

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO  
DIFERENTES RESIDUOS SOLIDOS LIGNOCELULÓSICOS DEL DEPARTAMENTO  
DE NARIÑO Y ELABORACION DE INFUSIONES AROMATICAS CON EL  
MACROMICETE**

**KATHERINE LIZETH CHALAPUD BOLAÑOS**

**BRAYAN DAVID INGUILAN ANRRANGO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**SAN JUAN DE PASTO**

**2017**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL HONGO *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO  
DIFERENTES RESIDUOS SOLIDOS LIGNOCELULÓSICOS DEL DEPARTAMENTO  
DE NARIÑO Y ELABORACION DE INFUSIONES AROMATICAS CON EL  
MACROMICETE**

**KATHERINE LIZETH CHALAPUD BOLAÑOS**

**BRAYAN DAVID INGUILAN ANRRANGO**

**Trabajo de grado modalidad investigación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial**

**Asesora:**

**Ing. Química., M.Sc. OLGA LUCIA BENAVIDES CALVACHE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2017**

### **NOTA DE RESPONSABILIDAD**

Las ideas y conclusiones aportadas en este Trabajo de Grado son Responsabilidad de los autores.

Artículo 1 del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Noviembre de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad de Nariño por permitirnos ser parte de su seno científico para poder estudiar nuestra carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradecemos también a nuestra asesora de trabajo de grado la Mcs. Olga Lucia Benavides por ofrecernos la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico; así como también a nuestros jurados los Ingenieros Verónica Jarrin y William Diaz por brindarnos sus asesorías y tenernos paciencia durante la realización de este trabajo.

De manera especial agradecemos a nuestros padres por ser los principales promotores de nuestros sueños, por cada día creer en nosotros y en nuestras expectativas, por estar dispuestos acompañarnos en cada momento de nuestras vidas.

Para finalizar agradecemos a todos nuestros compañeros de clase, con quienes compartimos tantas experiencias y gracias a su compañerismo, amistad y apoyo aportaron un alto porcentaje para poder culminar nuestra carrera profesional.

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la capacidad de poder comprender y entender todo aquello relacionado con mi proyecto académico, por darme la fortuna de tener unos padres maravillosos Hugo Chalapud y Margoth Bolaños , los cuales bajo tu voluntad les diste la capacidad de amar, entender , ayudar y proteger a su hija ,que gracias a su apoyo incondicional permitieron que este logro tan anhelado se cumpla, quienes han sido y seguirán siendo mi motor diario para seguir adelante a pesar de las adversidades .

A mis hermanos Harold Anderson y Daissy Elizabeth infinitas gracias por su compañía y comprensión durante toda mi existencia , compañía que no pide ni pedirá nada a cambio , por ese dar sin esperar recibir , adoro ser su hermana , me llena el alma y espero que podamos compartir muchos logros y sueños juntos.

A mis familiares y amigos que gracias a su compañerismo, hicieron parte de la realización de esta meta

A todos ustedes con amor.

Katherine L. Chalapud

## DEDICATORIA

Decir gracias es la manera más humana de transmitir a través de una sola palabra mil sensaciones y emociones que evocan el hecho de conseguir un logro tan significativo como este, logro del que hace parte no solo este espíritu que tanto lo ha luchado sino de seres maravillosos, especiales, por eso dedico este éxito a mi amada madre Ruby Nancy Anrrango, por haber puesto su confianza en

mí, por su paciencia, por su apoyo incondicional, por ese amor inmensurable.

A quien es mi inspiración, quien me motiva a ser mejor cada día, el eje de mi existencia, mi hija, Danae Sophia, y a quien me brindó la posibilidad de conocer ese amor puro, Ana Karen, por sus

palabras y apoyo que me brindó las fuerzas para seguir adelante, por hacer parte de este recorrido.

A mis hermanos Juan Camilo y Leidy Paola, por su compañía, compromiso y comprensión, porque las cosas cobran sentido cuando se comparten con los seres especiales, por y para ustedes este triunfo. Por último, a amigos y familiares quienes con su conocimiento y sensatez

colaboraron con el cumplimiento de mis metas.

Brayan David Inguilan Anrrango

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio general del comportamiento del hongo *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos sólidos lignocelulósicos del departamento de Nariño, así como también se elaboró infusiones aromáticas como una alternativa de transformación y mejoramiento de las características sensoriales del macromicete. Para el seguimiento del comportamiento del hongo *Pleurotus ostreatus* se realizaron 5 tratamientos, dos de ellos preparados exclusivamente con bagazo de fique y pulpa de café; mientras que los otros dos estuvieron enriquecidos con 30% de granza de avena. Adicionalmente se usó un testigo de granza de avena. El sustrato se esterilizó en autoclave 1 hora a 121°C y se distribuyó en bolsas plásticas de 500g, la inoculación se realizó utilizando 2% de la semilla de *Pleurotus ostreatus* cuando el sustrato estuvo frío. Para la colonización del hongo se trabajó con un rango de temperatura de 23- 24 °C y la humedad relativa entre 60-80 % en completa oscuridad; para la etapa de fructificación se mantuvo una temperatura entre 16 - 18 °C, humedad relativa promedio de 90% y cantidad de luz moderada; posteriormente se realizó la cosecha haciendo torsión del tallo o aplicando un corte con cuchillo teniendo cuidado de no dañar el estipe de los hongos; finalmente se determinó la eficiencia biológica y rendimiento, como variables de seguimiento al proceso de biotransformación de los residuos sólidos lignocelulósicos del departamento de Nariño mediante el macromicete *Pleurotus ostreatus*.

Para la elaboración de las infusiones aromáticas se usó el hongo deshidratado y molido de los dos tratamientos con mayor eficiencia biológica del cultivo, los cuales corresponden al tratamiento que contiene pulpa de café y pulpa de café con granza de avena, además se utilizó plantas aromáticas (manzanilla y caléndula) debido a la gran acogida que presentan en la ciudad de Pasto. Las infusiones aromáticas fueron evaluadas a través de un análisis sensorial utilizando



una prueba de medición del grado de satisfacción por medio de escalas hedónicas y una prueba triangular.

**ABSTRACT**

In the present work a general study of the behavior of the fungus *Pleurotus ostreatus* cultivated in lignocellulosic solid residues of the department of Nariño was carried out, as well as aromatic infusions were elaborated as an alternative of transformation and improvement of the sensory characteristics of the macromicete. To monitor the behavior of the fungus *Pleurotus ostreatus*, 5 treatments were carried out, two of them prepared exclusively with bagasse from fique and coffee pulp; while the other two were enriched with 30% oat granola. Additionally, an oat granola control was used. The substrate was sterilized in an autoclave for 1 hour at 121°C and distributed in plastic bags of 500g, inoculation was carried out using 2% of the seed of *Pleurotus ostreatus* when the substrate was cold. For the colonization of the fungus, we worked with a temperature range of 23-24°C and relative humidity between 60-80% in complete darkness; for the fructification stage a temperature between 16 - 18 ° C was maintained, average relative humidity of 90% and moderate amount of light; subsequently the harvest was made by twisting the stem or applying a cut with a knife, taking care not to damage the fungus stipe; Finally, the biological efficiency and yield were determined as follow-up variables to the process of biotransformation of the lignocellulosic solid waste from the department of Nariño through the macromicete *Pleurotus ostreatus*.

For the preparation of the aromatic infusions, the dehydrated and milled fungus was used for the two treatments with the highest biological efficiency of the crop, which correspond to the treatment that contains coffee pulp and coffee pulp with oat granules, and aromatic plants were used ( chamomile and calendula) due to the great reception they have in the city of Pasto. The aromatic infusions were evaluated through a sensory analysis using a test measuring the degree of satisfaction by means of hedonic scales and a triangular test.

**CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
2. JUSTIFICACIÓN.....	25
3. MARCO TEORICO .....	28
3.1 GENERALIDADES DEL HONGO <i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> .....	28
3.1.1 Clasificación y morfología.....	30
3.1.2 Propiedades nutricionales .....	31
3.1.2.1 Carbohidratos .....	31
3.1.2.2 Proteínas.....	32
3.1.2.3 Lípidos.....	32
3.1.2.4 Vitaminas .....	33
3.1.2.5 Minerales .....	33
3.2 PROPIEDADES MEDICINALES .....	34
3.2.1 Control del colesterol .....	34
3.2.2 Efecto antitumoral .....	35
3.2.3 Efecto antiinflamatorio .....	35
3.2.4 Efecto hepatoprotector.....	36
3.2.5 Efecto antihipertensión .....	37
3.2.6 Efecto antioxidante .....	37
3.3 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE <i>P. OSTREATUS</i> .....	38
3.4 ETAPAS DEL CULTIVO DE <i>P. OSTREATUS</i> .....	38

3.4.1 Preparación de la semilla.....	38
3.4.2 Preparación del sustrato.....	39
3.4.2.1 Picado.....	39
3.4.2.2 Humectación.....	39
3.4.2.3 Pasteurización.....	39
3.4.2.4 Acondicionamiento de bolsas para el sustrato .....	40
3.4.3 Siembra .....	40
3.4.5 Incubación.....	41
3.4.6 Inducción.....	42
3.4.7 Producción.....	42
3.4.8 Cosecha.....	43
3.4.9 Rendimiento .....	44
3.5 SUSTRATOS UTILIZADOS PARA EL CULTIVO DE <i>PLEUROTUS SPP.</i> .....	44
3.5.1 Generalidades del Sustrato.....	44
3.5.2 Nutrientes del Sustrato.....	44
3.5.2.1 Carbono .....	44
3.5.2.2 Lípidos.....	45
3.5.2.3 Nitrógeno.....	45
3.6 PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES.....	45
3.6.1 Manzanilla ( <i>Matricaria chamomilla L.</i> ).....	46
3.6.2 Caléndula ( <i>Calendula officinalis L.</i> ) .....	46
3.7 INFUSIONES AROMÁTICAS .....	47
3.8 PROPIEDADES SENSORIALES .....	47
3.8.1 Color .....	48

3.8.2 Olor.....	48
3.8.3 Sabor.....	48
3.9 PRUEBAS SENSORIALES .....	48
3.9.1 PRUEBA DE MEDICIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN .....	49
3.9.2 PRUEBA TRIANGULAR .....	49
4. MARCO REFERENCIAL .....	50
5. OBJETIVOS.....	56
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	56
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	56
6. METODOLOGIA .....	57
6.1 CULTIVO Y SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO DEL HONGO	
<i>PLEUROTUS OSTREATUS</i> .....	57
6.1.1 Preparación del sustrato.....	57
6.1.2 Siembra e inoculación.....	59
6.1.3 Colonización .....	60
6.1.4 Fructificación.....	61
6.1.5 Cosecha.....	62
6.2 EFICIENCIA BIOLÓGICA Y RENDIMIENTO .....	64
6.2.1 Eficiencia biológica .....	64
6.2.2 Rendimiento .....	64
6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DEL CULTIVO. ....	64
6.4 PRUEBAS BROMATOLÓGICAS: .....	65
6.4.1 Nitrógeno y Proteína.....	66
6.4.2 Fibra detergente neutro (FDN) .....	66

6.4.3 Fibra detergente Acido (FDA).....	66
6.4.4 Lignina .....	66
6.4.5 Hemicelulosa.....	66
6.4.6 Carbono orgánico total: .....	66
6.5 RECOLECCIÓN DE PLANTAS AROMÁTICAS Y TRATAMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE INFUSIONES .....	67
6.5.1 Recolección de plantas aromáticas .....	67
6.5.2 Secado .....	67
6.5.3 Molienda .....	68
6.5.4 Elaboración de los tratamientos para infusiones aromáticas:.....	68
6.5.5 Análisis sensorial.....	71
6.5.6 Análisis de varianza con prueba de FISHER LSD para análisis sensorial.....	73
7. RESULTADOS Y DISCUSION.....	74
7.1 EVALUACIÓN DE EFICIENCIA BIOLÓGICA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO .....	74
7.1.1 Eficiencia biológica .....	74
7.1.2 Rendimiento .....	76
7.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS SUSTRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA COSECHA DEL HONGO <i>P. OSTREATUS</i> .....	77
7.3 ANÁLISIS SENSORIAL .....	79
7.3.1 Análisis sensorial de infusiones aromáticas con manzanilla .....	80
7.3.1.1 Parámetro sensorial sabor Tratamiento A .....	80
7.3.1.2 Parámetro sensorial sabor Tratamiento B .....	81
7.3.1.3 Parámetro sensorial aroma Tratamiento A.....	83
7.3.1.4 Parámetro sensorial aroma Tratamiento B .....	84

7.3.2 <i>Análisis sensorial de infusiones aromáticas con caléndula</i> .....	85
7.3.2.1 Parámetro sensorial sabor Tratamiento C .....	85
7.3.2.2 Parámetro sensorial sabor Tratamiento D .....	87
7.3.2.3 Parámetro sensorial aroma Tratamiento C .....	88
7.3.2.4 Parámetro sensorial aroma Tratamiento D.....	89
7.3.3 <i>Prueba Triangular De Las Infusiones Aromáticas</i> .....	90
7.3.3.1 Prueba triangular con infusiones aromáticas de manzanilla .....	90
7.3.3.2 Prueba triangular con infusiones aromáticas de caléndula.....	91
8. CONCLUSIONES .....	93
9. RECOMENDACIONES .....	94
BIBLIOGRAFIA.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.	Formulación de sustratos para el cultivo de <i>P. ostreatus</i> .....	57
Tabla 2.	Porcentaje de eficiencia biológica según la prueba múltiple de rangos, por el método (LSD).....	75
Tabla 3.	Porcentaje de Rendimiento según la prueba múltiple de rangos, por el método (LSD).....	76
Tabla 4.	Consumo (CS) de lignina, celulosa y hemicelulosa en los diferentes tratamientos para el cultivo de <i>P. ostreatus</i> .....	78
Tabla 5.	Relación Carbono/Nitrógeno en los diferentes tratamientos.....	78
Tabla 6.	Descripción de los tratamientos utilizadas en el análisis sensorial. ....	80
Tabla 7.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento A. ...	80
Tabla 8.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento B.....	81
Tabla 9.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento A. ..	83
Tabla 10.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento B. ..	84
Tabla 11.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento C.....	85
Tabla 12.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento D. ...	87
Tabla 13.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento C. ..	88
Tabla 14.	Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento D. ..	89



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Cantidad de Hongo y manzanilla para la elaboración de los diferentes tratamientos. .	69
Cuadro 2. Cantidad de Hongo y caléndula para la elaboración de los diferentes tratamientos. ...	69
Cuadro 3. Escala Hedónica de cinco puntos. ....	71
Cuadro 4. Mapa de campo cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i> . ....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Seta de <i>Pleurotus ostreatus</i> .....	29
Figura 2. Valor nutricional de la seta <i>Pleurotus ostreatus</i> (%) en comparación con otros alimentos. ....	30
Figura 3. Preparación del Sustrato. ....	58
Figura 4. Siembra, inoculación y ubicación de los sustratos inoculados. ....	60
Figura 5. Invasión del micelio. ....	61
Figura 6. Fructificación del cultivo. ....	62
Figura 7. Cosecha del cultivo. ....	63
Figura 8. Secado de plantas aromáticas.....	67
Figura 9. Molienda de hongos cosechados.....	68
Figura 10. Elaboración de infusiones aromáticas.....	70
Figura 11. Análisis sensorial. ....	73

**INDICE DE GRÁFICOS**

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Porcentaje de eficiencia biológica de <i>P. ostretus</i> en los diferentes tratamientos. ....	75
Gráfico 2. Porcentaje de rendimiento de <i>P. ostreatus</i> en los diferentes tratamientos. ....	77
Gráfico 3. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento A. ....	81
Gráfico 4. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento B. ....	82
Gráfico 5. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento A. ....	83
Gráfico 6. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma en el tratamiento B. ....	84
Gráfico 7. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento C. ....	86
Gráfico 8. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento D. ....	87
Gráfico 9. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento C. ....	88
Gráfico 10. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento D. ....	90

## INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales son aquellos que además de sus propiedades nutricionales tienen un efecto terapéutico y benéfico para la salud, actualmente su mercado está en expansión porque día a día se comprueban las propiedades medicinales de muchas plantas y hongos. (Martínez & Martínez, 2010).

Las setas han sido empleadas por el hombre desde hace milenios tanto para la alimentación, como para el tratamiento de diferentes enfermedades, siendo los países del lejano oriente, como Japón, China y Corea los consumidores más habituales. (Smith, Rowan, & Sullivan, 2002).

En Colombia, el hongo comestible más reconocido es el champiñón, sin embargo, en el mercado especializado, ya se comercializan otros tipos de setas, entre los que se encuentran *Pleurotus ostreatus*. Uno de los hongos comestibles que más se ha estudiado y cultivado durante los últimos años debido a la facilidad de cultivo y a su gran potencial económico y calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos. Para su cultivo se pueden utilizar otro tipo de materiales que contengan una composición similar a los residuos que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentran los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos sin ningún tratamiento previo, lo que contribuye al daño de los ecosistemas (Oei, 2003).

La biodegradación de residuos forestales por hongos de la pudrición blanca es un proceso que está tomando importancia en el sector productivo, ya que se logran dos objetivos al mismo tiempo: la producción de hongos comestibles y/o medicinales a la vez que se reduce el impacto ambiental que genera la eliminación inadecuada de tales residuos.

Las plantas aromáticas se caracterizan por contener cantidades apreciables de compuestos químicos fácilmente perceptibles por el olfato (Bareño & Clavijo, 2006). Estos fitoquímicos, principalmente fenoles o sus derivados, se encuentran en toda la planta o en hojas, tallos, flores, frutos, raíces (Pacheco & Pohlan, 2006). Las plantas aromáticas son también llamadas “hierbas” aromáticas, dado su carácter herbáceo como la menta, el tomillo, el orégano; y en algunos casos plantas arbustivas como el romero, la ruda, entre otras; también las hay arbóreas como la canela, la nuez moscada y el eucalipto (Palacio, 2000).

Las plantas han sido usadas como medicina alrededor del mundo por milenios: fueron la medicina original en todas las culturas y en las civilizaciones más grandes. Es muy triste constatar cómo, en muchos países occidentales, el siglo XX vio a la medicina herbal ser degradada a “Terapia complementaria” o “Terapia alternativa”, cuando en realidad merece tener un lugar principal en todo lo referente al cuidado de la salud. Países orientales como China reconocen completamente el valor de la medicina tradicional y la incorporan al cuidado de la salud junto con la medicina ortodoxa (Newton, 2009).

Vale la pena resaltar que hay especies aromáticas, nativas o introducidas, cultivadas o de recolección, cuyo uso, que se mantiene dentro una tradición regional, es poco conocido. A esto se debe sumar que el uso y aprovechamiento de las especies aromáticas en Colombia es aun relativamente reducido (García, 2005; Díaz, 2006).

El departamento de Nariño, cuenta con grandes volúmenes de residuos lignocelulósicos que no se aprovechan adecuadamente los cuales tienen un elevado potencial como sustratos para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, estos residuos requieren la aplicación de una solución en la cual se garantice la sostenibilidad ambiental que minimice al máximo su impacto ecológico, buscando alternativas para su aprovechamiento; haciendo uso de las propiedades medicinales del hongo *P. ostreatus* y la utilización de plantas aromáticas, el objetivo de este trabajo fue evaluar el

crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando diferentes residuos lignocelulósicos del departamento de Nariño, como también la elaboración de infusiones aromáticas empleando cantidades diferentes de hongo-planta y su posterior evaluación sensorial.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo de los últimos años, la sociedad ha mostrado una preocupación cada vez más acentuada por las posibles relaciones entre la alimentación y la salud. La necesidad que el ser humano tiene de alimentarse, junto a la relevancia alcanzada por los temas relacionados con la salud, han llevado a un primer plano el interés por los efectos saludables de los alimentos; es decir, el consumidor manifiesta claras preferencias por aquellos alimentos que considera beneficiosos para su salud y en general por los productos naturales. Estudios de mercado recientes en el mundo, avalan un incremento acelerado en el consumo de hongos comestibles (Chavarrías, 2005).

Los hongos juegan un papel importante en la medicina tradicional y moderna de muchos países, ya que contienen novedosos y potentes productos de uso farmacéutico, los cuales se han empleado en la prevención y tratamientos para diversas enfermedades.

Durante el desarrollo de las actividades productivas de la mayoría de los cultivos agrícolas y de los procesos industriales relacionados con su transformación se generan grandes cantidades de residuos que por lo general son considerados subproductos de baja importancia económica (Rodríguez Valencia & Jaramillo López, 2001).

Dentro de la amplia gama de los subproductos agroindustriales predominan los de naturaleza lignocelulósica (Muez & Pardo, 2001).

Todos estos residuos obtenidos durante la actividad agrícola ocasionan un impacto ambiental adverso si son arrojados a fuentes naturales de agua. Una forma de realizar la transformación de estos residuos para su aprovechamiento, es mediante el cultivo de hongos, debido a la composición química de éstos y de otros que se generan en Colombia en el sector agrícola e industrial (Rodríguez Valencia & Jaramillo López, 2001).

En el departamento de Nariño se están desaprovechando la mayoría de estos residuos lignocelulósicos, además que se desconoce la importancia que tienen algunos hongos comestibles a nivel nutricional y medicinal.

Los hongos comestibles han sido utilizados en el ámbito culinario por su sabor característico, sin embargo su consumo en estado fresco es reducido, por lo cual se hace necesario la utilización de mezclas con otros alimentos para mejorar su palatabilidad y fomentar su consumo, en este trabajo se plantea el mejoramiento de las características organolépticas de *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos lignocelulósicos del departamento a través de la utilización de plantas aromáticas para lograr características sensoriales agradables al consumidor.

Por lo tanto, las preguntas de investigación a resolver en este trabajo son:

¿Cuál es el residuo lignocelulósico del departamento de Nariño que genera mayor rendimiento en la producción del macromicete *Pleurotus ostreatus*?

¿Cuál es la concentración de plantas aromáticas y *Pleurotus ostreatus* en la elaboración de infusiones que otorgue mayor impacto en el consumidor a nivel sensorial?



## 2. JUSTIFICACIÓN

El mercado de alimentos, en general, indica una fuerte tendencia hacia el consumo de productos naturales con altas exigencias de calidad técnica, inocuidad y precios competitivos, que se caractericen por un alto rendimiento nutricional los cuales, contribuyan a mantener una vida saludable y a mejorar el medio ambiente.

Los hongos alimenticios son consumidos en gran parte del mundo, como un alimento rico en proteínas, que aporta además minerales y vitaminas y posee agradable sabor y aspecto. El mundo natural provee al hombre de distintas sustancias benéficas, y es muy importante seguir con la búsqueda abarcando también dentro de lo natural, al reino fungí que posee un perfil químico taxonómico interesante.

Según la oficina económica y comercial de la embajada de Bogotá, (2005) el comercio de productos ecológicos, en el ámbito mundial, crece a una tasa anual entre el 20% y el 30%, según estudios realizados por el internacional Trade Center de Ginebra.

En Colombia las investigaciones en el campo de la ciencia y la biotecnología en cuanto a la producción, transformación y comercialización de varios hongos comestibles son limitadas. (Torres & Ríos, 2002)

A pesar de que Colombia es un país que cuenta con un gran potencial de recursos naturales agroindustriales que en muchos casos no son explotados adecuadamente, solo existe un pequeño grupo de empresas dedicadas a la fungicultura, debido a que la cultura tradicional del país de consumo de alimentos no incluye este tipo de productos en su dieta, pero representan una nueva opción alimenticia debido a las ventajas que los mismos presentan para la salud. Sin embargo en ciudades como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, entre otras, este tipo de productos tienen una mayor aceptación ya que poseen un alto número de habitantes, mayor nivel adquisitivo y desarrollo socio- económico.

En la industria cafetera los principales subproductos sólidos generados durante el beneficio del fruto e industrialización del grano de café son: la pulpa, con una producción media de 2 toneladas frescas/ha-año, el cisco, la película plateada y la borra (Rodríguez Valencia & Jaramillo López, 2001).

Nariño es uno de los principales departamentos en Colombia dedicado al cultivo y procesamiento de la planta de Fique. El proceso de transformación del fique permite obtener la fibra que representa el 4% de la planta, derivado que es el único aprovechado en la actualidad, el restante 96% que se obtiene está compuesto por jugo y bagazo. Estos desechos agrícolas se convierten en un problema ambiental a causa de su naturaleza química y a su lenta biodegradación tan pronto se producen. Debido a sus altos contenidos de saponinas y fenoles, estos biosólidos ocasionan efectos negativos sobre fuentes de agua cercanas a los sitios de producción, ya que producen reacciones químicas que hacen desoxigenar las fuentes hídricas ocasionando graves daños a la fauna acuática y flora existentes además de atraer plagas como insectos (Bolaños, 2010).

Los hongos del género *Pleurotus* son los más fáciles y menos costosos de producir, debido a la alta adaptabilidad, agresividad y productividad, que presentan las setas de este género (Vargas, 2012 ). Específicamente, las setas del género *Pleurotus*, comúnmente conocidos como “Champiñón ostra u Orellana”, además de ser alimentos saludables, bajos en calorías y en grasas, con vitaminas y minerales, también son ricos en aminoácidos. Resultados de varios trabajos de investigación revelan que el champiñón ostra aporta 18 aminoácidos, entre los cuales están todos los aminoácidos esenciales (Setas del Tesoro Riqueza que alimenta, 2014).

Las plantas aromáticas, son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos, total o parcialmente, por esencias. En este mismo sentido las plantas

condimentarías o especias son plantas aromáticas que el hombre utiliza en los alimentos para acentuar y mejorar el sabor, olor y color de los alimentos (Castro Restrepo et al., 2013).

Las flores aportan matices de frescura y sabores inusuales, sus llamativos colores y los atractivos olores que desprenden estimulan en gran medida los sentidos, pueden ser usadas para adicionar color, fragancia y sabor a los alimentos tales como ensaladas, sopas, postres, entradas y bebidas. Hay que señalar que el mayor componente de las flores es agua (más del 80% de su composición) por tanto son ingredientes calóricamente bajos. Así, su principal uso se enfoca en las características de apariencia, sabor y aroma que puedan aportar al alimento (Lara Cortes et.,2013). Por ende, el uso de plantas aromáticas representa una alternativa para mejorar características sensoriales en este caso del hongo *Pleurotus ostreatus*.

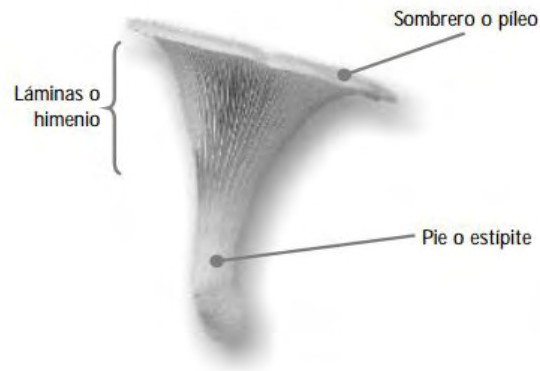
De acuerdo con encuestas realizadas por el instituto Alexander von Humboldt (Díaz, 2003) en el país se distribuyeron y comercializaron un total de 156 plantas medicinales y aromáticas. La especie con mayor volumen de comercialización en el país es la caléndula (*Calendula officinalis*), según considero el 63.3% de los laboratorios naturistas que participaron en la mencionada encuesta. Otras plantas de interés son el diente de león, menta, la manzanilla, el romero y el tomillo.

En este estudio se utilizó residuos generados en la industria cafetera y la agroindustria del fique, con fines de disminuir la contaminación de suelos, aire y fuentes de agua; convirtiendo estos residuos en sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, igualmente el uso de plantas aromáticas en mezcla con dicho hongo en diferentes concentraciones para la elaboración de infusiones, las cuales fueron sometidas a evaluación sensorial debido a que es una alternativa de negocio sencilla y fácil de implementar, generando nuevos mercados como una oportunidad para aumentar la base productora e incrementar la competitividad del departamento contribuyendo a la conservación adecuada del medio ambiente e incentivando el consumo de setas comestibles.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 GENERALIDADES DEL HONGO *Pleurotus ostreatus*

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. 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. Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas, con un sombrero más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja, de hecho, a este hongo técnicamente se le llama *Pleurotus*, término que deriva del griego pleurá o pleurón, costado o lado y del latín otus, oreja (Fig. 1). 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 adecuadas, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se deducen las necesidades que requiere el hongo para ser cultivado (Gaitan *et al.*, 2006)



*Figura 1. Seta de Pleurotus ostreatus.*

**Fuente:** Gaitan *et al.*, 2006

Actualmente *Pleurotus ostreatus* 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. Las setas de *Pleurotus ostreatus* son ricas en carbohidratos, vitaminas, fibra y minerales, además de que poseen un bajo contenido de grasas, presentan entre el 57 y 61 por ciento de carbohidratos en base a su peso seco, 26 por ciento de proteína y un contenido de fibra del 11.9 por ciento, contienen vitaminas como niacina, tiamina (vitamina B1), vitamina B12 y la vitamina C o ácido ascórbico. Además, al hongo *Pleurotus ostreatus*, se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros. El contenido de grasas de *Pleurotus ostreatus* es de 0.9 a 1.8 por ciento con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos se puede observar en la figura 2 (Gaitan *et al.*, 2006).

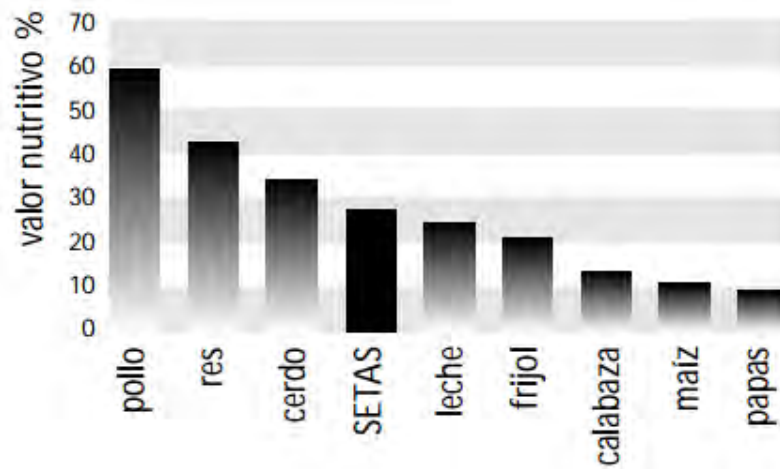


Figura 2. Valor nutricional de la seta *Pleurotus ostreatus* (%) en comparación con otros alimentos.

Fuente: Gaitan *et al.*, 2006

### 3.1.1 Clasificación y morfología

*P. ostreatus* se encuentra clasificado taxonómicamente de la siguiente manera según Stamets (2000):

REINO	Fungi
SUBREINO	Fungi Superior
DIVISION	Basidiomycota
SUBDIVISION	Basidiomycotina
CLASE	Himenomycetes
ORDEN	Agaricales
FAMILIA	Tricholomataceae
GÉNERO	Pleurotus
ESPECIE	ostreatus

*Pleurotus ostreatus* es un típico hongo agarical, que a menudo se encuentra recubierto de una capa micelial en la base y presenta carne delgada y blanca. El píleo cuando madura adquiere

forma de concha, las láminas son blancas o de color crema en las cuales se disponen los basidios no tabicados con cuatro basidiosporas blanquecinas elípticas de 8-11 x 3-4 mm.

El píleo es de superficie lisa, brillante y un poco viscosa en tiempo húmedo. El estípite es corto de 1-4 x 1- 2 cm, las lámelas son blancas, decurrentes y ampliamente espaciadas y las esporas en masa son blanquecinas o de color gris-blanquecino. *Pleurotus ostreatus* posee un píleo regularmente de 4 a 13 cm de diámetro, aunque ocasionalmente puede presentar tamaños mayores de acuerdo a las condiciones de fructificación. La superficie superior de *P.ostreatus* puede presentar color variable según la intensidad de la luz, con tonos entre blanquecinos, grises o azulados. Su margen es suave, delgado, ondulado y ocasionalmente enrollado.

### **3.1.2 Propiedades nutricionales**

En general, las especies pertenecientes al género *Pleurotus* resultan particularmente interesantes desde el punto de vista nutricional en función de su contenido de proteína (27 - 48%) en seco, lípidos (2 - 8 %), niveles tolerables de ácidos nucleicos y por la presencia, además, de vitaminas, minerales, fibra dietética, beta glucanos y compuestos con actividad antioxidante (Bermúdez *et al* 1994).

#### **3.1.2.1 Carbohidratos**

En particular *P. ostreatus* tiene un contenido elevado de carbohidratos de 57% y 14% de fibra cruda, de los cuales el 47% es fibra dietética. 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 (López & Alvarado, 1994).

Benavides (2013) en la investigación titulada “Aprovechamiento De Residuos Lignocelulósicos Para El Cultivo De Orellanas (*Pleurotus ostreatus*)” indica que se presentó una disminución en el contenido de carbohidratos totales con respecto a los encontrados en la

literatura para *P. ostreatus*, debido al pretratamiento de los materiales lignocelulósicos usados como sustrato provocando pérdida de carbohidratos solubles aprovechables por el macromicete.

### 3.1.2.2 Proteínas

Los cuerpos fructíferos o setas del género *Pleurotus* son una excelente fuente de proteína de buena calidad. Esto, debido a que en su contenido están presentes todos los aminoácidos esenciales, entre los que predominan alanina, ácido glutámico y glutamina. El porcentaje de proteína en peso seco del género *Pleurotus* puede variar entre 10 y 30% aunque puede llegar a ser hasta del 40% (Gunde & Cymerman, 1995).

Benavides (2013) obtuvo cantidades elevadas de proteína cruda con respecto a estudios realizados en bagazo de agave. El alto contenido de proteína obtenido, fue debido al alto nivel de nitrógeno inicial presentado por los materiales lignocelulósicos usados en el estudio.

### 3.1.2.3 Lípidos

Aunque la fracción de lípidos en el hongo *Pleurotus ostreatus* es poco significativa debido a su escasa cantidad, de 3 al 5% de lípidos en peso seco, *P. ostreatus* contiene desde mono, di y triglicéridos, esteroides, esterolésteres y fosfolípidos, siendo el Ergosterol el más importante. Sin embargo, hay que mencionar que los ácidos grasos son predominantemente insaturados, de fácil digestión y de naturaleza hipolipidémica (López & Alvarado, 1994).

La variación del contenido de lípidos en los hongos no obedece al tipo de sustrato sino al tipo de cepa Liu, *et al.* (2005). Benavides (2013) en su investigación obtuvo una concentración menor a la obtenida por Baena (2009); sin embargo, la concentración de lípidos es similar a los resultados de Badu, *et al.* (2011); Forero, *et al.* (2008) y Nevarez (2012).



#### 3.1.2.4 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 *P. ostreatus* el contenido de tiamina se encuentra entre 4,8 y 7,8 mg 100 g<sup>-1</sup>, el de riboflavina 4,7 a 4,9 mg 100g<sup>-1</sup> y la niacina 55 a 109 mg 100g<sup>-1</sup>, todo en peso seco (López Díaz, 2008).

Los contenidos de ácido ascórbico (Vitamina C) en *P. ostreatus* son muy altos, de 36 hasta 58 mg 100g<sup>-1</sup> de su peso seco, por lo que pueden ser una muy buena fuente de antioxidantes y agentes reductores para el uso de medicamentos y complementos nutricionales, pueden ser utilizados en el tratamiento del escorbuto, la diabetes, hipoglucemia, cáncer, etc. (Chang et al, 1998). Por otro lado, el contenido de ergosterol en el hongo *Pleurotus ostreatus* 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 (Chang et al, 1998).

#### 3.1.2.5 Minerales

Los hongos absorben todos los minerales que contiene el substrato donde son cultivados, por lo general contienen buena cantidad de fósforo y potasio. En el caso de *Pleurotus* se han encontrado buenas cantidades de zinc, cobre, magnesio y fósforo, y una proporción media de hierro, manganeso y potasio (Potteer, 1995).

El calcio, aluminio y sodio en el hongo *P. ostreatus* se ha encontrado en pequeñas cantidades, también contiene trazas de fósforo, arsénico y mercurio (López y Alvarado, 1994).

### 3.2 PROPIEDADES MEDICINALES

Las setas cultivadas del género *Pleurotus* son interesantes debido a los  $\beta$ -glucanos que forman parte de la pared del hongo los cuales demuestran una gran inmunomodulación, además de propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y analgésicas.

A continuación, se detallan algunas propiedades medicinales que presenta el hongo *Pleurotus ostreatus*.

#### 3.2.1 Control del colesterol

Se ha demostrado que el género *Pleurotus* previene la ganancia de peso y la hiperlipidemia en ratones C57BL/6J alimentados con una dieta alta en grasa, porque es capaz de inducir la lipólisis e inhibir la diferenciación de adipocitos. Por ejemplo, Los  $\beta$ - glucanos del hongo *Pleurotus sajor-caju* previenen el desarrollo de obesidad y el estrés oxidativo en ratones alimentados con una dieta alta en grasa (Kanagasabapathy et al., 2013). Estudios previos realizados en el CTICH (Centro Tecnológico De Investigación Del Champiñón De La Rioja) en colaboración con el CIBIR (Centro de Investigación Biomédica de La Rioja) demostraron que aplicando un tratamiento con extractos de *Pleurotus ostreatus* en cultivos celulares de adipocitos subcutáneos incrementaba la lipólisis, este hecho podría ser un mecanismo por el que los extractos de esta seta son capaces de disminuir el tamaño del adipocito, y, por tanto, del tejido adiposo (Aguilera-Lizarraga et al., 2013).

Por otro lado, en los cuerpos fructíferos del *P. ostreatus* se ha encontrado en forma natural una sustancia que baja el colesterol, los triglicéridos y las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) de la sangre de nombre Lovastatin o Lovastatina cuyo uso ha sido aprobado en los Estados Unidos por la FDA y que se utiliza como principio activo de diferentes medicamentos recetados comúnmente por los médicos para el tratamiento de la hipercolesterolemia, el más conocido de estos es el Mevacor (Gunde y Cymerman, 1995).

### 3.2.2 Efecto antitumoral

Los hongos contienen una serie de compuestos, que poseen actividad anticancerígena. El consumo de hongos puede reducir el riesgo de padecer algunos tumores o prevenirlos, por ejemplo, en un estudio realizado con mujeres postmenopáusicas coreanas se observó que el consumo regular de hongos reducía el riesgo de cáncer de mama (Hong, 2008).

Investigaciones han demostrado que algunas variedades de hongos comestibles, entre ellas *P. ostreatus*, contienen cantidades importantes de polisacáridos de estructura molecular compleja con unidades de (1,3)- $\beta$ -D-Glucanos, lineales y ramificados, a los cuales se les ha encontrado una importante capacidad antitumoral. Es decir que se ha comprobado a nivel de 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 (Gunde & Cymerman, 1995).

### 3.2.3 Efecto antiinflamatorio

En algunas especies de *Pleurotus* se han aislado lectinas que contienen aminoácidos como glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa con propiedades antiinflamatorias, entre dichas especies se encuentran *P. japonicus* (Lindequist et al., 2005), *P. ostreatus* y *P. cornucopiae*.

*Pleurotus sp.*, posee también propiedades antiinflamatorias. Se han hecho investigaciones en donde se aislaron glicopéptidos (lectinas) que contienen aminoácidos con glucosa, arabinosa, galactosa, manosa y xilosa en la cadena de carbohidratos, con excelente capacidad fungicida y antibiótica; estos componentes han sido aislados tanto del micelio como de los cuerpos fructíferos de *Pleurotus japonicus*, *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus cornucopiae* (Gunde & Ciderman 1995).

Se ha reportado que estas sustancias han sido útiles en el control de algunas enfermedades de las plantas. Otras sustancias importantes con actividad antibiótica son los componentes aromáticos volátiles que caracterizan a la mayoría de las especies de *Pleurotus*. Estos compuestos aromáticos volátiles, compuestos de carbonos en su estructura molecular, son los que originan el aroma y sabor característico que distinguen al hongo ostra. Dichas sustancias han demostrado tener una fuerte capacidad antibacteriana y por tanto antiinflamatoria contra diferentes tipos de agentes infecciosos (Babitskatya, 1999).

### **3.2.4 Efecto hepatoprotector**

La actividad hepatoprotectora se le ha atribuido también al género *Pleurotus*. Existen algunos estudios con animales en los que se ha confirmado el efecto protector de *P. ostreatus*. (Jayakumar et al., 2006) y *P. florida* (Arunavadas y Umadevi, 2008) frente al daño hepático causado por tetracloruro de carbono. Además *P. ostreatus*, *P. sajor-caju*, y *P. florida* pueden proteger al hígado de la peroxidación lipídica según estudios realizados en muestras de tejido hepático en condiciones de hipercolesterolemia (Hossain et al., 2003; Alam et al., 2009). En otro trabajo con un extracto acuoso de *P. eryngii*, rico en polisacáridos, se observó un aumento en la actividad de las enzimas antioxidantes y menor concentración de radicales libres en el hígado dañado (Chen et al., 2012)

Babitskatya (1999) realizaron experimentos con ratas de laboratorio a las que se suministró setas deshidratadas en un 2% con una dieta rica en grasa, durante seis meses. Se demostró que bajaron los niveles de colesterol y triglicéridos en un 65-80% en comparación con las ratas control; a nivel histológico, se encontró que el depósito de grasa en el hígado era mucho menor con lo que se puede hablar también de un efecto hepatoprotector. Este efecto fue probado posteriormente en ratas sometidas a una dieta con alcohol etílico (ratas borrachas) y el resultado

de los estudios demostró que las ratas que consumieron setas de *Pleurotus*, lograron una protección de la estructura hepática de hasta un 40%.

### **3.2.5 Efecto antihipertensión**

Babitskatya (1999) aseguran que la disminución del contenido de colesterol en el plasma sanguíneo por si sólo 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 elemento y las setas no son ninguna excepción.

También se ha demostrado que la ingesta de setas permite una mejor absorción de elementos a nivel intestinal, esto se da debido a la presencia de metaloproteínas.

Además de las muchas propiedades beneficiosas que ya se han descrito para el género *Pleurotus*, estas especies de hongos tienen también actividad antihipertensiva a través de la inhibición de la enzima convertidora de angiotensina (ACE). La administración oral de extractos de *P. nebrodensis* y *P. cornucopiae* reducía la presión arterial en un ensayo experimental con ratas hipertensivas (Miyazawa et al., 2008; Hagiwara et al., 2005).

### **3.2.6 Efecto antioxidante**

Existen una gran variedad de alimentos ricos en compuestos con reconocida actividad antioxidante, entre ellos, los hongos. El potencial antioxidante de los hongos, tanto cultivados como silvestres, es hoy en día motivo de numerosos estudios y publicaciones científicas. El valor antioxidante de los hongos es comparable con el de los alimentos de origen vegetal, los compuestos responsables del poder antioxidante en los hongos son varios: selenio, compuestos fenólicos, ergotioneína, tocoferoles, carotenoides, etc. Se ha demostrado que un buen número de hongos comestibles podrían ser utilizados como antioxidantes naturales por su alto potencial frente al estrés oxidativo (Kim et al., 2008; Liu et al., 2012; Palacios et al., 2011; Reis et al., 2012).

Los hongos de la pudrición blanca, hongos que crecen en troncos de madera, a los que pertenecen los *Pleurotus*, poseen sustancias con propiedades antioxidantes, por lo que pueden constituir una fuente potencial de bio-antioxidantes o de preparaciones complejas con propiedades antioxidantes (Babitskatya ,1999).

### **3.3 CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE *P. ostreatus***

Tanto a nivel nacional como internacional, no existe una única fórmula para el uso del sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*, por lo que se limita a experimentar con varios materiales y está muy relacionado con la biomasa existente en la región lo que facilita bajar los costos de producción. La Orellana también obedece al gusto y exigencia del cliente pues de acuerdo al medio de sustrato utilizado para su producción se tienen los sabores porque la Orellana adopta ese sabor (Ruiz, 2014).

La carne de *P. ostreatus* es blanca con sabor agradable y textura firme, excelentes características gastronómicas que dan valor a éste y a otros hongos, su sabor sui generis, sus distintas tonalidades y su versatilidad como aditamento culinario, hacen que crezca en su popularidad y sea cada vez más aceptado por los consumidores (Ciappini et al., 2004).

### **3.4 ETAPAS DEL CULTIVO DE *P. ostreatus***

#### **3.4.1 Preparación de la semilla**

Se realiza en dos etapas:

Inóculo primario, es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo. Se incuba de 25-28°C en obscuridad hasta que el micelio cubra totalmente la semilla; 15 ó 20 días después, el inóculo primario estará listo (Clyde, 1964).

Inóculo secundario, es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es el que se usa para la siembra y fructificación de las setas. Se pueden emplear semillas de sorgo, trigo, centeno, cebada, avena, mijo y arroz, entre otros. Si el inóculo no se emplea

inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en obscuridad y refrigeración a 5°C hasta por tres meses, aunque lo recomendable es utilizarlo a la semana de estar en refrigeración (Gaitán *et al.*, 2006).

Sañudo (2003), señala si en el crecimiento micelial aparecen zonas de coloración verde azulosa, gris, roja anaranjada, negra, etc., los frascos se desechan porque hay contaminación de otros hongos. Así mismo se descartan aquellos recipientes en los que el micelio blanco adquiere un aspecto gelatinoso, porque hay invasión de bacterias.

Del mismo modo Fernández (2004), indica que se debe sacar de refrigeración la semilla un día antes de sembrar, para evitar un termoshock “Sustrato-Semilla” de (4°C - 6°C) a (14°C -22°C).

### **3.4.2 Preparación del sustrato**

La preparación de sustrato a base de paja de cereales (centeno, trigo o cebada) requiere los siguientes pasos:

#### **3.4.2.1 Picado**

Un tamaño de partículas de 2 a 5 cm, son los valores más citados y los que proporcionan la mejor estabilidad y proporciones.

#### **3.4.2.2 Humectación**

Durante 1 ó 2 días, las pajas picadas humedecerlas mediante sistemas de riego por aspersión. La humedad de la masa de paja deberá ser del 70-80 % (Clyde, 1964).

#### **3.4.2.3 Pasteurización**

Gaitán y otros autores (2006), informan que para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo seta *P. ostreatus*, es necesario someterlos a un tratamiento previo, que consiste básicamente en aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva, que está presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de

Pleurotus. Así mismo, indica que el sustrato debe someterse a una pasteurización por inmersión en agua caliente a (75-80°C) durante 1 hora.

#### **3.4.2.4 Acondicionamiento de bolsas para el sustrato**

Fernández (2004), indica que los orificios en las bolsas estarán por ambos lados por donde se quiere que las setas de *P. ostreatus* se produzcan. En este tema existe una creencia equivocada al pensar que entre más orificios se le hagan a la bolsa, más será el número de setas o de producción de *P. ostreatus*. No es así, la cantidad de setas será la misma con respecto a la cantidad de paja seca contenida en la bolsa que corresponde al 25% del peso total de la bolsa.

#### **3.4.3 Siembra**

La siembra es la fase más importante, ya que en esta se mezclan el micelio (o semilla) con la paja (sustrato) que va a servirle como medio de desarrollo (Bermúdez et al., 2003)

Cuando el sustrato pasteurizado tenga una temperatura de 20-25°C y una humedad del 70% (el sustrato apretado con la mano, deja salir pocas gotas de agua), el sustrato se extiende sobre una mesa limpia (Sañudo *et al.*, 2003). En este momento debe adicionarse el carbonato de calcio 20 g / kilo de composta y 10 g de sulfato de calcio / kilo de composta, como neutralizante y revolverlo en la paja antes de sembrar (Fernández, 2004).

Por su parte Velasco & Vargas (2004), manifiestan que no es recomendable sembrar con niveles de humedad mayores que los indicados, porque el hongo *P. ostreatus* necesita para su crecimiento de ciertos espacios porosos, esto le permite que el intercambio de gases sea el óptimo para su crecimiento, tanto de CO<sub>2</sub> como de oxígeno, evitando así la aparición de organismos que puedan vivir sin oxígeno y que ocasionan pudrición del sustrato.

En cambio, Gaitán y otros autores, (2006), indica que en las bolsas de plástico se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea



uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla.

#### **3.4.4 Tasa de Inoculación**

Sánchez y Royse (2001), manifiestan que la tasa de inoculación es la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular. En general, en la siembra comercial es común utilizar tasas de inoculación del 2-2.5%, lo que es rentable. Y a la vez Domínguez (2006), recomienda utilizar dosis de 20 g de semilla por kilo de sustrato húmedo.

#### **3.4.5 Incubación**

Durante la fase de incubación las bolsas que contienen la mezcla de micelio con la paja se colocan en un lugar con una luminosidad nula, esto propicia que el hongo inicie el consumo de nutrientes y la degradación de la materia muerta. El crecimiento durante las primeras 24 horas es lento debido a que el hongo seta necesita adaptarse a su nuevo medio de crecimiento (Bermúdez et al., 2003). La temperatura será de 18 a 22° C y la ventilación de 1 metro cúbico de aire por hora y por kilogramo de sustrato (Clyde,1964).

Sánchez y Royse (2001), argumentan que, durante la incubación, cuatro o cinco días después de haber efectuado la siembra, se hacen de 20 a 40 perforaciones perfectamente distribuidas (con una aguja o navaja estéril) en la parte superior de la bolsa de polietileno y de preferencia sin tocar al sustrato. Esto se hace porque inicialmente se requiere una concentración alta en CO<sub>2</sub> para estimular el crecimiento micelial (hasta niveles cercanos al 25%), pero pasados estos niveles, el CO<sub>2</sub> limita el desarrollo y es necesario facilitar el intercambio con aire fresco. Pero Gaitán y otros autores (2006), sugieren al día siguiente de la siembra hacer pequeñas perforaciones, para favorecer la oxigenación del hongo.

Durante un período de 15 días el hongo utiliza lignina y celulosa como fuente de energía para la síntesis de proteína y otras sustancias metabólicas. En cuanto a nitrógeno es capaz de incrementar el contenido de nitrógeno en el medio en que crece sintetizando proteínas y fijando

nitrógeno; en esta etapa de incubación tiene lugar la síntesis de proteínas para la estructura micelial (Velasco & Vargas,2004).

### **3.4.6 Inducción**

En esta fase, las bolsas que han terminado su periodo de incubación y que se encuentran totalmente invadidas por el hongo *Pleurotus ostreatus* (el sustrato debe tener una coloración blanca) se trasladan al lugar de fructificación (Bermudez,2003).

La aparición de primordios de cuerpos fructíferos requiere del manejo adecuado de los factores ambientales; la temperatura va de los 18 a los 23 °C; la humedad del aire debe ser del 80 al 95 % y se proporciona iluminación de 8 a 12 horas (Velasco & Vargas,2004) para que la luz permita que broten los hongos (o cuerpos fructíferos) y alcancen su madurez (Bermudez,2003).

Si existe un exceso de humedad, se debe ventilar el sitio. Por lo contrario, si la humedad disminuye, se puede regar el piso y las paredes dos o tres veces al día para elevar la humedad o bien colocar en el cuarto botes de agua (tanto en la fase de incubación como en el de fructificación) (Bohorquez,2009)

Gaitán y otros autores (2006), recomiendan sólo realizar perforaciones de mayor tamaño en dónde se presenten los primordios. Inicialmente éstos son masas algodonosas que aparecerán pocos días después de la transferencia de las bolsas al área de producción y que con el tiempo se diferenciarán en pequeñas protuberancias que salen del sustrato.

### **3.4.7 Producción**

Técnicamente se refiere al cambio de la fase vegetativa del micelio a la fase reproductiva. La producción de setas se da en intervalos y a este momento de producción se le conoce como “oleadas” (Fernandez,2004).

Así mismo Sañudo y otros autores (2003), afirman que desde el momento en que se siembra el micelio en el sustrato hasta cuando aparecen los primeros basidiocarpos, pasan aproximadamente

90 días, con las siguientes condiciones ambientales: temperatura de 14- 18°C, humedad relativa de 90-95% y la humedad del bloque de 70-75%.

### **3.4.8 Cosecha**

La primera cosecha se realiza a partir del día 25 al 40 dependiendo de las condiciones climáticas, cuando los frutos han alcanzado la madurez fisiológica que se caracteriza por un diámetro de 10 cm y con un peso variable de 50 a 80 gramos, producto succulento y bien definido, etapa en la cual contiene todos los elementos básicos que conforman el estado nutricional del producto (Velasco & Vargas, 2004).

Gaitán y otros autores (2006), en cambio argumentan que los hongos están listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba. No se debe permitir que el borde del píleo se ponga totalmente plano porque se demerita la calidad y se propicia la diseminación de esporas (Sánchez & Royse, 2001).

En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y sustrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas (oleadas), pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90 por ciento) (Gaitán *et al.*, 2006).

Las cosechas son separadas por períodos de más o menos 10 días. Se recomienda solo aprovechar la producción de las bolsas hasta la tercera producción ya que conforme pasa el tiempo se producen malos olores y la atracción de insectos puede poner en peligro todo el resto de la producción y la contaminación del lugar de producción (Carvajal , 2010).

La cosecha se hace cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato; aunque en algunos lugares se prefiere tomar delicadamente los hongos con la mano, sin dañarlos y sin producir hoyos en el sustrato (Sánchez & Royse, 2001).

### **3.4.9 Rendimiento**

El parámetro de producción en este cultivo es el siguiente: el total de peso fresco de hongos producidos de una bolsa de sustrato corresponderá al total del peso seco del mismo sustrato. Este parámetro se le llama “Porcentaje de Eficiencia Biológica. Las producciones se darán en los intervalos de las tres oleadas y se obtendrán según el tipo de semilla o cepa, aunque es común que el 50% de la producción se dé en la primera oleada, el 30-35% en la segunda oleada y el resto 20-15% en la última oleada (Fernández, 2004).

## **3.5 SUSTRATOS UTILIZADOS PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus spp.***

### **3.5.1 Generalidades del Sustrato**

Un sustrato es conveniente para el crecimiento de un hongo, si contiene todos los requerimientos nutritivos en cantidad suficiente para que éste sintetice sus metabolitos y tome de él la energía que requiere (Sánchez, 2001)

Gaitán y otros autores (2006), manifiestan que en el grupo de las Gírgolas y el Shiitake, la fuente de carbono está constituida por la lignina y la celulosa, presentes en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, maguey tequilero, henequén, pulpa de café), y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas).

### **3.5.2 Nutrientes del Sustrato**

#### **3.5.2.1 Carbono**

El carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía para su metabolismo; así mismo, es necesario para la formación de las diferentes partes y estructuras celulares. El carbono puede ser utilizado por el hongo a partir de diferentes fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc (Carvajal Tocagón, 2010).

### 3.5.2.2 Lípidos

La adición de aceites vegetales tiene un efecto benéfico para el crecimiento micelial de *P. sapidus* y *P. ostreatus* (Sánchez, 2001).

### 3.5.2.3 Nitrógeno

Las especies de *Pleurotus* tienen la capacidad de crecer sobre fuentes inorgánicas de nitrógeno, como el nitrato de potasio o la urea, aunque se observa que prefieren las fuentes orgánicas para un crecimiento óptimo. De tal manera Rodríguez (2007), indica que las necesidades de nitrógeno pueden cubrirse por las proteínas y aminoácidos que resultan de la descomposición químico-biológica de cuerpos orgánicos (harinas, granos de cereales, estiércol).

## 3.6 PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

Las plantas medicinales contienen sustancias químicas que se conocen como principios activos; éstos ejercen una acción farmacológica beneficiosa o perjudicial sobre el organismo vivo. Su utilidad primordial, a veces específica, es servir como droga o medicamento que alivie la enfermedad o restablezca la salud perdida. Por lo tanto, la droga se obtiene de las partes del vegetal que contienen los principios activos, es decir, su parte útil. Si sufre una manipulación diferente del secado o el troceado, la droga se denomina medicamento. A su vez, las plantas aromáticas son aquellas plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos, total o parcialmente, por esencias. En este mismo sentido, las plantas condimentarias o especias son plantas aromáticas que el hombre utiliza en los alimentos para acentuar y mejorar el sabor, olor y color de los alimentos (Castro Restrepo et al., 2013).

Las plantas aromáticas, condimentarias y medicinales han experimentado un auge en la demanda, a tal punto que se ha configurado un mercado de características particulares. De concedérsele la importancia y la atención necesarias se podría crear un nuevo renglón productivo con grandes posibilidades en el mercado mundial y la posibilidad de generar importantes divisas

para el país y el departamento, con el impulso al empleo que ello supone (Castro Restrepo et al., 2013).

### 3.6.1 Manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.)

**Nombre común:** Manzanilla, manzanilla de Aragón, manzanilla dulce, camomila.

**Familia:** Asteraceae.

**Descripción:** la manzanilla es una hierba de tallo erecto y glabro, que crece hasta 50 cm de altura; las hojas son alternas y bipinnatisectas de color verde claro y muy aromáticas. Las ramas terminan en capítulos con un botón en el Centro (flores) de color amarillo y una corona de brácteas en forma de lengüetas de color blanco blando (Castro Restrepo et al., 2013).

**Distribución:** planta europea y del norte de Asia, propia de climas fríos (García, 1975).

**Parte utilizada:** flores

**Usos tradicionales:** la planta se emplea para tratar dolores menstruales, dolor de estómago, dolor de cabeza y de dientes, diarrea, cólicos, úlcera gástrica, dispepsia, cefalea, hemorroides y flatulencia. Se usa además como antiinflamatorio, fungicida, bactericida, espasmolítico y expectorante. Alivia y relaja los nervios; se emplea también en ataques de asma (Ministerio de la Protección Social, 2008).

### 3.6.2 Caléndula (*Calendula officinalis* L.)

**Nombre común:** Botón de oro, corona de rey, flamenquilla, flor de difunto, entre otros.

**Familia:** Asteraceae.

**Descripción:** la caléndula es una planta herbácea hasta de 80 cm de altura, ramificada, con tallos erectos y pubescentes. Las hojas son alternas, con un margen entero o un ligeramente denticuladas, de consistencia suculentas. Las flores están en capítulos terminales o axilares, con un pedúnculo floral de hasta 18 cm, pubescentes con flores desde amarillo-blanco hasta anaranjadas (García, 1975).

**Distribución:** es una planta originaria del sur de Europa y Asia, cultivada en climas fríos de Colombia.

**Parte utilizada:** Flores

**Usos tradicionales:** la caléndula es ampliamente utilizada como antiinflamatoria, antiséptico, astringente, estimulante hepático y especialmente de la actividad biliar. Las flores se emplean en caso de acné, contusiones, golpes, torceduras, eczemas, quemaduras, picaduras de insectos, irritaciones cutáneas. Los pétalos retirados de la cabezuela se emplean contra trastornos ginecológicos (amenorrea, dismenorrea y vulvovaginitis) y en forma de colirios contra la conjuntivitis (Ministerio de la Protección Social, 2008).

### **3.7 INFUSIONES AROMÁTICAS**

La tisana es una infusión aromática que se consigue al hervir ciertas especies de hierbas aromáticas en agua; en la cual quedan retenidas las sustancias hidrosolubles que pueden aportar efectos beneficiosos en la salud de las personas. Actualmente son utilizadas dentro de la medicina alternativa, también son denominadas bebidas aromáticas o té. Comercialmente las hierbas a usarse deben ser deshidratadas y molidas para posteriormente ser introducidas en bolsas de papel filtro (Rojas, Tripaldi, & Dután, 2010).

### **3.8 PROPIEDADES SENSORIALES**

Según Anzaldúa Morales (1994) las propiedades sensoriales son los atributos de los alimentos que se detectan por medio de los sentidos. Hay algunas propiedades que se perciben por medio de un solo sentido, mientras que otras son detectadas por dos o más sentidos. Entre algunas propiedades sensoriales necesarias en los alimentos se encuentran:

### **3.8.1 Color**

Esta propiedad es la percepción de la luz de una cierta longitud de onda reflejada por un objeto. Un cuerpo rojo, por ejemplo, refleja la luz con la longitud de onda correspondiente al rojo y absorbe la luz de todas las demás longitudes de onda del espectro visible.

### **3.8.2 Olor**

El olor es la percepción, por medio de la nariz de sustancias volátiles liberados en los objetos. En el caso de los alimentos y la mayoría de las sustancias olorosas, esta propiedad es diferente para cada uno y no ha sido posible establecer clasificaciones ni taxonomías completamente adecuadas para los olores.

### **3.8.3 Sabor**

Este atributo de los alimentos es muy complejo, ya que combina tres propiedades: El olor, el aroma y el gusto. El sabor es la suma de las tres características y, por lo tanto, su medición y apreciación son más complejas que las de cada propiedad por separado.

## **3.9 PRUEBAS SENSORIALES**

Según Anzaldúa Morales (1994) el análisis sensorial de los alimentos se lleva a cabo de acuerdo con diferentes pruebas, según sea la finalidad para la que se efectúe, existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, discriminativas y las descriptivas.

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en tres tipos: pruebas de preferencia, pruebas de grado de satisfacción y pruebas de aceptación.

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencia o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esa diferencia. Las pruebas discriminativas más comúnmente empleadas son las siguientes: prueba de



comparación apareada simple, prueba triangular, prueba dúo-trío, prueba de comparaciones apareadas de scheffé, pruebas de comparaciones múltiples y prueba de ordenamiento.

### **3.9.1 Prueba de medición del grado de satisfacción**

Cuando se deben evaluar más de dos muestras a la vez o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto, puede recurrirse a las pruebas de medición del grado de satisfacción.

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas las cuales son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo prueban. Las escalas hedónicas pueden ser verbales o gráficas.

### **3.9.2 Prueba triangular**

En esta prueba se le presentan tres muestras al juez de las cuales dos son iguales, y se le pide que identifique la prueba que es diferente.

#### 4. MARCO REFERENCIAL

##### **Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia (Garzón & Cuervo, 2008)**

En este estudio se hizo un cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre cuatro residuos sólidos de diferente procedencia usados como sustratos. Éstos fueron bagazo de caña de azúcar, tallo de maíz, aserrín y sobras de café de consumo humano. Se evaluó 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. El rendimiento de los sustratos que tuvieron café tanto individualmente como en las mezclas varió entre los 265 g a 409 g y fueron significativamente más altos ( $p < 0,05$ ) que los sustratos que no lo tenían en los cuales varió entre 1,5 g y 154 g.

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 0,905 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día, mientras que en los demás sustratos se obtuvieron productividades que variaron entre 0,324 kg y 0,494 kg de hongos frescos por cada 100 kg de sustrato seco al día.

## **BIODEGRADACIÓN DE RESIDUOS URBANOS LIGNOCELULÓSICOS POR *Pleurotus* (Delfín & Duran, 2003).**

Esta investigación tiene como objetivo reducir la masa de dos desechos de tipo urbano que contienen celulosa y lignina, como la parte celulósica de los pañales y la poda del pasto común, al utilizarlos como sustrato para el cultivo de dos tipos de hongos celulolíticos identificados como variedades clara y oscura de *Pleurotus spp.* obtenidas comercialmente. Estos hongos son organismos que tienen la capacidad de degradar la celulosa y la lignina. Como materiales de comparación se utilizaron, algodón industrial, con casi 100 % de su masa como celulosa, y paja de trigo, muy usada en el cultivo comercial de estos hongos. Se adicionaron dos residuos que se considera funcionan como enriquecedores en la degradación de residuos celulósicos: borra de café y penachos de piña. La reducción en masa, tanto en los sustratos que contenían pasto como en los que contenían paja, solos y con penacho de piña y borra de café, fue superior al 80 %; correspondiendo la mayor reducción a la etapa de colonización del sustrato (primeras cuatro semanas). Estos resultados indican que la mayor parte de la materia orgánica original fue mineralizada y liberada al ambiente en forma de CO<sub>2</sub> y vapor de agua. En el pañal desechable, el material polimérico súper absorbente representó un obstáculo para la colonización y degradación de la parte celulósica por lo que, a las cuatro semanas, estos experimentos se suspendieron. Los resultados muestran que la degradación de la celulosa presente en estos residuos sólidos por el hongo *Pleurotus* se beneficia con la presencia de los penachos de piña, indicando un posible efecto sinérgico de la lignina.

## **APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS LIGNOCELULOSICOS PARA EL CULTIVO DE ORELLANAS (*Pleurotus ostreatus*) (Benavides, 2013)**

*Pleurotus ostreatus*, también conocido como Orellana, es un macromicete comestible que se encuentra a nivel mundial en forma silvestre o cultivado. Su característico sabor gourmet, bajo contenido en grasas saturadas, propiedades nutricionales y cualidades medicinales, lo han ubicado en tercer lugar de comercialización en el mundo, después de shiitake y champiñón. En Colombia, esta especie ha sido cultivada sobre diversos residuos vegetales, sin embargo, existen pocos estudios realizados sobre desechos lignocelulósicos de fique (*Furcraea macrophylla*). En el departamento de Nariño, la producción agroindustrial de fibra de fique genera alrededor de 40.000 t/año de bagazo, que originan la contaminación de suelos y fuentes de agua; además del cultivo de trigo (*Triticum aestivum*) se obtiene el 70% de residuos sólidos (granza) potencialmente aprovechables para el cultivo de macromicetes.

Como una alternativa productiva/ambiental, en esta investigación se desarrolló el cultivo de *P. ostreatus* sobre once sustratos preparados con residuos sólidos de fique y trigo, enriquecidos con una sal nitrogenada. Fue posible relacionar la calidad bromatológica de los sustratos, con la variación en la eficiencia biológica, variables morfológicas, variables fenológicas y análisis proximal. Los resultados de la eficiencia biológica oscilaron entre 63,1% y 123,45%; la precocidad estuvo en el rango de 27 días a 43 días y el tiempo a cosechas vario entre 31 días y 49 días. El número de fructificaciones por unidad productiva fue proporcional a la eficiencia biológica, sin embargo, se obtuvo un tamaño homogéneo de carpóforo en los tratamientos. La riqueza nutricional de las setas fue variable obteniéndose alta cantidad de proteína (28,10% - 33,7%) y fibra (15,4% - 16,9%); valor promedio en cenizas (3,77% - 5,51%) y bajo contenido de carbohidratos (20,30% - 23,67%) y lípidos (1,43 - 1,78%); en contraste con otras investigaciones de *P. ostreatus*. Los componentes de rendimiento indican que el cultivo de orellanas puede ser

rentable económicamente y aportaría en la mitigación de la problemática ambiental que generan los residuos de fique y trigo. El análisis proximal indica que *P. ostreatus* presenta un importante contenido nutricional, por lo cual es recomendable su ingesta, sobre todo en las dietas para disminución de peso.

### **EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA (López-Rodríguez et al., 2008)**

Se llevó a cabo la evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, para determinar el residuo sobre el cual este hongo genera mejor crecimiento y producción. Los sustratos evaluados fueron residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de maíz); teniendo como sustrato control el aserrín de roble. Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1Kg de volumen de mezcla de sustrato, del cual el 78% fue el residuo agroindustrial. Se esterilizaron e inocularon con 30g de semillas de *Pleurotus ostreatus*, adquiridas comercialmente. Se evaluó el tiempo de corrida del micelio, el diámetro de los carpóforos, el número de hongos producidos por bolsa, el peso fresco, la eficiencia biológica y el rendimiento de cada uno de los sustratos trabajados. Finalmente, el mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* fue el capacho de uchuva ya que alcanzó una eficiencia biológica de 76.1% en un período total de producción de 41 días y una rentabilidad de 39.03 Kg/m<sup>2</sup> con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo

### **DESARROLLO DE PRODUCTOS A PARTIR DE LA ORELLANA (*Pleurotus ostreatus*) (Jaramillo et al., 2011)**

Se desarrollaron tres formulaciones utilizando orellanas (*Pleurotus ostreatus*): un aderezo seco, un sucedáneo tipo carne de hamburguesa con orellana fresca y otro con orellana

deshidratada. Éstas se obtuvieron tomando como referencia la normatividad, formulaciones y procedimientos preestablecidos para la elaboración convencional de alimentos similares. Mediante análisis sensorial se encontró que el grado de aceptación obtenido fue: 75,80% para el aderezo, 65,10% para el sustituto cárnico con orellanas frescas y 61,70% para el sustituto con orellanas deshidratadas. Por último, se confrontaron las formulaciones desarrolladas con las tablas nutricionales de algunos productos análogos comerciales destacando el contenido de proteína de los productos finales.

### **DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE UNA INFUSIÓN AROMÁTICA TIPO TISANA APLICANDO DISEÑO DE PLACKETT – BURMAN Y OPTIMIZACIÓN DE MÁXIMA PENDIENTE (Rojas, Tripaldi & Dután, 2010)**

El uso de las tisanas es bastante difundido a nivel de Latinoamérica, generando grandes ganancias a las empresas dedicadas a este negocio. El presente trabajo ha buscado estudiar las condiciones de elaboración y optimizar las materias primas utilizadas. Para esta investigación se ha empleado un total de 22 hierbas aromáticas que conforman la tisana, para estudiarlas en una primera etapa se ha utilizado un diseño de Plackett-Burman. Las muestras generadas fueron evaluadas por un panel de catación conformado por 30 personas; las respuestas de la valoración sensorial han sido estudiadas mediante funciones de utilidad para favorecer respuestas agradables y penalizar las indeseables. Se ha identificado que únicamente resultan importantes 2 variables, mientras que otras se las puede mantener constantes. Estas dos variables se han optimizado en tres etapas sucesivas aplicando la metodología de máxima pendiente, observándose que no existen variaciones por parte del panel de cata, indicando que se encuentran alrededor del máximo, el cual brinda las condiciones óptimas para el producto.

## **IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO DE UNA PLANTA ELABORADORA DE EXTRACTOS DE HIERBAS (Boldo y Rosa mosqueta) (Bozzo, 2006)**

Se procedió a desarrollar extractos de hierbas de boldo (*Peumus boldus*) y rosa mosqueta (*Rosa aff. Rubiginosa*) como materia prima para generar una infusión instantánea en polvo y se diseñaron los planos de la línea de proceso. Se trabajó con una mezcla hidroalcohólica como solvente en el caso del boldo y agua en el caso de rosa mosqueta. La extracción se desarrolló en cinco etapas y en contracorriente, es decir el solvente puro se enfrenta con la hierba más agotada y la solución obtenida de una maceración (extracto más solvente) se usa como solvente en la siguiente etapa.

Los extractos obtenidos fueron concentrados hasta un 40% de contenido de sólidos totales para facilitar el manejo y la adición en la infusión instantánea en polvo. Los extractos al 40% fueron sometidos a análisis microbiológicos los cuales se encontraron dentro de los parámetros establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos al cabo de los 90 días.

Se realizó un estudio de vida útil con jueces entrenados para determinar si el extracto no sufría deterioro importante durante tres meses.

El análisis estadístico de los datos sensoriales arrojó que no existieron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) entre las respuestas de los jueces, pero sí entre el tiempo a medida que transcurrían los días ( $P \leq 0,05$ ) para los atributos de sabor, color y aroma. Las variaciones que se encontraron fueron menores a un 40%, valor estipulado como máximo en la pérdida de calidad por atributo.

La línea de proceso quedó compuesta por una batería de 6 estanques con capacidad de 100 L de solvente, un estanque de almacenamiento de alcohol, dos bombas centrifugas, un estanque pulmón, un concentrador con línea de vacío.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento del hongo *Pleurotus ostreatus* utilizando diferentes residuos sólidos lignocelulósicos del departamento de Nariño y elaboración de infusiones aromáticas con el macromicete

### 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Evaluar el crecimiento del hongo *P. ostreatus* en los diferentes residuos sólidos lignocelulósicos del departamento de Nariño
- ✓ Determinar valores bromatológicos de los sustratos antes y después de la cosecha del hongo *P. ostreatus*.
- ✓ Determinar el nivel de concentración del hongo *P. ostreatus* y plantas aromáticas, que genere una infusión con características sensoriales agradables, mediante pruebas de análisis sensorial del producto.



## 6. METODOLOGIA

### 6.1 CULTIVO Y SEGUIMIENTO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO DEL HONGO

#### *Pleurotus ostreatus*

##### 6.1.1 Preparación del sustrato

Consistió en la mezcla y humectación de los sustratos preparados con: bagazo de fique (T1), bagazo de fique con granza de avena (T2), pulpa de café (T3), pulpa de café con granza de avena (T4), granza de avena (T5) siendo este último el tratamiento control, los cuales fueron suministrados por la directora del grupo de investigación BIOTA, se realizó un cultivo con sustratos elaborados al 70% de humedad, 1% de sulfato de amonio, 2% de carbonato de calcio y 30% de granza de avena (en los tratamientos enriquecidos), la composición en base seca de los sustratos empleados en la investigación se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1. Formulación de sustratos para el cultivo de P. ostreatus.*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Residuo lignocelulósico (%)</b>	<b>Sales (%)</b>	<b>Granza de avena (%)</b>
<b>T1</b>	97 BF	3	0
<b>T2</b>	67 BF	3	30
<b>T3</b>	97 PC	3	0
<b>T4</b>	67 PC	3	30
<b>T5</b>	97 GA	3	0

Dónde: BF= Bagazo de fique; PC = Pulpa de café; GA= Granza de avena

Una vez realizadas las mezclas de los materiales se llenaron en bolsas de polietileno adaptadas con ventanas de papel filtro para permitir el intercambio gaseoso, hasta completar 500 g por cada bolsa; posteriormente se cubrieron las bolsas con papel craft y se sometieron a esterilización en autoclave (P5-A 052) durante una hora a 121 °C, luego se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente para ser inoculadas.



Figura 3. Preparación del Sustrato.

### 6.1.2 Siembra e inoculación

El sustrato se inoculó con 2% de semilla comercial de *P. ostreatus* de acuerdo al peso húmedo de las bolsas; además todos los sustratos se acondicionaron con 2% de carbonato de calcio y 1% de sulfato de amonio. La inoculación se llevó a cabo en cámara de flujo laminar (BIOBASE BBS-1300 HGS) realizando la mezcla homogénea de la semilla por todo el sustrato con el fin de asegurar la rápida colonización, finalmente se cerraron las bolsas utilizando una selladora eléctrica (CD- 200) las cuales fueron ubicadas en el invernadero del grupo de investigación “BIOTA” de la universidad de Nariño.

	
<p><b>Inoculación del sustrato</b></p>	<p><b>Sellado de bolsas</b></p>



**Distribución de sustratos inoculados del cultivo en invernadero**

Figura 4. Siembra, inoculación y ubicación de los sustratos inoculados.

Para la determinación de los parámetros de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* se empleó la metodología usada por Benavides (2013).

### 6.1.3 Colonización

Para esta etapa todos los tratamientos inoculados se colocaron en estantes ubicados en el invernadero del grupo de investigación BIOTA, cubiertos con poli sombras para asegurar la oscuridad en la colonización. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA), el ambiente se mantuvo aireado y se humedeció constantemente para establecer una humedad relativa de 60 a 80 % y temperatura entre 23 - 24 °C; sin embargo, debido a condiciones ambientales externas que atravesaba el país, los parámetros de humedad y temperatura presentaron variaciones durante los meses de febrero, marzo y abril, con temperatura y humedad máxima de 40 °C y 97 % al medio día, temperaturas de 5 °C con 69% de humedad en horas de la noche dentro del invernadero



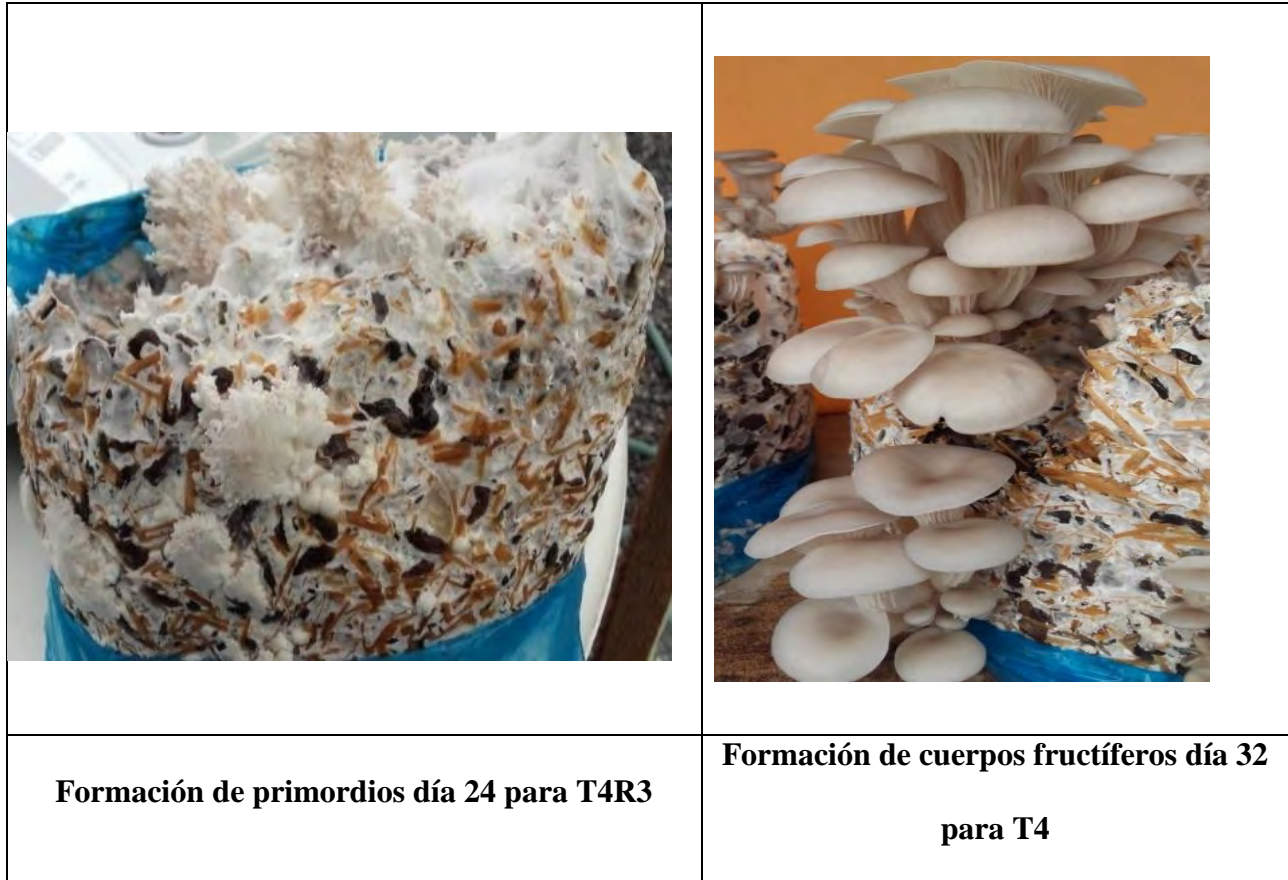
*Figura 5. Invasión del micelio.*

#### **6.1.4 Fructificación**

Cuando los sustratos fueron completamente colonizados, se abrieron las bolsas y se removió la poli sombra. El medio ambiente permaneció aireado y fresco para alcanzar una humedad relativa de 90% requerida para el fructificación, la temperatura osciló entre 16 -18 °C y se presentaron algunas variaciones de temperatura entre 35 y 40 °C.

La aparición de los primeros primordios ocurrió a los 24 días de iniciado el cultivo y se presentó en T4R3 (tratamiento con pulpa de café con granza de avena repetición 3). Los cuerpos fructíferos del cultivo se presentaron a los 30 días de inicio del cultivo.





*Figura 6. Fructificación del cultivo.*

### **6.1.5 Cosecha**

La cosecha se realizó haciendo torsión cuidadosa del estipe de las setas, cuando los bordes exteriores de las setas estuvieron ligeramente doblados hacia arriba, adquiriendo una forma cóncava.




	
<p><b>Selección de setas para cosecha T3R6</b></p>	<p><b>Selección de setas para cosecha T3R3</b></p>
	
<p><b>Medición de variables morfológicas en cuerpos fructíferos cosechados</b></p>	<p><b>Obtención de cuerpos fructíferos cosechados T3R6</b></p>

Figura 7. Cosecha del cultivo.

## 6.2 EFICIENCIA BIOLÓGICA Y RENDIMIENTO

Los parámetros de eficiencia biológica y rendimiento, se evaluaron siguiendo la metodología descrita por Benavides (2013).

### 6.2.1 Eficiencia biológica

Se pesaron los hongos cosechados, se tuvo en cuenta el peso del sustrato en base seca utilizando la ecuación 1.

$$\text{Eficiencia biológica} = \frac{\text{Peso cuerpos fructíferos cosechados}}{\text{Peso inicial de sustrato seco}} * 100 \quad (\text{Ec 1})$$

### 6.2.2 Rendimiento

Se pesaron los hongos cosechados y se tuvo en cuenta el peso del sustrato en base húmeda utilizando la ecuación 2.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Masa de hongos}}{\text{Masa de sustrato húmedo}} * 100 \quad (\text{Ec 2})$$

## 6.3 DISEÑO EXPERIMENTAL DEL CULTIVO.

Se analizaron cinco tratamientos (T1-T5), dos de ellos preparados exclusivamente con bagazo de fique y pulpa de café; mientras que los otros dos estuvieron enriquecidos con 30% de granza de avena. Adicionalmente se usó un testigo de granza de avena.

Se empleó un Diseño Completamente Aleatorizado DCA, correspondiente a 5 tratamientos, con 7 repeticiones cada uno para un total de 35 unidades experimentales. Los respectivos tratamientos y repeticiones se indican en el siguiente mapa de campo:



TiR1, i = 1...5	TiR2, i = 1...5	TiR3, i = 1...5	TiR4, i = 1...5	TiR5, i = 1...5	TiR6, i = 1...5	TiR7, i = 1...5
T1R1	T1R2	T1R3	T1R4	T1R5	T1R6	T1R7
T2R1	T2R2	T2R3	T2R4	T2R5	T2R6	T2R7
T3R1	T3R2	T3R3	T3R4	T3R5	T3R6	T3R7
T4R1	T4R2	T4R3	T4R4	T4R5	T4R6	T4R7
T5R1	T5R2	T5R3	T5R4	T5R5	T5R6	T5R7

*Cuadro 1. Mapa de campo cultivo de Pleurotus ostreatus.*

Dónde:

T<sub>1</sub>: Tratamiento con sustrato de bagazo de fique.

T<sub>2</sub>: Tratamiento con sustrato de bagazo de fique y granza de avena.

T<sub>3</sub>: Tratamiento con sustrato de pulpa de café.

T<sub>4</sub>: Tratamiento con sustrato de pulpa de café y granza de avena.

T<sub>5</sub>: Tratamiento con sustrato de granza de avena.

Como variables de respuesta experimental, se obtuvieron valores de eficiencia biológica y rendimiento de cada tratamiento del cultivo. La variación estadística se analizó con el uso del paquete estadístico Stathgraphics.

#### **6.4 PRUEBAS BROMATOLÓGICAS:**

Se determinó el porcentaje de lignina, celulosa, hemicelulosa, nitrógeno (N) y relación carbono/nitrógeno (C/N), antes y después de la cada cosecha.

Los análisis bromatológicos se determinaron en el Laboratorio de Bromatología de los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, según la metodología descrita a continuación:

#### **6.4.1 Nitrógeno y Proteína**

Se determinó por el Método Kjeldahl (AOAC 988.05), tal como se describe en el Anexo 1, la proteína del sustrato se determinó con el factor  $N \times 6,25$ .

#### **6.4.2 Fibra detergente neutro (FDN)**

Para la determinación de este parámetro se usó el método de Van Soest & Wine secuencial, el cual se describe en el Anexo 2.

#### **6.4.3 Fibra detergente Acido (FDA)**

Para la determinación de esta variable se usó el método descrito por Benavides (2013) para la determinación de FDA. Ver anexo 3.

#### **6.4.4 Lignina**

Se empleó el residuo obtenido de la FDA, según el método de Van Soest & Wine. El método de fibra detergente ácido determina el complejo ligno-celuloso, mediante la digestión de la muestra seca con un detergente en un amortiguador ácido. La FDA se emplea como paso preliminar para la determinación de lignina y puede correlacionarse con la digestibilidad de un material fibroso como forraje. El procedimiento se detalla en el Anexo 3.

#### **6.4.5 Hemicelulosa**

Una vez realizada la determinación de las variables fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de hemicelulosa presente en la muestra.

$$\text{Hemicelulosa} = \text{FDN} - \text{FDA} \text{ (Ec 3)}$$

#### **6.4.6 Carbono orgánico total:**

Se determinó por el método de Walkley Black. Ver anexo 4.

## 6.5 RECOLECCIÓN DE PLANTAS AROMÁTICAS Y TRATAMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE INFUSIONES

### 6.5.1 Recolección de plantas aromáticas

Para la recolección de las plantas aromáticas se tuvo en cuenta los resultados de la encuesta realizada por Delgado, 2014; los cuales presentan las plantas con el mayor volumen de venta en el Mercado el Potrerillo de la ciudad de Pasto–Nariño, siendo la manzanilla y caléndula, las plantas de mayor preferencia por parte de los consumidores, el material vegetal fue recolectado en la ciudad de Ipiales, Vereda Las Cruces.

### 6.5.2 Secado

Se llevó a cabo en laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, para esto se empleó una estufa con ventilación forzada marca Maser, en un rango de temperaturas entre 30 a 40 °C, por un tiempo de 2 a 3 días hasta obtener peso constante.



*Figura 8. Secado de plantas aromáticas.*

### 6.5.3 Molienda

Se llevó a cabo empleando un molino IMUSA con cuchillas de acero inoxidable, donde se realizó un molido del material vegetal y los hongos cosechados para la elaboración de las infusiones aromáticas.



**Molienda de hongos cosechados**

*Figura 9. Molienda de hongos cosechados.*

### 6.5.4 Elaboración de los tratamientos para infusiones aromáticas:

Para la elaboración de infusiones aromáticas con *Pleurotus ostreatus* se emplearon los dos tratamientos que presentaron mayor eficiencia biológica que corresponden al tratamiento T4 y T3, así como las plantas aromáticas de mayor comercialización en la ciudad de Pasto-Nariño (manzanilla y caléndula).

Las mezclas para los tratamientos se realizaron de la siguiente manera:

<b>MEZCLA HONGO-MANZANILLA</b>			
Tratamiento A		Tratamiento B	
Cantidad de hongo (%)	Cantidad material vegetal (%)	Cantidad de hongo (%)	Cantidad material vegetal (%)
75	25	75	25
50	50	50	50
25	75	25	75
0	100	0	100

*Cuadro 2. Cantidad de Hongo y manzanilla para la elaboración de los diferentes tratamientos.*

<b>MEZCLA HONGO-CALÉNDULA</b>			
Tratamiento C		Tratamiento D	
Cantidad de hongo (%)	Cantidad material vegetal (%)	Cantidad de hongo (%)	Cantidad material vegetal (%)
75	25	75	25
50	50	50	50
25	75	25	75
0	100	0	100

*Cuadro 3. Cantidad de Hongo y caléndula para la elaboración de los diferentes tratamientos.*

Dónde:

**Tratamiento A:** T4 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena) y manzanilla.

**Tratamiento B:** T3 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café) y manzanilla

**Tratamiento C:** T4 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena) y caléndula

**Tratamiento D:** T3 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café) y caléndula

Una vez realizadas las aromáticas de las mezclas, se prepararon las infusiones aromáticas para el análisis sensorial, las cuales se depositaron en un litro de agua en ebullición, se dejaron reposar y se sirvieron en un volumen de 15 mL para cada juez.



Figura 10. Elaboración de infusiones aromáticas.

### 6.5.5 Análisis sensorial

El análisis sensorial se desarrolló mediante pruebas de medición del grado de satisfacción utilizando escalas hedónicas con lo cual se determinó las sensaciones placenteras o desagradables producidas por las infusiones aromáticas con *Pleurotus ostreatus* y cada material vegetal. Estas pruebas se realizaron en las instalaciones de planta piloto de la Universidad de Nariño, con 15 jueces semientrenados, teniendo en cuenta los atributos más destacados para el análisis sensorial de las infusiones aromáticas los cuales son aroma, color y sabor. Se utilizó una escala hedónica de 5 puntos (Cuadro 3) siguiendo la metodología de Anzaldúa Morales (1994). Los resultados fueron analizados utilizando un diseño completamente aleatorizado.

DESCRIPCION	VALOR
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

Cuadro 4. Escala Hedónica de cinco puntos.

Fuente: Anzaldúa Morales (1994)

Para corroborar los resultados obtenidos en la prueba del grado de satisfacción de los tratamientos A, B, C y D fue necesario la realización de una prueba triangular, esto con el propósito de identificar si existen o no diferencias significativas con respecto al sabor entre tratamientos. La prueba triangular se realizó con la participación de 10 jueces escogidos entre los 15 que realizaron los ensayos preliminares, a quienes se les presento 3 muestras de las cuales dos

de ellas eran iguales y una diferente para cada una de las infusiones aromáticas de manzanilla y caléndula, donde se les pidió señalar la muestra diferente.

La prueba triangular se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$X^2 = \frac{([Xi - np] - 0.5)^2}{np(1 - p)}$$

$X_i$ =número de respuestas correctas

$N$ =total de ensayos realizados

$P$ =probabilidad máxima de respuestas debidas al azar

0,5=factor de corrección

Nivel de significancia de la prueba = 3.841



**Organización de muestras para los ensayos sensoriales**





*Figura 11. Análisis sensorial.*

#### **6.5.6 Análisis de varianza con prueba de FISHER LSD para análisis sensorial**

Se realizó mediante el uso del paquete estadístico Stathgraphics., con el fin de determinar las diferencias en las variables sensoriales.

## **7. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **7.1 EVALUACIÓN DE EFICIENCIA BIOLÓGICA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO**

El desarrollo del cultivo de *P. ostreatus* se realizó entre los meses de febrero, marzo y abril de 2016, sin presentarse pérdidas por contaminación; sin embargo, los valores de eficiencia biológica y el rendimiento del cultivo se vieron afectados por el fenómeno del niño que tuvo lugar en Colombia y en especial en el sur occidente del país. Según el Centro Internacional de Investigación del fenómeno del Niño (Ciifen), este fenómeno en Colombia se presentó en el trimestre febrero-marzo-abril de 2016 incrementándose la temperatura del ambiente en 40 °C durante el mediodía y afectando las horas nocturnas con temperaturas mínimas de 5 °C en el invernadero del grupo de investigación.

Los resultados de eficiencia biológica y rendimiento en la cosecha de *P. ostreatus* se describen a continuación.

#### **7.1.1 Eficiencia biológica**

El porcentaje de eficiencia biológica se determinó midiendo el peso en fresco de hongos cosechados, sobre el peso del sustrato en base seca por cien en cada uno de los residuos evaluados durante la cosecha.

La eficiencia biológica en la cosecha del cultivo *P. ostreatus* desarrollada en esta investigación se muestra en la tabla 2, donde se observa que los valores de eficiencia biológica son menores a los obtenidos por Benavides (2013). Uddin et al. (2011) manifiesta que las condiciones de humedad y temperatura mejoran o disminuyen la producción de cuerpos fructíferos.

Los valores más altos con diferencias significativas que arrojó el análisis estadístico para el cultivo según la prueba múltiple de rangos de Fisher con un valor  $P < 0,05$  (LSD), son los tratamientos T4 y T3, mientras que el valor más bajo lo presentó el tratamiento T1 indicando que existen diferencias significativas entre los tratamientos T1-T3, T1-T4.

Tratamiento	Ef. Biológica (%)	Grupos
<b>Homogéneos</b>		
<b>T1</b>	12,532 ± 3,59432	X
<b>T2</b>	15,3325 ± 5,53787	XX
<b>T5</b>	15,8611 ± 6,86979	XX
<b>T3</b>	20,6181 ± 6,56114	X
<b>T4</b>	22,0459 ± 8,19361	X

Tabla 2. Porcentaje de eficiencia biológica según la prueba múltiple de rangos, por el método (LSD).

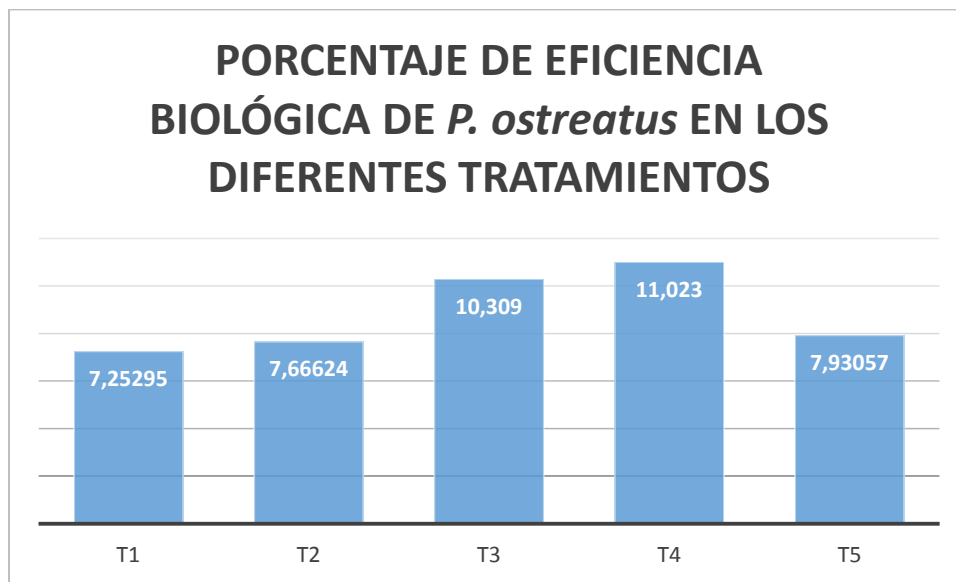


Gráfico 1. Porcentaje de eficiencia biológica de *P. ostretus* en los diferentes tratamientos.

Los porcentajes de eficiencia biológica indican que los tratamientos enriquecidos con granza de avena T2 y T4, tuvieron mejor producción que los tratamientos que no fueron enriquecidos (T1, T3), por lo cual si se requiere mejorar la producción del hongo *P. ostretus* es recomendable hacer un tratamiento del sustrato lignocelulósico con residuos lignocelulósicos de cereales como la granza de avena. Los tratamientos T3 y T4 mostraron la mayor eficiencia Biológica indicando

que la pulpa de café posee los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo *P. ostreatus*, esto se evidencia en la relación C/N según los resultados bromatológicos, ya que estos tratamientos presentaron las menores relaciones con valores de 27,6 y 31,7 respectivamente. La relación C/N óptima del sustrato depende de la fase en la que se encuentra el hongo, altas relaciones C/N favorecen el crecimiento micelial y bajas relaciones favorecen el desarrollo de cuerpos fructíferos (Rajarathnam S. et al., 1986).

### 7.1.2 Rendimiento

El rendimiento obtenido en los tratamientos es directamente proporcional a la eficiencia biológica de cada sustrato en el cultivo de *P. ostreatus*. El tratamiento que presentó mayor rendimiento fue T4 superando al cultivo control.

El rendimiento se calculó midiendo el peso en fresco de hongos cosechados, sobre el peso del sustrato en base húmeda por cien en cada uno de los residuos evaluados durante la cosecha.

Según la tabla ANOVA no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias del rendimiento según los tratamientos en cultivo de *P. ostreatus* con un valor  $P > 0,05$ , sin embargo, en la prueba múltiple de rangos se presentó diferencia significativa en los tratamientos T1-T4.

Tratamiento	Rendimiento (%)	Grupos Homogéneos
T1	4,35177 ± 1,97874	X
T2	4,59974 ± 1,66136	XX
T5	4,75834 ± 1,96834	XX
T3	6,18543 ± 2,45808	X
T4	6,61377 ± 2,006094	X

Tabla 3. Porcentaje de Rendimiento según la prueba múltiple de rangos, por el método (LSD).

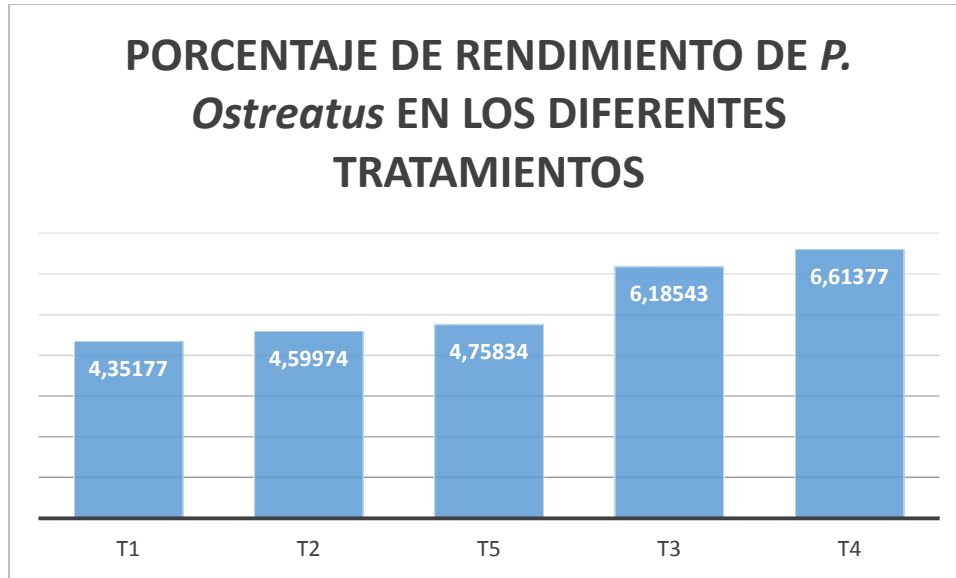


Gráfico 2. Porcentaje de rendimiento de *P. ostreatus* en los diferentes tratamientos.

## 7.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LOS SUSTRATOS ANTES Y DESPUÉS DE LA COSECHA DEL HONGO *P. ostreatus*.

Todo material ligno-celulósico está constituido por tres componentes: celulosa, lignina y hemicelulosa. Se conocen más de 200 sustratos posibles para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, estos están principalmente compuestos por celulosa (45 a 60%) hemicelulosa (15 a 20%) y lignina de (10 a 30%) (Ardón , 2007).

Se ha observado que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* sobre los materiales usados como sustratos, las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se han reducido en un 80%, sugiriendo que todos los materiales que contienen estos compuestos pobres en nitrógeno, pueden ser usados como sustratos para *Pleurotus* spp. (Garzón. G. & Cuervo. A., 2008). Esta reducción se obtiene teniendo en cuenta la implementación de dos o más cosechas en un determinado cultivo.

Los compuestos lignina, celulosa y hemicelulosa mostraron una reducción siendo el tratamiento T1 el que presentó mayor consumo como se muestra en la tabla 3.

Los sustratos enriquecidos tuvieron una mejor reducción de los componentes lignina, celulosa, hemicelulosa y carbono total en comparación con los no enriquecidos.

Tratamiento	Lignina			Celulosa			Hemicelulosa		
	Inicial (% Bs)	Final (%Bs )	CS (%)	Inicial (% Bs)	Final (% Bs)	CS (%)	Inicial (% Bs)	Final (%Bs)	CS (%)
T1	11,10	9,19	17,2 1	43,90	28,00	36,2 2	5,09	2,65	47,9 4
T2	12,70	11,40	10,2 4	43,80	32,60	25,5 7	9,81	8,22	16,2 1
T3	21,10	19,30	9,33	39,70	31,60	20,4 0	12,70	8,69	31,5 8
T4	19,00	17,10	11,1 1	36,90	33,80	8,40	17,70	14,60	17,5 3
T5	15,20	14,70	3,40	42,30	36,20	14,4 2	28,60	25,80	9,79

Tabla 4. Consumo (CS) de lignina, celulosa y hemicelulosa en los diferentes tratamientos para el cultivo de *P. ostreatus*.

Tratamientos	Nitrógeno		Carbono Total		C/N	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
T1	1,02	1,17	63,90	62,50	62,64	53,42
T2	0,93	1,00	60,00	57,90	64,51	57,90
T3	2,00	2,67	55,20	53,00	27,60	19,85
T4	1,72	2,02	54,50	52,70	31,68	26,08
T5	0,57	0,62	53,30	52,00	93,50	83,87

Tabla 5. Relación Carbono/Nitrógeno en los diferentes tratamientos.

El comportamiento de las variables carbono, nitrógeno y C/N, fue el esperado en el marco de un proceso de degradación, el carbono tiende a disminuir dado el comportamiento de la reducción y consumo de azúcares y el nitrógeno a aumentar. Según Gómez (2000), la cantidad de carbono no es constante en un proceso de degradación, pues varía bastante durante este periodo. A medida

que avanza un proceso de descomposición, el porcentaje de carbono disminuye, puesto que la mineralización conlleva a la desaparición de las formas más lábiles de éste (Costa et al., 1991). Zmora-Nahum et al., (2005), establecen que la disminución del carbono es representativa y se correlaciona o beneficia el incremento de la concentración del nitrógeno, considerando que, si hay suficiente nitrógeno disponible en la materia orgánica, la mayoría de los otros nutrientes estarán también disponibles en cantidades adecuadas que permiten el proceso de degradación (Labrador, 2001). Así mismo, la concentración de carbono y nitrógeno del residuo influye en el tiempo de desarrollo micelial, puesto que el hongo utiliza el carbono como fuente de energía y el nitrógeno para formar componentes celulares y nuevas células en el desarrollo de sus hifas, aumentando la tasa de colonización del micelio sobre el sustrato (Escobar, 2002). Además, los hongos que realizan una descomposición aeróbica de un sustrato requieren de una mayor presencia de carbono que de nitrógeno para crear un ambiente óptimo para su crecimiento y desarrollo (Hernández y López., 2012).

### **7.3 ANÁLISIS SENSORIAL**

Para el análisis sensorial de las aromáticas preparadas con *P. ostreatus* y plantas (manzanilla o caléndula) se utilizó los tratamientos T4 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena) y T3 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café) debido a que estos presentaron mayor eficiencia biológica en el cultivo de orellanas en comparación con los demás tratamientos.

En la tabla 6 se muestra la descripción de cada uno de los tratamientos utilizados en el análisis sensorial para la preparación de las infusiones aromáticas.

Tratamiento	Descripción
A	T4 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena) y manzanilla
B	T3 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café) y manzanilla
C	T4 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena) y caléndula
D	T3 (orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café) y caléndula

Tabla 6. Descripción de los tratamientos utilizadas en el análisis sensorial.

### 7.3.1 Análisis sensorial de infusiones aromáticas con manzanilla

#### 7.3.1.1 Parámetro sensorial sabor Tratamiento A

Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	4,86667	3	1,62222	2,86	0,0407
<b>B: JUEZ</b>	13,25	14	0,946429	1,67	0,0741
<b>RESIDUOS</b>	57,8833	102	0,567484		
<b>TOTAL</b>		76	119		
<b>(CORREGIDO)</b>					

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento A.



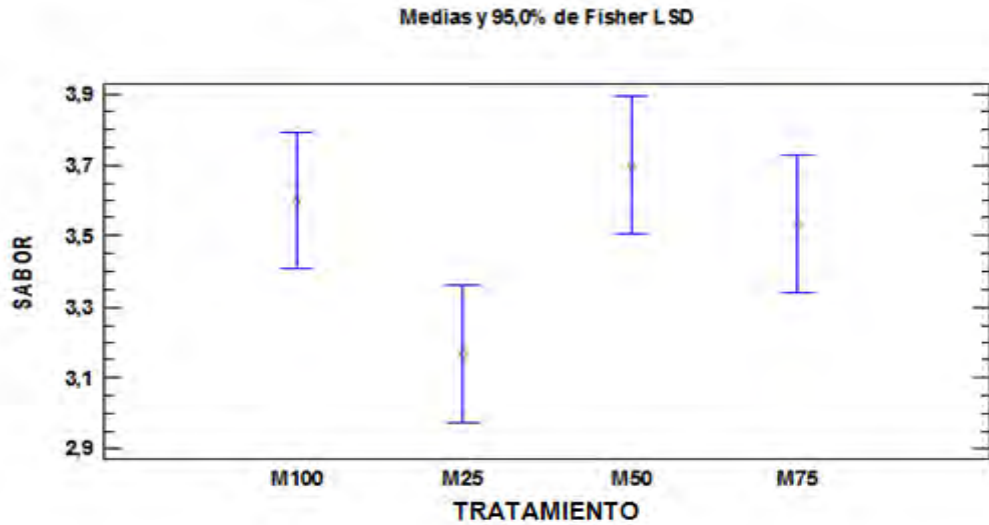


Gráfico 3. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento A.

### 7.3.1.2 Parámetro sensorial sabor Tratamiento B

Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III					
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	0,833333	3	0,277778	0,49	0,692
<b>B: JUEZ</b>	9,36667	14	0,669048	1,17	0,3071
<b>RESIDUOS</b>	58,1667	102	0,570261		
<b>TOTAL</b>	68,3667	119			
<b>(CORREGIDO)</b>					

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento B.

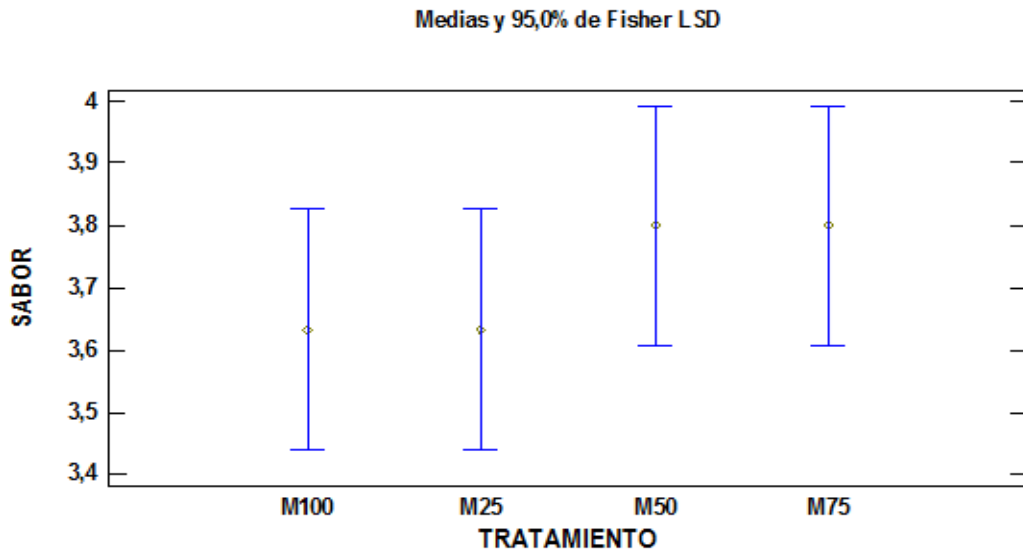


Gráfico 4. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento B.

Las tablas 7 y 8 muestran que no hay diferencias significativas con respecto a los jueces ni al tipo de concentraciones de Manzanilla y Hongo para la elaboración de infusiones aromáticas de los Tratamientos A (Tratamiento T4 orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena y manzanilla) y B (Tratamiento T3 orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café y manzanilla) debido a que el P- Valor es mayor al nivel de significancia (0,005) en los dos casos. Lo que lleva a concluir que las pruebas se realizaron dentro de los parámetros normales sin presentarse ningún sesgo y que la adición de las diferentes concentraciones de *P. ostreatus* al material vegetal no interfiere en la decisión de los jueces. Por otro lado, al observar la tabla de rangos múltiples para los tratamientos A y B se corrobora lo encontrado en el análisis de varianza.

### 7.3.1.3 Parámetro sensorial aroma Tratamiento A

#### Análisis de Varianza para Aroma - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	5,46667	3	1,82222	3,14	0,0288
<b>B: JUEZ</b>	16,05	14	1,14643	1,97	0,0272
<b>RESIDUOS</b>	59,2833	102	0,581209		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	80,8	119			

Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento A.

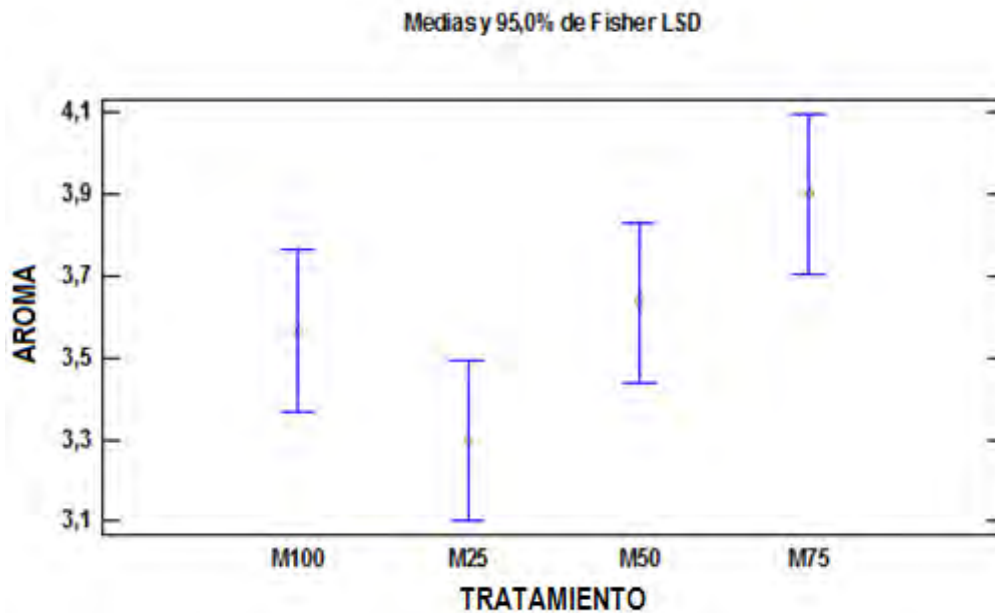


Gráfico 5. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento A.

### 7.3.1.4 Parámetro sensorial aroma Tratamiento B

#### Análisis de Varianza para AROMA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	3,66667	3	1,22222	2,53	0,0616
<b>B: JUEZ</b>	27,8	14	1,98571	4,11	<b>0,001</b>
<b>RESIDUOS</b>	49,3333	102	0,48366		
<b>TOTAL</b>	80,8	119			

(CORREGIDO)

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento B.

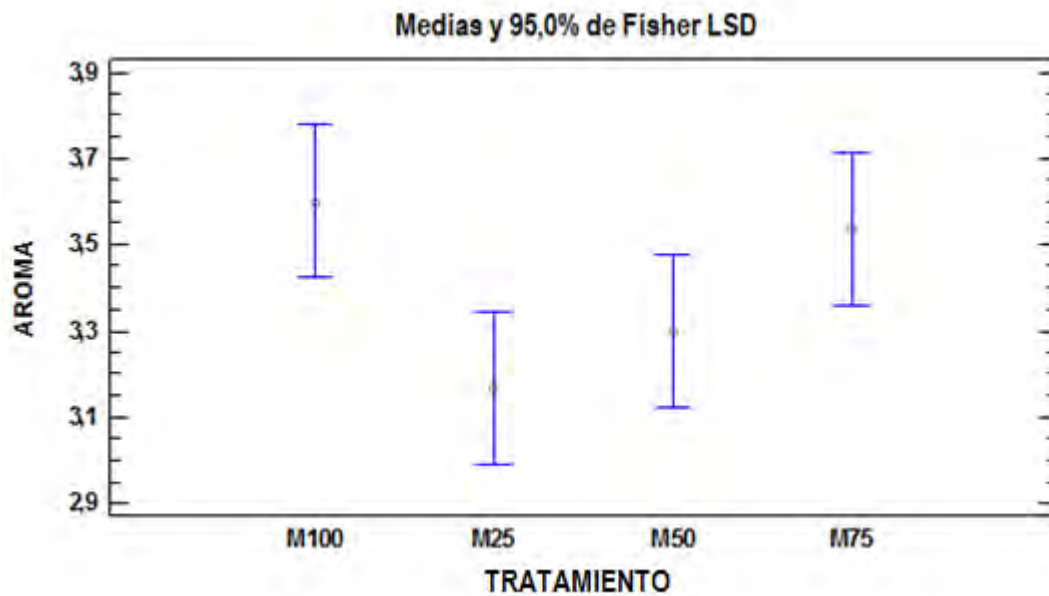


Gráfico 6. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma en el tratamiento B.

La tabla 9 muestra que no hay diferencias significativas con respecto a los jueces ni a las concentraciones de manzanilla y hongo para la elaboración de infusiones aromáticas del tratamiento A (tratamiento T4 orellanas cosechadas del sustrato: pulpa de café con granza de avena y manzanilla) al momento de evaluar el parámetro sensorial sabor, debido a que el p-valor es mayor al nivel de significancia (0,005) en los dos casos. Por otro lado, al comparar el tratamiento A con respecto al aroma, el grafico 5 corrobora lo encontrado en el análisis de varianza donde gráficamente se observa que los cuatro tratamientos son estadísticamente iguales

La tabla 10 muestra que si existen diferencias significativas con respecto a los jueces lo cual indica que estadísticamente se presentaron sesgos en las decisiones de cada juez; sin embargo, en el momento de realizar el análisis con respecto a los tratamientos no se presentaron diferencias significativas, debido a que el p-valor es mayor al nivel de significancia.

### 7.3.2 Análisis sensorial de infusiones aromáticas con caléndula

#### 7.3.2.1 Parámetro sensorial sabor Tratamiento C

##### Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	9,66667	3	3,22222	5,61	<b>0,0013</b>
<b>B: JUEZ</b>	18,55	14	1,325	2,31	0,0085
<b>RESIDUOS</b>	58,5833	102	0,574346		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	86,8	119			

Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento C.

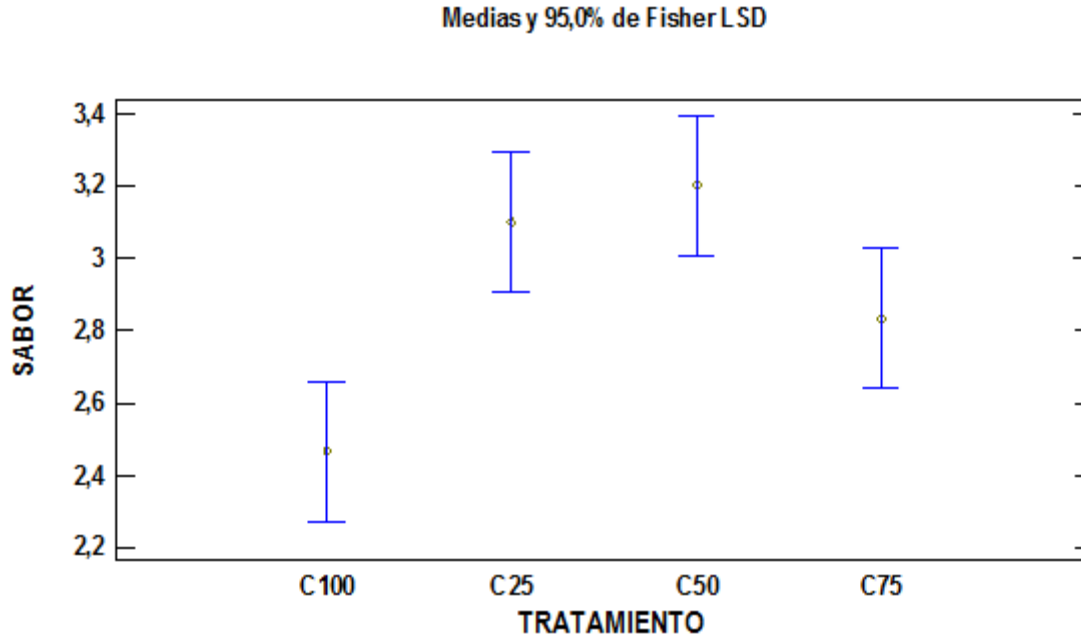


Gráfico 7. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento C.

La tabla 11 muestra que no hay diferencias significativas con relación a los jueces al momento de evaluar las diferentes concentraciones de hongo y caléndula con respecto al sabor, lo cual indica que los jueces tuvieron una buena participación en el momento de evaluar las diferentes muestras, por otro lado al comparar el tipo de tratamiento respecto al sabor la tabla ANOVA muestra que el valor-p es menor al nivel de significancia (0,005), por lo que si se presentan diferencias estadísticamente significativas.

Según el gráfico 7 el tratamiento C100 es estadísticamente diferente a los tratamientos C25, C50 y C70, estas últimas se comportaron estadísticamente igual presentando los mejores resultados para el atributo sabor.

### 7.3.2.2 Parámetro sensorial sabor Tratamiento D

#### Análisis de Varianza para SABOR - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	8,55833	3	2,85278	3,36	0,0217
<b>B: JUEZ</b>	29,8	14	2,12857	2,51	0,0042
<b>RESIDUOS</b>	86,5667	102	0,848693		
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	124,925	119			

*Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual*

Tabla 12. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial sabor tratamiento D.

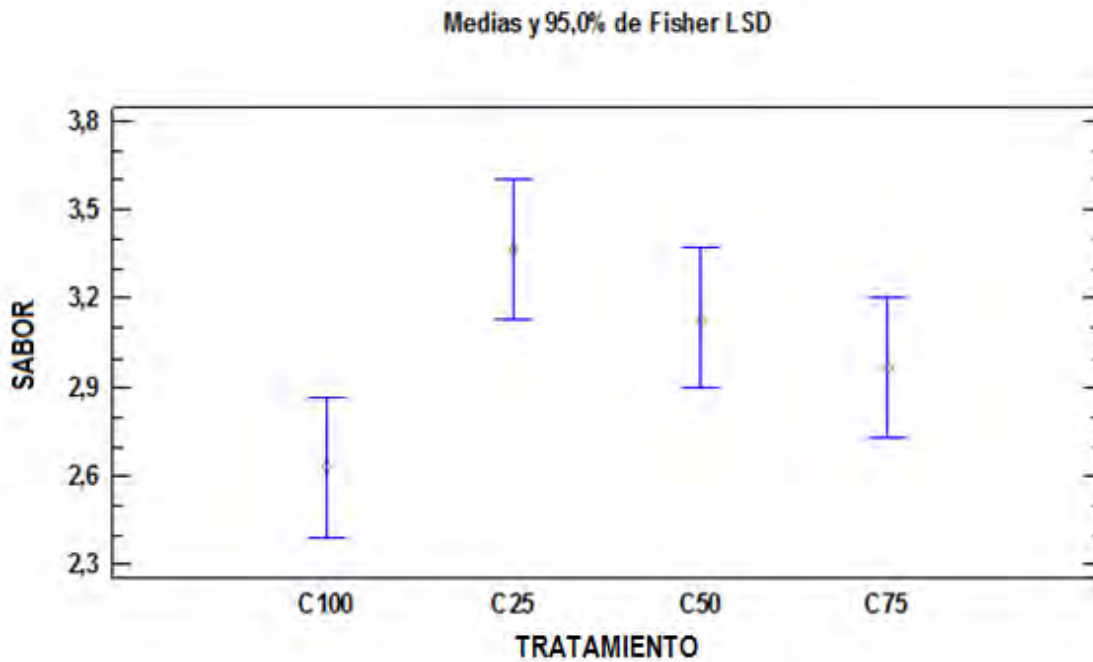


Gráfico 8. Gráfico de medias para el parámetro sensorial sabor tratamiento D.

La tabla 12 indica que existen diferencias significativas con relación a los jueces al momento de evaluar las muestras respecto al sabor, lo cual lleva a concluir que las pruebas se realizaron con cierto sesgo. Con respecto al tratamiento se encontró que el P- Valor es mayor al nivel de

significancia por lo que no se presentan diferencias estadísticamente significativas, tal y como se corrobora en la tabla de rangos múltiples donde los 4 tratamientos son similares.

### 7.3.2.3 Parámetro sensorial aroma Tratamiento C

Análisis de Varianza para AROMA - Suma de Cuadrados Tipo III						
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
<b>EFFECTOS</b>						
<b>PRINCIPALES</b>						
<b>A: TRATAMIENTO</b>	7,625	3	2,54167	5,55	<b>0,0014</b>	
<b>B: JUEZ</b>	10,55	14	0,753571	1,64	0,0798	
<b>RESIDUOS</b>	46,75	102	0,458333			
<b>TOTAL (CORREGIDO)</b>	64,925	119				

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento C.

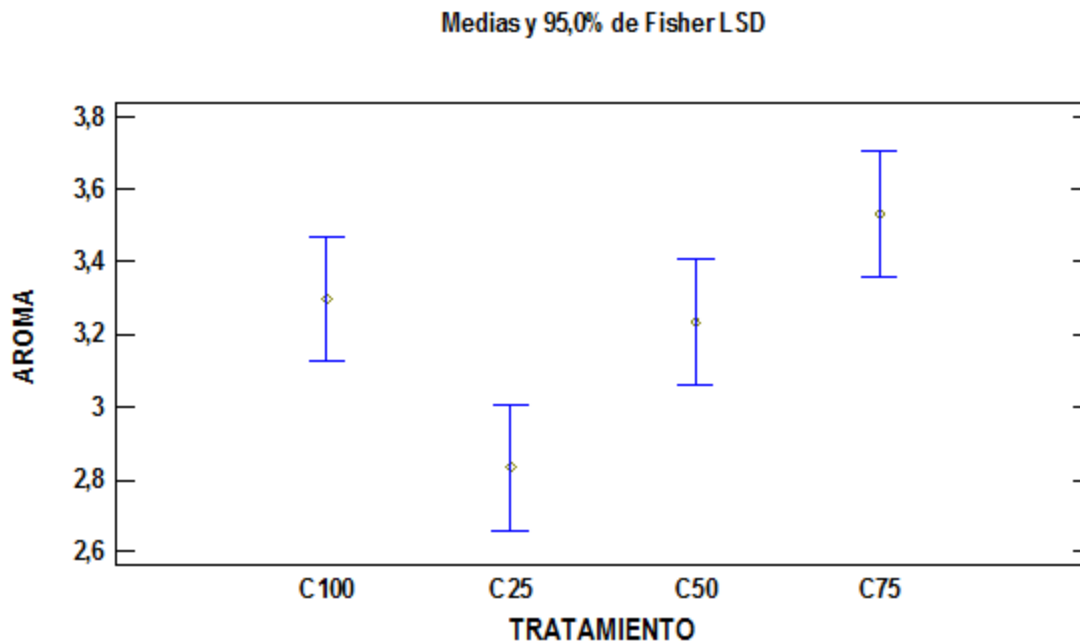


Gráfico 9. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento C.

La tabla 13 muestra que no hay diferencias significativas en cuanto a los jueces al momento de evaluar los tratamientos respecto al aroma; lo que lleva a concluir que las pruebas se realizaron



dentro de los parámetros normales sin presentarse ningún sesgo. Por otro lado, al comparar el tipo de tratamiento respecto al aroma la tabla 13 muestra que el valor-p es menor al nivel de significancia (0,005) presentándose diferencias estadísticamente significativas.

Según la tabla de rangos múltiples los tratamientos C50, C75 y C100 se comportaron estadísticamente igual; sin embargo, el tratamiento C75 presentó mejores resultados para el atributo aroma, esto también se observa en el gráfico 9.

#### 7.3.2.4 Parámetro sensorial aroma Tratamiento D

##### Análisis de Varianza para AROMA - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor- P
<b>EFFECTOS</b>					
<b>PRINCIPALES</b>					
<b>A: TRATAMIENTO</b>	3,425	3	1,14167	2,33	0,0786
<b>B: JUEZ</b>	8,41667	14	0,60119	1,23	0,2673
<b>RESIDUOS</b>	49,95	102	0,489706		
<b>TOTAL</b>	61,7917	119			
<b>(CORREGIDO)</b>					

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para el parámetro sensorial aroma tratamiento D.

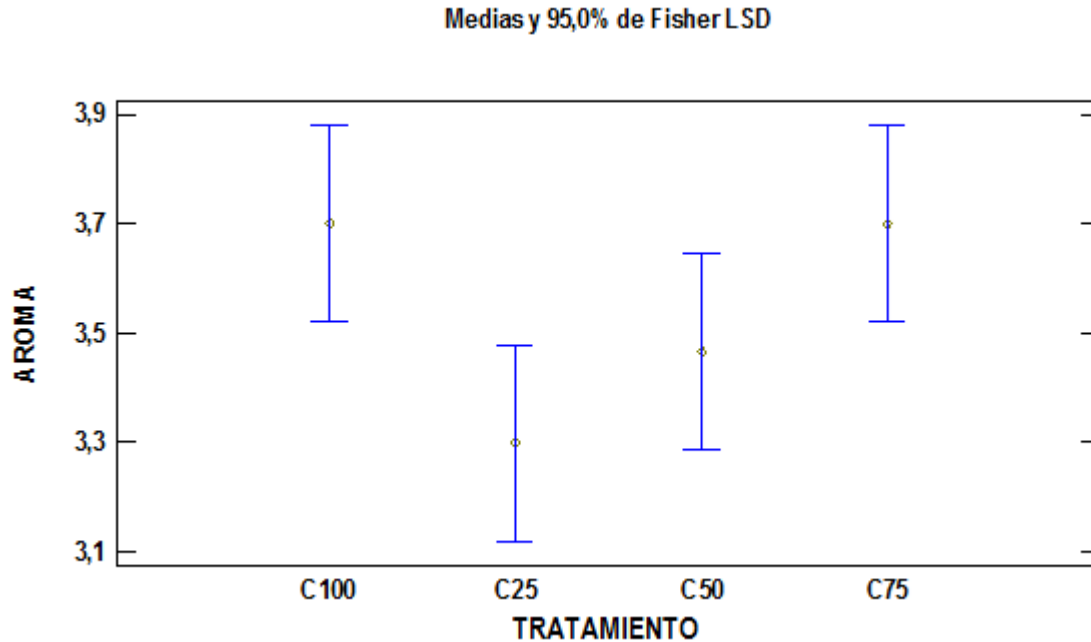


Gráfico 10. Gráfico de medias para el parámetro sensorial aroma tratamiento D.

La tabla 14 muestra que no existen diferencias significativas respecto a los jueces ni al tipo de tratamiento debido a que el p-valor es mayor al nivel de significancia (0,005) en los dos casos. Esto lleva a concluir que las pruebas se realizaron dentro de los parámetros normales sin presentarse ningún sesgo. La tabla de rangos múltiples corrobora lo encontrado en el análisis de varianza, donde se observa que los 4 tratamientos son estadísticamente iguales.

### 7.3.3 Prueba Triangular De Las Infusiones Aromáticas

Debido a que se presentaron algunos resultados en el p-valor cercano al valor de significancia, además de presentarse sesgos, se hizo necesaria la realización de una prueba triangular de los tratamientos de infusiones aromáticas con el propósito de identificar si existen o no diferencias significativas con respecto al parámetro sabor

#### 7.3.3.1 Prueba triangular con infusiones aromáticas de manzanilla

Los resultados de la prueba triangular se obtuvieron utilizando la siguiente ecuación:

$$X^2 = \frac{([Xi - np] - 0.5)^2}{np(1 - p)}$$

$$X^2 = \frac{([4 - (10 \times 1/3)] - 0.5)^2}{10 \times 1/3(1 - 1/3)} = 0,0125$$

Xi=número de respuestas correctas

N=total de ensayos realizados

P=probabilidad máxima de respuestas debidas al azar

0,5=factor de corrección

Nivel de significancia de la prueba = 3.841

La prueba realizada arrojó un resultado de 0,0125 menor que el nivel de significancia de la prueba el cual tiene un valor de 3,41, esto indica que no existen diferencias significativas entre las muestras.

### 7.3.3.2 Prueba triangular con infusiones aromáticas de caléndula

Los resultados de la prueba triangular se obtuvieron utilizando la siguiente ecuación:

$$X^2 = \frac{([Xi - np] - 0.5)^2}{np(1 - p)}$$

$$X^2 = \frac{([5 - (10 \times 1/3)] - 0.5)^2}{10 \times 1/3(1 - 1/3)} = 1,125$$

Xi=número de respuestas correctas

N=total de ensayos realizados

P=probabilidad máxima de respuestas debidas al azar

0,5=factor de corrección

Nivel de significancia de la prueba = 3.841

La prueba realizada arrojó un resultado de 1,125 menor que el nivel de significancia de la prueba el cual tiene un valor de 3,41, lo que indica que no existen diferencias significativas entre las muestras.

Los datos obtenidos en la prueba triangular permitieron descartar los errores presentados en la prueba del grado satisfacción. Al no presentarse diferencias significativas entre los tratamientos se descarta la realización de la prueba de preferencia debido a que todos los tratamientos son similares para los jueces. Por lo tanto, cualquier concentración usada para la elaboración de infusiones aromáticas con *P. ostreatus* será aceptada por el consumidor.

Para incluir o descartar la utilización de una infusión con 100% de *P. ostreatus* en posteriores análisis sensoriales, se realizó una prueba triangular con tratamientos de 100% hongo y 100% material vegetal (Manzanilla y Caléndula); además cada juez escogió la muestra de su preferencia, donde se obtuvo un valor de  $X^2 = 4.51$  con un número total de respuestas correctas de 7 y  $X^2 = 7.81$  con un número total de respuestas correctas de 8 respectivamente. Los resultados obtenidos en la prueba realizada son mayores al nivel de significancia de la prueba  $= 3.841$  por lo tanto existen diferencias significativa entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos con respecto a la preferencia de las muestras por parte de los jueces, evidencian que los jueces que participaron en la prueba triangular prefieren las infusiones de material vegetal (Manzanilla y Caléndula) al 100%, descartando de esta manera el posible uso de *P. ostreatus* al 100% para la elaboración de infusiones.

## 8. CONCLUSIONES

La producción de *P. ostreatus* puede mejorarse con suplementación de los sustratos, en el presente estudio se obtuvo que la eficiencia biológica mejoró en los sustratos que contenían granza de avena, mientras que al emplear los sustratos solos (fique y pulpa de café) la eficiencia biológica disminuyó. El mejor resultado obtenido para la eficiencia biológica se obtuvo en el tratamiento de pulpa de café con granza de avena con un 11,02%, mientras que la menor eficiencia biológica la presentó el bagazo de fique con un 7,25%. Los valores bajos obtenidos de eficiencia biológica en el presente estudio se deben a factores ambientales adversos en el momento de la realización del cultivo.

La reducción de hemicelulosa, celulosa y lignina en los sustratos utilizados demostró que materiales lignocelulósicos con baja cantidad de nitrógeno son aptos para el cultivo de *P. ostreatus*. Por otra parte, la relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos T3 y T4 es la menor entre los tratamientos, debido a esto demuestran una mayor facilidad en la degradación de componentes y con esto una mayor producción de cuerpos fructíferos.

La evaluación de las diferentes cantidades de *P. ostreatus* adicionadas al material vegetal (manzanilla o caléndula) durante las pruebas sensoriales, indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, con respecto al grado de satisfacción del panel sensorial semientrenado. Sin embargo, infusiones de 100% de hongo fueron rechazadas, lo cual indica que emplear concentraciones menores a 100% de hongo en la elaboración de infusiones aromáticas resultará en la aceptación del producto por parte del consumidor.

## **9. RECOMENDACIONES**

Realizar un estudio de mercado sobre infusiones aromáticas con *P. ostreatus* con el propósito de analizar la oferta y la demanda del producto.

**BIBLIOGRAFIA**

- Aguilera-Lizarraga, J., Pérez-Martínez, L., Pérez-Clavijo, M., Oteo, J.A., Pérez-Matute, P. (2013). Efectos de la seta ostra (*Pleurotus ostreatus*) sobre el metabolismo glucídico y lipídico y la producción de leptina y adiponectina en cultivos de adipocitos humanos. *Asociación Española de cultivadores de champiñon*, 78: 14-20.
- Alam N., Amin R., Khan A., Ara I., Shim M.J., Lee M.W., Lee U.Y., Lee T.S. (2009) Comparative effects of oyster mushrooms on lipid profile, liver and kidney function in hypercholesterolemic rats. *Mycobiology*, 37: 37–42.
- Anzaldúa Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza, España. Editorial Acribia, S.A.
- Arunavadas S.S., Umadevi P. (2008) Hepatoprotective effect of the ethanolic extract of *Pleurotus florida* and *Calocybe indica* against CCl<sub>4</sub> induced hepatic damage in albino rats. *The IUP Journal of Life Sciences*, 2: 17–24.
- Babitskatya, V. (1999). Some Biologically Active Substances from Medicinal Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) P.Kumm.(Agaricomycetidae). *Int J of Med Mushrooms*. Vol. 1. 345-349.
- Badu, M., Twumasi, S. & Boadi, N. (2011) Effects of lignocellulosic in wood used as substrate on the quality and yield of mushrooms. *Food and nutrition sciences*. 2: 780-784.
- Baena, A. (2005). Aprovechamiento del bagazo de maguey verde (*Agave salmiana*) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica. Posgrado en Ciencias Aplicadas. México.
- Bareño, R.P., & Clavijo, P. J. (2006). *Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco*. En: *Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación en fresco, curso de*

*extensión*. Bogota, Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Benavides Calvache, O. L. (2013). Aprovechamiento de residuos lignocelulosicos para el cultivo de orellanas (*Pleurotus ostreatus*) (Tesis de maestria). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Bermúdez, R., Morris, H., Donoso, C., Fernández., Martínez, C. & Ramos, E. (2003). Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. Florida. *Revista cubana de investigaciones biomedicas*. 22(4): 226-31

Bermúdez, R.C., Traba, J.A., Verdecia, M.J., & Gross, P. (1994). Producción de *Pleurotus sp.* Sobre residuales de la industria cafetera en Cuba. *Micol. Neotrop. Apl.* 7: 47-50.

Bolaños, D. E. (2010). Agroindustria del fique. Jóvenes rurales emprendedores: SENA. Recuperado de <http://agroindufique.blogspot.com.co/2010/03/agroindustria-del-fique.html>.

Bozzo, J. (2006). Implementación y desarrollo de una planta elaboradora de extractos de hierbas (Boldo y Rosa mosqueta) (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

Castro D., Díaz J., Serna, R., Martínez, M., Urrea, P. A., Muñoz, K. & Osorio, E. (2013). *Cultivo y producción de plantas aromáticas y medicinales*. Rionegro, Colombia. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.

Carvajal, L. (2010). Evaluación de la producción del hongo pleurotus ostreatus sobre cinco tipos de sustratos (tamo de trigo. Tamo de cebada. Tamo de vicia. Tamo de avena y paja de páramo); enriquecidos con tuza molida. Afrecho de cebada y carbonato de Calcio (Tesis de pregrado). Escuela de ciencias agricolas y ambientales, Ibarra, Ecuador.

Chang, S. (1998). Mushroom and mushroom biology. Hong Kong. Chang, S.H; J.A Buswell & P.G. Miles (Eds). Genetics and Breeding of Edible Mushrooms, Gordon & Breach



Science Publishers Amsterdam. 1- 13.

Chavarrías, M. (2005). La recolección segura de setas. Sociedad y Consumo. Consuma seguridad. Recuperado de

[www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad\\_y\\_consumo/2005/09/29/20286.php](http://www.consumaseguridad.com/web/es/sociedad_y_consumo/2005/09/29/20286.php)

Ciappini, C., Gatti, B., López, L. (2004). *Pleurotus ostreatus*, una opción en el menú estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria. Invenio, junio,127-132.

Clyde, M. (1964). *Los hongos y el hombre. Introducción al estudio de los hongos*. México DF, México. Editorial Interamericana, S.A. Segunda Edición.

Delgado Ordoñez, C. P. (2014). Asistencia en actividades de investigación relacionadas con el estudio de energía eólica y de plantas medicinales y aromaticas en el grupo Biotecnología Agroindustrial y Ambiental (BIOTA)(Practica emprearial).Universidad de Nariño, Pasto,Colombia.

Díaz, J. (2003). *Caracterización del mercado colombiano de plantas medicinales y aromáticas*. Bogotá, Colombia. Comité Editorial Instituto Alexander von Humboldt.

Díaz, J. (2006). *Estrategia para tres sectores de biocomercio con estudios de mercado específicos*. Bogotá, Colombia. Comité Editorial Instituto Alexander von Humboldt.

Domínguez, D. (2006). Evaluación de la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres tipos de sustrato con tres densidades de siembra (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ibarra-Ecuador.

Fernández, F. (2004). Guía Práctica de Producción de Setas (*Pleourotus spp.*). Guadalajara, Jalisco. México. Recuperado de <http://setascultivadas.com/manualescultivo.html>.

- Forero, C., Hoyos, O. & Bazante, W. (2008). Evaluación de residuos de ají (*Capsicum spp.*) como sustrato en la producción de setas comestibles (*Pleurotus ostreatus*). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*. 6(1): 42-53.
- Gaitan, R., Salmones, D., Perez Melo, R., & Mata, G. (2006). Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz, México
- García, H. (1975). *Flora medicinal de Colombia* Bogotá, Colombia. Editorial Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional. 495.
- García, P.L.F. (2005). Estudio de factibilidad para la producción de albahaca en el corregimiento de Pasuncha, municipio de Pacho, Cundinamarca (Trabajo de grado). Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad de San Buenaventura, Bogotá.
- Gunde, N., Cimerman, A. (1995). *Pleurotus* fruiting bodies contain the inhibitor of 3-hydroxy-3-Methylglutaryl-coenzyme a reductase—lovastatin. *experimental mycology* 19: 1-6.
- Hagiwara S.Y., Takahashi M., Shen Y., Kaihou S., Tomiyama T., Yazawa M., Tamai Y., Sin Y., Kazusaka A., Terazawa M. (2005). A phytochemical in the edible Tamogi-take mushroom (*Pleurotus cornucopiae*), D-mannitol, inhibits ACE activity and lowers the blood pressure of spontaneously hypertensive rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 69: 1603– 1605.
- Hong S.A., Kim K., Nam S.J., Kong G., Kim M.K. (2008). A case-control study on the dietary intake of mushrooms and breast cancer risk among Korean women. *International Journal of Cancer*, 122: 919-923.
- Hossain S., Hashimoto M., Choudhury E.K., Alam N., Hussain S., Hasan M., Choudhury S.K., Mahmud I. (2003). Dietary mushroom (*Pleurotus ostreatus*) ameliorates atherogenic lipid in hypercholesterolaemic rats. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 30: 470–475.

- Jaramillo, D. I., Yepes, L. V., Hincapie, G. A., Velasquez Giraldo, A. M., & Vélez Acosta, L. M. (2011). Desarrollo De Productos A Partir De La Orellana (*Pleurotus ostreatus*). Revista Investigaciones Aplicadas, 5(2), 82–91.
- Jayakumar T., Ramesh E., Geraldine P. (2006). Antioxidant activity of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on CCl<sub>4</sub>-induced liver injury in rats. Food and Chemical Toxicology, 44: 1989-1996.
- Kanagasabapathy G., Malek S.N., Mahmood A.A., Chua K.H., Vikineswary S., Kuppusamy U.R. (2013) Beta-glucan-rich extract from *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer prevents obesity and oxidative stress in C57BL/6J mice fed on a high-fat diet. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 1-10.
- Kim M.Y., Seguin P., Ahn J.K., Kim J.J., Chun S.C., Kim E.H., Seo S.H., Kang E.Y., Kim S.L., Park Y.J., Ro H.M., Chung I.M. (2008) Phenolic compound concentration and antioxidant activities of edible and medicinal mushrooms from Korea. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56: 7265–7270.
- Lara Cortés, E., Osorio Díaz, P., Jiménez Aparicio, A., & Bautista Baños, S. (2013) Contenido nutricional, propiedades funcionales y conservación de flores comestibles, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 63 (3), 197-206.
- Lindequist U., Niedermeyer T.H.J., Jülich W.D. (2005). The pharmacological potential of mushrooms. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2: 285-299.
- Liu, J., Vijayakumar, C., Hall-li, C., Hadley, M. y Wolf-hall, C. (2005) Sensory and chemical analyses of Oyster Mushrooms (*Pleurotus sajor-cajú*) harvested from different substrates. Journal of Food Science. 70: 586-592.

- Liu Y.-T., Sun J., Luo Z.-Y., Rao S.-Q., Su Y.-J., Xu R.-R., Yang Y.-J. (2012) Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food and Chemical Toxicology*, 50: 1238–1244.
- López, A., Alvarado, J. (1994). El valor nutritivo de los hongos México. Notas Técnicas 15. Universidad Veracruzana. Centro de Genética Forestal.
- López Díaz, E. (2008). Orellanas: Deliciosa medicina. Recuperado de [http://www.visionchamanica.com/alimentacion\\_sana/Orellanas.htm](http://www.visionchamanica.com/alimentacion_sana/Orellanas.htm)
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C. & Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2): 128–37.
- Martínez Carrera D, López Martínez LA (2010) Historia del cultivo comercial de hongos en México: Éxitos y fracasos durante el periodo 1991-2009. *En*: Martínez Carrera, D., Cuvertto, N., Sobal, N., Morales, P., Mora, V.M. (Ed) Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI (p. 513-551). Colegio de Posgraduados. Puebla, México.
- Ministerio de la Protección Social. (2008). Vademécum colombiano de plantas medicinales. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia. pp 60-183.
- Miyazawa, N., Okazaki, M., Ohga, S. (2008). Antihypertensive effect of *Pleurotus nebrodensis* in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Oleo Science*, 57: 675–681.
- Muez, M. A, Pardo, J. (2001). La preparación del sustrato. México. Editorial Limusa, 157-186.

- Newton, A. (2009). Herbs for Home Treatment A Guide to Using Herbs for First Aid and Common Health Problems. Recuperado de <https://www.amazon.es/Herbs-Home-Treatment-Common-Problems/dp/1900322420>.
- Oei P. (2003). Mushroom cultivation. Holanda. Tercera edición. 429.
- Oficina económica y comercial de la embajada de Bogotá (2005). El sector de productos naturales en Colombia, informe elaborado por la oficina económica y comercial de la embajada de España en Bogotá. Bogotá D.C. 56.
- Pacheco, B.A. & Pohlan, A.J. (2006). Efectos de plantas aromáticas sobre la estimulación de crecimiento y rendimiento en cultivos tropicales. En: Clavijo, J., P. Barreño, L. Chaparro y C. Guío (eds.). Últimas tendencias en hierbas aromáticas para exportación en fresco, curso de extensión (p. 16-20). Proyecto Hierbas Aromáticas. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Palacio, N.L. (2000). Las plantas medicinales y aromáticas, una alternativa de futuro para el desarrollo rural. Boletín Económico de ICE No. 2652. pp. 30-34.
- Palacios, I., Lozano, M., Moro, C., D'Arrigo, M., Rostagno, M.A., Martínez, J.A., García-Lafuente, A., Guillamón, E., Villares, A. (2011) Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms. Food Chemistry, 128: 674– 678.
- Potter, N. (1995). Ciencia de los alimentos. Zaragoza, España. Editorial Acribia S.A.
- Rajarathnam, S., Bano, Z. & Patwardhan, M. (1986). Nutrition of the mushroom *Pleurotus flabellatus* during its growth on paddy straw substrate. J-Hortic-Sci. 61: 223-232.
- Reis, F.S., Martins, A., Barros, L., Ferreira I.C.F.R. (2012). Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: a comparative study between in vivo and in vitro samples. Food and Chemical Toxicology, 50: 1201–1207.
- Rodríguez, G. (2007). Cultivo de hongos comestibles. Fruticultura & Diversificación. N°52. pp

10-15.

Rodríguez Valencia, N., & Jaramillo López, C. (2001). Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera. Caldas -Colombia. pp 5-16.

Rojas, C., Tripaldi, P., & Dután, H. (2010). Desarrollo y optimización de una infusión aromática tipo tisana aplicando diseño de Plackett-Burman y optimización de máxima pendiente. *Revista de Ciencias*, 14, 103–115.

Ruiz, J. (2014). Curso producción de *Pleurotus*. Casa orellana, Colombia.

Salinas, J. G., García, R. (1985). Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. CIAT.

Sanchez, J., Royse, D. (2001). La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.* III Crecimiento y Fructificación. Colegio de la Frontera Sur, Chiapas - México. pp 29-90.

Sañudo, S.B., Arteaga, O.M., Vallejo, C.W., Arévalo, F.R. & Burbano, R.E., (2003). Fundamentos de micología agrícola. Editorial universitaria Universidad de Nariño, San Juan de Pasto-Colombia. 201.

Setas del Tesoro Riqueza que alimenta. (2014). Aminoácidos y propiedades antioxidantes del Champinón Ostra. Blog de wordpress.com: el tema coraline. Recuperado de <https://setasdeltesor.com/2014/08/03/aminoacidos-y-propiedades-antioxidantes-de-los-hongos-ostra/>.

Smith, J., Rowan, N., & Sullivan R. (2002). Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments. University of Strathclyde. Reino Unido. pp 25-36.

Stamets, P. (2000). Growing gourmet and medicinal mushrooms. Toronto: Ten Speed Press. Berkeley. Third Edition. pp 313-320.

- Torres, M. G, Rios, A. (2002). Cultivo de hongos comestibles y su importancia en la descontaminación ambiental en la ciudad de Quibdó (Trabajo de grado). Universidad tecnológica del Choco. 20-29.
- Uddin, M. N., Yesmin, S., Khan, M., Tania, M. Moonmoon, M. & Ahmed, S. (2011). Production of Oyster Mushrooms in different seasonal conditions of Bangladesh. *Journal of scientific research*. 3(1): 161-167.
- Vargas, P. Hoyos, J. & Mosquera, S. (2012). Uso de hojarasca de roble y bagazo de Caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(1): 136 – 145.
- Velasco, J. & Vargas, E. (2004). Cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). Recuperado de: <http://dspace.pucesi.edu.ec/bitstream/11010/106/1/T72379.pdf>

## **ANEXOS**



## ANEXO 1. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINACION DE NITROGENO Y PROTEINA.

Se usará la metodología descrita por Benavides (2013), la cual se describe a continuación.

Se adiciona 0,2 g de muestra en el balón Kjeldahl, 2 g de mezcla catalítica y 5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Se adapta el balón en el digestor y se calienta hasta que el líquido clarifique. Se deja enfriar y se transfiere el contenido al destilador. En el Erlenmeyer recolector se añade 5 ml de ácido bórico con indicador mixto, y se mantiene el terminal del condensador sumergido en el ácido. En el balón se adiciona 20 ml de NaOH al 40%, para neutralizar la solución. Se debe comprobar la destilación de todo el amoniaco mediante el uso de papel indicador. Se titula el contenido del erlenmeyer con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1N. El procedimiento se debe realizar por triplicado.

Se emplean las siguientes ecuaciones para calcular el % nitrógeno y el % de proteína cruda, de cada muestra.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(v_1 - v_2) * N * \text{meq}}{m} \quad (\text{Ec. 6})$$

$$\% \text{ Proteína cruda} = \% \text{ Nitrógeno} * \text{Factor de proteína (Ec.7)}$$

Donde:

V<sub>1</sub>: volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra problema

V<sub>2</sub>: volumen de ácido gastado en la elaboración del blanco de reactivos

N: Normalidad del ácido gastado en la titulación

meq: mili equivalente de nitrógeno

m: masa de la muestra problema

**ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE FIBRA DETERGENTE NEUTRO (FDN)**

Pesar aproximadamente 1 g de muestra finalmente molida, colocarla en un Erlenmeyer para iniciar el reflujo. Adicionar en orden los siguientes reactivos: 100 ml de solución detergente neutro a temperatura ambiente verificando pH y 0.5 g de sulfito de sodio.

Calentar para lograr la ebullición entre 5 a 10 minutos y reducir la temperatura para evitar la formación de espuma ajustando la temperatura para lograr ebullición constante, mantener la solución en ebullición por 60 minutos a partir de que esta se estabilice, rotando el recipiente para que la muestra sea bien tratada por el reactivo.

Filtrar la solución a través de un crisol previamente tarado (A).

Lavar la muestra con la menor cantidad de agua caliente posible y repetir el lavado varias veces, lavar luego dos veces con acetona.

Secar el crisol a 105°C por un mínimo de 8 horas, enfriar en desecador y pesar (B).

$\% \text{ FDN} = ((B - A) / \text{Peso de la muestra}) * 100 - \% \text{ ceniza (Ec.8)}$

### **ANEXO 3. DETERMINACIÓN DE FIBRA DETERGENTE ÁCIDA (FDA) Y LIGNINA**

Se usará la metodología descrita por Benavides (2013), la cual se describe a continuación.

Se determina la FDA para lo cual, se pesa 0,5 g de muestra seca y tamizada en un balón de digestión. Se agrega 100 ml de solución de detergente acida (bromuro de cetil-trimetil-amonio acidificado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N). La solución se deja en ebullición y se mantiene el reflujo durante 60 minutos. Se filtra al vacío usando un crisol con filtro de vidrio, previamente pesado. La muestra se lava repetidamente con agua caliente. Se seca el crisol en estufa a 105°C durante 12 horas, se enfría en desecador y se pesa. Se ubica el crisol con el contenido de FDA en una bandeja de vidrio con agua fría, sin permitir que la fibra se humedezca. Se adiciona al crisol aproximadamente 20 ml de solución combinada de permanganato de potasio, previamente preparada. Se deja reposar el crisol por 90 minutos a 20°C. Se filtra a vacío y el crisol con el sólido se lleva a la bandeja de vidrio llena con solución desmineralizadora (solucion acido-etanolica) y se deja en contacto hasta la perdida de color café del sólido. Se lava el contenido del crisol con etanol al 80% y se filtra. Se seca el crisol durante 12 horas a 105°C, se deja enfriar en un desecador y se pesa. El contenido de lignina se calcula teniendo en cuenta la pérdida de peso original de la fibra obtenida por el método FDA.

#### **ANEXO 4. DETERMINACION DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL**

Para determinar el contenido de Carbono Orgánico (CO) se oxida la muestra con una solución de Dicromato de Potasio, utilizando el calor producido por la reacción con ácido Sulfúrico concentrado.

El procedimiento automatizado para la determinación de Carbono se basa en el método de Walkley-Black. La oxidación no es completa, por lo tanto, se debe incluir una digestión a 120 grados Celsius durante 2 horas. Finalmente, para convertir el carbono orgánico a materia orgánica se emplea un factor de 1.72.