

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE  
*Pleurotus ostreatus* EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA CASANARE

LUZ FRANCY GUZMAN URREGO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

PROGRAMA DE AGRONOMIA

ACACÍAS

2018

EVALUACIÓN DE DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE  
*Pleurotus ostreatus* EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA CASANARE

LUZ FRANCY GUZMAN URREGO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar  
El título de Agrónomo

Director: Jorge Oswaldo Barrera Amaya

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE AGRONOMIA  
ACACÍAS

2018

## **DEDICATORIA**

### **Dedico este trabajo a:**

Dios primeramente por ser la luz de esperanza que me guía en todo momento de mi vida, me da la fortaleza para sacar adelante mis proyectos, a mi querida madre Luz Marina Guzmán que ha partido a la eternidad dejando un gran vacío en mi corazón, a toda mi familia por su apoyo incondicional, quienes hicieron parte fundamental en este proceso tan importante de mi vida.

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios por darme la capacidad, la salud y la fortaleza para llevar a feliz término este proceso de formación y adquisición de conocimientos, a mi familia que con paciencia y sacrificio me apoyaron y de esta manera continuar esta etapa de mi vida.

De igual manera, agradezco a la tutora ADRIANA DIAZ, por su tiempo y conocimientos. A mi asesor el ING. Jorge Oswaldo Barrera Amaya, al Ing. Fidel Mesa Arguello, al Coordinador de la línea de investigación de la Universidad Nacional Abierta y A distancia UNAD, al Dr. Oscar Olarte y al grupo docente del CEAD – Acacias, por compartir sus conocimientos en temas relacionados en mi proceso de formación quién con sus consejos, sugerencias y orientación, hicieron un aporte significativo a este ciclo educativo.

**Agradezco a la Universidad Abierta y a Distancia UNAD, CEAD ACACIAS, por la formación académica que me permitió optar a este título.**

## Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	<b>14</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>15</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
4.1 OBJETIVO GENERAL	16
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>5. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
5.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL GÉNERO <i>PLEUROTUS SP.</i>	16
5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS SETAS	17
5.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	18
5.4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> (KUMM, 2017)	18
5.4.1 SOMBRERO	19
5.4.2 CUTÍCULA	19
5.4.3 PIE	20
5.4.4 HIMENÓFORO	20
5.4.5 ANILLO	21
5.4.6 VOLVA	21
5.5 CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA EL DESARROLLO DE LAS SETAS	22
5.5.1 TEMPERATURA	22
5.5.2 CONCENTRACIÓN DE IONES HIDRÓGENO (PH)	22
5.5.3 AIREACIÓN	22
	5

5.5.4 AGUA	22
5.5.5 LUZ	22
<b>5.6 PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LAS SETAS</b>	<b>23</b>
5.6.1 PROTEÍNAS	23
5.6.2 CARBOHIDRATOS	23
5.6.3 LÍPIDOS	23
5.6.4 VITAMINAS	24
5.6.5 MINERALES	25
<b>5.7 PROPIEDADES MEDICINALES DE LAS SETAS</b>	<b>25</b>
<b>5.8 PAPEL EN LA NATURALEZA DE LOS HONGOS COMESTIBLES</b>	<b>26</b>
<b>5.9 BENEFICIOS AMBIENTALES DEL GÉNERO <i>PLEUROTUS SP.</i></b>	<b>27</b>
<b>5.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE <i>PLEUROTUS SP.</i></b>	<b>27</b>
5.3.1 SELECCIÓN DEL SUSTRATO	27
5.3.2 CASCARILLA DE ARROZ COMO SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	28
5.3.3 RESIDUOS FORESTALES COMO SUSTRATO PARA <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i>	29
5.3.4 PASTEURIZACIÓN DEL SUSTRATO	29
5.3.5 SIEMBRA	30
5.3.5 INCUBACIÓN	30
5.3.6 FRUCTIFICACIÓN	31
5.3.7 COSECHA	31
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>32</b>
<b>6.1 LOCALIZACIÓN</b>	<b>32</b>
<b>6.2 METODOLOGÍA</b>	<b>32</b>

6.2.1 PREPARACIÓN DEL SUSTRATO	32
6.2.2 SIEMBRA	33
6.2.3 INCUBACIÓN	34
6.2.4 FRUCTIFICACIÓN	34
6.2.5 COSECHA	34
<b>6.3 CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA</b>	<b>35</b>
<b>6.4 DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>36</b>
<b>6.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO</b>	<b>36</b>
6.5.1 DETERMINACIÓN DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO	37
<b><u>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b><u>38</u></b>
<b><u>8. CONCLUSIONES</u></b>	<b><u>43</u></b>
<b><u>9. RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>10. BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b><u>45</u></b>
<b><u>11. ANEXOS</u></b>	<b><u>51</u></b>

## LISTAS ESPECIALES (lista de gráficos, ilustraciones, tablas)

Tabla 1. Taxonomía del hongo comestible Orellana ( <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	18
Tabla 2. Variación de eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	28
Tabla 3. Resultados de las variables fenológicas (precocidad y tiempo de cosechas en el cultivo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	29
Tabla 4. Mezcla de tratamientos realizados .....	33
Tabla 5. tratamientos realizados.....	36
Tabla 6. Variables ambientales.....	37
Tabla 7. Componentes de rendimiento.....	38
Tabla 8. Peso en gr de los 5 tratamientos en 3 cosechas.....	39
Tabla 9. Comparación de precios de los diferentes productos por bultos.....	40
Tabla 10. Variación de eficiencia biológica del cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	41
Tabla 11. Resultados de las variables fenológicas (precocidad de cosechas en el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> ).....	42
Figura 1. Morfología de una seta.....	19
Figura 2. Infraestructura para el cultivo de Orellana <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	35
Figura 3. Eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	41
Figura 4. Precocidad y tiempo de cosecha de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	43
Fotografía 1. Preparación de sustratos. ....	51
Fotografía 2. Mezcla de ingredientes y embolsado. ....	51
Fotografía 3. Semilla de hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	52
Fotografía 4. Embolsado y sellado del sustrato con el hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> . Fuente: autores. .....	52
Fotografía 5. Periodo de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> , 5 tratamientos con las 3 repeticiones. ....	53
Fotografía 6. 8 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos.	

Fuente: Autores. ....	53
Fotografía 7. 15 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos. Fuente: Autores.....	54
Fotografía 8. 22 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos. Fuente: Autores.....	54
Fotografía 9. 33 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos. Fuente: Autores.....	55
Fotografía 10. 42 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos. Fuente: Autores.....	55
Fotografía 11. 42 días de incubación del hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> en los diferentes sustratos. Fuente: Autores.....	56

## GLOSARIO

**Alcalino.**- Nombre dado a los productos básicos. (issus, 2009 )

**Análisis térmico.**- un conjunto de técnicas analíticas que estudian el comportamiento térmico de los materiales.

**Anticuerpo.**- sustancia defensora (proteína) sintetizada por el sistema inmunológico como respuesta a la presencia de una proteína extraña (antígeno) que el anticuerpo neutraliza.

**Antibiótico.**- literalmente destructor de la vida. Término que comprende todas las sustancias antimicrobianas independientemente de su origen, ya sean derivadas de microorganismos (bacterias, hongos) de productos químicos sintéticos o de ingeniería genética.

**Anticuerpo.**- sustancia defensora (proteína) sintetizada por el sistema inmunológico como respuesta a la presencia de una proteína extraña (antígeno) que el anticuerpo neutraliza.

**Basidiomicetos.**-se aplica al hongo que se reproduce por basidios.

**Basidiocarpo.**- Cuerpo fructífero del hongo con basidios.

**Bioconversión.**-uso de organismos vivos a menudo microorganismos para llevar a cabo una reacción química que es más costoso o no viable químicamente.

**Biodegradable.**- Sustancia que puede descomponerse a través de procesos biológicos realizados por acción de la digestión efectuada por microorganismos aerobios y anaerobios. La biodegradabilidad de los materiales depende de su estructura física y química.

**Biotecnología.**- toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos.

**Cepa.**- en microbiología, conjunto de virus, bacterias u hongos que tienen el mismo patrimonio genético.

**Cultivo.**-actividad dedicada a cultivar hongos en un medio controlado, para producir alimentos, medicinas y otros productos.

**Enzima.**- catalizador biológico, normalmente una proteína, que mediatiza y promueve un proceso químico sin ser ella misma alterada o destruida. Son catalizadores extremadamente eficientes y muy específicamente vinculados a reacciones particulares.

**Especie.-** Término taxonómico natural para indicar la posición comprendida entre el género y la variedad. Tiene características propias o específicas.

## **Resumen**

La Orellana es un hongo cuyo consumo puede reemplazar algunos nutrientes que aportan los huevos, las carnes y la leche. Además se le atribuyen propiedades medicinales y se puede cultivar en casa a bajo costo, por lo que se perfila como el “alimento del futuro”. (carvajal, 2015)

Una de las principales ventajas de este hongo comestible es su cultivo, debido a que su manejo es de manera constante, por lo que durante todas las épocas del año se cuenta en producción. Este se puede preparar en múltiples presentaciones como lasañas, paellas, ensaladas, arroz mixto, cremas y revueltos con huevos, entre otras, y de todas las maneras como acostumbra a preparar el champiñón o cualquier tipo de carne.

Este hongo comestible es un producto que además de proveer un alimento nutritivo, puede también generar ingresos. “Es sostenible en todos los aspectos, los excedentes del cultivo de Orellana se comportan y con ellos se alimentan lombrices, transformándolos en un excelente abono (humus) para la agricultura.

Uno de los objetivos principales de esta investigación es establecer cual proporción del subproducto del cultivo de arroz (cascarilla). Y el subproducto maderable (aserrín) posee el mayor rendimiento y calidad nutricional para el cultivo de *P. ostreatus*.

La Orellana tiene un gran contenido proteínico y un bajo contenido de colesterol, las setas son una excelente fuente de varias vitaminas del complejo B, como la tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina b2), ácido nicotínico y ácido pantoténico. Las setas también contienen vitamina C y vitamina K. Las vitaminas A y E están presentes solamente en muy pequeñas cantidades. Los contenidos de vitamina D y niacina casi equivalen a los niveles encontrados en la carne de res y de cerdo, son de igual manera una rica fuente de minerales como hierro, potasio, fósforo, calcio y magnesio; entre otros; también contienen ácido fólico un ingrediente enriquecedor de la sangre que previene la deficiencia de los glóbulos rojos. (Roncero, 2015)

La Orellana desempeña un papel muy importante en la naturaleza, ya que reducen la acumulación de materia orgánica que se origina como residuos de cultivo de los diferentes productos agrícolas y evitan que estos se conviertan en fuentes de contaminación ambiental para proteger de esta manera, los recursos naturales, (agua, suelo y aire).

**Palabras Claves:** hongo, medicinales, alimento del futuro, comestible, compos, subproductos, materia orgánica, recursos naturales.

### **Summary**

Orellana is a fungus whose consumption can replace some nutrients that provide eggs, meats and milk. It is also attributed medicinal properties and can be grown at home at low cost, so it is outlined as the "food of the future."

The main advantage of this edible fungus is that its cultivation is constant, so that at all times of the year there is production. This can be prepared in multiple presentations like lasagna, paellas, salads, mixed rice, creams and scrambled eggs, among others, and in any way as is customary to prepare the mushroom or any type of meat.

This edible fungus is a product that besides proving a nutritious food, can also generate income. "It is sustainable at all prices, the surpluses of the Orellana crop are composting with them and feed on earthworms, transformed into an excellent fertilizer (humus) for agriculture.

One of the main objectives of this research is to establish what proportion of the byproduct of rice cultivation (husk). And the wood by-product (sawdust) has the highest yield and nutritional quality for the cultivation of. *Pleurotus ostreatus*

Orellana has a high protein content and a low cholesterol content, mushrooms are an excellent source of several B-complex vitamins, such as vitamin B1, riboflavin (vitamin B2), nicotinic acid and pantothenic acid. Mushrooms also have vitamin C and vitamin K. Vitamins A and S are present in very small amounts. The contents of vitamin D and niacin almost equal the levels found in beef and pork, are likewise a rich source of minerals like iron, potassium, phosphorus, calcium and magnesium; among others; also contains folic acid an enriching ingredient of the blood that prevents the deficiency of the red cells. (Benavides, 2013)

Orellana plays a very important role in nature, as they reduce the accumulation of organic matter that originates as the crop residues of different agricultural products and prevent them from becoming sources of environmental pollution to protect in this way, natural resources (water, soil and air).

**Keywords:** fungi, medicinal, food of the future, edible, compost, by-products, organic matter, natural resources.

## 1. Introducción

En las actividades agrícolas se generan muchos desechos de origen vegetal los cuales tienen cerca de un 70 % de celulosa y lignina, estos desechos agroindustriales con un alto contenido lignocelulósico presentan dificultad para degradarse, sin embargo, existen en la naturaleza gran cantidad de microorganismos que utilizan estos compuestos como fuente de nutrición y algunos de ellos son usados como alternativa para la alimentación mundial (Fernandez, 2014).

De las actividades agrícolas de los cultivos de arroz (*Oryza sativa*) y maderables en el municipio de Villanueva Casanare resultan desechos que si no son manejados adecuadamente, causan problemas ambientales y sociales, a su vez estos desechos orgánicos se evaluaron y manejaron para convertirlos en materias primas (sustrato) para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* como alternativa y desarrollar programas de seguridad alimentaria con altos valores nutricionales, con técnicas sencillas y económicas.

La humanidad se ha servido de los microorganismos por muchos años para su alimentación y aunque muchas personas no lo perciban o lo desconozcan, alguna vez en su vida han consumido alimentos donde los precursores son levaduras, bacterias y hongos.

En Colombia, el macromicete más conocido es el champiñón, sin embargo, en el mercado especializado, ya se comercializan otros tipos de setas, entre los que se encuentran las orellanas (*Pleurotus ostreatus*). Su importancia radica en sus propiedades nutricionales y medicinales, debido a su alto contenido en proteínas, fibra, vitaminas y carbohidratos, con bajo contenido de grasas, fundamental para una buena dieta alimenticia, (Benavides, 2013) constituyendo una alternativa para programas de seguridad alimentaria, debido a sus bajos costos de producción,

alto contenido proteico y su obtención en grandes cantidades en un corto lapso de tiempo (Deley, 2010).

Además, juegan un papel importante en los ecosistemas naturales, ya que gracias a su actividad enzimática reducen la acumulación de materia orgánica proveniente de los residuos de las actividades agrícolas de la región, disminuyendo las fuentes de contaminación ambiental, razón por la cual estos hongos pueden desarrollarse en una gran variedad de sustratos lignocelulósicos

## **2. Planteamiento del problema.**

El gran desarrollo que en los últimos años ha tenido la agricultura en el municipio de Villanueva Casanare, representada en grandes plantaciones de maderables (caucho, pino y eucalipto) palma africana y extensos arrozales, etc, generan grandes cantidades de desechos orgánicos (tamo de arroz, cascarilla de arroz, tuza de palma africana, etc), que sin una debida disposición alteran el ecosistema natural de la región, dando lugar a un problema ambiental y social.

De todos los géneros de las setas de consumo habitual, las orellanas que pertenece al género *Pleurotus*, son destacados por su contenido nutricional y por mejorar la salud humana y ambiental, su capacidad para degradar las toxinas presentes en el ambiente, en particular los contaminantes a base de hidrocarburos desempeñan un papel importante con la biosfera.

El género *Pleurotus* es reconocido por su eficiencia en la descomposición de materia orgánica, dentro de este tipo de materiales, se encuentran algunos subproductos provenientes del cultivo de *Oryza sativa* y residuos de maderables. Por consiguiente, se debe realizar un estudio sobre el uso de estos subproductos como una alternativa para el desarrollo del cultivo de hongos comestibles en este caso *Pleurotus ostreatus*.

Villanueva registro en el 2014 un área sembrada de 5.299 hectáreas de arroz, con una producción de 260.283 toneladas (Evaluaciones agropecuarias municipales, 2014), donde la cascara o pajilla corresponde al 20% de la producción de arroz (5,256 toneladas), el área de forestales reportada

al 2017 tiene una extensión de 3.450 hectáreas (REFOCOSTA, 2015) del cual el 38 % del total del árbol queda en el campo y en el aserrío un 44% con un total de 72% de residuos forestales (FAO, 2017); representando sustratos potenciales para darles una mejor disposición y evitar que causen impactos ambientales negativos y de esta manera implementar la producción y comercialización del cultivo de hongos *Pleurotus ostreatus* como alternativa económica a la comunidad del municipio de Villanueva (Casanare).

Este proyecto surge de la necesidad de implementar una dieta alimenticia y de bajo costo para la población de este municipio.

### **3. Justificación**

Los hongos comestibles o setas, se han venido incrementando en los últimos años a nivel mundial, gracias a sus propiedades nutricionales y medicinales, son una excelente fuente de proteína, con bajo contenido de colesterol, mejoran la dieta y la salud de quien lo consume; debido a su alto contenido de fibra, vitaminas, carbohidratos y proteínas, cuya eficiencia es superior a las fuentes de proteína animal con bajo contenido de grasas, dentro de las especies comerciales se encuentra el género *Pleurotus sp.*, que posee diversas enzimas que ayudan a la descomposición de residuos agrícolas. (riveros, 2016)

El cultivo de hongos del género *Pleurotus sp.*, se convierte en una fuente alimenticia importante para la dieta humana y sus costos de producción son bajos, razón por la cual puede ser implementado en programas de seguridad alimentaria.

Una de las principales actividades económicas del municipio de Villanueva (Casanare) es el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) y maderables. En donde los procesos de beneficios ocasionan grandes cantidades de subproductos, que pueden ser aprovechados como sustrato en el cultivo de especies comerciales del genero *Pleurotus sp.*, que poseen diversas enzimas que ayudan a la descomposición de residuos agrícolas, especialmente con altos contenidos de lignina.

Por lo tanto, es necesario evaluar si el subproducto proveniente del beneficio del arroz y de la especie maderable pueden ser empleados como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, al proporcionar las condiciones y los requerimientos necesarios para su desarrollo. El

cual se verá reflejado en su contenido proteico que determinará su valor nutricional para consumo humano.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

- Evaluar la cascarilla de arroz y el aserrín como sustrato para la producción de *Pleurotos ostreatus* en el municipio de Villanueva Casanare.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar las condiciones de cultivo de *P. ostreatus* sobre la cascarilla de arroz y el aserrín.
- Calcular la eficiencia biológica, rendimiento y precocidad de *Pleurotos ostreatus* en los diferentes tipos de sustratos.
- Establecer cuál de los sustratos tiene mayor rendimiento y calidad nutricional para el cultivo de *Pleurotos ostreatus*.

## **5. Revisión de Literatura**

### **5.1 Origen y distribución geográfica del género *Pleurotus* sp.**

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numerosos en la Tierra después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1.500.000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio ambiente es enorme.

El conocimiento de los hongos es milenario y su estudio sistematizado está todavía por desarrollar. Además solamente hay unas decenas de especies que son usadas con fines gastronómicos o medicinales, por lo tanto las especies que son comercializadas en el mundo no superan un de docenas (FAO, 2005).

La variedad de hongos del género *Pleurotus sp.* Comenzó a cultivarse en los Estados Unidos en el año 1900 y en México en 1974. Sin embargo, China presenta el consumo más alto y en Europa, países como España e Italia han desarrollado grandes industrias para la producción de setas. Cuyo origen en este continente remonta desde inicios del siglo XX, empleando como sustrato tocones y troncos (FAO, 2005).

## **5.2 Características generales de las setas**

Las setas son hongos que se desarrollan principalmente sobre troncos en descomposición u otros sustratos vegetales. Cada hongo está formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un sustrato adecuado, se transforma en pequeños grumos que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta (alvarado, 2015)

El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta el borde del sombrero. Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol (alvarado, 2015)

Las setas se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, degradando las sustancias con enzimas que liberan al medio húmedo que les rodea, por ello es importante el suministrar un sustrato adecuado al hongo cuando se le intente cultivar para que los nutrientes puedan ser aprovechados por las hifas del micelio. Para que la seta se desarrolle adecuadamente se requiere de una temperatura y humedad adecuada, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se deducen las necesidades que tiene que satisfacer el cultivo del hongo seta. El conocer el desarrollo de un hongo en la naturaleza y entender su ciclo de vida, nos dará el conocimiento para poder manipularlo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo (alvarado, 2015)

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria. Este hongo es rico en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que posee un bajo contenido en grasas, pero de eso hablaremos más adelante (alvarado, 2015)

### 5.3 Clasificación taxonómica

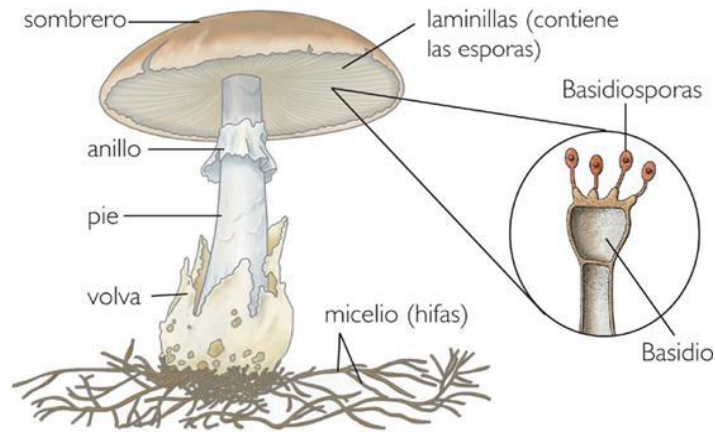
Estos hongos se conocen comúnmente como orellanas, orejas, orejas de cazahuate, hongos ostra, pleurotos, hiratake, gírgolas, setas ostión, ostra de árbol y champiñón ostra, entre otros. (Benavides, 2013)

**Tabla 1.** Taxonomía del hongo comestible Orellana (*Pleurotus ostreatus*).

<b>Reino</b>	<b>Fungí</b>
<b>Filo</b>	<b>Basidiomycota</b>
<b>Clase</b>	<b>Agaricomycetes</b>
<b>Orden</b>	<b>Agaricales</b>
<b>Familia</b>	<b>Pleurotaceae</b>
<b>Genero</b>	<b>Pleurotus</b>
<b>Especie</b>	<b>P. ostreatus</b>

### 5.4 Características morfológicas de *Pleurotus ostreatus* (kumm, 2017)

Las orellanas son macromicetes comestibles pertenecientes al reino Fungi, considerados como setas, hongos verdaderos o superiores. Estos hongos carecen de clorofila en consecuencia, necesitan crecer en un sustrato que les brinden los nutrientes necesarios para su supervivencia (Miles & Chang, 1999)



**Figura 1.** Morfología de una seta. Fuente: (Setas de siecha, 2017).

#### 5.4.1 Sombrero

Representa la parte más ancha y superior de la seta, situado encima del pie. Puede tener multitud de formas. Es, esta forma de paraguas, la que la mayoría de los aficionados relacionan como “seta”. No hay que olvidar que la tradición popular por los hongos viene fomentada por el consumo de estos manjares y la mayoría de las que se comen (Setas de siecha, 2017).

#### 5.4.2 Cutícula

Con este nombre denominamos la membrana exterior que cubre tanto al sombrero como al pie. Tiene un gran valor desde el punto de vista taxonómico y por tanto es un elemento de suma importancia en el estudio del hongo. Puede contener, o no, pigmentos colorantes almacenados en sus tejidos, lo que le dará en algunos casos una belleza especial, por la diversidad de colores con que a veces se presentan. Debemos considerar que esta coloración es muy degradable por efecto de las diversas condiciones climáticas y fácilmente soluble por efecto de la lluvia, por tanto, la coloración de las setas es algo que hay que considerar de forma prudente, pues al no ser constante, puede dar lugar a equivocaciones.

La cutícula puede ser totalmente lisa, rugosa, aterciopelada, escamosa, hirsuta o cubierta de pelos, seca o viscosa, puede tener restos de la volva en forma de placas o verrugas, presentar llamativos círculos concéntricos, estrías etc. (Setas de siecha, 2017).

### **5.4.3 Pie**

Es la parte de la seta que sostiene al sombrero. La forma más común es la cilíndrica, pero este puede ser recto o curvado, el ápice puede ser o no atenuado y la base puede presentar formas muy diversas, lo que representa un elemento muy importante en el estudio taxonómico.

Otro elemento importantísimo es la estructura de su carne, en la mayoría de las ocasiones es fibrosa, pero a veces sucede que es granulosa y se parte con suma facilidad como si fuera una tiza, lo que sucedería si nos encontramos ante una *Russula* o un *Lactarius*.

Por último debemos observar como es la superficie del pie, para ver si tiene algún tipo de ornamentación y si es lisa o no (Setas de siecha, 2017).

### **5.4.4 Himenóforo**

Entendemos como tal a la parte del carpóforo que contiene el himenio, representa la parte fértil en la que se localizan las esporas. Puede estar compuesto por láminas, por poros a modo de una esponja, o por agujones o acúleos.

Debemos comprobar su color, que en muchas ocasiones coincide con el de la esporada, pues esto nos ayudará en muchos casos para la determinación de algunos géneros; es importante por ello revisar ejemplares maduros. Debemos proceder a la recogida de la esporada, que efectuaremos depositando un sombrero cortado, con el himenio hacia abajo, sobre una lámina de papel y al cabo de unas horas podremos observar la coloración de ésta (Setas de siecha, 2017)..

Otro tema de suma importancia es el estudio de la disposición del himenio respecto al pie. En el caso de un himenio laminar, si observamos que las láminas no llegan a tocar el pie, se llaman libres; si llegan a estar unidas al pie, adnatas, si la unión es solamente por una especie de diente o entrante, se denominarían escotadas o sinuadas; y si las láminas se prolongan hacia abajo invadiendo la parte superior del pie, en este caso se dice que estas son decurrentes (Setas de siecha, 2017).

Así mismo, se observa con detenimiento la arista de las láminas, para ver si es lisa, aserrada, denticulada, flocosa, etc, y el color de la misma.

Hay que considerar que todas estas apreciaciones que exponemos son las más comunes, pero indudablemente y en muchas ocasiones, nos encontraremos con ejemplares que presentarán situaciones o formas, más o menos intermedias (Setas de siecha, 2017).

#### **5.4.5 Anillo**

Corresponde a la parte residual del velo parcial que cubre y protege el himenio durante los primeros estadios del hongo. Una vez que se ha desarrollado se rompe dejando este resto sobre el pie. La morfología es muy variable: como una armilla o brazalete persistente, puede ser muy fugaz y desaparecer rápidamente, puede ser doble, súpero o ínfero (esto último muy importante para determinar especies de Agaricus), en forma de rueda de carro, de cortina, glutinosa o aracnoide etc., y de consistencia también muy variable, pueden ser membranosos, farinosos, blandos, cremosos, etc (Setas de siecha, 2017).

#### **5.4.6 Volva**

Corresponde al resto del velo universal que ha cubierto y protegido la totalidad del carpóforo en los primeros momentos de su existencia. Aparece en algunas especies cubriendo la parte basal del pie y puede pasar desapercibida por estar enterrada. De ahí la importancia de extraer la especie entera cuando se recoge con fines de estudio.

Pueden presentar formas muy diversas, y dependiendo de su consistencia, se podrá observar membranosa y persistente envolviendo la base del pie y en otras ocasiones observaremos solamente restos de ella, ya que al desarrollarse el hongo, la membrana del velo universal queda adherida al sombrero y prácticamente desaparece de la base del pie.

La observación de la volva es de importancia vital. No debemos olvidar que el género Amanita lo posee y en él se encuentra un grupo de setas que son las que han ocasionado el mayor número de fallecimientos (Setas de siecha, 2017).

## **5.5 Condiciones climáticas para el desarrollo de las setas**

### **5.5.1 Temperatura**

La mayoría de los hongos son mesófilos; crecen a temperaturas moderadas en un intervalo de 10 a 40 °C. Sin embargo, para fines prácticos generalmente los hongos se desarrollan bien a temperatura ambiente (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.5.2 Concentración de iones hidrógeno (pH)**

Las respuestas de los hongos al pH son en gran medida por otros factores no relacionados, sin embargo, en el laboratorio muchos hongos crecen en un intervalo de pH de 4.5 a 8.0, y muestran un amplio intervalo del pH óptimo de 5.5. a 7.5 (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.5.3 Aireación**

La mayoría de los hongos son aerobios estrictos; requieren de oxígeno cuando menos en pequeñas cantidades para su crecimiento (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.5.4 Agua**

Existen varias formas de definir la disponibilidad de agua para un organismo. Los micólogos a menudo se han referido a humedad relativa (HR) en equilibrio, en cuyo caso el 70% de HR es, para fines prácticos, el límite inferior para el crecimiento de los hongos, aunque algunos crecen con mucha lentitud a una HR menor de 65% (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.5.5 Luz**

La parte visible del espectro (longitudes de onda entre 380 y 700 nm.) tiene poco efecto, hasta donde se sabe, en el crecimiento vegetativo de los hongos, aunque puede tener efectos importantes en la esporulación (Donoso, 1999).

La radiación ultravioleta en la región de 200 – 300 nm. Tiene efectos mucho más pronunciados en el crecimiento vegetativo. Esta radiación produce mutaciones y daño letal al resultar afectado el DNA.

A diferencia del crecimiento vegetativo, el desarrollo de las estructuras reproductoras sexuales y asexuales es a menudo afectado por la luz (Tan, 1978).

## **5.6 Propiedades nutricionales de las setas**

Las setas absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general tienen buena cantidad de fósforo y potasio, y calcio en menor cantidad (ardon, 2004). Generalmente las setas poseen un entre 19-35% de proteína, por lo cual se dice que un kilogramo de setas frescas iguala en cantidad de proteínas a una libra de carne de res (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.6.1 Proteínas**

Los cuerpos fructíferos de los *Pleurotus* o setas, que son las partes comestibles, son una excelente fuente de proteína de buena calidad, esto debido a que están presentes todos los aminoácidos esenciales donde los que predominan son la alanina, el ácido glutámico y la glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40% (babia-laciana , 2011)

### **5.6.2 Carbohidratos**

En particular el *Pleurotus ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos presenta entre el 57 y 61% de carbohidratos en base a su peso seco, 26% de proteína y un contenido de fibra del 11.9% (Gaitán, Hernández et al.2006). Además, se ha encontrado, buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio. Una proporción media de hierro y manganeso (babia-laciana , 2011).

Dentro de los carbohidratos que contienen dichos hongos, se encuentran pentosas, hexosas, sacarosa, alcohol-azúcares, azúcares-ácidos, metil-pentosas y amino azúcares como la quitina (babia-laciana , 2011)

### **5.6.3 Lípidos**

*Pleurotus ostreatus* contiene del 3 al 5% de lípidos en peso seco. La grasa cruda contenida en este tipo de hongos es mayor en el estípite que en el pileo y contiene todo tipo de lípidos, desde mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípidos. En general, los lípidos de tipo

neutro, constituyen de 20 a 30% del total, los glicolipidos un 10% y los fosfolípidos del 60 al 70%. El ácido linoléico es el que más abunda (hasta en un 80% del total de ácidos grasos) y la Fosfatidil-colina y la fosfatidil-etanolamina, son los principales fosfolípidos. Por otro lado, *Pleurotus ostreatus*, tiene una buena cantidad de esteroides, Ergosterol es el más importante en alrededor de un 70% del total. (babia-laciana , 2011)

La fracción de lípidos en este tipo de hongos es poco significativa debido a su poca cantidad, sin embargo, hay que mencionar que los ácidos grasos son predominantemente insaturados, de fácil digestión y de naturaleza hipolipidémica. (babia-laciana , 2011)

Se han identificado por otro lado, algunas sustancias aromáticas (volátiles), con 8 átomos de carbono, derivadas por la acción enzimática a partir del ácido oleico y linoleico, estas son responsables en gran parte del aroma y delicioso sabor característico de este tipo de hongos (babia-laciana , 2011)

#### **5.6.4 Vitaminas**

Todos los hongos suelen ser una buena fuente de tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), niacina, biotina y ácido ascórbico (vitamina C). En el caso de *Pleurotus ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4.8 y 7.8mg. / 100g. Riboflavina 4.7 a 4.9mg/100g. y niacina 55 a 109mg/100g. todo en peso seco (babia-laciana , 2011)

Los contenidos de ácido ascórbico (vitamina C) son muy altos, hasta de 36 a 58mg/100g. del peso seco por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales, estos pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc (babia-laciana , 2011)

Por otro lado, el alto contenido de ergosterol, es transformado en vitamina D por acción de los rayos de luz UV al ser deshidratados al sol. Por lo que las setas deshidratadas de esta forma, son una buena fuente de esta vitamina, muy importante para la absorción de calcio, sobretodo del fosfato de calcio fundamental para el buen desarrollo de huesos y dientes (babia-laciana , 2011)

### 5.6.5 Minerales

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el sustrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo, potasio y calcio en menor cantidad. En el caso de *Pleurotus*, se han encontrado, además de los ya mencionados, buenas cantidades de zinc, cobre y magnesio y fósforo. Una proporción media de hierro, manganeso y potasio (babia-laciana , 2011)

### 5.7 Propiedades medicinales de las setas

El consumo frecuente de algunos tipos de hongos podría beneficiar la salud humana, especialmente en la prevención de enfermedades ocasionada por malos hábitos alimenticios. Las setas poseen propiedades prebióticas, los mismos mecanismos que estimulan el sistema inmune del organismo, actúan de la misma manera para combatir algunos agentes infecciosos, tanto virales como bacterianos, el hecho de que se puedan activar mediante estos polisacáridos ciertos sistemas de defensa puede contribuir como coadyuvante en el tratamiento de enfermedades de deficiencia inmunológica como el SIDA, y otras enfermedades de origen autoinmune como la Artritis reumatoide o el Lupus. (Mora, 2015) .

Estudios realizados han demostrado que algunas variedades comestibles de hongos, entre los que se encuentra el género *Pleurotus sp.* contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral, es decir, se ha comprobado a nivel laboratorio que estas sustancias son capaces de retardar y disminuir el tamaño de algunos tipos de tumores, además de prevenir la formación de estos. Seguramente el mecanismo consiste en que estos polisacáridos actúan como potenciadores de las células de defensa que posteriormente destruyen las células cancerosas sin ocasionar efectos colaterales al enfermo. (Mora, 2015) .

Además, se ha encontrado que el micelio de *Pleurotus sp.* contiene una mezcla de diferentes polisacáridos de bajo peso molecular y sustancias similares a la zeatina, las cuales contienen

citoquinina, estas sustancias similares a fitohormonas que se sabe tienen efectos antivirales y que no causan efectos colaterales ni toxicidad en pacientes enfermos (Nada, Shokukin, 1998).

Otras importantes sustancias con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de especies de *Pleurotus sp.* o setas, estos son componentes de 8 carbonos en su estructura molecular, y son las moléculas que originan el aroma y sabor característico que distingue a este tipo de hongos, estas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Mora, 2015)

Por otro lado, las setas contienen también Meviolin y otras sustancias relacionadas que son potentes inhibidores de la HMGCoA reductasa principal enzima responsable en la biosíntesis del colesterol. Ayudando a prevenir el endurecimiento de las arterias y como consecuencia la prevención de posibles enfermedades cardiovasculares (Mora, 2015)

Además de que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si solo tiende a hacer que la presión arterial disminuya, se sabe también que una dieta rica en potasio puede ayudar a disminuir la hipertensión arterial, casi todos los hongos comestibles son ricos en este mineral y las setas no son ninguna excepción (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

## **5.8 Papel en la naturaleza de los hongos comestibles**

Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus sp.*, 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 (Lopez, 2014).

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 *et al.*

2002). Según Valencia y Garin, los materiales lignocelulósicos están constituidos esencialmente por celulosa (45 a 60%), hemicelulosa (15 a 20%) y lignina (10 a 30%). (Lopez, 2014)

## **5.9 Beneficios ambientales del género *Pleurotus sp.***

Diferentes estudios indican que las cepas del género *Pleurotus sp.* poseen la capacidad de degradar compuestos contaminantes. Dicha alternativa resulta interesante, ya que podría contribuir a la restauración de suelos y efluentes contaminados con productos recalcitrantes. La actividad metabólica de las cepas que pertenecen a este género ha sido probada con resultados prometedores por la producción de enzimas y en la degradación de compuestos recalcitrantes. (Bezalel et al. 1996, 1997; Guillén-Navarro et al. 1998) .

Se ha demostrado que insecticidas como el endosulfán es degradado cuando *P. ostreatus* crece en un medio líquido que lo contiene. (Escobar et al., 2002), y que existen varias cepas que son capaces de crecer tanto en medio líquido como en medio sólido con el insecticida presente. En contacto con un sustrato que contiene endosulfán, *P. pulmonarius* es capaz de crecer, degradar el insecticida y fructificar. (Hernández et al. 2006, Mendoza Orozco 2006) .

Además, se está experimentando el empleo de *Pleurotus sp.* en la biodegradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos y ya se ha demostrado su capacidad para degradar pireno, benzoantroceno y benzopireno, y podría ser promisorio para solucionar problemas de derrames petroleros. (Wolter et al, 1997) .

## **5.3 Proceso de producción de *Pleurotus sp.***

### **5.3.1 Selección del sustrato**

Para cultivar setas, se requiere de un sustrato que es el material que aprovechan los hongos para su alimentación. Deben ser materiales lignocelulósicos que están presentes en grandes cantidades

en los residuos o subproductos agrícolas, de un 60-70% de celulosa y 15% de lignina. Se utilizan diversos materiales, dependiendo de su disposición en la región (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### 5.3.2 Cascarilla de arroz como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*

La cascarilla de arroz es uno de los desechos más importantes de la producción de arroz de la Orinoquía colombiana. La cantidad de cascarilla que se genera, año tras año en la región, puede superar las 100.000 ton / año (Martínez, 2005), con el agravante, que por su baja degradabilidad natural, se acumula en el ambiente, llevando a condiciones extremas la, de por sí, grave situación imperante. La cascarilla de arroz es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscuro. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m<sup>3</sup>, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m<sup>3</sup> a granel (Varón 2005).

**Tabla 2.** Composición Química de la Cascarilla de Arroz y de las Cenizas de la Cascarilla de Arroz.

CASCARILLA DE ARROZ		CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono	39,1	Ceniza de Sílice( SiO <sub>2</sub> )	94,1
Hidrógeno	5,2	Oxido de Calcio ( CaO)	0,55
Nitrógeno	0,6	Oxido de magnesio ( MgO)	0,95
Oxígeno	37,2	Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	2,10
Azufre	0,1	Oxido de Sodio( Na <sub>2</sub> O)	0,11
Cenizas	17,8	Sulfato	0,06
		Cloro	0,05
		Oxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	0,05
		Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,12
		Otros componentes (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1,82
Total	100,0	Total	100,0

Fuente: 1. Varón CJ. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. El Hombre y la Máquina 2005, 25. 128-135.

2. Peña S, Zambrano G. Hormigón Celular con la Utilización de Materiales Locales. Tesis De Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2001

### 5.3.3 Residuos forestales como sustrato para *Pleurotus ostreatus*

La madera está compuesta de forma general por tres grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, celulosa, poliosas (hemicelulosas) y ligninas, que están presente en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de baja masa molar conocidas también como sustancias extraíbles que se encuentran en menor cantidad, y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las poliosas difiere para las maderas de coníferas y latifolias, mientras que la celulosa es uniforme en composición en todas las maderas (Rivera, Martines, & Morales, 2013).

**Tabla3.** Composición Química de árbol.

Categoría de edad (años)	Celulosa	Hemicelulosas	Lignina	Extraíbles
	(%)			
1 – 3	31,05	25,99	38,96	4,65
4 – 6	31,76	24,15	38,81	2,08
7 – 10	37,83	24,26	32,46	2,53
11 – 15	41,52	21,41	31,16	1,85
16 – 20	41,48	21,73	29,39	1,74
21 – 25	42,51	22,90	30,36	2,00
26 – 30	40,51	25,01	33,76	2,68
> 30	36,36	23,49	34,89	2,56

\* Sin incluir ácidos glucurónicos ni grupos acetilo.

Fuente: (Berrocal, Calderon, Baeza, Rodriguez, & Espinosa, 2004)

### 5.3.4 Pasteurización del sustrato

El sustrato se debe preparar de tal manera que permita el crecimiento selectivo, rápido y robusto del *Pleurotus sp.* y retarde el de sus competidores. La “pasteurización” tiene la función de disminuir los organismos nocivos (contaminantes) que pueden competir con el hongo por espacio y nutrientes.

El método de “pasteurización” con inmersión en agua caliente ha sido utilizado ampliamente y consiste en sumergir el sustrato en agua entre 70 - 80 °C, durante una hora (No se debe meter el sustrato mientras no alcance esa temperatura). Temperaturas inferiores a 55 °C son insuficientes

y mayores a 85 °C predisponen al sustrato a contaminarse (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

### **5.3.5 Siembra**

La siembra es el proceso que consiste en mezclar el micelio del hongo con el sustrato dentro de la bolsa de polietileno transparente (Deley, 2010). En esta área se requiere de una mesa con características que faciliten enfriado. Debe ser un espacio con mínimas corrientes de aire para prevenir la contaminación del sustrato (Vázquez, 2008).

Se utilizan bolsas de plástico transparentes como contenedores del sustrato que mantienen la humedad y el intercambio gaseoso, así como protegen el micelio del hongo en su interior. Se recomienda mínimo calibre 200 para que tenga suficiente resistencia para contener el sustrato y permita la salida de las fructificaciones sin problemas. Calibres mayores de 300 pueden dificultar la fructificación (Vázquez, 2008).

Pueden usarse bolsas de 60 x 90 cm., en explotaciones pequeñas son más recomendables de 50 x 70 cm. ó 40 x 60 cm. debido a que la bolsa grande, puede sobrecalentarse si la temperatura del lugar de incubación es elevada. A la bolsa se le hace un nudo en la parte basal, para que al sembrar la bolsa se vaya llenando y quedando en la parte de abajo redonda y sea más fácil su manejo y también se desinfecta con un algodón impregnado con alcohol (Vázquez, 2008).

### **5.3.5 Incubación**

Es el periodo de tiempo en que el sustrato será colonizado por el hongo (crecimiento vegetativo), el cual tarda de 20 a 30 días después de la siembra, en estar totalmente invadido si las temperaturas dentro de la sala de incubación se mantienen en promedio de 25 a 28 °C. (Deley, 2010) La bolsa se pondrá blanca, que indica que el hongo ya invadió el sustrato. El área de incubación puede ser un cuarto oscuro (no totalmente) con bancales, literas y/o estructuras específicas para colocar las bolsas (Vázquez, 2008).

### **5.3.6 Fructificación**

A los dos o tres días de haber aparecido el primordio se nota como se diferencia un pequeño estípite y una cabecita como de alfiler, en este momento se considera como un fruto y no como un primordio. La temperatura de fructificación varía según la especie y la variedad; generalmente entre los 15 y 20°C, pero las variedades tropicales de *Pleurotus sp.*, fructifican bien entre 20-28°C (Vázquez, 2008).

### **5.3.7 Cosecha**

No todas las bolsas producen al mismo tiempo, hay diferencias de dos a cuatro días entre ellas, pero un 60% si produce al mismo tiempo. La primera cosecha se realiza de 25 al 30 después de la siembra, dependiendo de las condiciones climáticas (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

Para cosechar se debe observar que las setas alcancen el mayor tamaño posible y esté totalmente extendido (madurez fisiológica), succulento y bien definido, etapa en la cual contiene todos los elementos básicos que conforman el estado nutricional del producto. No se debe permitir que el borde comience doblarse hacia arriba porque pierde calidad, se deshidratan y además se propicia la diseminación de esporas. El tamaño varía según la especie y variedad utilizada (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

En la cosecha, las setas se pueden cortar manualmente o con alguna navaja y colocarlos en charolas para su manejo. Generalmente es posible realizar una segunda cosecha de 12 a 15 días después del primer corte, una tercera cosecha a los 20 días siguientes y hasta una cuarta cosecha (Govea, Castillo, Romero, & Vega, 2011).

## **6. Materiales y Métodos**

### **6.1 Localización**

El proyecto se llevará a cabo en el Municipio de Villanueva, ubicado al sur del departamento de Casanare, sobre la parte baja del piedemonte. El cual se encuentra localizado sobre los 300 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura promedio de 25.7 °C, siendo los meses de enero a marzo los más calurosos; la temporada de lluvias se presenta a partir del mes de abril, prolongándose hasta octubre, de acuerdo con la estación del IDEAM Huerta La Grande (Reforestadora de la costa). El Municipio limita al Norte con el Municipio de Sabanalarga, al Sur y Occidente con el Departamento del Meta, siendo los ríos Upía y Meta sus límites naturales y al Oriente con los Municipios de Monterrey y Tauramena, donde el río Túa es su límite natural. El Municipio ocupa una extensión territorial de 82.500 hectáreas. (anonimo, 2018) .

### **6.2 Metodología**

#### **6.2.1 Preparación del sustrato**

Los materiales evaluados en este proyecto fueron 2 residuos agroindustriales, cascarilla de arroz, colectada del molino ORF en Villanueva, y aserrín de madera de árboles nativos, como eucalipto y pino se sometieron a un proceso de secado mediante exposición solar durante 10 días, luego se procedió a moler para obtener un tamaño de partículas de 1,52 – 3,35 mm.

Se realizó la mezcla de la siguiente manera:

**Tabla 4.** Mezcla de tratamientos realizados

	Cascarilla	Aserrín	Cal dolomita	Melaza	Hongo
1	Tratamiento 1000 gr	0	66 gr	133 mm	66 gr
2	Tratamiento 0	1000 gr	66 gr	133 mm	66 gr
4	Tratamiento 800 gr	200 gr	66 gr	133 mm	66 gr
5	Tratamiento 200 gr	800 gr	66 gr	133 mm	66 gr
	Tratamiento 500 gr	500 gr	66 gr	133 mm	66 gr

(Guzman, 2018)

Posterior a la realización de la mezcla de cada uno de los sustratos, se trataron y se pausterizo (la cual debía estar muy bien tapado) se trató el sustrato al vapor por 3 horas. Teniendo cuidado de no destapar la caneca hasta llegar al cuarto y al momento de la siembra al día siguiente se prosiguió a sembrar.

### 6.2.2 Siembra

El principal insumo al momento de la siembra es la semilla, la cual se compra en un laboratorio certificado. Antes de utilizar la semilla se tiene que aclimatizar por un lapso de tiempo de 12 horas. La siembra se realiza sobre un mesón desinfectado con alcohol antiséptico. Encima del mesón se deben ubicar en los extremos mecheros; las bolsas plásticas transparentes, anillos de PVC de 2” de diámetro; las bandas de caucho y el papel periódico de 20cm x 20cm previamente flameado. Se deben formar grupos de 7 personas para evitar riesgos de contaminación. Todos deben ingresar al cuarto de siembra con bata, guantes, tapabocas y gorro.

En la mesa se coloca el sustrato y con base al peso en húmedo el cual es el triple del seco, 1% melaza (es una fuente de energía para el desarrollo del micelio) y 2 % de cal agrícola (evita contaminación y problemas de acidez).

Por último, se agrega la semilla (66 gramos por kilo de sustrato) y se empaca en las bolsas, poniendo como tapón un anillo de PVC y encima el papel periódico (sin letras), todo sujeto con bandas de caucho. A las bolsas se les coloca una cinta de enmascarar y sobre esta el número de bolsa y la fecha de siembra.

### **6.2.3 Incubación**

En esta etapa las bolsas se dejan en la respectiva infraestructura realizada con total oscuridad por un lapso de tiempo de 30 a 40 días. Se debe realizar seguimiento cada 4 días al cultivo instalado para velar por su buen desarrollo y manejando problemas de contaminación. Enfermedades como *Penicillium sp.* y *Trichoderma sp* se controlaron con la ayuda de una jeringa nueva o esterilizada al mechero, pinchando solo una vez con alcohol antiséptico (no más de 0.5 ml) en el área afectada, más exactamente, donde aparecen pequeños puntos verdes.

Las bolsas que se vean con grandes manchas se deben aislar abriendo la bolsa y quitando con una cuchilla la parte afectada, aplicando cal posteriormente con el fin de recuperar parte del sustrato.

### **6.2.4 Fructificación**

En esta etapa el lugar debe permitir el ingreso de algo de luz hasta lograr un estado de semipenumbra, se deben realizar riegos con aspersores manuales por un lapso de tiempo de cinco minutos, tres veces al día, distribuyendo esta función entre los participantes. Cuando aparezcan los primordios se deben realizar pequeñas aberturas con un bisturí previamente desinfectado en el área donde comenzaron a aparecer los primordios, si se presentan plagas como moscas y mosquitos se debe realizar trapeo con plástico impregnado con aceite de cocina.

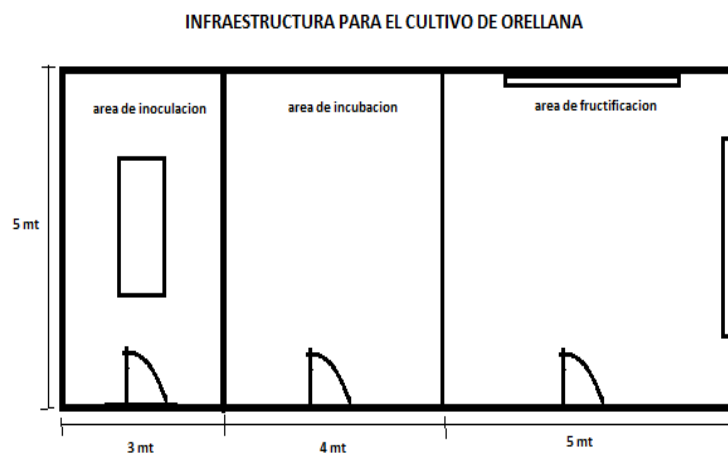
### **6.2.5 Cosecha**

Luego de la formación de la seta se cosecha a los 5 días, las setas deben haber formado completamente las orejas, para mejorar la aceptación y consumo por parte de los consumidores.

### 6.3 Construcción de infraestructura

Para producir Orellana se requiere un espacio cerrado y limpio el cual para una cosecha escalonada se requieren tres áreas: área de inoculación, área de incubación y área de fructificación. Cada una debe presentar ciertas características como:

- Área de inoculación: debe ser cerrado preferiblemente con un mesón. El sitio debe quedar acondicionado de tal manera que pueda asearse y desinfectarse fácilmente y con aireación suficiente.
- Área de incubación: en el que tendrá lugar el crecimiento del micelio sobre el sustrato. Debe ser un cuarto limpio y completamente oscuro. Se busca mantener una temperatura ideal de 25 grados centígrados pero puede ser un poco inferior y una humedad relativa del 85 %. El área de incubación puede, estar dotado preferiblemente de estanterías metálicas, sobre la cual se puedan ubicar las bolsas. Se debe tener una escotilla de ventilación o en su defecto un ventilador con el fin de mantener el lugar fresco y aireado.
- Área de fructificación: es el lugar donde se producen las setas sobre bloques ya invadidos de micelio. Las instalaciones deben ser frescas; la temperatura no debe pasar los 24 grados centígrados y la humedad del ambiente en el momento de la fructificación de los hongos debe ser muy alta, por encima del 90 %. En este lugar se permite el ingreso de algo de luz hasta lograr un estado de semipenumbra. En este lugar es importante la luz del día (no directa) y la oxigenación (se debe tener una entrada y salida de aire).



**Figura 2 .** Infraestructura para el cultivo de Orellana *Pleurotos ostreatus*. (Guzman, 2018)

#### 6.4 Diseño experimental

Se evaluó 5 tratamientos y cada tratamiento contó con 3 repeticiones. Por cada repetición se prepararon 3 bolsas, para un total de 15 unidades. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar.

**Tabla5.** Tratamientos realizados

	Cascarilla	Aserrín	Cal dolomita	Melaza	Hongo
Tratamiento1	1000 gr	0	66 gr	133 mm	66 gr
Tratamiento2	0	1000 gr	66 gr	133 mm	66 gr
Tratamiento3	800 gr	200 gr	66 gr	133 mm	66 gr
Tratamiento4	200 gr	800 gr	66 gr	133 mm	66 gr
Tratamiento5	500 gr	500 gr	66 gr	133 mm	66 gr

(Guzman, 2018)

#### 6.5 Análisis estadístico

Para determinar diferencias significativas entre los tratamientos, los datos fueron procesados y analizados con los programas Microsoft Excel y el análisis estadístico de la información obtenida se trabajó con estadística descriptiva (Media, Varianza y Coeficiente de variación) mediante el uso del paquete estadístico InfoStat versión 2012.

### 6.5.1 Determinación de componentes de rendimiento

**Tabla 6.** Variables ambientales.

	Cosecha 1			Cosecha 2			Cosecha 3		
	HR %	T° °C	D.I.C	HR %	T° °C	D.I.C	HR %	T° °C	D.I.C
Tratamiento 1	70.3	25	38	68.3	24.3	48	70.1	24.5	56
Tratamiento 2	70.4	24.3	25	65.4	23	35	72.3	25.3	42
Tratamiento 3	69.3	26	32	70.2	25.3	42	74,3	26	49
Tratamiento 4	70.2	25	27	72	24.3	35	74.6	24	40
Tratamiento 5	68	24.7	29	65	23.5	36	75.5	23.5	41

(Guzman, 2018)

HR %= Humedad relativa

T° = Temperatura

°C= Grados centígrados

D.I.C= Días de inicio de cosecha

- Eficiencia biológica: los carpóforos cosechados se limpiaron de residuos de sustrato y fueron inmediatamente pesados. Se tuvo en cuenta el peso del sustrato del sustrato en base seca (Rodríguez & Jaramillo, 2005).

$$\text{Eficiencia biológica: } \frac{\text{Masa de cuerpos fructíferos cosechados}}{\text{Masa inicial de sustratos en base seca}} * 100$$

- Precocidad: se registró el tiempo transcurrido desde la siembra de micelio hasta la aparición de los primordios, en días (Rodríguez & Jaramillo, 2005).

- Tiempo a cosecha: se registró el tiempo transcurrido desde la siembra de micelio hasta la cosecha, en días (Rodríguez & Jaramillo, 2005).
- Numero de fructificaciones por bolsa: se promedió el número de hongos generados en las bolsas productivas de cada tratamiento (Rodríguez & Jaramillo, 2005).
- Pérdidas del proceso: Se contabilizo el número de unidades improductivas con respecto al número total de bolsas inoculadas.
- **Pérdidas del proceso:**  $\frac{\# \text{ de bolsas improductivas}}{\# \text{ de bolsas inoculadas}} * 100$
- Medidas biométricas del carpóforo: se promediaron los valores de longitud del sombrero y del estípite de los hongos cosechados en cada tratamiento.

**Tabla 7.** Componentes de rendimiento

	Aparición de primordios (días)	# de hongos obtenidos	# de unidades improductivas	Longitud del sombrero (cm)
Tratamiento 1	25	20	42	6-8
Tratamiento 2	16	40	1	12.3-13
Tratamiento 3	20	22	3	8.5-9
Tratamiento 4	21	29	2	9-10
Tratamiento 5	22	35	3	10,6-11

(Guzman, 2018)

## 7. Resultados y discusión

De este proyecto se puede concluir que el aserrín de especies maderables a comparación de la cascarilla de arroz es mejor sustrato para el crecimiento y desarrollo de *P. ostreatus*. Porque los

componentes físico químicos de la cascarilla son demasiado limitados, estos resultados se pueden observar y medir mediante el peso en gramos del hongo cosechado.

**Tabla 8.** Peso en gramos de los 5 tratamientos en sus 3 cosechas

<b>Resultados</b>						
	<b>Cosecha 1</b>		<b>Cosecha 2</b>		<b>Cosecha 3</b>	
<b>Tratamiento 1</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>600 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>400 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>300gr</b>
	<b>100%</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>	
<b>Tratamiento 2</b>	<b>Aserrín</b>	<b>1000 gr</b>	<b>Aserrín</b>	<b>750 gr</b>	<b>Aserrín</b>	<b>587 gr</b>
	<b>100%</b>		<b>100%</b>		<b>100%</b>	
<b>Tratamiento 3</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>476 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>300 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>220 gr</b>
	<b>80%</b>		<b>80%</b>		<b>80%</b>	
	<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>	
	<b>20%</b>		<b>20%</b>		<b>20%</b>	
<b>Tratamiento 4</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>750 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>500 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>320 gr</b>
	<b>20%</b>		<b>20%</b>		<b>20%</b>	
	<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>	
	<b>80%</b>		<b>80%</b>		<b>80%</b>	
<b>Tratamiento 5</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>520 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>325 gr</b>	<b>Cascarilla</b>	<b>300 gr</b>
	<b>50%</b>		<b>50%</b>		<b>50%</b>	
	<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>		<b>Aserrín</b>	
	<b>50%</b>		<b>50%</b>		<b>50%</b>	

(Guzman, 2018)

Se ha escogido este tipo de sustrato diferente a lo utilizado comúnmente para el desarrollo de este cultivo debido a una comparación de costos y presupuestos, uno de los sustratos más utilizados en la siembra de este hongo en los llanos orientales es el raquis de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) (delgado, 2011)

Este sustrato no fue utilizado en este proyecto debido a su elevado precio y porque tiene un alto nivel de contaminación, puesto que el raquis tiene una fermentación que por medio de su olor atrae plagas y enfermedades.

**Tabla 9.** Comparación de precios de los diferentes productos por bultos.

Producto	Precio (bulto)
Tusa (raquis palma)	100.000
Cascarilla de arroz	20.000
Aserrín	10.000

(casanare, 2018) ; (huila, 2018)

En el desarrollo del cultivo de *P. ostreatus*, no se presentó contaminación y todas las bolsas fueron productivas con respecto al número total de bolsas inoculadas.

La eficiencia biológica acumulada en las dos cosechas del cultivo de *P. ostreatus*, presento un comportamiento de producción total de un 85% en las dos primeras cosechas, demostrando que la primera cosecha es la más productiva con una eficiencia biológica superior al 50% y en las siguientes cosechas se presentó una reducción uniforme de esta variable. Este comportamiento se debe principalmente al contenido nutricional presente en los sustratos, el cual es mayor en las primeras cosechas (Extraen los nutrientes del sustrato) y disminuye progresivamente con las siguientes cosechas (Gaitan & Hernandez, et al. 2009; Ahmed, et al., 2009).

El análisis de varianza de los tratamientos nos arroja para la eficiencia biológica un coeficiente de variación en la primera cosecha de 0,21 y de 0,30 para la eficiencia biológica durante la segunda cosecha. En cada etapa productiva del cultivo de *P. ostreatus* el p-valor fue menor al nivel de significación nominal de la prueba.

**Tabla 10.** Variación de eficiencia biológica del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

TRATAMIENTO	% EBPC	% EBSC	%E BA	% ΔEBC
T1	42,12+/- 0,06 <sup>m</sup>	21,32+/- 0,10 <sup>n</sup>	63,4 4	39,09
T2	82,31+/- 0,05 <sup>a</sup>	41,11+/- 0,06 <sup>a</sup>	123, 42	39,89
T3	48,33+/- 0,10 <sup>c</sup>	26,76+/- 0,13 <sup>d</sup>	75,0 9	40,04
T4	76,02+/- 0,06 <sup>b</sup>	47,12+/- 0,07 <sup>b</sup>	121, 14	39,9
T5	64,52+/- 0,08 <sup>h</sup>	36,09+/- 0,10 <sup>g</sup>	98,6 1	31,47

(Sabogal, 2018)

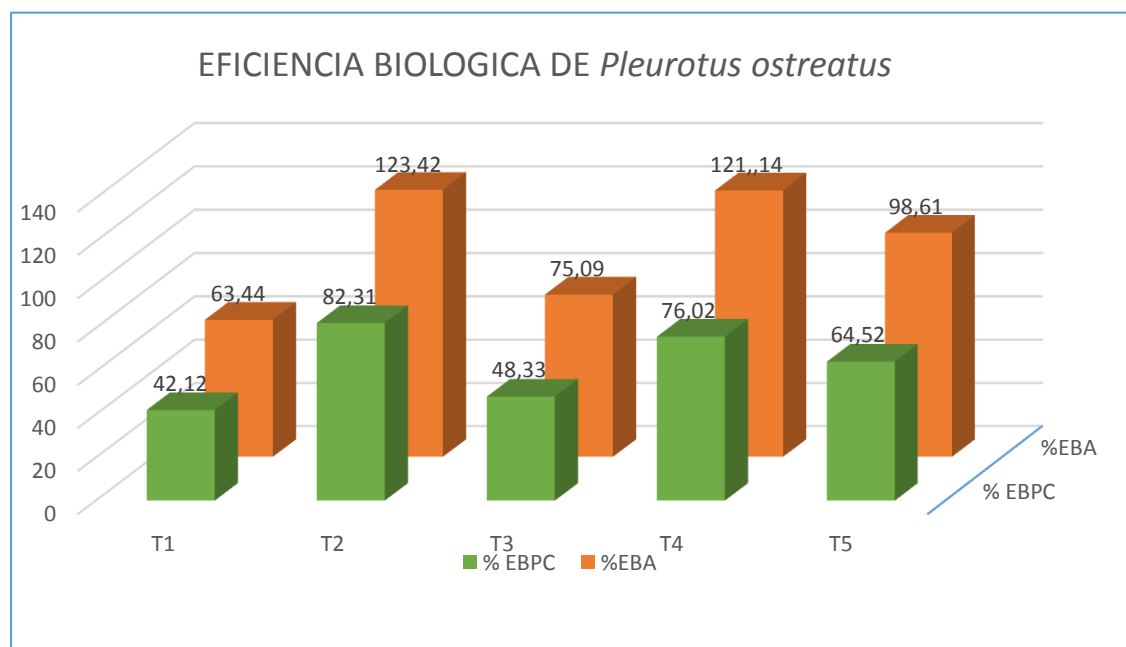
EBPC: eficiencia biológica primera cosecha.

EBSC: eficiencia biológica segunda cosecha.

EBA: eficiencia biológica media acumulada.

ΔEBC: disminución de la eficiencia biológica entre cosechas.

Datos expresados como media, desviación estándar de 3 repeticiones. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamiento.



**Figura 3.** Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus*.

En todos los tratamientos, el resultado de eficiencia biológica para la primera cosecha de *P. ostreatus* son superiores en comparación de la segunda cosecha. La variación más baja de la eficiencia biológica entre cosechas fue el tratamiento 5 con el 33,47% y el tratamiento que presento mayor variación fue el tratamiento 3 con 40, 04%, de esta manera se comprueba que las propiedades físico-químicas de los sustratos influyen en el crecimiento de *P. ostreatus*.

Se considera aceptable económicamente para *P. ostreatus*. Una eficiencia biológica a partir del 50% como valor mínimo de producción (Rios, et al., 2010) Los tratamientos que presentaron una EB mayor del 50% fueron los tratamiento 2, 4 y 5, los tratamientos en los que se usó aserrín de maderables nativos.

**Tabla 11.** Resultados de las variables fenológicas (precocidad y tiempo de cosechas en el cultivo *Pleurotus ostreatus*.

TRATAMIENTO	P (días)	TC1 (días)	TC2(días)
T1	41+/- 1,00 <sup>m</sup>	47+/- 1,00 <sup>m</sup>	55+/- 1,00 <sup>b</sup>
T2	36+/- 0,06 <sup>b</sup>	41+/- 0,06 <sup>b</sup>	49+/- 1,00 <sup>m</sup>
T3	40+/- 0,06 <sup>f</sup>	45+/- 0,06 <sup>f</sup>	50+/- 1,00 <sup>l</sup>
T4	35+/- 0,06 <sup>l</sup>	40+/- 0,06 <sup>l</sup>	48+/- 1,00 <sup>d</sup>
T5	35+/- 0,06 <sup>d</sup>	40+/- 0,06 <sup>d</sup>	48+/- 1,00 <sup>f</sup>

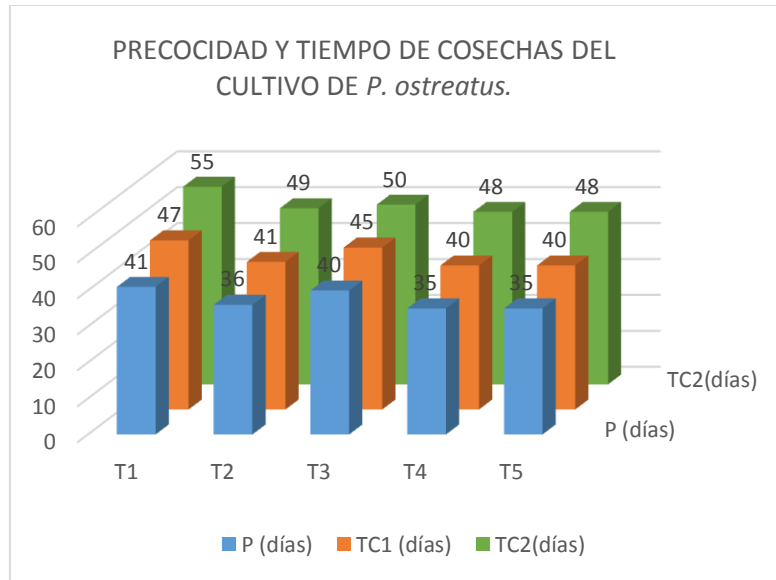
(Sabogal, 2018)

P: precocidad.

TC1: tiempo de primera cosecha.

TC'': tiempo de segunda cosecha,

Datos expresados como media, desviación estándar de 3 repeticiones. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamiento.



**Figura 4.** Precocidad y tiempo de cosecha de *Pleurotus ostreatus*. Fuente: autor.

Los resultados del análisis de varianza de las variables fenológicas Precocidad (P), Tiempo de cosecha (TC) presento un coeficiente de variación de 2,09 para precocidad 1,96 para tiempo de cosecha 1 y 1,99 para tiempo de cosecha 2, el p-valor en cada caso fue menor al nivel de significación nominal.

El análisis para TC1 y TC2 nos indica que no hay diferencias significativas, en el tratamiento 4, 5 y 2 no se muestra diferencias, pues se observan periodos fenológicos iguales con la misma eficiencia biológica, en los tratamientos donde se mezclaron los sustratos se obtuvieron resultados similares, esto se atribuye a las características que componen los 2 sustratos que se complementan para dar un mejor resultado de desarrollo del cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

## 8. Conclusiones

- Los tratamientos con mayor incremento de eficiencia biológica son los de aserrín de maderables nativos, la cascarilla de arroz tiene muy limitado sus componentes físico químicos, pero en estado de ceniza este permite fácilmente la asimilación de sus elementos, en el ensayo se usó como sustrato la cascarilla de arroz limitando la asimilación de sus elementos y de esta manera se obtiene menos rendimiento en comparación del aserrín de maderables nativos.

- La eficiencia biológica en todos los tratamientos supero el 50 % y los tratamientos 2 y 4 superaron el 100 % de producción, esto nos indica que el aserrín de maderables nativos, son un excelente sustrato de crecimiento para el cultivo de *P. ostreatus*.
- Los tratamientos donde se mezclaron los sustratos nos arrojaron resultados óptimos el cual se complementan sus características físico-químicas permitiendo una mejor colonización y extensión del tiempo para la hidratación, invasión micelial y obtención de setas (Nevárez, 2012; Baena, 2005).
- Desde el momento de la inoculación hasta las cosechas del hongo en los diferentes tratamientos no se presentaron perdidas de unidades productivas, debido al manejo de asepsia y desinfección del material.

## **9. Recomendaciones**

- Continuar con la investigación profundizando en el valor nutricional, porcentaje de proteína, carbohidratos, cenizas, etc, de los hongos cosechados, para conocer los valores reales nutricionales que se obtienen al consumir *P. ostreatus*.
- Se obtendrían mejores resultados si se hubiera quemado la cascarilla de arroz, pues la ceniza contiene más elementos y componentes que permitirían un mejor desarrollo y producción de *P. ostreatus*.

## 10. Bibliografía

ALVARADO, F. (13 de noviembre de 2015). Obtenido de <http://naturalesceuja2015.blogspot.com/2015/10/cultivo-de-setas-hongos-comestibles.html>

ANONIMO. (17 de Agosto de 2018). *wikipedia*. Obtenido de Villanueva Casanare : [https://es.wikipedia.org/wiki/Villanueva\\_\(Casanare\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Villanueva_(Casanare))

ARDON, C. (Noviembre de 2004). *EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA Y PASTO ESTRELLA AFRICANA PARA EL CULTIVO ARTESANAL DEL HONGO*. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2138.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2138.pdf)

BABIA-LACIANA . (6 de abril de 2011). *Propiedades medicinales y nutricionales de las setas*. Obtenido de <http://setas-de-babia-y-laciana.blogspot.com/2011/04/propiedades-medicinales-y-nutricionales.html>

BENAVIDES, O. I. (2013). *Papel en la naturaleza de los hongos comestibles*. Obtenido de <http://sired.udenar.edu.co/2527/1/89544.pdf>

BERROCAL, A., CALDERON, J., BAEZA, J., RODRIGUEZ, J., & ESPINOSA, M. (2004). Relación entre edad del arbol y su composicion quimica en Pinus radiata crecido en chile y su importanci para la produccion de bioetanol. *KURÚ*, 4. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de <file:///C:/Users/Yesica/Downloads/Dialnet-RelacionEntreEdadDelArbolYSuComposicionQuimicaEnPi-5123315.pdf>

- CARVAJAL, J. (29 de 12 de 2015). *La orellana, el hongo que puede convertirse en el alimento del futuro*. Obtenido de <https://www.lagranepoca.com/news/vida/37338-la-orellana-el-hongo-que-puede-convertirse-en-el-alimento-del-futuro.html>
- DELEY, A. (2010). *birremediacion de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petroleo*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1627/1/236T0045.pdf>
- DELGADO, F. (14 de marzo de 2011). *palma africana de aceite*. Obtenido de <http://palmaafricanaencolombia.blogspot.com/>
- Evaluaciones agropecuarias municipales. (2014). *Agronet*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de <http://www.agronet.gov.co/Documents/Casanare.pdf>
- FAO. (2005). *Los hongos silvestres comestibles* (Vol. 8). Roma. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5489s/y5489s00.pdf>
- FAO. (2017). Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/T0269S/t0269S10.htm>
- GOVEA, M., CASTILLO, S., ROMERO, G., & VEGA, M. (2011). Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzxeuDj6vWAhXDKCYKHx\\_oBMgQFggxMAI&url=https%3A%2F%2Finvestigacion2278.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FBORRADOR%2BDE%2BINVESTIGACION.doc&usg=AFQjCNHb9D8s1Ms5-W5tTVH](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjzxeuDj6vWAhXDKCYKHx_oBMgQFggxMAI&url=https%3A%2F%2Finvestigacion2278.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FBORRADOR%2BDE%2BINVESTIGACION.doc&usg=AFQjCNHb9D8s1Ms5-W5tTVH)

ISSUS. (noviembre de 2009 ). Obtenido de diccionario ambiental:  
[https://issuu.com/simarsureste/docs/diccionario\\_ambiental](https://issuu.com/simarsureste/docs/diccionario_ambiental)

MORA, M. (2015). *EVALUAR EL ESTABLECIMIENTO DE UNA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DEL HONGO CULTIVADO SOBRE POLVILLO DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR*.  
Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/8640/1/T06424.pdf>

REFOCOSTA. (2015). *Refocosta*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de  
<http://refocosta.com/nuestra-historia/>

RIVERA, R., MARTINES, C., & MORALES, S. (26 de Abril de 2013). *EVALUACIÓN DE RESIDUOS AGRÍCOLAS COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE Pleurotus ostreatus*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n37/n37a08.pdf>

RIVEROS, M. (2016). *EFECTO COMPARATIVO DE UN PRODUCTO A BASE DE IVERMECTINA AL 3.15% +*.

RONCERO, I. (enero de 2015). *Propiedades nutricionales y saludables de los hongos*. Obtenido de  
<http://www.adenyd.es/wp-content/uploads/2015/02/Informe-sobre-champi%C3%B1-y-setas.pdf>

SETAS DE SIECHA. (abril de 2017). *SetasdeSiecha*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de <https://www.setasdesiecha.com/>

VÁZQUEZ, J. C. (2008). *Autonomia*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de  
[http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=146](http://autonomiaautogestion.unach.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=146)

GAITÁN-HERNÁNDEZ, R.; SALMONES D.; PÉREZ MERLO, R. y MATA G. 2006. Manual práctico del cultivo de setas aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 56 pp.

- DONOSO, C. Influencia de la Luz en la Composición Lipídica y Proteica del *Pleurotus ostreatus* var. florida. Riobamba, 1999. pp. 24. Tesis Magíster en Biotecnología. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas.
- OCHOA, RAMO. *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana. Riobamba, 2007, 144 pp. Trabajo de grado (Ingeniería en Biotecnología Industrial). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Ciencias Químicas.
- MÜLLER, J. 1988. Potencial genético de *Pleurotus ostreatus*. Borger, West Germani. Mic. Neotrop. Aplic. 1: 29-44.
- BREENE, W.N. Nutritional and medicinal value of specialy mushrooms. En: Journal of Food Protection. 1990. Vol. 53(10): 883-894.
- GARCÉS MOLINA, A.M.; VELEZ CARDONA, N.; RUIZ ALZATE, S.; SERNA D'LEÓN, J.G. y SUAREZ HOLGUÍN E. Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. En: Revista la Sallista de Investigación. 2006. Vol. 2(2): 15-20.
- KALBERER, P.P. 1974 The cultivation of *Pleurotus ostreatus*: experiment to elucidate the of influence different culture condition on the crop yield. Mush. Sci. 9:653-661.

- ALDANA PECH, J.A. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus pulmonarius* sobre hojarasca de almendro (*Terminalia catappa*), en Q. ROO. (en línea) [citado el 2 de julio de 2011].
- SÁNCHEZ, J.E.: ROYSE, D. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* México, D.F., MX, Noriega Editores. 290 pp.
- VALENCIA DEL TORO, G.; GARIN AGUILAR, M.E. Aspectos generales del cultivo de setas comestible de *Pleurotus ostreatus* (en línea). Disponible en [http://www.guynusa.com/articulos\\_pleurotus.htm](http://www.guynusa.com/articulos_pleurotus.htm) [Citado el 3 de julio de 2011].
- ARDÓN LÓPEZ, C.E. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112). Guatemala, 2004, 100 pp. Trabajo de grado (Ingeniería Agronómica). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas.
- BEZALEL, L., HADAR, Y. y CERNIGLIA, C.E. 1996. Mineralization of polycyclic aromatic hidrocarbons by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Environmental Microbiology* 62, 292-295.
- BEZALEL, L., HADAR, Y. y CERNIGLIA, C.E. 1997 Enzymatic mechanisms involved in phenanthrene degradation by the white rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Applied and Environmental Microbiology* 63, 2495-2501.
- GUILLÉN-NAVARRO, G.K., MÁRQUEZ-ROCHA, F.J. Y SÁNCHEZ-VÁZQUEZ J.E. 1998. Producción de biomasa y enzimas ligninolíticas por *Pleurotus ostreatus* en cultivo sumergido. *Rev. Iberoam. Micol.* 15:302-306.
- ESCOBAR, V.M., NIETO, M.G., SÁNCHEZ, J.E. y CRUZ, L. 2002 Effect of endosulfán on mycelial growth of *Pleurotus ostreatus* and *Auricularia fuscusuccinea* in

liquid culture. In Sánchez JE, Huerta G, Montiel E (eds) *Mushroom Biology and Mushroom Products. Proceedings of the fourth International Conference*. Universidad Autónoma del Estado de México. Cuernavaca. 399-408.

- HERNÁNDEZ, D., J.E. SÁNCHEZ, M. G. NIETO AND F. J. MÁRQUEZ-ROCHA. 2006. Degradation of endosulfan during substrate preparation and cultivation of *Pleurotus pulmonarius*. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 22(7):753-760.
- CARDONA URREA, L.C. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. En: *Crónica forestal y del medio ambiente*. 2001. Vol. 16: 99-119.
- LÓPEZ CRUZ, J.A. Relación entre la actividad de las enzimas lacasas y la maduración de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*. México, 2001, 109 pp. Trabajo de grado (Magíster en Biología experimental). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias biológicas de la salud.
- MICHEL ACEVES, A.C.; SÁNCHEZ OTERO M.A.; CASTRO DÍAZ E.; ARIZA FLORES, R. y AYALA BARRIOS A. Manual Producción de hongos comestibles *Pleurotus spp.* (en línea). Disponible en: [citado el 3 de julio de 2011].
- Varón CJ. Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz. *El Hombre y la Máquina* 2005, 25. 128-135.
- Peña S, Zambrano G. Hormigón Celular con la Utilización de Materiales Locales. Tesis De Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2001

## 11. ANEXOS



**Fotografía1.** Preparación de sustratos. Fuente: Autor.



**Fotografía 2.** Mezcla de ingredientes y embolsado.



**Fotografía 3.** Semilla de hongo *Pleurotus ostreatus*.



**Fotografía 4.** Embolsado y sellado del sustrato con el hongo *Pleurotus ostreatus*.



**Fotografía 5.** Periodo de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus*, 5 tratamientos con las 3 repeticiones.



**Fotografía 6.** 8 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.



**Fotografía 7.** 8 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.



**Fotografía 8.** 15 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.



**Fotografía 9.** 22 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.



**Figura 10.** 33 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos.



**Fotografía11.** 42 días de incubación del hongo *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos..

**EFICIENCIA BIOLÓGICA PRIMERA COSECHA (EBPC)**  
 ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
 EFICIENCIA/BIOLOGICA/EBPC/ TABLA EBPC.IDB.

**Análisis de la varianza**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup>Aj</b>	<b>CV</b>
<b>EBPC</b>	<b>15</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,21</b>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	4322,11	11	319,54	21812,47	<0,0001
TRATAMIENTO	4322,2	10	421,61	23565,60	<0,0001
REPETICION	0,06	2	0,03	2,17	0,1210
Error	0,29	18	0,02		
Total	424,93	29			

**EFICIENCIA BIOLÓGICA SEGUNDA COSECHA (EBSC)**  
 ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
 EFICIENCIA/BIOLOGICA/EBPC/ TABLA EBPC.IDB.

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
<b>EBSC</b>	<b>15</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,30</b>

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	1322,71	11	119,64	12812,13	<0,0001
TRATAMIENTO	1322,32	10	121,51	14665,09	<0,0001
REPETICION	0,06	2	0,04	3,06	0,0308
Error	0,22	18	0,01		
Total	1323,09	29			

### PRECOCIDAD (P)

ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
PRECOCIDAD/P/.

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
<b>P</b>	<b>15</b>	<b>0,98</b>	<b>0,95</b>	<b>2,09</b>

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	4692,53	11	119,64	53,26	<0,0001
TRATAMIENTO	4692,14	10	121,51	74,76	<0,0001
REPETICION	0,14	2	0,04	0,10	0,7211
Error	11,91	18	0,01		
Total	421,32	29			

### TIEMPO A PRIMERA COSECHA (TC1)

ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
TIEMPO A PRIMERA COSECHA/TPC/

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
<b>TC1</b>	<b>15</b>	<b>0,98</b>	<b>0,96</b>	<b>1,96</b>

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	635,47	11	52,86	79,64	<0,0001

TRATAMIENTO	612,71	10	62,43	92,24	<0,0001
REPETICION	6,94	2	3,21		0,7211
Error	14,18	18	0,62		
<u>Total</u>	<u>650,73</u>	<u>29</u>			

**TIEMPO A SEGUNDA COSECHA (TC2)**  
 ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
 TIEMPO A SEGUNDA COSECHA/TPC/

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
<b>TC2</b>	<b>15</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>1,99</b>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	732,07	11	59,46	59,64	<0,0001
TRATAMIENTO	732,00	10	71,43	71,94	<0,0001
REPETICION	0,16	2	0,07		0,8911
Error	20,18	18			
<u>Total</u>	<u>790,83</u>	<u>29</u>			

**NUMERO DE FRUCTIFICACION POR BOLSA (NFB)**  
 ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
 NUMERO DE FRUCTIFICACIONES POR BOLSA /NFB/

**Análisis de la varianza**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup>Aj</u>	<u>CV</u>
<b>NFB</b>	<b>15</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>1,99</b>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>Valor p</u>
Modelo	3896,43	11	319,96	86,64	<0,0001
TRATAMIENTO	3332,96	10	334,43	90,04	<0,0001
REPETICION	543,16	2	269,47	71,90	<0,0001
Error	74,18	18	3,61		
<u>Total</u>	<u>3974,43</u>	<u>29</u>			

**LONGITUD DEL SOMBRERO (LS)**  
 ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/

LONGITUD DEL SOMBRERO/LS/

**Análisis de la varianza**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup>Aj</b>	<b>CV</b>
<b>LS</b>	<b>15</b>	<b>0,56</b>	<b>0,28</b>	<b>0,69</b>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	0,05	11	4,1E-03	2,11	0,0598
TRATAMIENTO	0,02	10	1,5E-03	0,74	0,5970
REPETICION	0,02	2	0,02	8,33	0,0018
Error	0,03	18	1,8E-03		
Total	0,08	29			

**LONGITUD DE ESTIPITE (LE)**

ANAVA INFOSTAT 2012/componentes de rendimiento/  
LONGITUD DEL SOMBRERO/LS/

**Análisis de la varianza**

<b>Variable</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup>Aj</b>	<b>CV</b>
<b>LE</b>	<b>15</b>	<b>0,60</b>	<b>0,38</b>	<b>1,13</b>

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC Tipo III)**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	0,02	11	1,1E-03	2,34	0,0199
TRATAMIENTO	0,01	10	8,5E-03	1,08	0,3220
REPETICION	0,02	2	0,01	8,96	0,0009
Error	0,02	18	6,8E-04		
Total	0,03	29			