios, ya sea asexualmente o como resultado de un proceso de reproducción sexual.

En este último caso, la producción de esporas es precedida por la meiosis de las células, de la cual se originan las esporas mismas. Las esporas producidas a continuación de la meiosis se denominan meiosporas. Como la misma especie del hongo es capaz de reproducirse tanto asexual como sexualmente, las meiosporas tienen una capacidad de resistencia que les permite sobrevivir en las condiciones más adversas, mientras que las esporas producidas asexualmente cumplen sobre todo con el objetivo de propagar el hongo con la máxima rapidez y con la mayor extensión posible. El micelio vegetativo el cual no cumple con las funciones reproductivas, tiene un aspecto muy simple, porque no es más que un conjunto de hifas dispuestas sin orden. La fantasía creativa de los hongos se manifiesta sólo

en la construcción de cuerpos fructíferos, los cuales, como indica el nombre, sirven para portar los esporangios que producen las esporas (micología, 2014).

2.3.3.1. Estructura de los hongos

La mayoría de los hongos están constituidos por finas fibras que contienen protoplasma, llamadas hifas (Figura 3). Éstas a menudo están divididas por tabiques llamados septos. En cada hifa hay uno o dos núcleos y el protoplasma se mueve a través de un diminuto poro que ostenta el centro de cada septo. No obstante, hay un filo de hongos, que se asemejan a algas, cuyas hifas generalmente no tienen septos y los numerosos núcleos están esparcidos por todo el protoplasma. Las hifas crecen por alargamiento de las puntas y también por ramificación. La proliferación de hifas, resultante de este crecimiento, se llama micelio. Cuando el micelio se desarrolla puede llegar a formar grandes cuerpos fructíferos, tales como las setas y los pedos o cuescos de lobo. Otros tipos de enormes estructuras de hifas permiten a algunos hongos sobrevivir en condiciones difíciles o ampliar sus fuentes nutricionales. Las fibras, a modo de cuerdas, del micelio de la armilaria color de miel (*Armillaria mellea*), facilitan la propagación de esta especie de un árbol a otro. Ciertos hongos forman masas de micelio resistentes, con forma más o menos esférica, llamadas esclerocios. Éstos pueden ser pequeños como granos de arena, o grandes como melones.

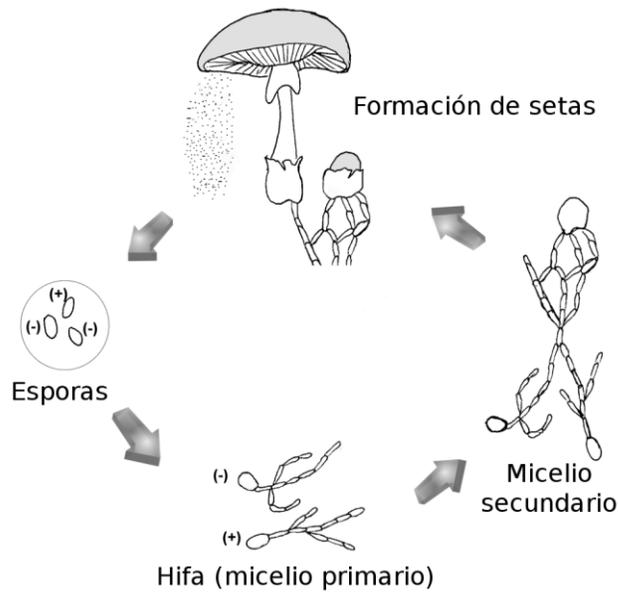


Figura 3. Formación de hifas y micelio en macromicetos

Fuente: Educamadrid (n.d.)

2.4. Clasificación de los hongos

2.4.1. Chytridiomycota

Grupo formado principalmente por hongos acuáticos microscópicos, aunque algunos pueden crecer también sobre materia orgánica en descomposición u organismos vivos como gusanos, insectos, plantas y otros hongos. En este caso, las esporas, llamadas "zoosporas", poseen flagelos que les permiten moverse en medios líquidos (Inbio, (N.D.)). Son los únicos que presentan esporas flageladas (con un flagelo posterior, liso). Debido a esto, tradicionalmente se han estudiado con oomicetos y afines. En su mayoría son saprofitos, aunque los hay parásitos de plantas, animales y hongos. Suelen darse en hábitats acuáticos y suelos, y muchos de ellos son microscópicos. También hay especies anaerobias, que viven

en el intestino de mamíferos herbívoros. Asimismo, existen especies marinas. Su papel como descomponedores de quitina, queratina, celulosa y hemicelulosa parece ser muy importante, aunque se trata de un grupo fúngico que pasa desapercibido en los estudios habituales, por culpa de inadecuadas técnicas de muestreo. Existen fósiles de quítridos desde el Devónico; probablemente es un grupo que se separó relativamente temprano del resto de hongos verdaderos, y cabe la posibilidad de que sea polifilético (Sánchez, 2017).

2.4.2. Zygomycota

Compuesto por hongos microscópicos que pueden desarrollarse sobre materia orgánica en descomposición, aunque también se pueden encontrar en el tracto digestivo de algunas especies de artrópodos, como los insectos INBIO (N.D.).

Zygomycota contiene aproximadamente 1% de las especies descritas de hongos verdaderos (~ 900 especies descritas; Kirk et al., 2001). Los representantes más conocidos incluyen los moldes de rápido crecimiento que encontramos en las fresas en mal estado y otras frutas con alto contenido de azúcar. A pesar de que estos hongos son comunes en los ecosistemas terrestres y acuáticos, rara vez son vistos por los seres humanos porque son de tamaño microscópico. El crecimiento colonial y las estructuras reproductivas asexuales sirven como base taxonómica para su clasificación. Se estudiaron después de su aislamiento y cultivo en diversos medios de agar.

Zygomycota, como todos los hongos verdaderos, puede producir paredes celulares que contienen quitina. Crecen principalmente como micelio, o filamentos de células largas llamados hifas. A diferencia de los llamados 'hongos superiores' que comprenden a Ascomycota y Basidiomycota que producen regularmente micelios septados, la mayoría de los Zygomycota forman hifas que son generalmente cenocíticas porque carecen de paredes transversales o septos. Hay, sin embargo, varias excepciones y tabiques se pueden formar a intervalos irregulares a lo largo de las partes más antiguas del micelio o están espaciadas regularmente en dos órdenes hermanos de Zygomycota, la Kickxellales y Harpellales (Tolweb, 2007).

2.4.3. Ascomycota

Es el grupo más grande. Estos hongos poseen formas muy variadas: de copa, botón, disco, colmena y dedos, entre otras. Agrupa una gran cantidad de hongos patógenos de plantas y animales y aquellos que crecen sobre alimentos, además algunos que se pueden encontrar sobre cuero, tela, papel, vidrio, lentes de cámaras, paredes, etc.

La característica principal, además de su forma, es la presencia de estructuras reproductoras microscópicas llamadas ascas, que dan origen a las esporas. Las ascas están formadas por una célula especializada con forma de saco en cuyo interior se forman las esporas. A las esporas producidas por los ascos también se les llama ascosporas. Los líquenes pertenecen al reino de los Hongos porque

tienen el mismo tipo de reproducción y el 99% de las especies conocidas pertenecen al Filo Ascomycota (Ascolíquenes) y solamente 1% al Filo Basidiomycota INBIO (N.D.)

Los Ascomicetos presentan hifas dicarionticas fibuladas, su reproducción sexual es por medio de ascosporas y la asexual por conidiosporas.

La reproducción sexual es gametangial, realizándose una fusión de núcleos compatibles (cariogamia) y una posterior división nuclear reduccional (meiosis) en una célula llamada célula asca madre. El asca es una estructura en forma de bolsa, que contiene las meiosporas, las cuales se forman después de la meiosis y, generalmente posteriores divisiones ecuacionales (mitóticas) de los núcleos, llamadas todas ascosporas. Las ascas pueden formarse o no en los órganos productores de esporas (ascocarpos) dependiendo de la especie. La reproducción sexual en ascomicetos termina con la formación de ascas y ascosporas. En ocasiones las ascas pueden quedar aisladas unas de otras, pero en la mayoría de los casos se agrupan en cuerpos fructíferos especiales, microscópicos o macroscópicos, llamados ascocarpos, delimitados o cubiertos por una capa o pared de hifas estériles. (Miles y Chang 1999).

Los ascomicetos son cosmopolitas; viven en los medios más diversos, saprobios, parásitos y simbiontes, son de gran importancia científica y práctica. El micelio, es tabicado en forma de moho; en el caso de que se formen cuerpos fructíferos, éstos se presentan rodeados de capas o de paredes plectenquimatosas estériles;

con frecuencia pasan por una fase dicariótica, pero esta es de vida corta y de extensión limitada, y se desarrolla entre las fases haploide y diploide; no existen células flageladas. Los saprobios en muchos casos son cosmopolita, se encuentran ampliamente distribuidos en toda la tierra, siempre que existan las condiciones propicias para su desarrollo: humedad, sustancias nutritivas y temperaturas apropiadas. Se encuentran en suelos donde abunda el humus, así como en troncos, ramas, raíces y hojas en descomposición. Los parásitos se encuentran en muy variados organismos atacan diversas plantas, entre ellas a las cultivadas de importancia económica. Muchos ascomicetes son simbióticos, como los que se asocian con las algas formando los líquenes. Otros constituyen micorrizas con plantas superiores como las especies del género *Tuber*, *Morchella* y *Helvella*. Los ascomicetos tienen una enorme importancia no solamente desde el punto de vista científico, sino especialmente económico. Al contaminar los diversos alimentos del hombre y los animales, causa desintegración y descomposición de los mismos, inutilizándolos para la alimentación (Herrera y Ulloa., 1990).

2.4.4. Basidiomycota

Incluye aquellos hongos con forma de sombrilla, de coral, las orejas de palo, los gelatinosos, globosos y algunas levaduras, entre otros. También incluye los que tienen aspecto polvoriento o como manchas y crecen sobre diversas estructuras de las plantas (flores, frutos, hojas, tallo o raíces). Algunos tienen importancia económica, como las royas y los carbones.

La mayoría de estos hongos produce un micelio bien desarrollado, con septos simples o doliporo, dependiendo del orden taxonómico. Usualmente es blanco, amarillo brillante o naranja, y a menudo se dispersa hacia el frente creciendo en forma de abanico, puede entretorse formando estructuras parecidas a cuerdas o raíces llamadas rizomorfos, resistentes a condiciones adversas como la falta de nutrientes o la humedad. En condiciones adversas pueden permanecer latentes hasta que las condiciones favorables para el crecimiento se presenten nuevamente. Comúnmente son producidos por muchas especies de hongos ectomicorrícicos y por varios descomponedores de la madera y son importantes no sólo en la dispersión de ciertas especies sino también en las actividades de exploración y acumulación de nutrientes (Sánchez y Royse, 2002).

El micelio también puede organizarse y formar tejidos durante la fase sexual de su ciclo reproductivo y dar origen a cuerpos fructíferos de formas muy diversas, que van de unos cuantos milímetros hasta varios metros. Pueden ser delgados, costrosos o gruesos y pueden presentar forma de seta, repisa, coral, estrella, falo o nido de pájaro. Pueden estar brillantemente coloreados o no, tener consistencia gelatinosa, cartilaginosa, papirosa, carnosa, esponjosa, corchosa, leñosa o cualquier textura. Los basidiocarpos pueden estar abiertos desde el principio, mostrando sus basidios tempranamente (Figura 4), abrirse en un estado tardío o aun permanecer completamente cerrados. En las especies cuyos basidiocarpos

permanecen cerrados, las esporas son liberadas solamente mediante la desintegración o ruptura de este (Deacon, 1997)

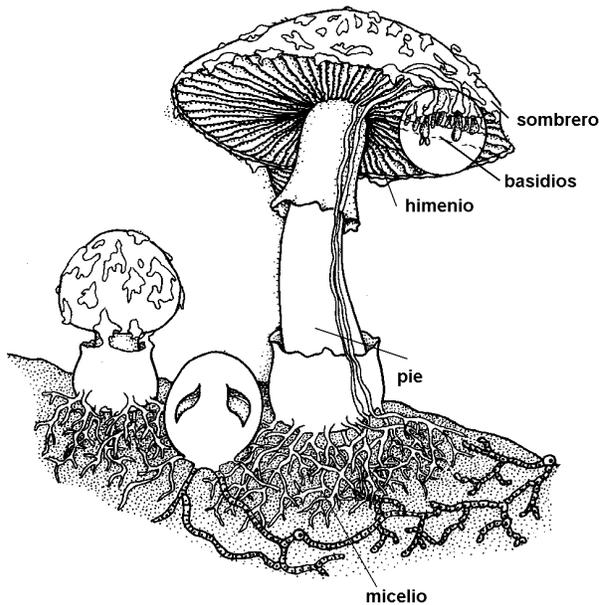


Figura 4. Basidios en hongos Basidiomicetos

Fuente: Educativa.catedu (n.d)

A nivel microscópico su característica principal es la presencia de estructuras reproductoras especializadas o basidios, las cuales dan origen a las esporas pero en forma externa, generalmente en grupos de cuatro, aunque en algunas especies pueden encontrarse dos y seis esporas por basidio. Las esporas se conocen como basidiósporas (Inbio , N.D.)

2.4.4.1. Ciclo de vida de los basidiomicetos

Los Basidiomicetes son hongos que generalmente producen cuerpos de fructificación fácilmente visibles al ojo humano (Chang & Miles, 1992). Están constituidos por una masa de filamentos, cada uno denominado hifa y el conjunto de hifas se denomina micelio. La reproducción se realiza por medio de la producción de esporas, aunque cualquier fragmento de hifa tiene la capacidad de propagarse (Figura 5). Las esporas dan origen a hifas tabicadas uninucleadas. Cuando dos filamentos de sexualidad distinta se ponen en contacto, forman una hifa binucleada, diploide (plasmogamia, sin fusión de núcleo).

El dicarion así formado, prolifera y cuando las condiciones ambientales son favorables ocurren diferenciaciones morfológicas y fisiológicas y dan origen al cuerpo de fructificación, conocido como basidiocarpo o carpóforo.

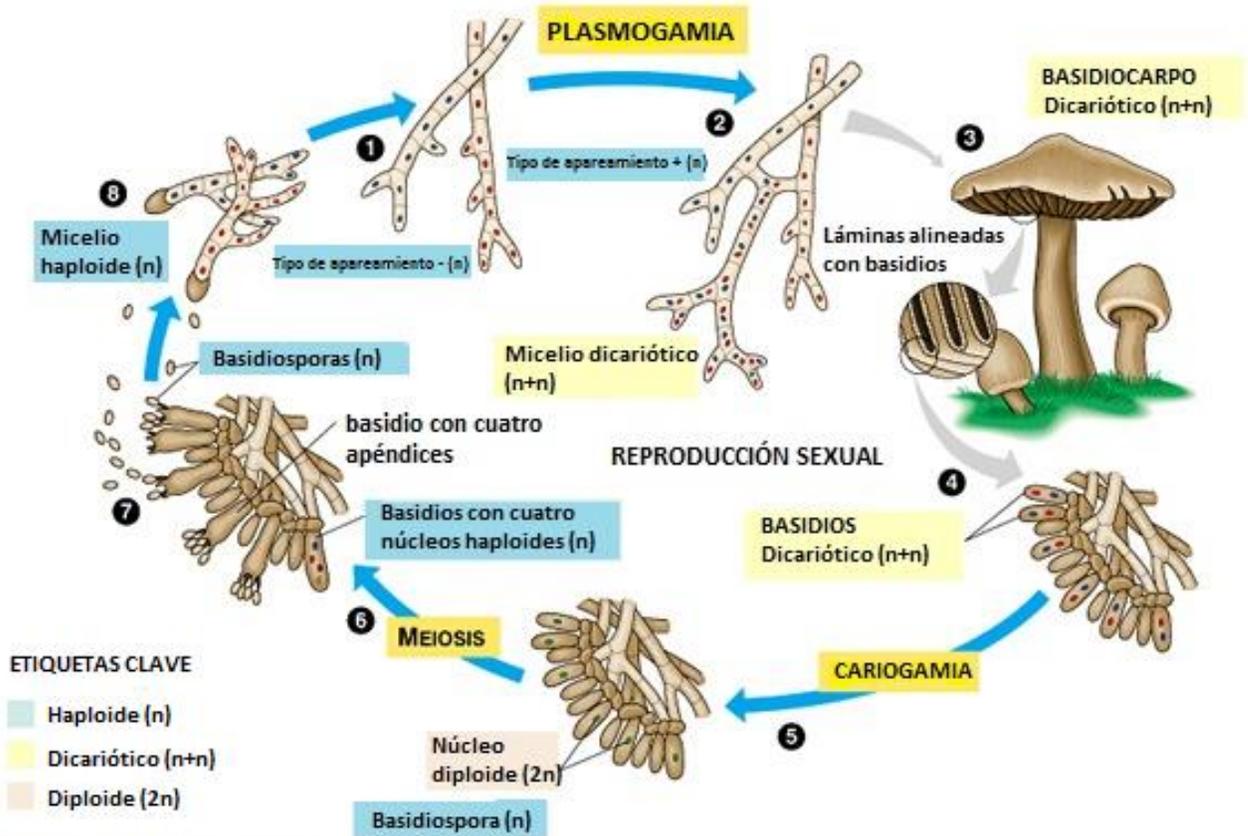


Figura 5. Ciclo de vida de un Basidiomiceto

Fuente: Biomiami.edu (n.d)

En algunas células fértiles del himenio, se produce la fusión de los núcleos (cariogamia) e inmediatamente sufren la meiosis, dando origen a cuatro núcleos; cada uno de ellos migra a un filamento que se ha formado en el extremo de la célula o basidio, se rodea de una membrana formando las basidiósporas que reproducirán el ciclo nuevamente (Ferri, 1985). En el desarrollo de los hongos, se distinguen dos fases conocidas como estadio vegetativo y estadio reproductivo o de fructificación. El estadio vegetativo se refiere al desarrollo del micelio y el reproductivo a la formación del basidiocarpo. Durante la colonización del sustrato,

se secretan enzimas extracelulares que degradan la materia orgánica transformándola en compuestos orgánicos solubles que son absorbidos por las hifas. El crecimiento del micelio resulta de una fusión de hifas, generando una asociación entre la hifa y el sustrato, que proporciona un fuerte soporte físico necesario para la formación del cuerpo de fructificación (estadio reproductivo). El estadio reproductivo está condicionado a variaciones de factores físicos como el descenso de la temperatura y el aumento de humedad (Chang y Miles, 1989).

La mayoría de los basidiomicetes puede utilizar los compuestos de la madera para su crecimiento, porque poseen un sistema enzimático que los hace capaces de degradar las fuentes complejas de carbono tales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, mostrando un importante papel en el reciclaje de la biomasa forestal y agroindustrial. Los hongos son absortrofos, por lo que absorben los nutrientes necesarios para su crecimiento desde el sustrato en el cual se están desarrollando.

El sustrato disponible para el hongo debe ser reducido a sustancias solubles de bajo peso molecular que atraviesen la pared y el plasmalema para ser metabolizados en el interior de la célula. Las hifas secretan enzimas extracelulares (exoenzimas, tales como celulasas, hemicelulasas, lacasas, manganeso y lignina peroxidasas) y ácidos orgánicos que pueden degradar moléculas orgánicas complejas (celulosa, hemicelulosa y lignina), obteniendo moléculas más pequeñas, solubles que son fácilmente absorbidas por las hifas a través de la

pared y membrana celular. Estos procesos requieren la presencia de agua extracelular, la cual es el principal limitante de la actividad fúngica (Alexopoulos *et al.*, 1996; Ferri, 1985).

Dentro de los Basidiomicetes se agrupa a las especies según su capacidad de degradación específica del sustrato. Es posible considerar a los hongos como: a) de *podrición castaña* a aquellos que degradan la celulosa y la hemicelulosa alterando parcialmente la estructura de la lignina sin su degradación definitiva, quedando la madera de color marrón (también conocida como pudrición cúbica), y b) los hongos de *podrición blanca* que degradan la lignina, la celulosa y la hemicelulosa. Estos hongos degradan los tres componentes a la misma velocidad (ataque simultáneo) o hacen una degradación selectiva de la lignina y la hemicelulosa, en este caso la madera adquiere un color blanquecino (Jennings, 1995).

2.5. *Pleurotus ostreatus*

El hongo *Pleurotus ostreatus* pertenece a la clase de los basidiomicetes, del orden de los Himeniales, es un hongo comestible, también llamados hongos superiores; son considerados hongos de pudrición blanca que facilitan la biodegradabilidad de los sustratos lignocelulósicos en alimentos con un agradable sabor, también tiene la propiedad de producir importantes metabolitos que sirven para la nutrición y para ciertas terapias, a pesar de que es ajeno al proceso de fotosíntesis, este

hongo conserva la proteína en un rango considerable de tiempo y espacio incluso es superior a otras fuentes de proteína animal, la tecnología empleada para permitir el desarrollo del hongo es simple, y se puede utilizar diversos substratos orgánicos; que pueden ser cosechados en regiones de clima tropical (Auquilla & Auquilla, 2012).

Los hongos Pleurotus obtienen los materiales necesarios para su nutrición en el proceso de degradación que realizan a los compuestos formados por lignina y celulosa, por lo que les es posible desarrollarse sobre madera o materiales similares a este, a diferencia de otras especies de hongos, que necesitan que el substrato del cual se van a alimentar esté parcialmente degradado (Donoso,1999).

Estos grupos de organismos forman parte del grupo de pudrición blanda y pueden crecer sobre una gran variedad de desechos agrícolas. Presenta seis especies lignícolas, los cuerpos fructíferos son solitarios o agrupados, macizos, carnosos en forma de concha o ménsula, el pie es céntrico o lateral, a menudo muy reducido o rudimentario, láminas decurrentes, esporada blanca lilácea (Ardón, 2007).

2.5.1. Descripción taxonómica

En la naturaleza se encuentran varios reinos, en los cuales se dividen los diferentes organismos, dependiendo de sus características biológicas. Los hongos pertenecen al reino fungí; ellos son organismos heterótrofos, eucariotas y

filamentosos que en general son multicelulares. Las Orellana (*Pleurotus* spp.) hace parte de éste reino.

REINO: Fungi

DIVISIÓN: Basidiomycota

CLASE: Agaricomycetes

ORDEN: Agaricales

FAMILIA: Pleurotaceae

GÉNERO: *Pleurotus*

ESPECIE: *P. ostreatus*.

Los nombres comunes son Orellana, Oyster, Gírgola, Champiñón Ostra, Oreja de palo, Ostión, Shiratake y Hiarake. El *Pleurotus* es un hongo comestible gastronómicamente de primera calidad, su color es crema o castaño, con olor y sabor agradable, se dice que 200gr de Orellana reemplazan un trozo de carne, su proteína es digestible en un 80 % (Bayona, 2012).

2.5.2. Descripción morfológica

El sombrero es de 5 – 12 cm de anchura, agrupado, superpuesto, convexo, en forma de ostra, liso, variable en color desde el gris azulado al tostado (Figura 6). En la parte inferior del sombrero hay unas láminas 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 y oblicuo, blanco, con el principio de las laminillas en la parte de arriba y algo peloso en la base, es de 2 – 3 cm. de longitud, 1.5 – 2 cm. De grosor, corto, grueso, lateral, pubescente, blanco, las láminas son decurrentes, espaciadas, blanquecinas (Sánchez y Royse, 2001).

Pueden crecer en 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 algo fuerte tierno al principio y después correoso. El hábitat es en grupos superpuestos sobre tocones erectos o caídos; otoñales pero puede hallarse en otras épocas del año (Sánchez y Royse, 2001).

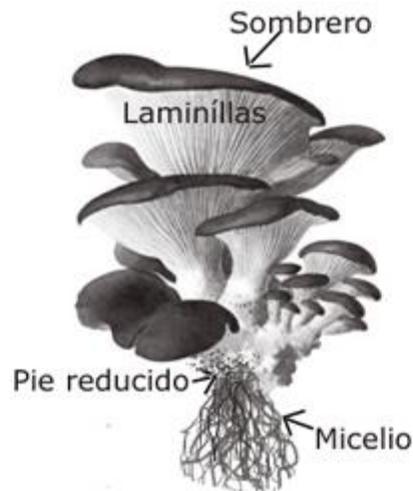


Figura 6. Partes de una seta de *Pleurotus ostreatus*

Fuente: Invernaderos Greenhouse (2009)

2.5.3. Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*

El hongo *Pleurotus ostreatus* presenta un patrón de sexualidad heterotálico, es decir; no son autofértiles, ya que para su reproducción requiere de la unión de dos micelios monocarióticos compatibles; por lo cual el micelio producido por la germinación de una basidiospora no puede dar origen al desarrollo de los cuerpos fructíferos. Además, es tetrapolar (también conocido como bifactorial) ya que forma 4 esporas, cada una con un juego de caracteres genéticos o dos pares de factores A y B; de modo que al fusionarse por el proceso de plasmogamia (unión de dos micelios) los micelios que se producen forman un cigoto tetrafactorial, dando las posibles combinaciones para cada gen (A1B1, A2B2, A1B2 y A2B1).

El ciclo de vida del hongo inicia cuando las basidiosporas son liberadas, éstas germinan y dan origen a un micelio monocariótico (también llamado primario u homocariótico) haploide, que al encontrarse con otro micelio compatible ocurre la plasmogamia o fusión de dos micelios monocariones compatibles, para dar origen a un micelio dicarion (llamado también secundario o heterocariótico), con dos núcleos haploides sexualmente compatibles. Bajo condiciones ambientales óptimas, el dicarion produce el primordio; posteriormente se desarrolla el cuerpo fructífero para formar el píleo, el estípite y el himenio el cual está formado por las láminas. En el himenio se lleva a cabo la cariogamia y la meiosis para la formación de los basidios y las basidiosporas y cuando las basidiosporas son liberadas y

encuentran las condiciones adecuadas para su germinación, el ciclo de vida se reinicia (Raper, 1978) (Figura 7).



Figura 7. Ciclo de vida de *Pleurotus ostreatus*

Fuente: Invernaderos Greenhouse (2009)

2.5.4. Composición química

Los hongos comestibles constituyen una importante fuente de nutrientes y compuestos bioactivos. Poseen el doble de contenido de proteína que la mayoría de los vegetales, teniendo muchos de ellos los nueve aminoácidos esenciales. Además, son ricos en leucina y lisina, ausente en la mayoría de los cereales. *Pleurotus ostreatus* no es la excepción. En la tabla 2, se muestra la composición química de dicha seta, la cual, es importante por sus aportes proteicos y otros componentes de relevancia para el ser humano.

Tabla 3.

Composición química del hongo Pleurotus ostreatus

Agua	92.20%
Materia seca	7.80%
Cenizas	9.50%
Grasas	1.00%
Proteínas bruta	39.00%
Fibra	7.50%
Fibra cruda	1.40%
Nitrógeno total	2.40%
Calcio	33mg/100g
Fósforo	1.348mg/100g
Potasio	37.93mg/100g
Hierro	15.20mg/100g
Ácido ascórbico (vitamina c)	90-144mg/100g
Tiamina (vitamina B1)	1.16-4.80mg/100g
Niacina (vitamina B5)	46-108.7mg/100g
Ácido Fólico	65mg/100g

Fuente: Romero y colaboradores (2000)

Los hongos como *P. ostreatus* poseen cantidades no despreciables de minerales tales como K, P, Mg, Cu, Zn y Se, superando en este aspecto a la carne de pescado y vitaminas tales como, riboflavina, niacina, tiamina, ácido fólico y ácido ascórbico. Además tienen bajas calorías y constituyen una buena fuente de fibras y carbohidratos (Chang *et al.*, 1993; Chang, 1996; Mattila *et al.*, 2001). Podríamos ubicar entonces al valor nutritivo de los hongos comestibles entre los vegetales y las carnes.

El reconocimiento de *P. ostreatus* se ha dado debido a su valor como fuente de proteína, el cual es casi igual al del maíz, la leche y las legumbres juntas; se

estima que los hongos tienen un contenido de proteína aproximado a dos veces más alto que la mayoría de los vegetales. (Gil, 2010)

Cabe destacar que la composición nutricional varía dependiendo de la cepa, composición del sustrato y estado de desarrollo de los cueros de fructificación (Silva *et al.*, 2007; Valencia del Toro *et al.*, 2006; Shashirekha *et al.*, 2005).

2.5.5. Factores que influyen en el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*

2.5.5.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes. Son de gran interés las temperaturas extremas en la determinación de la distribución de las especies en la naturaleza. Un incremento de la temperatura generalmente incrementa la actividad enzimática. Las altas temperaturas inactivan las enzimas que influyen en el metabolismo y consecuentemente en el crecimiento (Chang, y Miles, 1984).

La mayoría de los hongos son mesófilos; crecen a temperaturas moderadas en un intervalo de 10 a 40°C, estando la óptima entre 25 y 35°C. para fines prácticos la mayoría de los hongos crecen bien a temperatura ambiente (Deacon., 1990).

2.5.5.2. Humedad Relativa

La humedad relativa se presenta como un factor determinante el rango ideal está comprendido entre 70 y 75%, también influye mucho la humedad del sustrato, la

cual debe ser la adecuada para que se facilite la nutrición del hongo.(Auquilla & Auquilla 2012)

2.5.5.3. Contenido de Humedad y Tamaño de Partícula

El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no será propicio y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento de *Pleurotus* spp. El contenido óptimo de humedad depende no solo de la especie de hongo que se cultiva, sino también del tipo de sustrato utilizado. En efecto, cada sustrato tiene una capacidad de retención de agua diferente y esto hace que la humedad óptima para el crecimiento sea diferente. El contenido de humedad no solo afecta la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire. A niveles excesivos esto se vuelve una limitante para la respiración del hongo (Sánchez& Royse, 2001).

El tamaño de partícula afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona con la accesibilidad a los nutrientes, al agua y al aire por parte de las hifas del hongo. Los tamaños de partícula muy pequeños dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del sustrato y el acceso del hongo a los nutrientes (Sánchez & Royse, 2001).

2.5.5.4. Concentración de oxígeno y Bióxido de Carbono

Los componentes gaseosos de la atmósfera de mayor importancia en la biología de las setas son el oxígeno y el dióxido de carbono. En el manejo de un galpón de cultivo, la aireación debe ser un asunto de constante consideración. Las especies de hongos son organismos aeróbicos y es importante tener el nivel de oxígeno adecuado para el sembrado de los micelios. El crecimiento vegetativo puede aumentar cuando el nivel de dióxido de carbono aumenta ligeramente, como ocurre normalmente en áreas confinadas debido a las actividades respiratorias del micelio. En la respiración aeróbica, el micelio descompone los carbohidratos del sustrato hasta convertirlos en CO₂ y H₂O. Mientras un incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera normal (ca. 0,03 % a 0,1–0,5 %) puede tener el efecto estimulador, recién mencionado, sobre el crecimiento micelial, La aireación del sitio de cultivo puede ser manejada para prevenir características no deseadas en algunas especies o para lograr una característica deseada en otro (Miles y Chang, 1999).

2.5.5.5. pH

Para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, se han citado rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH. Con un óptimo entre 5 y 6. Este valor sin embargo suele variar entre cepas y especies. Así que los sustratos ácidos (pH 4), inhiben el desarrollo de *P. ostreatus* y *P. eryngii* y que estos hongos encuentran un pH óptimo en un rango entre 5.5 y 6.5 (Sánchez Vásquez, 1994).

2.5.5.6. Luz

La luz no es un factor crítico que afecte el crecimiento o producción de cuerpos fructíferos. Sin embargo, algunos investigadores consideran que el cultivo de este hongo es necesaria la luz para la formación primordios y su posterior crecimiento. Aun así, lo cierto es que dentro de su hábitat natural crece normalmente en la oscuridad. Algunas especies de color claro tienden a oscurecerse al ser expuestas a la luminosidad intensa (Rajarithnam y Bano, 1987)

3. METODOLOGÍA

3.1. Localización

Esta investigación se realizó en la Estación Ecológica las Guartinajas ubicada en el corregimiento de Pasacaballos, municipio de Tierralta, Córdoba (8°3'40" N, 76°8'90" W). La zona fue parte de la explotación de material para la construcción del actual embalse de la Hidroeléctrica URRÁ SA, donde se estableció en 1998 en un área de 17 ha un proyecto de restauración ecológica destinada a la conservación de la biodiversidad, a través del rescate de flora y fauna (Fundación Biozoo, 2007) (Figura 8). Se cataloga como un área de bosque húmedo tropical bh-T, caracterizada por presentar 487 especies de plantas correspondientes a 97 familias propias de la zona de inundación del proyecto hidroeléctrico.

Esta área se encuentra organizada en diversos estratos, presentando plantas en los niveles herbáceos, arbustivos, dosel y emergente (Fundación Biozoo, 2007).

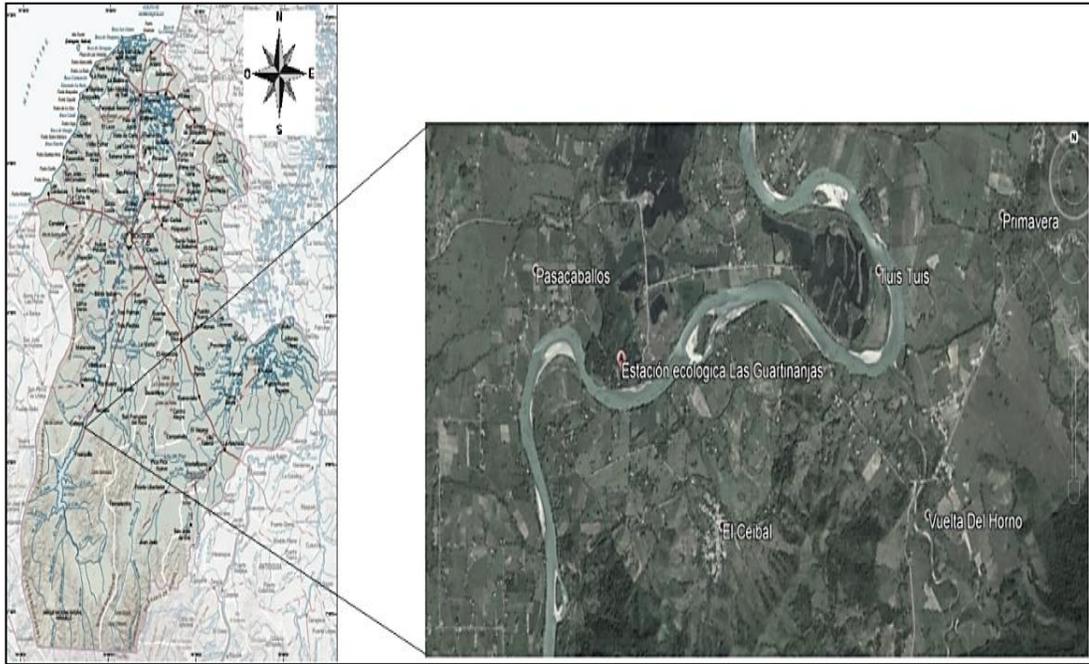


Figura 8. Ubicación geográfica del área de estudio (Fuente: IGAC y Google Earth)



Figura 9. Mapa de la Estación Ecológica Las Guartinajas.

- **3.2. Establecimiento del mejor sustrato en el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus*.**

- **3.2.1. Incubación y siembra en el sustrato**

Se elaboraron bloques de 1.0 Kg de cada uno. Los sustratos se colocaron en bolsas plásticas transparentes con capacidad para 1,5 kg y se sembraron con 50 gr del inóculo preparado (5%). Una vez inoculados, se les colocó un respiradero de gasa previamente esterilizado para favorecer la aireación. Los sustratos se incubaron a 27°C y en total oscuridad, hasta que el micelio cubra todo el material.

Las bolsas sembradas se trasladaron a una zona de incubación con oscuridad a una temperatura entre 25-28 °C. Cada bolsa tenía en la parte superior un tapón de plástico con gasa estéril, para facilitar la respiración del micelio. Posterior al cubrimiento del micelio en el sustrato, se trasladaron los bloques al invernadero. Luego de la aparición de los primordios, se procedió a realizar cortes longitudinales de aproximadamente 5cm en las bolsas que recubrían los bloques. En este proceso fué importante el riego de los bloques tres veces por día.

Luego del crecimiento de los carpóforos se realizó la cosecha manual y se pesaron en un peso digital.



Figura 10. Bloques cubiertos por el micelio después de 21 días de incubación.

3.2.2. Incubación

Las bolsas sembradas se trasladaron a una zona de incubación con oscuridad a una temperatura entre 25-28 °C. Cada bolsa tenía en la parte superior un tapón de plástico con gasa estéril, para facilitar la respiración del micelio. Posterior al

cubrimiento del micelio en el sustrato, se trasladaron los bloques al invernadero. Luego de la aparición de los primordios, se procedió a realizar cortes longitudinales de aproximadamente 5 cm en las bolsas que recubrían los bloques. En este proceso es importante el riego de los bloques tres veces por día.

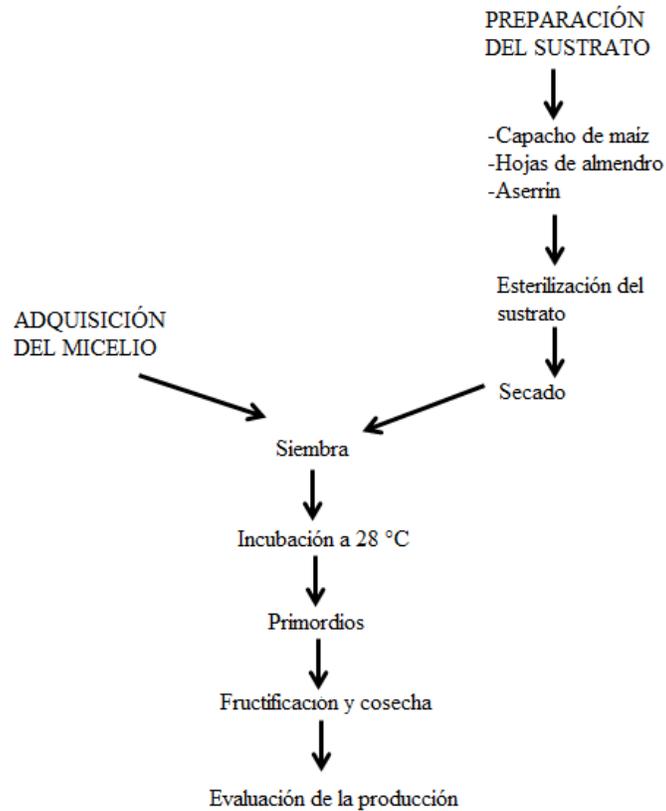


Figura 11. Diagrama de flujo para la evaluación de la producción de cuerpos fructíferos

Fuente: Modificado de Guzman y colaboradores (1993)

Luego del crecimiento de los carpóforos se realizó la cosecha manual y se pesaron en un peso digital. (Figura 14)



Figura 12. Pesaje de los cuerpos fructíferos

- **3.3. Analizar estadísticamente los datos experimentales obtenidos.**

3.3.1. Eficiencia biológica.

La producción de cuerpos fructíferos se determinó en términos de eficiencia biológica. Para calcular la eficiencia se dividió el peso del hongo fresco para el peso seco del sustrato por 100 para definir la eficiencia en porcentaje.

$$\text{Eficiencia Biológica} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100$$

Según establece en esta tecnología que los rendimientos deben ser superiores al 10%, la eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40% lo cual determina entre otros aspectos, que sea factible económicamente.

3.4. Determinación del rendimiento de los sustratos utilizados en la producción de *Pleurotus Ostreatus*

3.4.1. Rendimiento.

Es la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato húmedo}} \times 100$$

3.5. Análisis estadístico

3.5.1. Diseño Experimental

Para evaluar el capacho de maíz (*Zea mais*), las hojas deshidratadas de almendro (*Terminalia cattapa*) y aserrín, como sustratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* se utilizó el diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales. Se utilizó el software IBM SPSS Statistics.

El modelo estadístico lineal para este diseño experimental es:

Donde:

$i = 1, 2 \dots k$ tratamientos.

$j = 1, 2 \dots n$ repeticiones.

Y_{ij} = Magnitud de la variable de respuesta obtenida en la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

t_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

e_{ij} = Error aleatorio asociado a la j -ésima repetición en el tratamiento i -ésimo.

3.5.2. Tratamientos

Los materiales vegetales evaluados fueron el capacho de maíz, hojas de almendro y aserrín. Estos se evaluaron en forma pura y en combinaciones entre sí (mezclas), para un total de 6 tratamientos. Se utilizaron 4 repeticiones por tratamiento. La composición porcentual de los tratamientos se indica la tabla 3.

Tabla 4.

Proporción de los sustratos en cada uno de los tratamientos

Tratamientos	Código	Sustrato 1 MAÍZ	Sustrato 2 ASERRIN	Sustrato 3 ALMENDRO	PROPORCIÓN
Tratamiento1	M	100%	0%	0%	1:0
Tratamiento2	A		100%		0:1
Tratamiento3	AL			100%	1:0
Tratamiento4	AL-A		50%	50%	05:05
Tratamiento5	M-A	50%	50%		05:05
Tratamiento6	AL-M	50%		50%	05:05

Para garantizar independencia del error experimental, uno de los supuestos del análisis de varianza del diseño experimental utilizado, la distribución de las unidades experimentales en el espacio físico de la sala de fructificación (Vivero experimental), se realizó de manera aleatoria. En la tabla 4 se indica la ubicación de las unidades experimentales.

Tabla 5.

Ubicación aleatoria de las unidades experimentales

UBICACIÓN	1	2	3	4	5	6
1	M	ALA	A	MA	ALM	AL
2	MA	A	ALM	ALA	AL	M
3	AL	MA	M	ALM	A	ALA
4	ALM	M	MA	AL	ALA	A

M (Maíz 100%), A (Aserrín 100%), AL (Almendro 100%), ALA (Almendro50%-Aserrín 50%), MA (Maíz 50%-Aserrín 50%) y ALM (Almendro50%-Maiz50%).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la producción de la cepa comercial *Pleurotus ostreatus* cultivada en los diferentes sustratos

4.1.1. Obtención del micelio y preparación de sustratos

El pH del medio de cultivo donde crece un hongo tiene una influencia directa sobre éste porque incide sobre el carácter iónico del medio e influye directamente sobre las proteínas de la membrana y sobre la actividad de las enzimas ligadas a la pared celular, es decir que afecta su metabolismo: si el pH del sustrato donde crece un hongo no es adecuado, aunque las condiciones de temperatura y nutrientes sean óptimos, el crecimiento se verá afectado (Sanchez y Royse, 2001)

El micelio obtenido comenzó su proceso de crecimiento en las semillas de maíz al día 11 de siembra con una temperatura de 28°C y en total tardó 29 días en

abarcar todas las semillas. Suarez (2010) encontró que el trigo es el mejor cereal para la producción de semilla (spawn) en todos los géneros de hongos evaluados para el crecimiento micelial. Se dio una rápida y homogénea infección de los granos. En cuatro semanas, las bolsas fueron completamente colonizadas y el micelio era denso. Evidentemente entre los granos de maíz y de trigo existen por lo menos cinco días de diferencia en el crecimiento del micelio. En el cultivo y comercialización de hongos comestibles los días de incubación marcan la diferencia para su rentabilidad.

El tiempo de corrida del micelio es el tiempo que tarda el hongo en colonizar el sustrato que se puede evidenciar con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque.

Después de colonizadas las semillas y sembradas en el sustrato se evidenció el crecimiento micelial pasados quince días. La compactación del micelio en el tratamiento 1 (Maíz 100%) se dio a los 29 días de sembrado, en el tratamiento 2 (Aserrín100%) se dio a los 30 días, en el tratamiento 5 (Maiz 50%-Aserrín 50%) se dio a los 25 días y en el tratamiento 3 (Almendra 100%), el tratamiento 4(Almendra 50%-Aserrín 50%), el tratamiento 6 (Almendra 50%-Maiz50%) no hubo compactación total del sustrato, sin embargo si hubo una compactación parcial de alrededor del 10 % los primeros 10 días. Romero et al (2010) encontraron que los sustratos de paja de frijol y rastrojo de maíz no desarrollaron

fructificaciones pasados 22 días después de la siembra, puesto que, sus estadios requirieron más de 28 días de incubación y 3 días más para su etapa adulta.

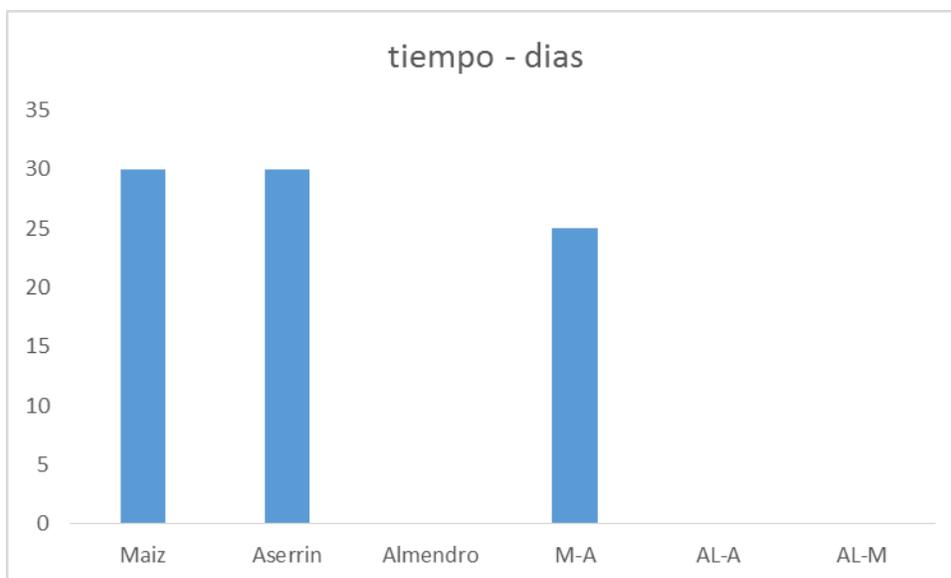


Figura 13. Tiempo promedio de corrida de micelio en los sustratos

Luego de la siembra de las semillas en los sustratos, se evidencio el crecimiento micelial pasados alrededor de 15 días aproximadamente, la compactación total del micelio en el tratamiento 1 (capacho de Maíz 100%) se evidencio a partir del día 29 de sembrado, en el tratamiento 2 (Aserrín 100%) se dio a partir del día 30 y en el tratamiento número 5, es decir la combinación (50% capacho de maíz- 50% Aserrín) se dio la compactación total a partir del día 31 de sembrado.

Según Suarez (2010) encontró que el trigo es el mejor cereal para la producción de semilla en todos los géneros de hongos evaluados para el crecimiento micelial.

En los sustratos numero 3 (100% Almendro), 4 (50% Almendro- 50% Aserrín) y 6 (Almendro 50%- Aserrín 50%) se evidenció la compactación del micelio de aproximadamente el 10% desde el día 9 hasta el día 18, sin embargo, a partir del día 20 se evidenció la muerte total del micelio en los 3 tratamientos.

Según Iriarte (2003) el hongo *Pleurotus ostreatus* utiliza su variedad enzimática para degradar y adaptarse a los sustratos, su maquinaria enzimática es compleja, lo que le permite degradar polímeros grandes como lignina, celulosa y hemicelulosa principales componentes del maíz y aserrín.

Entre los componentes químicos del Almendro encontramos la corilalagina, geranina, glucosa, gratanina y tercataina principalmente por lo tanto la variedad enzimática del hongo *P. ostreatus* le es difícil descomponer y adaptarse a los componentes de este sustrato, lo cual pudo ser la razón por la cual el micelio no pudo compactarse satisfactoriamente.

Se debe tener en cuenta que la concentración de carbono y nitrógeno del residuo influye en el tiempo de corrida del micelio, puesto que el hongo utiliza principalmente el carbono como fuente de energía y el nitrógeno para formar componentes celulares y nuevas células, aumentando así su población para la colonización del micelio (Escobar, 2002). Todo esto lleva a suponer que el tiempo de corrida del micelio es directamente proporcional a la concentración de carbono con respecto al nitrógeno del residuo utilizado.

Hay que tener en cuenta que la biodegradabilidad de estos residuos agroindustriales también es función del contenido relativo en biomoléculas

fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, grasas, proteínas, almidón, hemicelulosa y celulosa) y componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles), por ende el hongo tiene que utilizar su variedad enzimática para degradar y adaptarse al sustrato utilizándolo como fuente de carbono. *Pleurotus ostreatus* posee una maquinaria enzimática muy compleja que le permite degradar polímeros grandes como lignina y celulosa que componen en mayor proporción estos residuos evaluados (Iriarte, 2003).

4.1.2. Cosecha

En el tratamiento 1 (M) aparecieron los primordios al día 29 y se cosecharon el día 34 (Figura 16). En el tratamiento 2 (A) aparecieron los primordios al día 30 y se cosecharon el día 34. En el tratamiento 5 (M-A) la aparición de primordios se dio a los 31 días y se cosecharon a los 35 días. En los tratamientos 3 (AL), 4 (AL-M) y (AL-A) se evidenció la muerte del micelio a los 9 días impidiendo la fructificación. Garzón y Cuervo (2008) registraron la aparición más rápida de primordios en las mezclas de café con o sin aserrín junto con el bagazo de la caña de azúcar y/o el tallo de maíz, con formación de primordios entre 31 a 34 días después de la inoculación.



Figura 14. Aparición de primordios tratamiento 1



Figura15. Muerte de micelio Tratamiento 3

En total se obtuvieron 1,792 gramos, distribuidos así: 634 gramos en tratamiento 1 (M-Maíz 100%), 578 gramos en el tratamiento 2 (A- Aserrín 100%), 0 gramos en el tratamiento3 (AL- Almendro) 0 gramos en el tratamiento 4 (AL- A 50%

Almendo- 50% Aserrín) 580gramos en el tratamiento 5 (M-A 50% Maiz- 50% Aserrín) y 0 gramos en el tratamiento 6 (AL-M 50% Almendo- 50% Maiz). En los tratamientos 3, 4 y 6 se evidenció la muerte del micelio.

El tratamiento número 1 (Maíz 100%) presentó la mayor producción de carpóforos con un total de 634 g colectados, seguido del tratamiento 5 (combinación Maíz 50%- Aserrín 50%) del cual se obtuvieron 580 g de carpóforos y por último el tratamiento 2 (Aserrín 100%) con un total de 578 g, esto, gracias a la compleja capacidad enzimática que posee *Pleurotus ostratus* para degradar los polímeros como la lignina, celulosa y hemicelulosa, resultados que coinciden con los reportados por Bermúdez y García (2007) quienes revelaron que los sustratos con mayor producción de *P. ostreatus* son aquellos que tienen mayor contenido de carbohidratos estructurales los cuales se encuentran en el aserrín y el maíz.



Figura 16. Primera cosecha tratamiento 2

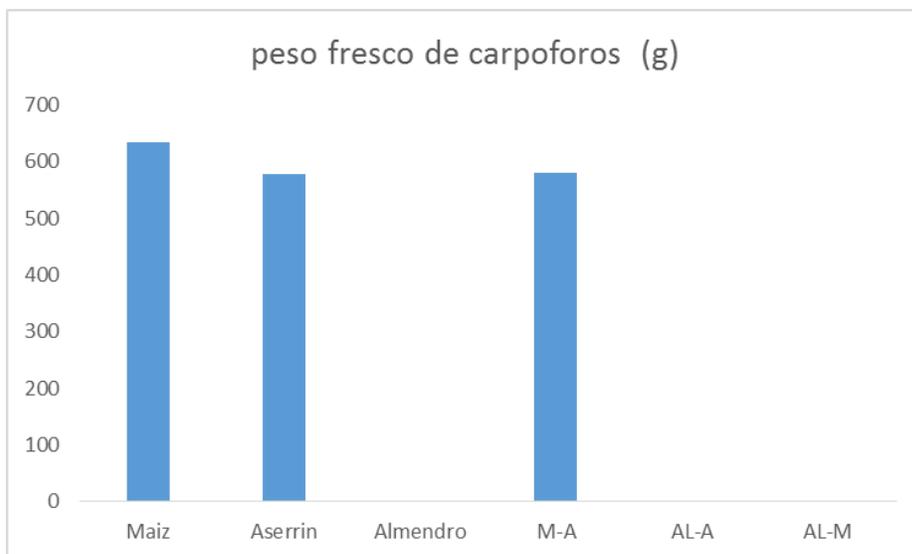


Figura17. Producción en peso fresco de carpóforos por tratamiento

4.2. Determinación de la eficiencia biológica de los sustratos utilizados en la producción de *Pleurotus Ostreatus*

4.2.1. Eficiencia biológica.

Con el rendimiento en peso fresco de carpóforos por unidad experimental y el peso seco de las unidades experimentales, se calculó la eficiencia biológica para cada tratamiento. La tabla 6 muestra la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* obtenida en las cuatro réplicas de cada uno de los tratamientos

Tabla 6.

Eficiencia biológica (EB), en porcentaje, para tratamientos

TRATAMIENTOS	CODIGO	REPETICIONES				SUMATORIA DE LAS EFICIENCIAS	MEDIA
		1	2	3	4		
T1	M (MAIZ 100%)	42,99	65,24	83,49	45,48	273,2	68,3
T2	A (ASERRIN 100%)	28,47	41,14	43,93	45,63	159,17	39,79
T3	AL (ALMENDRO)	0	0	0	0	0	0
T4	ALA (ALMENDRO 50%-ASERRIN50%)	0	0	0	0	0	0
T5	MA (MAIZ 50%-ASERRIN 50%)	61,27	50,19	63,94	47,93	240,33	60,08
T6	ALM (ALMENDRO50%MAIZ50%)	0	0	0	0	0	0

El análisis de varianza para esta variable de respuesta, no reveló diferencias significativas entre los tratamientos ya que el P-valor o Sig es igual a 0,121, el cual, es mayor que la probabilidad de error significativa al 0,05%. Por ende, no se rechazaría la hipótesis de una igualdad de medias. También se observa que el porcentaje de eficiencia biológica obtenida es proporcional al peso fresco generado en cada uno de los sustratos. La tabla 7 contiene el resumen del ANOVA realizado a los datos de eficiencia biológica.

Tabla 7.

Tabla ANOVA para Eficiencia Biológica

ANOVA					
Eficiencia biológica					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustratos	866,464	2	433,232	2,692	,121
Error	1448,244	9	160,916		
Total	2314,707	11			

Mediante un análisis descriptivo de determino que las menores eficiencias biológicas se presentaron en los tratamientos 3,4 y 6 con 0% cada uno, constituyendo el primer subconjunto. El tratamiento 2 con 39,79% con constituyó, el segundo subconjunto, seguido por el tratamiento 5 con 60,08% constituyendo el tercer subconjunto y finalmente el tratamiento 1 con 68,3% constituyendo el cuarto subconjunto. La eficiencia biológica debe alcanzar valores como mínimo del 40% ,lo cual determina, entre otros aspectos, que sea factible económicamente (Ramon y Ramon., 2012).

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento (Salmones et al. 1997). La eficiencia biológica del tratamiento 1(M-maíz) fue de 68,3%, superior a la reportada por Díaz y Carvajal (2014) donde obtuvieron una eficiencia biológica inferior al 40%,

empleando fibra de palma de aceite como sustrato. Romero et al (2010) reportaron eficiencia biológica de $67,77 \pm 9,1\%$, en el rastrojo de maíz, un valor menor que el reportado en ésta investigación.

Se evidencia que aunque el tratamiento 1 presenta un valor mayor, no existen diferencias significativas con respecto al tratamiento 5 pero si con el tratamiento 2. Los tratamientos T3, T4 y T6 son muy cercanos en cuanto a sus valores de eficiencia y no se pudo determinar debido a los resultados en ceros obtenidos durante el experimento.

Según Cardona, (2001) citado por Ríos et al., (2010), los bajos índices de eficiencia biológica se atribuyen al agotamiento de los nutrientes en el sustrato y la forma en que cada semilla los asimila, así como la procedencia de la misma, factores que influyen directamente sobre la producción de carpóforos.

4.3. Determinación del rendimiento de los sustratos utilizados en la producción de Pleurotus Ostreatus

4.3.1 Rendimiento

El rendimiento se calculó utilizando la siguiente fórmula

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato húmedo}} \times 100$$

El rendimiento representa la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo. En la tabla 9 se observa el rendimiento por tratamientos

Tabla 8.

Rendimiento de Pleurotus ostreatus en cada uno de los sustratos

TRATAMIENTOS	CODIGO	PESO DEL SUSTRATO HÚMEDO (en gr)				PESO FRESCO DEL HONGO POR REPETICIONES (en gr)					RENDIMIENTO (%)				PROMEDIO (%)
		1	2	3	4	1	2	3	4	PROMEDIOS	1	2	3	4	
T1	M	1182	1120	1085	1110	132	184	172	146	158,5	11	16	15	13	13%
T2	A	1204	1146	1300	1008	123	151	163	41	119,5	10	13	12	13	12%
T3	AL	1406	1373	1206	1195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	ALA	1326	1365	1402	1393	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	MA	1112	1100	1086	1075	182	133	149	116	145	16	12	13	10	12%
T6	ALM	1117	1233	1426	1385	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El análisis de varianza para esta variable de respuesta, reveló que no existen diferencias significativas entre los sustratos ya que el P-valor o Sig es igual a 0,521, el cual, es mayor que 0,05 (nivel de significancia). Por ende, se rechazaría la hipótesis de una igualdad de medias, es decir que en este caso el rendimiento es indiferente al sustrato utilizado, debido que se obtuvo rendimientos con porcentajes muy cercanos , además hay que tener en cuenta que de los 6 tratamientos propuestos solo 3 pudieron ser evaluados. La tabla 10 contiene el resumen del ANOVA realizado a los datos de Rendimiento.

Rodriguez y colaboradores (2008) para la evaluación del crecimiento de *P. ostreatus* en distintos residuos agroindustriales reportaron para el análisis de

Varianza respecto al rendimiento de los sustratos que tanto en los hongos en fresco como en los hongos salteados no existió diferencia significativa al comparar la aceptabilidad y palatabilidad dada al producto en todos los sustratos a la vez, indicando que las características de sabor y textura del carpoforo no varían por la composición de los sustratos.

4.5 Análisis estadístico

Tabla 9.

Tabla ANOVA para Rendimiento

ANOVA					
Rendimiento					
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Sustratos	6,167	2	3,083	,703	,521
Error	39,500	9	4,389		
Total	45,667	11			

A través de un análisis descriptivo se pudo determinar que los menores rendimientos se presentaron en los tratamientos 3, 4 y 6 con 0% cada uno, constituyendo el primer subconjunto. El tratamiento 2 y 5 con un rendimiento de 12% y 12%, respectivamente, constituyeron el segundo subconjunto. El tratamiento 1 con un rendimiento de 13% constituyó el tercer subconjunto. Según

establece esta tecnología los rendimientos deben ser superiores al 10% (Ramon y Ramon.,2012).

Ramón y Ramón (2012) obtuvieron el promedio de la eficiencia biológica, obtenida en la cascarilla de arroz alrededor del 60,25% con un rendimiento del 13,5%. En el bagazo de caña el promedio de la eficiencia biológica fue de 14,5% con un rendimiento del 4%. La producción de cuerpos fructíferos fue mayor en cascarilla de arroz que en bagazo de caña. Esto debido a la eficiencia y al rendimiento.

Fernandez et al (2014) Para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones ambientales y nutricionales controladas evaluaron los residuos agrícolas de capacho de uchuva (carbono 28,31 %; C/N 25,73; eficiencia biológica 76,10 %; rendimiento 39,03 kg/m²); cáscara de arveja (carbono 25;51 %; C/N 2,77; eficiencia biológica 68,60 %; rendimiento 35,18 kg/m²) y tuza de maíz (carbono 18,66 %; C/N 1,72; eficiencia biológica 56,70 %; rendimiento 29,08 kg/m²); obteniendo los mejores resultados para el capacho de uchuva, el cual presentó la mejor eficiencia biológica y un rendimiento superior a los otros sustratos. Los resultados resaltan que la relación C/N juega un papel esencial para el cultivo de este tipo de hongo.

5. CONCLUSIONES

- Se logró establecer que el sustrato más eficiente para el crecimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* fue Maiz al 100% (*Zea maiz*) con un total de 634 gramos obtenidos y una eficiencia biológica de 273,2 en un periodo de alrededor de 35 días, por lo tanto es factible llevar a cabo el cultivo de *P. ostreatus* utilizando como sustrato el capacho de Maiz solo o en porcentajes de 50%. Como ventajas ofrece un aprovechamiento de residuos subutilizados y por otro lado se emplea en la producción de un alimento alternativo. De igual forma, la implementación del cultivo de orellanas (*P. ostreatus*) reviste de importancia ambiental y farmacéutica debido a su capacidad de biodegradación de lignina y celulosa y a la producción de metabolitos secundarios como la lovastatina.
- La combinación de sustratos Maíz 50% -Aserrín 50% con 580 g de *Pleurotus ostreatus* obtenidos se establece como un buen sustrato para la producción, así se muestra como rentable y eficiente su utilización al momento de hacer cultivos de setas comestibles.
- El tratamiento Aserrín al 100% se establece como un sustrato óptimo para la producción y obtención del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* con un total de 570 g recolectados y un rendimiento del 12% por lo cual es factible realizar experimentos con este sustrato aprovechando la capacidad

degradadora de residuos lignocelulosicos lo que implica un importante proceso de bioconservacion.

- La metodología efectuada durante el desarrollo de la investigación es la apropiada para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* considerando rangos óptimos de temperatura, humedad 70% y luz durante el desarrollo.

6. RECOMENDACIONES

- Desarrollar cultivos de *Pleurotus ostreatus* a mayor escala que permitan el aprovechamiento y reducción de residuos agroindustriales, generando beneficios económicos y ambientales para el Departamento. Realizar investigaciones referentes al crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en otros sustratos, como en el caso de residuos agroindustriales que pueden ser de fácil obtención en el Municipio de Tierralta. Dentro de los sustratos recomendados se pueden citar: Cáscaras de coco (*Cocos nucifera*), cascarilla de algodón (*Gossypium* sp), cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y hojas de Yuca (*Manihot esculenta*).
- Realizar investigaciones referentes al crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en otros sustratos, como en el caso de residuos agroindustriales que pueden ser de fácil obtención en el Municipio de Montería. Dentro de los sustratos recomendados se pueden citar: Cáscaras de coco (*Cocos nucifera*),

cascarilla de algodón (*Gossypium* sp), cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y hojas de Yuca (*Manihot esculenta*).

- Debido a la actual situación de pandemia en la que se encuentra el país, no se logró desarrollar el último objetivo de este trabajo, el cual, pretendía capacitar a la comunidad de Tierralta, Córdoba en el proceso y producción del hongo *P. ostreatus*, por lo tanto, se recomienda desarrollar capacitaciones en el área de estudio sobre el aprovechamiento de los residuos agrícolas a partir del cultivo de especies de hongos comestibles y medicinales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, N. (2012). Evaluación del crecimiento de *Pleurotus pulmonarius* y *Pleurotus ostreatus* en dos sustratos bajo condiciones naturales en la granja el hangar del Municipio de Piedecuesta. Tesis para optar el grado de Profesional. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Pág 16.
- ALEXOPOULUS CJ, MIMS CW & BLACKWELL M. (1996). *Introductory Mycology*. 4 th edition. John Willy and Sons Inc., New York, pp. 860.
- ARDÓN L (2007). Producción de hongos comestibles, informe investigación, maestría docencia universitaria con especialidad en evaluación educativa. Facultad de humanidades, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- BAYONA, P. (2012). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de orellanas en Moniquirá Boyacá. Recuperado de <http://repository.ean.edu.co/bitstream/10882/2429/1/BayonaEslid2012.pdf>
- BLANCA, B. H., AZUCENA, T. D. Y., & ADRIANA, L. T. (2008). Utilización de residuos agroindustriales. *Revista Sistemas Ambientales*, 2(1), 44-50.
- BLASCO, G. AND GOMEZ, F. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). [online] uv.mx. Available at: https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf [Accessed 24 Jun. 2017].
- BOYER, C. D., & SHANNON, J. C. (1987). Carbohydrates of the kernel.
- BREENE, W.M.; (1990). Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. *Journal of Food Protection*: 10(53), 883-894.
- BIO.MIAMI.EDU. (n.d.). BIL 160 - Lecture 12. [online] Available at: http://www.bio.miami.edu/dana/160/160S09_12.html [Accessed 24 Oct. 2018].

- CAMACHO, S. et al (2003). Selección de sustratos para producir hongos setas (*Pleurotus ostreatus*). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. 2003, p. 25-46.
- CARDONA, L. (2001). Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*.16:99-115.
- CARRILLO, L. (2003). Microbiología Agrícola. Retrieved from <http://www.bio-nica.info/biblioteca/Carrillo2003Hongos.pdf>
- CHA, D. (1997). Oyster Mushroom–Cultivation Technology and Management [en línea]. 374p [Fecha de consulta: 11 Diciembre 2011]. Disponible en: < <http://redalyc.uaemex.mx/.html>. >.
- CHANG ST, BUSWELL JA & MILES PG. (1993). Genetics and Breeding of Edible Mushroom. Godon and Breach Science Publishers, Amsterdam, 324 pp. 44.
- CHANG, R. (1996). Functional properties of edible mushrooms. *Nutr. Rev.* 54: 91- 93.
- CHANG, S. T. (1998). Mushrooms Lectures. Mushroom biology, genetics and breeding , cultivation, nutritional and medicinal effects and perspectivas. The Chinese University of Hong Kong. Shatin. N. T. Hong Kong. Shatin. 206p.
- CHANG, S., & MILES, G. P. (2004). Mushrooms: Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effects and Environmental Impact (p. 436). Boca Raton, FL: CRC Press.
- CARRIÓN FARROÑAN, M. E., & CHAVESTA AYASTA, V. L. (2019). Formulación, caracterización y evaluación organoléptica de un filtrante a partir de las hojas de *Terminalia catappa* (Almendro).
- CUBAS. (2007). Hongos. aulados.net Sitio web: [http://www.aulados.net/Botanica/Curso Botanica/Hongos/31 hongos gener al texto.pdf](http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Hongos/31_hongos_gener_al_texto.pdf)

- DÍAZ, C. y CARVAJAL, E. (2014). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* cultivado en fibra de palma de aceite. @Limentech ciencia y tecnología alimentaria, [online]12(1),pp.6370.Availableat:http://ojs.unipamplona.edu.co/ojs_viceinve/s/index.php/ALIMEN/article/viewFile/934/650 [Accessed 25 Jul. 2018].
- DOELLE H W (1996^a). The role of MIRCENs in Technology Transfer. ASM News 62:334-335
- DONOSO, C. (1999) Influencia de la luz en la composición lipídica y proteica del *Pleurotus ostreatus* var. Florida, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador,.
- EDUCAMADRID.(n.d.).[online]Availableat:http://ies.juancarlosprimero.ciempozuelos.educa.madrid.org/departamentos/bg/rec_alumnos/ESO1/unidad_02/Unidad_2_Moneras_protocistas_y_hongos/3_el_reino_de_los_hongos.html [Accessed 24 Oct. 2018].
- E-DUCATIVA.CATEDU.ES. (n.d.). 3. Reino Hongos. [online] Available at: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/750/961/html/3_reino_hongos.html [Accessed 24 Oct. 2018].
- EL CULTIVO DEL HONGO SETA (*Pleurotus ostreatus*). (2018). Retrieved from <http://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/el-cultivo-del-hongo-seta-pleurotus.html>
- ESCOBAR, J. (2002). Programa Especial de Seguridad Alimentaria en coordinación INTECAP-FAO-PESA. Cooperación Española. Jovotan. [Consulta: 26 May. 2005] http://www.fao-sict.un.hn/documentos_interes/19_permacultura_aplicada.pdf
- ESPINOZA, R.M.; (1997). Podría utilizarse la celulosa de pañales desechables para el cultivo de hongos comestibles. Vida Universitaria: Azcapotzalco, México: 12, 1-2
- FAO (1993). El maíz en la nutrición humana - Composición química y valor nutritivo del maíz. [online] Available at: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s03.htm> [Accessed 28 Jun. 2017].

- FERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, F., RUILOVA-CUEVA, M., & HERNÁNDEZ-MONZÓN, A. (2014). Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. Tecnología Química, vol. XXXIV(núm. 2), pp.128-136. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/4455/445543782005.pdf>
- FERRI, F. (1985). *I Funghi: Micologia, Isolamento, Coltivazione*. Edagricole, Bologna, Italy, pp. 398.
- FOGEL, R. (1997). Hechos increíbles de los hongos: qué es un hongo (en línea). Trad. Por Anthony Santana. Michigan, US. Consultado 20 jun. 2000. Disponible en [http:// 141.211.110.91/kidpage/spanish/KingfactSP.htm](http://141.211.110.91/kidpage/spanish/KingfactSP.htm).
- FRANCISCO, J.; GEA, A. (2011). Cultivo de setas *Pleurotus*. Rev. Tecnología Agroalimentaria. Albacete, España. Num. 9: pp. 41-48.
- GARZÓN J, CUERVO J. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas 6(10):101-236,
- GIL HERNANDEZ, A. (2010) tratado de nutrición tomo II. Composición y calidad nutricional de los alimentos. 2ª ed.Madrid Medicinapanamericana.D.L recuperado de <http://books.google.es/books?id=hcwBJ0FNvqYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- GUZMÁN, G. ; MATA G.; SALMONES D.; SOTO-VELAZCO C. Y GUZMÁN-DÁVALOS L.(1993). El cultivo de los hongos comestibles. Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agroindustriales. I.P.N. México, D.F. 245 pp
- HERNÁNDEZ, L. AND VIT, P. (2009). El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional. [online] Saber.ula.ve. Available at: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30260/3/ff2009_iiplatano.pdf [Accessed 24 Jun. 2017].

- HERRERA T. Y ULLOA M. (1990). El reino de hongos, micología básica y aplicada, Universidad Nacional Autónoma de México, fondo cultura económica.hongos0.htm
- INBIO.AC.CR.(N.D.). Clasificación de los Hongos. [online] Available at: <http://www.inbio.ac.cr/papers/hongos/clasificacion.htm> [Accessed 30 Mar. 2017].
introduc.htm.
- INVERNADEROS GREENHOUSE (2009). EL CULTIVO DEL HONGO SETA (*Pleurotus ostreatus*). [online] Available at: <http://los-invernaderos.blogspot.com/2010/09/el-cultivo-del-hongo-seta-pleurotus.html> [Accessed 24 Oct. 2018].
- JENNINGS, DH. (1995). The physiology of fungal nutrition. Cambridge University Press. 622p. Cambridge. British Lybrary.
- JULIANO, O. (1994). El arroz en la nutrición humana. Instituto internacional de investigación sobre el arroz (FAO). Roma. 178p.
- JURADO, P., MUTUBERRÍA, J. F., OLIVER, N., CHARADIA, R., BRÜL, S. P., & GARCÍA, M. C. (2003). Diseño de un proceso de aprovechamiento integral de residuos agroindustriales. In Jornadas SAM/CONAMET/simposio materia (pp. 1-4).
- KETIKU, AO (1973). Chemical composition of unripe (green) and ripe plantain (*Musa paradisiaca*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 24(6):703-707.
- LANDRY, J., & MOUREAUX, T. (1982). Distribution and amino acid composition of protein fractions in opaque-2 maize grains. *Phytochemistry*, 21(8), 1865-1869.
- MATTILA P, KÖ NKÖ K, EUROLA M, PIHLAVA JM, ASTOLA J, VAHTERISTO L, HIETANIEMI V, KUMPULAINEN J, VALTONEN M & PIIRONEN, V. (2001). Contents of vitamins, mineral elements, and some

phenolic compounds in cultivated mushrooms. J. Agric. Food Chem. 49: 2343-2348.

- MILES P G & CHANG S T. (1997). Biología de las setas: fundamentos básicos y acontecimientos actuales. Hong Kong: World Scientific 1997. 133 pp.
- MILES, P. Y CHANG, S. (1999). Biología de las setas- Fundamentos básicos y acontecimientos actuales. Editorial World Scientific.
- MOREIRAS, O., CARBAJAL, A., CABRERA, L., CUADRADO, C. (2011) Tablas de composición de Alimentos. ed. Piramide (España).
- ORTAS, L. (2008). AGRIGAN S.A. [online] Rdu-demo.unc.edu.ar. Available at:
<https://rdudemo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1> [Accessed 28 Jun. 2017].
- PERRY LM. (1980) Medicinal plants of East and Southeast Asia - attributed properties and uses. Boston:Institute of technology Press,:80.
- PINEDA, J. (1998). Setas: una tradición milenaria (en línea). La Mancha, España, El Bosque Ulili. Consultado 14 ago 2000. Disponible en <http://www.ctv.es/USERS/jpineda/>
- PUTZKE, J., LÒPEZ, M. (1998). Los reinos de los fungís. Vol. 1, 1998, 606.
- RAJ, D. AND ANTIL, R. S. 2011. Evaluation of maturity and stability parameters of compost prepared from agro-industrial wastes. Biores. Technol. 102:2868-2873.
- RAMÓN, P., & RAMÓN, D. (2012). Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo pleurotus ostreatus var. florida. (Pregrado). Universidad Politécnica Salesiana.
- ROMERO, O, HUERTA, M, DAMIÁN, M, MACÍAS, A, TAPIA, A, PARRAGUIRRE, J, & JUÁREZ, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de Pleurotus Ostreatus con el uso de hoja de plátano (Musa

paradisiaca l., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos Agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63. Retrieved June 11, 2018, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005&lng=en&tlng=en.

- ROMERO, O, HUERTA, M, DAMIÁN, M, MACÍAS, A, TAPIA, A. M, PARRAGUIRRE, J F.C, & JUÁREZ, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus Ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca l., cv. Roatan*) deshidratada, en relación con otros sustratos Agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63. Retrieved February 13, 2018, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100005&lng=en&tlng=es.
- RUILOVA-CUEVA, M., & HERNANDEZ-MONZÓN, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. *ICIDCA. Sobre Los Derivados De La Caña De Azúcar*, vol. 48(núm. 1), pp. 54-59.
- SALMONES D; GAYTAN, R; PÉREZ, R; GUZMÁN, G. (1997). Interacción entre crecimiento micelial y productividad (en línea). Bilbao, España. *Revista Iberoamericana de Micología*14:173-176. Consultado 9 oct. 1999. Disponible en <http://www.reviberoammicol.com/1997-14/173176.pdf>
- SÁNCHEZ, E. (2017). Los quitridos. [online] Ual.es. Available at: <http://www.ual.es/GruposInv/myco-ual/quitris.htm> [Accessed 30 Mar. 2017].
- SÁNCHEZ, E. y ROYSE, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. San Cristóbal de las Casas, Chiapas: Noriega Editores,. p. 21, 64, 87, 190, 197, 198, 201, 202.
- SÁNCHEZ, J. E., & ROYSE, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Mexico: Noriega Editores.
- SÁNCHEZ, JE; ROYSE, D. (2002). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México, D. F.,MX, Noriega Editores. 290 p.

- SANTOS V. (2000). Contribuição ao Estudo da Produção de *Pleurotus* spp. em Resíduos Lignocelulósicos. Dissertação de Mestrado. 200. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 141p.
- SAVAL, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. 2016, de Instituto de Ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, México, D.F. 04510. Site web: http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2012_2/Saval_Residuosagroindustriales.pdf
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (SAG). (2003). Manual Técnico para el Cultivo de Arroz. [online] Available at: <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf> [Accessed 7 Jun. 2018].
- SHARMA, B. L.; SINGH, S. P. AND SHARMA, M. L. (2012). Bio-degradation of crop residues by *Trichoderma* species vis-à-vis nutrient quality of prepared compost. *Sugar Tech.* 14(2):174-180.
- SHASHIREKHA MN, RAJARATHNAM S & BANO Z. (2005). Effects of supplementing rice straw growth substrate with cotton seeds on the analytical characteristic of the mushroom, *Pleurotus florida* (Block & Tao). *Food Chem.* 92: 255-259.
- SILVA GE, SOUZA DÍAZ E, SIQUEIRA FG & SCHWAN RF. (2007). Chemical analysis of fructification bodies of *Pleurotus sajorcaju* cultivated in several nitrogen concentrations. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 27: 72-75.
- STEINECK, H. (1987). *Cultivo Comercial del Champiñón*. Zaragoza. Ed. Acribia. 142p
- SUÁREZ ARANGO, C (2010). Obtención in vitro de micelio de hongos comestibles, shiitake (*Lentinula edodes*) y orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) a partir de aislamientos de cuerpos fructíferos, para la producción de semilla. (pregrado), Universidad Nacional de Bogotá, Bogotá, Colombia.

- SUÁREZ ARANGO, C. (2010). Obtención In Vitro De Micelio De Hongos Comestibles, Shiitake (*Lentinula edodes*) Y Orellanas (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) A Partir De Aislamientos De Cuerpos Fructíferos, Para La Producción De Semilla. Doctorado. Universidad Nacional De Colombia.
- TOLWEB.ORG. (2007). Zygomycota. [online] Available at: <http://tolweb.org/Zygomycota> [Accessed 7 Apr. 2017].
- TORNO MOLINA, R. (1996). Lecciones hipertextuales de botánica; los hongos; generalidades (en línea). España. Consultado 14 jul. 1999. Disponible en <http://www.unex.es/botanica/>
- VALENCIA DEL TORO, G, CASTELÁN VEGA, R, GARÍN-AGUILARME & LEAL LARA H. (2006). Biological quality of proteins from three strains of *Pleurotus* spp. *Food Chem.* 94: 494–497.
- VALVERDE, A., SARRIA, B., & MONTEAGUDO, J. P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et technica*, 1(37).
- REYES J., “Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera”. Carrera de Química, Quito. 2013.
- ZHAO, P. (1998). Effect of potassium fertilizar on the yels and the quality of *Pleorotus ostratus*. En: *Acta Edulis. Siyongun Xuevau* (China). Vol. 5(4): 42-47