



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**“PRODUCCIÓN DEL HONGO SHIITAKE (*Lentinula edodes*), EN BLOQUES
ORGÁNICOS A BASE DE DESECHOS AGRÍCOLAS (ASERRÍN DE
EUCALIPTO, CASCARILLA DE ARROZ, TAMO DE FRÉJOL Y BAGAZO
DE CAÑA), CON Y SIN LA UTILIZACIÓN DE COMPOSTAJE Y
NUTRIENTES”**

Tesis previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTORES: Guerra Chuga Héctor Iván

Taboada Simbaña Marco Fernando

DIRECTOR: Dra. Lucia Yépez

Ibarra – Ecuador

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**"PRODUCCIÓN DEL HONGO SHIITAKE (*Lentinula edodes*), EN BLOQUES
ORGÁNICOS A BASE DE DESECHOS AGRÍCOLAS (ASERRÍN DE
EUCALIPTO, CASCARILLA DE ARROZ, TAMO DE FRÉJOL Y BAGAZO
DE CAÑA), CON Y SIN LA UTILIZACIÓN DE COMPOSTAJE Y
NUTRIENTES"**


Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA

Dra. Lucía Yépez

Directora de Tesis



Ing. Fernando Basantes

Tribunal de Grado



Ing. Carla Almendáriz
Tribunal de Grado



.....

Ing. Carlos Paredes
Tribunal de Grado



.....

Ibarra – Ecuador
2014

DECLARACIÓN

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Febrero de 2014.

LOS AUTORES:



GUERRA HECTOR



TABOADA MARCO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por GUERRA HECTOR, con cédula de ciudadanía No. 100308503-0 y TABOADA MARCO con cédula de ciudadanía No. 100351272-8 bajo mi supervisión.



Dra. Lucía Yépez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO 1 | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100308503-0 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Guerra Chuga Héctor Iván | | |
| DIRECCIÓN | Otavalo Guillermo Garzón Ubidia y Panamericana norte km 7 | | |
| EMAIL: | hectomyvang24@yahoo.es | | |
| TELÉFONO FIJO: | | TELÉFONO MÓVIL: | 0990138943 |

| DATOS DE CONTACTO 2 | | | |
|----------------------|---|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 100351272-8 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Taboada Simbaña Marco Fernando | | |
| DIRECCIÓN | Cayambe Venezuela S5 - 85 y Humberto Fierro | | |
| EMAIL: | Marcotabu_86@yahoo.es | | |
| TELÉFONO FIJO: | 022361280 | TELÉFONO MÓVIL: | 0987446379 |
| DATOS DE LA OBRA | | | |

| | |
|-----------------------------|--|
| TÍTULO: | “PRODUCCIÓN DEL HONGO SHIITAKE (<i>Lentinula edodes</i>), EN BLOQUES ORGÁNICOS A BASE DE DESECHOS AGRÍCOLAS (ASERRÍN DE EUCALIPTO, CASCARILLA DE ARROZ, TAMO DE FRÉJOL Y BAGAZO DE CAÑA), CON Y SIN LA UTILIZACIÓN DE COMPOSTAJE Y NUTRIENTES” |
| AUTORES: | GUERRA CHUGA HÉCTOR IVÁN TABOADA SIMBAÑA MARCO FERNANDO |
| FECHA: | 2014 – 11 - 04 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL |
| DIRECTORA: | Dra. LUCIA YÉPEZ |

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, GUERRA CHUGA HÉCTOR IVÁN, con cédula de identidad Nro. 100308503-0 y TABOADA SIMBAÑA MARCO FERNANDO con cédula de identidad Nro. 100351272-8; en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el

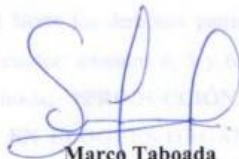
contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de Noviembre de 2014

LOS AUTORES:



Hector Guerra
C.C.:100308503-0



Marco Taboada
C.C.:100351272-8

ACEPTACIÓN:



.....
JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución de Consejo Universitario:

Ibarra, febrero 2014



HECTOR GUERRA
C.C. 100308503-0



MARCO TABOADA
C.C. 100351272-8

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL
NORTE**

Nosotros, GUERRA HECTOR, con cédula de ciudadanía No. 100308503-0 y TABOADA MARCO con cédula de ciudadanía No. 100351272-8; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominada: **"PRODUCCIÓN DEL HONGO SHIITAKE (*LENTINULA EDODES*), EN BLOQUES ORGÁNICOS A BASE DE DESECHOS AGRÍCOLAS (ASERRÍN DE EUCALIPTO, CASCARILLA DE ARROZ, TAMO DE FRÉJOL Y BAGAZO DE CAÑA), CON Y SIN LA UTILIZACIÓN DE COMPOSTAJE Y NUTRIENTES"**, que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En muestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, febrero 2014



GUERRA CHUGA HECTOR

C.I.:100308503-0



TABOADA SIMBAÑA MARCO

C.I.: 1003512728

DEDICATORIA

A Dios, por darnos la vida y permitirnos culminar con éxito esta investigación.

A Mi padre Raúl Guerra por su apoyo incondicional y por ser más que un padre un ar por su fuerza de carácter que ha inculcado en mi valor para convertirme en un hombre de bien.

A mi madre Rosa Chuga, por ser una de las personas más importantes de mi vida, ya que con su amor, su perseverancia hizo que nunca me rinda, y culmine una de las metas más importantes de mi vida.

Mis hermanos Juliana, Lisbeth y Paul, por darme fuerza día tras día, son mi inspiración y con ustedes se disfrutan de los momentos buenos de la vida, les quiero mucho

A mis abuelitas Estela y Teresa, por sus consejos y su sabiduría, y ahora desde el cielo guían mi camino y están siempre junto a mí.

A nuestras familias, por brindarnos todo su apoyo incondicional.

A mi pequeña hija, que es mi inspiración y mi luz, para seguir luchando y nunca rendirme.

Héctor Guerra

DEDICATORIA

A Dios, por conceder la vida y fortaleza para luchar y alcanzar mis objetivos.

A mis padres Fabiola Simbaña y Marco Taboada quiénes con amor, dedicación y ejemplo, me ha formado como hombre de bien.

A mis hermanos, Mayrita, Robert y Andrés por todas sus palabras y consejos de apoyo. Ya que además de ser mi familia son mis mejores amigos.

A Jessica y Joao, que son mi inspiración y mi luz, para seguir y nunca rendirme.

Marco Taboada

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la vida y permitirnos culminar con éxito esta investigación.

A nuestras familias, por brindarnos todo su apoyo incondicional.

A nuestra Directora de tesis, Dra. Lucía Yépez, por su apoyo y sugerencias brindadas a lo largo de esta investigación.

Ing. Marco Cahueñas, Biometrista, por su valioso aporte en la revisión de los análisis estadísticos.

Al Dr. José Luis Moreno, por la ayuda brindada en la realización de los análisis de laboratorio.

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, la Facultad de Ingeniería en Ciencia Agropecuarias y Ambientales y en especial a la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, que nos acogió y brindó sus enseñanzas.

Los autores

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|--------------------------------------|
| CAPITULO I | 1 |
| 1. INTRODUCCION | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| 1.1 OBJETIVOS | 3 |
| 1.1.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.1.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.2. HIPÓTESIS: | 4 |
| 1.2.1. Hipótesis alterna..... | 4 |
| 1.2.2. Hipótesis nula..... | 4 |
| CAPITULO II | 5 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| 2.1. PRODUCCIÓN DE HONGOS SUPERIORES. | 5 |
| 2.2. SHIITAKE (<i>Lentinula edodes</i>) | 5 |
| 2.2.1. Definición..... | 5 |
| 2.2.2. Valor nutricional..... | 6 |
| 2.2.3. Taxonomía..... | 7 |
| 2.2.4. Ciclo de vida..... | 8 |
| 2.2.5. Etapas de desarrollo del Shiitake..... | 9 |
| 2.2.6. Etapa 1. El crecimiento del micelio:..... | 9 |
| 2.2.7. Etapa 2. Formación del escudo del micelio:..... | 9 |
| 2.2.8. Etapa 3. Formación de ampolla, o de palomitas de maíz:..... | 10 |
| 2.2.9. Etapas 4 – 5. Browning y la formación de la corteza:..... | 10 |
| 2.3. TÉCNICAS DE CULTIVO. | 10 |
| 2.3.1. Tipos de sustrato..... | 10 |
| 2.3.2. Selección y preparación del sustrato..... | 11 |
| 2.3.3. Bloques de sustrato..... | 12 |
| 2.3.4. Pasteurización en vapor..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.5. Esterilización del sustrato..... | 13 |
| 2.3.6. Obtención de la semilla | 13 |
| 2.3.7. Selección de granos de cereales y preparación de tarugos | 14 |
| 2.3.8. Lavado y remojo..... | 14 |
| 2.3.9. Esterilización | 14 |
| 2.3.10. Enfriado | 15 |
| 2.3.11. Inoculación | 15 |
| 2.3.12. Almacenaje..... | 15 |
| 2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y FACTORES AMBIENTALES PARA EL CULTIVO DE SHIITAKE..... | 15 |
| 2.4.1. Fuente de carbón..... | 16 |
| 2.4.2. Fuente de nitrógeno | 16 |
| 2.4.3. Relación C/N | 16 |
| 2.4.4. Minerales y elementos traza | 16 |
| 2.4.5. Vitamina B1 (tiamina)..... | 17 |
| 2.5. FACTORES AMBIENTALES..... | 17 |
| 2.5.1. Temperatura..... | 17 |
| 2.5.2. Humedad..... | 18 |
| 2.5.3. Aire | 18 |
| 2.5.4. Luz..... | 19 |
| 2.5.5. pH del sustrato | 19 |
| 2.6. PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DEL SHIITAKE. | 19 |
| 2.6.1. Producción de shiitake en diferentes partes del mundo..... | 20 |
| 2.6.2. Aspectos socioeconómicos del cultivo de “shiitake” | 21 |
| 2.7. SUSTRATO..... | 21 |
| 2.7.1. Residuos agrícolas de cultivos extensivos..... | 22 |
| 2.7.2. Residuos agroindustriales. Bagazo de caña..... | 22 |
| 2.7.3. Cascarilla de arroz | 23 |
| 2.8. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MATERIA PRIMA..... | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 2.8.1. Celulosa | 23 |
| 2.8.2. Hemicelulosa | 24 |
| 2.8.3. Lignina..... | 24 |
| 2.9. GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS..... | 24 |
| 2.10. COMPOSTAJE | 25 |
| 2.10.1. Proceso de compostaje..... | 25 |
| 2.10.2. Preparación | 25 |
| 2.10.3. Descomposición mesófila..... | 25 |
| 2.10.4. Descomposición termófila..... | 25 |
| 2.10.5. Descomposición mesófila de enfriamiento | 26 |
| 2.10.6. Maduración..... | 26 |
| 2.10.7. Afino..... | 26 |
| <i>CAPÍTULO III</i> | 27 |
| 3. MATERIALES Y METODOS..... | 27 |
| 3.1. MATERIALES | 27 |
| 3.1.1. Materia prima e insumos | 27 |
| 3.1.2. Materiales y equipos de laboratorio..... | 27 |
| 3.2. MÉTODOS..... | 28 |
| 3.2.1. Localización..... | 28 |
| 3.2.2. Factores en estudio | 28 |
| 3.3. VARIABLES EVALUADA | 35 |
| 3.3.1. En el sustrato antes del compostaje | 35 |
| 3.3.2. En el sustrato durante el proceso de compostaje | 36 |
| 3.3.3. En la cámara de colonización | 38 |
| 3.3.4. En la cámara de fructificación | 38 |
| 3.4. DIAGRAMA DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL HONGO SHIITAKE | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO..... | 44 |
| 3.5.1. Recolección de la materia prima | 44 |
| 3.5.2. Clasificación | 46 |
| 3.5.3. Triturado | 46 |
| 3.5.4. Pesado | 46 |
| 3.5.5. Preparación del sustrato..... | 47 |
| 3.5.6. Adición de nutrientes en los tratamientos (T1, T3, T5, T7, T9, T11) en el experimento 1 y 2 | 48 |
| 3.5.7. Compostaje en los tratamientos (T1, T2, T5, T6, T9, T10) en el experimento uno y experimento dos..... | 49 |
| 3.5.8. Tratamiento térmico | 49 |
| 3.5.9. Enfriamiento a temperatura ambiente..... | 54 |
| 3.5.10. Recepción del micelio de (<i>lentinula edodes</i>) ya propagado | 54 |
| 3.5.11. Inoculación | 54 |
| 3.5.12. Incubación | 55 |
| 3.5.13. Colonización..... | 55 |
| 3.5.14. Fructificación..... | 56 |
| 3.5.15. Cosecha..... | 56 |
| 3.5.16. Choque térmico | 57 |
| <i>CAPITULO IV.....</i> | 59 |
| 4. ANALISIS ESTADÍSTICO DE CADA UNA DE LAS VARIABLES..... | 59 |
| 4.1. EXPERIMENTO UNO (Aserrín de eucalipto y tamo de fréjol)..... | 59 |
| 4.1.1. Análisis del tiempo de colonización del micelio | 59 |
| 4.1.2. Análisis del tiempo de precocidad del micelio..... | 61 |
| 4.1.3. Análisis del tiempo de cosecha del hongo..... | 64 |
| 4.1.4. Análisis del peso total por bloque del hongo..... | 66 |
| 4.1.5. Análisis del número de unidades de hongo por bloque | 68 |
| 4.1.6. Análisis del diámetro del sombrero del hongo | 70 |
| 4.1.7. Análisis de la longitud de pie del hongo..... | 72 |

| | |
|---|--------------------------------------|
| 4.2. EXPERIMENTO DOS (Bagazo de caña y cascarilla de arroz). | 75 |
| 4.2.1. Análisis del tiempo de colonización del micelio en días | 75 |
| 4.2.2. Análisis del tiempo de precocidad del micelio en días | 78 |
| 4.2.3. Análisis del tiempo de cosecha del hongo en días | 80 |
| 4.2.4. Análisis del peso total por bloque del hongo unidad gramos | 82 |
| 4.2.5. Análisis del número de unidades del hongo | 85 |
| 4.2.6. Análisis del diámetro del sombrero del hongo unidad milímetros | 87 |
| 4.2.7. Análisis de la longitud de pie del hongo | 90 |
| 4.3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EN EL SUSTRATO ANTES Y DESPUÉS DEL COMPOSTAJE | 93 |
| 4.3.1. Humedad experimento uno | 93 |
| 4.3.2. Humedad experimento dos | 93 |
| 4.3.3. pH en el experimento uno | 94 |
| 4.3.4. pH en el experimento dos | 94 |
| 4.3.5. Temperatura dentro del compost | 95 |
| 4.3.6. Humedad relativa dentro de la cámara de fructificación | 96 |
| 4.3.7. Análisis físicos químicos de los mejores tratamientos T4 y T12 | 96 |
| CAPÍTULO V | 98 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 98 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 98 |
| 5.2. RECOMENDACIONES. | 99 |
| BIBLIOGRAFIA | <i>¡Error! Marcador no definido.</i> |
| ANEXOS | 104 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1. Hongo shiitake | 6 |
| Figura 2. 2. Ciclo de vida del shiitake | 9 |
| Figura 3. 1. Determinación del pH | 35 |
| Figura 3. 2. Muestra de sustrato para determinar la humedad..... | 36 |
| Figura 3. 3. Balanza infrarroja..... | 36 |
| Figura 3. 4. Determinación del pH | 37 |
| Figura 3. 5. Bolsas de sustrato sometidas al proceso de compostaje | 37 |
| Figura 3. 6. Colonización del sustrato | 38 |
| Figura 3. 7. Primeros primordios..... | 39 |
| Figura 3. 8. Termo hidrómetro | 39 |
| Figura 3. 9. Medición del diámetro del sombrero del hongo | 40 |
| Figura 3. 10. Medición de la longitud del pie del hongo..... | 40 |
| Figura 3. 11. Recolección de aserrín de eucalipto..... | 44 |
| Figura 3. 12. Cascarilla de arroz..... | 45 |
| Figura 3. 13. Molienda del tamo de fréjol..... | 45 |
| Figura 3. 14. Recolección de bagazo de caña..... | 46 |
| Figura 3. 15. Molino de martillos..... | 46 |
| Figura 3. 16. Mezcla homogénea del sustrato | 47 |
| Figura 3. 17. Etiquetado de cada uno de los sustratos..... | 48 |
| Figura 3. 18. Adición de nutrientes | 48 |
| Figura 3. 19. Compostaje de sustratos..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Figura 3. 20. Pedazo de tela de 10 x 10 cm..... | 50 |
| Figura 3. 21. Aros de tubo PVC de 2”de diámetro por 4 cm de alto..... | 50 |
| Figura 3. 22. Ligas de caucho..... | 50 |
| Figura 3. 23. Bloques orgánicos | 51 |
| Figura 3. 24. Tanque metálico, con rejilla de madera | 51 |
| Figura 3. 25. Tanque metálico recubierto para el tratamiento térmico | 52 |
| Figura 3. 26. Disposición de los sustratos en el tanque metálico | 52 |
| Figura 3. 27. Tanque cubierto con plástico | 53 |
| Figura 3. 28. Tratamiento térmico de los sustratos | 53 |
| Figura 3. 29. Cámara de inoculación..... | 54 |
| Figura 3. 30. Cámara de colonización..... | 55 |
| Figura 3. 31. Colonización del micelio | 56 |
| Figura 3. 32. Primordios..... | 56 |
| Figura 3. 33. Hongo listo para la cosecha | 57 |
| Figura 3. 34. Pesado del hongo | 57 |
| Figura 3. 35. Sustratos sometidos al choque térmico | 58 |
| | |
| Figura 4. 1. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de colonización del micelio (días)..... | 61 |
| Figura 4. 2. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de precocidad del micelio (días)..... | 63 |
| Figura 4. 3. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de cosecha del hongo (días)..... | 65 |
| Figura 4. 4. Comportamiento de las medias para la variable peso total por bloque del hongo (gramos)..... | 67 |
| Figura 4. 5. Comportamiento de las medias para el número de unidades del hongo | 69 |

| | |
|---|----|
| Figura 4. 6. Comportamiento de las medias para la variable diámetro del sombrero del hongo (milímetros) | 71 |
| Figura 4. 7. Comportamiento de las medias para la variable longitud de pie del hongo (milímetros) | 73 |
| Figura 4. 8. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de colonización del micelio (días) | 77 |
| Figura 4. 9. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de precocidad del micelio (días) | 79 |
| Figura 4. 10. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de cosecha del micelio (días) | 82 |
| Figura 4. 11. Comportamiento de las medias para la variable peso total por bloque del hongo unidad gramos (gramos) | 84 |
| Figura 4. 12. Comportamiento de las medias para la variable número de unidades del hongo | 86 |
| Figura 4. 13. Comportamiento de las medias para la variable diámetro del sombrero del hongo (milímetros) | 90 |
| Figura 4. 14. Comportamiento de las medias para la variable longitud de pie del hongo (milímetros) | 92 |
| Figura 4. 15. Humedad vs Días experimento uno | 93 |
| Figura 4. 16. Humedad vs Días experimento dos..... | 93 |
| Figura 4. 17. pH vs Días experimento uno | 94 |
| Figura 4. 18. pH vs Días experimento dos | 94 |
| Figura 4. 19. Temperatura vs Días durante el proceso de compostaje | 95 |
| Figura 4. 20. Humedad relativa vs Días | 96 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2. 1. Clasificación del hongo shiitake..... | 7 |
| Tabla 2. 2. Formulación de sustratos basados en aserrín para el cultivo de shiitake..... | 12 |
| Tabla 2. 3. Relación carbono/nitrógeno y concentración de nitrógeno en la producción de shiitake..... | 16 |
| Tabla 2. 4. Requerimientos de temperatura en las diferentes fases del shiitake..... | 17 |
| Tabla 2. 5. Humedad del sustrato y requerimientos de la humedad (R.H.) para el shiitake (según el sistema de producción China)..... | 18 |
| Tabla 2. 6. Producción Mundial de hongos cultivados en 1986 y 1997 (peso fresco x 1000 toneladas)..... | 20 |
| Tabla 2. 7. Producción anual estimada de champiñón (<i>Agaricus</i>) y shiitake en América Latina en el 2002 | 21 |
| | |
| Tabla 3. 1. Ubicación del área de estudio..... | 28 |
| Tabla 3. 2. Mezclas de aserrín de eucalipto con tamo de fréjol..... | 28 |
| Tabla 3. 3. Tratamientos en estudio experimento uno..... | 30 |
| Tabla 3. 4. Análisis de la varianza experimento uno..... | 31 |
| Tabla 3. 5. Mezclas de bagazo de caña con cascarilla de arroz..... | 32 |
| Tabla 3. 6. Tratamientos en estudio experimento dos | 33 |
| Tabla 3. 7. Análisis de la varianza experimento dos | 34 |
| Tabla 3. 8. Preparación del sustrato experimento 1..... | 47 |
| Tabla 3. 9. Preparación del sustrato experimento 2..... | 47 |
| | |
| Tabla 4. 1. Valores obtenidos del tiempo de colonización del micelio (días)..... | 59 |
| Tabla 4. 2. ADEVA del tiempo de colonización..... | 59 |

| | |
|--|----|
| Tabla 4. 3. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 60 |
| Tabla 4. 4. Valores obtenidos del tiempo de precocidad del micelio (días)..... | 61 |
| Tabla 4. 5. ADEVA del tiempo de precocidad..... | 62 |
| Tabla 4. 6. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 62 |
| Tabla 4. 7. Valores obtenidos del tiempo de cosecha del hongo (días)..... | 64 |
| Tabla 4. 8. ADEVA del tiempo de cosecha..... | 64 |
| Tabla 4. 9. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 65 |
| Tabla 4. 10. Valores obtenidos del peso total por bloque del hongo (gramos) | 66 |
| Tabla 4. 11. ADEVA del peso total por bloque del hongo..... | 66 |
| Tabla 4. 12. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 67 |
| Tabla 4. 13. Valores obtenidos del número de unidades del hongo | 68 |
| Tabla 4. 14. ADEVA del número de unidades del hongo | 68 |
| Tabla 4. 15. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 68 |
| Tabla 4. 16. Valores obtenidos del diámetro del sombrero del hongo (milímetros) | 70 |
| Tabla 4. 17. ADEVA del diámetro del sombrero del hongo | 70 |
| Tabla 4. 18. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 70 |
| Tabla 4. 19. Valores obtenidos de la longitud del pie del hongo (milímetros)..... | 72 |
| Tabla 4. 20. ADEVA de la longitud del pie del hongo | 72 |
| Tabla 4. 21. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 72 |
| Tabla 4. 22. Valores obtenidos del tiempo de colonización del micelio (días)..... | 75 |
| Tabla 4. 23. ADEVA del tiempo de colonización..... | 75 |
| Tabla 4. 24. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 76 |
| Tabla 4. 25. Valores obtenidos del tiempo de precocidad del micelio (días)..... | 78 |
| Tabla 4. 26. ADEVA del tiempo de precocidad..... | 78 |

| | |
|--|----|
| Tabla 4. 27. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 79 |
| Tabla 4. 28. Valores obtenidos del tiempo de cosecha del micelio (días)..... | 80 |
| Tabla 4. 29. ADEVA del tiempo de cosecha..... | 80 |
| Tabla 4. 30. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 81 |
| Tabla 4. 31. Valores obtenidos del peso total por bloque del hongo (gramos) | 82 |
| Tabla 4. 32. ADEVA del peso total por bloque del hongo..... | 82 |
| Tabla 4. 33. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 83 |
| Tabla 4. 34. Valores obtenidos del número de unidades del hongo | 85 |
| Tabla 4. 35. ADEVA del número de unidades del hongo | 85 |
| Tabla 4. 36. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 86 |
| Tabla 4. 37. Valores obtenidos del diámetro del sombrero del hongo (milímetros) | 87 |
| Tabla 4. 38. ADEVA del diámetro del sombrero del hongo | 87 |
| Tabla 4. 39. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 89 |
| Tabla 4. 40. Valores obtenidos de la longitud del pie del hongo (milímetros)..... | 90 |
| Tabla 4. 41. ADEVA de la longitud del pie del hongo | 91 |
| Tabla 4. 42. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos | 91 |
| Tabla 4. 43. Análisis físicos químicos tratamientos 4 y 12 | 96 |

RESUMEN

Esta investigación propuso obtener hongo shiitake (*Lentinula edodes*), en bloques orgánicos a base de desechos agrícolas (aserrín de eucalipto, cascarilla de arroz, tamo de fréjol y bagazo de caña), con y sin la utilización de compostaje y nutrientes; para determinar la influencia del sustrato, compostaje y adición de nutrientes en el tiempo de producción del hongo. En la investigación se trabajó con dos experimentos; en el experimento uno se realizó mezclas de: (aserrín de eucalipto con tamo de fréjol) y en el experimento dos se realizó mezclas de: (cascarilla de arroz con bagazo de caña), se tomó el mejor tratamiento de cada experimento y se realizó una comparación final. El diseño que se aplicó en este estudio fue un diseño completamente al azar, trabajando con tres factores (A x B x C) donde el factor A es el tipo de sustrato, el factor B es el compostaje y el factor C es la adición de nutrientes, obteniendo como resultado 12 tratamientos, los cuales se repetirán tres veces. Para el experimento 1 y 2. Se realizó la prueba de Tukey 5% para tratamientos, de los resultados obtenidos se concluye, que el mejor tratamiento del experimento uno es el **T4** compuesto de (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes), produjo hongos aproximadamente a los 108 días, después de la inoculación, redujo el tiempo de propagación del micelio a 63 días, en la cámara de fructificación presentó una precocidad de 38 días, la composición de este bloque orgánico, produjo pocos hongos de buen tamaño y peso. En el experimento dos es el **T12** compuesto de (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), produjo hongos aproximadamente a los 107 días, después de la inoculación, redujo el tiempo de propagación del micelio a 89 días, en la cámara de fructificación presentan una precocidad de 11 días, produjo pocos hongos de buen tamaño y peso. De esta investigación se concluye que el sustrato si influye en el tiempo de producción del hongo shiitake, mientras que el compostaje y la adición de nutrientes no influyen en el tiempo de producción del hongo, de acuerdo a lo expuesto por Chang, S. y Miles, P. (2005), una correcta formulación del sustrato permite reducir los tiempos de producción, con una humedad y temperatura adecuada dentro de la cámara que se mantuvo entre los 18 – 22 grados centígrados.

ABSTRACT

This research proposed obtaining shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) in block-based organic agricultural wastes (eucalyptus sawdust, rice husk, chaff beans and sugarcane bagasse), with and without the use of compost and nutrients; to determine the influence of the substrate, composting and nutrient addition in the production time of the fungus. In research, we worked with two experiments; in one experiment was conducted mixtures: (eucalyptus sawdust bean husks) and the experiment was performed in two mixtures: (rice husk with bagasse), the best treatment for each experiment was taken and made an final comparison. The design was applied in this study was a completely randomized design, working with three factors (A x B x C) where the factor A is the type of substrate, the B factor is composting and C factor is the addition of nutrients, resulting in 12 treatments, which were repeated three times. For experiment 1 and 2 Tukey 5% for treatments of the results was performed it was concluded that the best treatment of experiment one is T4 compound (75% of eucalyptus sawdust and 25% chaff of beans without composting without nutrients) produced fungi approximately 108 days after inoculation, reduced the propagation time of the mycelium to 63 days in the House of fruiting filed a precocity of 38 days, the composition of the organic block yielded few fungi good size and weight. In the second experiment is the compound T12 (25% bagasse, rice hulls 75% without composting without nutrients) produced approximately 107 fungi days after inoculation, reduced propagation time mycelium 89 days, fruiting chamber exhibit precocity of 11 days, fungi produced few good size and weight. From this research it is concluded that if the substrate influences the time of shiitake mushroom production while composting and nutrient addition did not influence the production time of the fungus, according to the statement made by Chang, S. and Miles, P. (2005), a correct formulation of the substrate reduces production times with a suitable temperature and humidity inside the chamber was maintained between 18 to 22 degrees Celsius.

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

Problema:

Ecuador, es un país que cuenta con una gran cantidad de climas y tipos de vegetación, los cuales confluyen en la formación de mosaicos ecológicamente distintos con características particulares. En donde se desarrollan industrias que constituyen el pilar fundamental para el desarrollo del sector agrícola, con la inevitable generación de desechos.

El desconocimiento de nuevas alternativas para producir alimentos no tradicionales en zonas aledañas al cantón Cayambe se debe en gran medida al manejo inadecuado de los residuos. El manejo inadecuado de los desechos de la industria azucarera (bagazo de caña), industria maderera (aserrín) y desechos de la producción agrícola (cascarilla de arroz y tamo de fréjol), contribuyen a la problemática de la contaminación ambiental y genera riesgos para la salud humana.

La producción del hongo shiitake (*Lentinula edodes*), con un alto contenido en proteína, fibras, vitaminas y minerales, podría solventar en parte las deficiencias nutricionales de la población del sector rural que no tiene acceso a una alimentación permanente que le asegure una vida sana y digna.

El cultivo de hongo shiitake (*Lentinula edodes*) de manera tradicional se lo realiza en troncos de madera. Esta forma de cultivo comprende principalmente la inoculación de la semilla en trozos de madera. Este procedimiento es ambientalmente inadecuado, genera pérdidas por contaminación y tiene un largo periodo para la cosecha.

Justificación:

La presente investigación, constituye una alternativa para el manejo de estos desechos, además de manera directa contribuirá a la producción e industrialización del hongo shiitake, en las zonas aledañas del cantón, aprovechando la gran capacidad del hongo shiitake (*Lentinula edodes*), para la degradación eficiente de lignina y celulosa, compuestos que son abundantes dentro de los residuos agrícolas, forestales y agroindustriales los cuales son muy resistentes a la degradación natural y con poco o ningún valor nutritivo.

Esta investigación promueve el cultivo de productos alimenticios no tradicionales, empleando residuos del agroindustria y residuos agrícolas, (bagazo de caña, cascarilla de arroz, tamo de fréjol y aserrín de eucalipto), que no implica la utilización de tecnologías sofisticadas, ya que se lo puede hacer con materiales sencillos que no ameritan grandes inversiones.

El estudio y las investigaciones encaminadas al desarrollo de nuevos productos para satisfacer en gran medida las necesidades nutricionales de la población, diversificando la producción agrícola, para utilizar recursos existentes en la zona, optimizando de cada una de las etapas de producción, sostenibles a largo plazo, permitirán satisfacer las demandas de un mercado que cada vez se vuelve más exigente a la hora de elegir lo que va a consumir.

En la investigación se expone una alternativa para el desarrollo de la producción y consumo de alimentos no tradicionales, beneficiosos y de gran aporte nutricional, hongos comestibles cultivados en bloques orgánicos, que contribuya a generar mayor actividad económica, desarrollo agrícola y agroindustrial, creando plazas de trabajo e incentivando a la industria, convirtiéndose en un ejemplo del verdadero valor y productividad de los desechos, que se generan, al ser transformados en proteínas, vitaminas y aminoácidos, esenciales para la vida humana y animal.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Producir el hongo shiitake (*Lentinula edodes*), en bloques orgánicos a base de desechos agrícolas, con y sin la utilización de compostaje y nutrientes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el mejor sustrato: en el experimento uno combinaciones de aserrín de eucalipto con tamo de fréjol y en el experimento dos combinaciones de cascarilla de arroz con bagazo de caña para producir el hongo shiitake.
- Evaluar si el proceso de compostaje influye en el tiempo de producción del hongo shiitake.
- Evaluar si la adición de nutrientes (urea y carbonato de calcio), influyen en el tiempo de producción del hongo shiitake.
- Comparar el rendimiento del hongo shiitake en el experimento uno y en el experimento dos.

1.2. **HIPÓTESIS:**

1.2.1. **Hipótesis alterna**

La composición de los bloques orgánicos a base de desechos agrícolas (aserrín de eucalipto, cascarilla de arroz, tamo de fréjol y bagazo de caña), aplicando compostaje y nutrientes; y sin utilizar los mismos influyen en la producción del hongo shiitake

1.2.2. **Hipótesis nula**

La composición de los bloques orgánicos a base de desechos agrícolas (aserrín de eucalipto, cascarilla de arroz, tamo de fréjol y bagazo de caña), aplicando compostaje y nutrientes; y sin utilizar los mismos no influyen en la producción del hongo shiitake

CAPITULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. PRODUCCIÓN DE HONGOS SUPERIORES.

Silva, Fritz, Cubillos y Díaz en (2010), definen a los hongos como “macro hongos con un cuerpo fructífero distintivo que puede ser tanto epigeo como hipógeo”. Constituyen un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes. Los alimentos se disuelven mediante enzimas que secretan los hongos; después se absorben a través de la fina pared de la célula y se distribuyen por difusión simple en el protoplasma. Los hongos, junto con las bacterias heterótrofas y un reducido grupo de otros organismos, constituyen los descomponedores de la biósfera, y su actividad es esencial para el continuo funcionamiento de la naturaleza. La descomposición libera dióxido de carbono (CO₂) y aporta compuestos nitrogenados y otros minerales al suelo, en donde ellos pueden ser nuevamente utilizados por las plantas y eventualmente por los animales. Los hongos, equipados con un poderoso arsenal de enzimas que degradan los compuestos orgánicos, muchas veces constituyen organismos dañinos para el hombre.

2.2. SHIITAKE (*Lentinula edodes*)

2.2.1. Definición

Según Villegas y Pérez (2007), el hongo *Lentinula edodes* es un hongo degradador que crece en sustratos muertos, o en desechos forestales, es un hongo comestible que crece silvestre en el este de Asia y se conoce como Shiitake en Japón, shian-gu en China y Pyogo en Corea, se caracteriza por crecer en troncos, por no tener anillo ni volva y por su consistencia sub carnosa, este hongo es de color café pardusco. Crece de forma silvestre sobre residuos de lignina y celulosa, como el que contienen la madera y sus derivados, y distintos tipos de bagazo, como el de caña de azúcar, el de henequén y de café, y el hecho de que estos hongos se desarrollen sobre residuos agroindustriales los hace todavía más importantes, ya que además de utilizarse como una fuente de proteínas, se puede emplear para degradar los

materiales residuales, como son los diversos tipos de bagazo, que constituyen un problema en la agricultura y en los ríos, por la contaminación que producen.



Figura 2. 1. Hongo shiitake

Fuente: Martínez y Sobal (2002)

2.2.2. Valor nutricional

Martínez en (2002), Desde tiempos remotos los hongos han sido tratados como un tipo especial de alimento. Los griegos creían que proporcionaban fuerza en las batallas, los faraones los apreciaban como una delicadeza, los romanos y los aztecas los consideraban como el alimento de los dioses y los chinos los apreciaban como un alimento saludable, el consumo de Shiitake tiene efectos benéficos para el ser humano. Algunas de las propiedades medicinales de este hongo comestible son:

- Anti-cáncer: Este tipo de hongo posee lentinan, que es un agente anti-cáncer.
- Anti oxidante: posee vitaminas A, E, C, y selenio.
- Anti-infecciones: Shiitake estimula la producción en el organismo de interferón, el cual tiene efectos anti-virus.
- Hormona del crecimiento: limita algunos de los factores que causan envejecimiento en el ser humano.
- Reducción del colesterol: Esto es gracias a la eritadenina y también a la parte fibrosa de hongos que tienen quitina, sus propiedades son aumentadas por la lentinan.
- Reducción de presión arterial.
- Prevención de la trombosis: Investigadores de Bangkok y Hawaii han demostrado experimentalmente que Shiitake previene la trombosis en las arterias coronarias.

- Disminución de la viscosidad de la sangre.
- Bajo nivel de azúcar en la sangre: Los niveles bajos de hidratos de carbono y la lisina previenen la formación de azúcar en la sangre

El Shiitake es bajo en calorías, alto en proteínas, hierro, fibra, minerales y vitaminas. Contiene vitaminas B1, B2, B6, B12 y D2, con altas cantidades de riboflavina y niacina. Definitivamente un alimento excelente con propiedades medicinales. El consumo de este hongo es una buena forma de prevenir las enfermedades y de tener buena salud, se cree que puede aumentar la longevidad y que posee propiedades afrodisiacas (Ricardo Silva S., 2010).

2.2.3. Taxonomía

Según Chen, A. (2005), el shiitake se conoce con nombres distintos en diferentes partes del mundo. El nombre shiitake (hongo shii) deriva de las palabras japonesas: "shii" que se refiere a la madera dura de *Pasania spp.* Y "take" que significa hongo. Shiitake es ahora el nombre más popular para este hongo, que es el hongo de especialidad más popular en todo el mundo. En los Estados Unidos se lo conoce también como el hongo negro del bosque. En Francia como lectin. En China, los diferentes tipos de shiitake tienen distintos nombres, como xiang – gu, el hongo fragante, dong – gu, el hongo de invierno y hua – gu, el hongo flor u hongo variegado. Esta abundancia de diferentes nombres locales para la misma especie, ilustra la importancia de tener un nombre universal que todos entiendan. El nombre científico del shiitake es (*Lentinula edodes*). Basándose en características macro y micro morfológicas, así como en otros aspectos, incluyendo análisis de ADN, *L. edodes* se clasifica dentro del género *Lentinula*, familia *Tricholomataceae*, orden *Agaricales*, y *subfilum Basidioimycotina*.

Tabla 2. 1. Clasificación del hongo shiitake

| | |
|--------------|-----------------|
| Reino: | Fungí |
| División: | Eumicota |
| Subdivisión: | Basidiomycotina |

| | |
|------------------|--------------------------|
| Clase: | Holobasidiomycetes |
| Subclase: | Hymenomycetidae |
| Orden: | Agaricales |
| Familia: | Tricholomataceae |
| Género: | Lentinula |
| Especie: | Lentinula edodes |
| Nombres comunes: | Shitake, shian-gu, pyogo |

Fuente: El jardín de hongos Viteri (2005)

2.2.4. Ciclo de vida

Chen, A. (2005), ilustra el ciclo de vida del shiitake e indica claramente cómo éste crece a partir de basidiosporas dispersas. Las esporas se producen en las laminillas fértiles ubicadas en la parte inferior del sombrero del hongo (Fig.2). Son producidas por reproducción sexual a través de la meiosis. Las esporas se dispersan y germinan, en ambientes favorables, y producen hifas monocarióticas. (1) Las hifas mononucleadas genéticamente compatibles se fusionan a través de plasmogamia (fusión de hifas) para producir hifas dicarióticas (2). Con material genético proveniente de ambos núcleos, el micelio dicariótico es capaz de dar lugar al cuerpo fructífero (3) portador de esporas, que es lo que conocemos como hongo, en este caso particular el shiitake. El ciclo de vida se completa con la producción de basidiosporas a partir del hongo maduro.

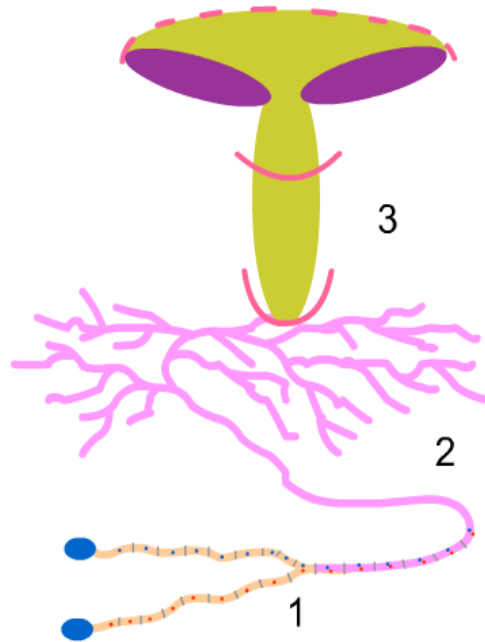


Figura 2. 2. Ciclo de vida del shiitake

Fuente: el jardín de hongos Viteri (2005)

2.2.5. Etapas de desarrollo del Shiitake

Vetchinkina (2008), ha descrito cinco etapas de desarrollo del Shiitake de acuerdo con las características que presenta el hongo, como la coloración del micelio, la formación de una película sobre el sustrato, la aparición de los primordios y del cuerpo de fructificación.

2.2.6. Etapa 1. El crecimiento del micelio:

Después de la inoculación del sustrato con el shiitake, el micelio blanquecino crece hasta colonizarlo. Esta es una fase de asimilación de nutrientes, las enzimas están muy activas para romper los componentes del sustrato como, celulosa, hemicelulosa o lignina y transformarlas en moléculas más simples que pueden ser absorbidas por el micelio para su crecimiento y propagación (Oei, 1991).

2.2.7. Etapa 2. Formación del escudo del micelio:

Después de dos a cuatro semanas en la superficie exterior del bloque del sustrato se forma una capa gruesa de micelio que inicialmente es de color blanco. En esta etapa la concentración de CO₂ en el interior es alta (Chen, 2005).

2.2.8. Etapa 3. Formación de ampolla, o de palomitas de maíz:

En la mayoría de cepas los grupos de micelio se desarrollan formando ampollas, son bultos de diferentes tamaños que se aprecian en la superficie del sustrato. Esto normalmente comienza cuando la colonización del micelio blanco cubre todo el sustrato. Los primordios son producidos en las hendiduras que se forman, sin embargo, muchos son abortados y nunca se convertirán en cuerpos fructíferos. El tiempo de formación de las protuberancias varía con las cepas, el sustrato y la temperatura, normalmente las protuberancias se forman a los 10 días, aparecen más rápido a 25 °C que a 15 °C. Miles y Chang, citados por (Poppe, 2004).

2.2.9. Etapas 4 – 5. Browning y la formación de la corteza:

Esta es la etapa del oscurecimiento del micelio se torna rojiza y posteriormente cambia a un color marrón. El sustrato al interior se torna suave y húmedo como consecuencia del metabolismo del hongo. Esta etapa es ideal para el comienzo de la fructificación.

En esta etapa algunos productores, aconsejan quitar toda la funda protectora cuando se ha dorado un tercio a un medio de la capa de micelio, otros recomiendan la eliminación de las bolsas antes de la pigmentación, para que esta se produzca fuera de la bolsa. El momento de la eliminación de la funda protectora es crucial pues el mejor rendimiento del cultivo depende si este proceso no se realiza demasiado temprano o demasiado tarde (Chang & Miles, 2004)

2.3. TÉCNICAS DE CULTIVO.

2.3.1. Tipos de sustrato

El hongo Shiitake, y en general cualquier hongo comestible, se puede cultivar básicamente sobre dos tipos de sustrato: naturales y artificiales.

Sustratos naturales, Estos sustratos corresponden principalmente a troncos y ramas en los que el hongo es inoculado directamente, sin realizarse ningún tipo de tratamiento de esterilización. Esto se puede realizar sin problemas porque durante la incubación y fructificación el cultivo se realiza manteniendo la corteza de los propios troncos, la que constituye una barrera física y química muy efectiva contra la invasión de hongos contaminantes. A pesar de lo anterior, muchos troncos se contaminan por los cortes (en la

superficie transversal), sin embargo, estas contaminaciones se consideran tolerables en el cultivo, siendo posibles de controlar con el uso de desinfectantes adecuados, como el agua oxigenada (Ricardo Silva S., 2010).

Sustratos artificiales son, por lo general, una mezcla de distintas sustancias orgánicas e inorgánicas sobre una matriz de material lignocelulósico, que en conjunto o por separado tienen un alto valor nutritivo para un gran número de microorganismos, sustancias relativamente simples a las cuales estos microorganismos pueden acceder sin dificultad. Si estos sustratos son inoculados directamente sin que sean sometidos a un tratamiento térmico previo (esterilización), lo más probable es que los microorganismos que se encuentran naturalmente en ellos, terminen invadiendo la totalidad del sustrato de cultivo a una velocidad de crecimiento mayor que el hongo que se intenta cultivar. Se hace indispensable someter al sustrato a un tratamiento físico o químico que elimine o disminuya la carga de microorganismos contaminantes. Este tratamiento, junto con el pool de nutrientes que posee a mezcla, convierten al sustrato en una matriz altamente selecta para el crecimiento del hongo comestible que es inoculado o sembrado en este sustrato. En términos generales, el sustrato artificial tiene una cierta relación Carbono-Nitrógeno (C: N), pH, humedad, grado de compactación, granulometría, entre otras. Que permiten el rápido crecimiento vegetativo y reproductivo del hongo que es inoculado sobre o dentro de él y, estas propiedades más las condiciones ambientales, determinan finalmente el éxito del cultivo (Bratkovich, 2004).

2.3.2. Selección y preparación del sustrato

Cisterna, C. en (2003), como sustrato se puede emplear una gran variedad de residuos lignocelulósicos, entre ellos pajas de cereales y residuos agroindustriales (desechos de maíz, hojas, etc.), como también subproductos de la industria maderera (aserrín, viruta) y madera sólida. En este último caso, se debe evitar especies resinosas o de alta durabilidad natural, pues pueden generar un producto de gusto fuerte y desagradable, o dificultar el crecimiento del hongo.

La selección del sustrato de cultivo dependerá, principalmente, de las exigencias nutricionales del hongo, de su disponibilidad tanto temporal como geográfica y también de la tecnología que se utilice para acondicionarlo, el cultivo de hongos comestibles como el

Shiitake es una excelente alternativa para utilizar residuos de la elaboración de productos agrícolas o madereros, permitiendo aliviar los problemas de contaminación ambiental (Bratkovich, 2004).

Para el cultivo de shiitake muchos prefieren el aserrín envejecido de árbol de hoja ancha. El aserrín fresco, sin envejecer por fermentación puede usarse para el shiitake sólo si es de especies de árboles de alta calidad como: roble, carpe, álamo, aliso, entre otros. Las partículas del aserrín no deben ser menores de 0,85 mm. (Chen, 2005).

Tabla 2. 2. Formulación de sustratos basados en aserrín para el cultivo de shiitake

| | |
|--|--|
| A. Basado en aserrín de árboles de hoja ancha (Wu, 2000) | |
| Aserrín | 100 kg |
| salvado de trigo o arroz | 23,25 kg |
| Yeso | 2,5 kg |
| superfosfato de calcio | 0,5 kg |
| Sacarosa | 1 - 1,5 kg |
| Agua | 100 - 140 kg |
| B. Basados en aserrín de árboles de hoja ancha (Staments 2000) | |
| Aserrín | 100 libras |
| virutas de madera | 50 libras |
| salvado de arroz o centeno | 40 libras |
| yeso (sulfato de calcio) | 5 - 7 libras |
| Agua | 60% |
| C. Instituto de Investigacion Forestal de Nueva Zelanda | |
| aserrín de pino | 6 partes (pino Monterey - <i>Pinus radiata</i>) |
| aserrín de madera dura | 3 partes de (Haya o álamo) |
| Grano | 1 parte (cebada) |
| D. sustrato basado en paja (Oei, 1996) | |
| paja de arroz | 50 kg |
| paja de trigo | 20 kg |
| aserrín | 20 kg |

Fuente: Chen, A. (2005)

2.3.3. Bloques de sustrato

Los métodos modernos de cultivo de Shiitake usan como sustrato virutas y aserrín de maderas, más un suplemento rico en nitrógeno, como el afrecho de trigo, arroz, avena, cebada, soya, etc.

Todos los desechos agroforestales tienen una gran carga de agentes contaminantes, especialmente bacterias y hongos inferiores, lo que se debe a que estos organismos comienzan a colonizar estos sustratos para degradarlos y volver sus componentes al medio ambiente. Por lo tanto, es indispensable que los sustratos sean tratados (esterilizados o pasteurizados) previamente para eliminar estos microorganismos. Sin tratamiento lo único que se consigue es obtener una gran cantidad de gramíneas creciendo sobre un sustrato extremadamente contaminado con mohos, bacterias y larvas de insectos (Cisterna, 2003).

2.3.4. Pasteurización en vapor

Es un conjunto de procedimientos en los cuales los sustratos de cultivo son sometidos a temperaturas inferiores a los 100 °C y a presiones de vapor nunca superiores a la presión atmosférica. Durante la Pasteurización se eliminan los agentes contaminantes, pero permanecen poblaciones activas de otros microorganismos que producen antagonismos con agentes patógenos y contribuyen a enriquecer nutritivamente los sustratos de cultivo (Cisterna, 2003).

2.3.5. Esterilización del sustrato

La esterilización depende de la naturaleza de las bolsas (polipropileno o polietileno), del tamaño de la bolsa, de la naturaleza y cantidad de sustrato por bolsa, y de la cantidad total. Para un sustrato de aserrín con salvado, esterilice de 2 a 5 horas a 121 grados centígrados. Se aconseja a los cultivadores probar sus mezclas y ajustar de acuerdo a su conformidad (Staments, 2000).

2.3.6. Obtención de la semilla

Según Silva, y otros en (2010), se denomina semilla a la forma en que el micelio del hongo es inoculado en un sistema productivo, es decir, la semilla es el vehículo de transporte del micelio hasta el sustrato definitivo donde crecerá el hongo. Para la preparación de la semilla, se utilizan granos de cereal, siendo los más comúnmente empleados el trigo y sorgo, y también avena y centeno. Otra opción es usar tarugos de madera.

2.3.7. Selección de granos de cereales y preparación de tarugos

La selección de granos consiste en elegir aquellos que se encuentren limpios, de buena calidad, sin residuos de productos químicos o contaminados con otros hongos o insectos. Es preferible utilizar granos que provengan de siembras libres de aplicaciones de fungicidas, ya que sus residuos pueden inhibir el crecimiento del hongo. Durante el desarrollo de este proyecto se utilizaron granos de trigo y tarugos de madera.

En el caso de los tarugos se recomienda emplear madera de la misma especie que la que se usará como sustrato. El tamaño del tarugo utilizado en el proyecto fue de 8-10 mm de diámetro y 2,5 cm de largo, aunque pueden utilizarse otras dimensiones (Bratkovich, 2004).

2.3.8. Lavado y remojo

En la etapa de lavado y remojo de los granos se eliminan el polvo y otras impurezas por flotación. Esto se logra remojándolos en abundante agua y quitando las impurezas que quedan en la superficie, el procedimiento se repite las veces que sea necesario hasta que no se observen impurezas. Para el caso de los tarugos, éstos no se lavan pero sí deben ser remojados para lograr una hidratación que luego permita el crecimiento del hongo, tanto los granos como los tarugos, son dispuestos en frascos de vidrio resistentes a altas temperaturas y la tapa es reemplazada por una hecha de algodón y papel, lo que permite el intercambio gaseoso y además es una barrera frente a los contaminantes externos (Silva, Fritz, Cubillos, & Diaz, 2010).

2.3.9. Esterilización

France, A. en (2000), la esterilización de la semilla para inóculo se realiza en autoclaves a una temperatura de 121 °C durante 20 a 30 minutos. Es importante destacar que esta etapa sólo debe realizarse en dichos equipos, ya que con esterilizaciones a menores temperaturas, como en ollas a presión (115 °C aprox.), se corre el riesgo de que los granos o tarugos mantengan una población de microorganismos que, aunque en baja presencia, puedan colonizar rápidamente los granos o competir posteriormente con el hongo, haciendo fracasar el cultivo.

2.3.10. Enfriado

Concluida la esterilización, los frascos son enfriados a temperatura ambiente dejándolos dentro del equipo de esterilización o llevándolos a la sala de inoculación (Chen, 2005).

2.3.11. Inoculación

El proceso de inoculación o siembra debe hacerse, de preferencia, bajo una campana de flujo laminar desinfectada y ubicada en una sala cerrada y limpia (sala de inoculación). Otra opción, aunque más rústica, consiste en trabajar sobre una superficie desinfectada con cloro o alcohol y ayudado por mecheros. El éxito de estas opciones depende de la asepsia con que trabaje el fungicultor.

La inoculación consiste en extraer desde una placa petri un trozo del micelio del hongo (cepa madre), el cual se incubó a 25 °C bajo total oscuridad, para luego ser introducido en los frascos esterilizados y enfriados, los frascos ya inoculados son depositados en una cámara de crecimiento a temperatura constante de 25 °C hasta que las semillas o tarugos estén completamente colonizados por el hongo (Ricardo Silva S., 2010).

2.3.12. Almacenaje

Concluido el período de incubación, los frascos con la semilla son almacenados en un refrigerador a 5 °C hasta su utilización (France, 2000).

2.4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y FACTORES AMBIENTALES PARA EL CULTIVO DE SHIITAKE

Según Chang y Miles (2004), como hongo de la pudrición blanca, el shiitake produce micelio durante su fase de crecimiento vegetativo más vigorosa. El micelio puede absorber pequeñas moléculas de nutrientes de forma directa. Sin embargo, es necesario previamente romper las moléculas de nutrientes complejos a través de la secreción de enzimas del micelio para descomponer estas sustancias lignocelulósicas complejas que sirven como fuente de carbón para el shiitake.

2.4.1. Fuente de carbón

El carbón es el nutriente más importante requerido por el shiitake. Este es el elemento base para la construcción de las proteínas, los ácidos nucleicos y los azúcares de las células vivientes. También es el mayor componente para la obtención de energía usada para la oxidación en el metabolismo. El carbón normalmente proviene de los compuestos orgánicos como azúcares, ácidos orgánicos, alcoholes, almidones, celulosa, hemicelulosa, y lignina (Chen, 2005).

2.4.2. Fuente de nitrógeno

El nitrógeno es un elemento indispensable para la estructura protoplasmática y los elementos celulares estructurales del shiitake. Las fuentes mayores de nitrógeno son compuestos orgánicos e inorgánicos, incluyendo la urea y proteínas Chen A, citado por (Ricardo Silva S., 2010).

2.4.3. Relación C/N

Los materiales con una relación carbono/nitrógeno de 25:1 son los mejores para el crecimiento vegetativo del micelio, mientras que los materiales con una relación carbono/nitrógeno de 40:1 son los mejores para la fase de producción de hongo. El exceso de nitrógeno puede permitir el crecimiento exuberante del micelio durante su colonización pero estos bloques colonizados no producirán buenos hongos Chen A, citado por (Barba, 2003).

Tabla 2. 3. Relación carbono/nitrógeno y concentración de nitrógeno en la producción de shiitake.

| | Para optimo crecimiento de micelio | Para optima fructificación |
|--------------------|------------------------------------|----------------------------|
| C/N | 25:1 | 40:1 |
| Concentración de N | 0,016-0,064% | 0.02% |

Fuente: Chen, A. (2005)

2.4.4. Minerales y elementos traza

Los macro elementos como el fósforo, azufre, magnesio y potasio, se utilizan para construir componentes celulares y reforzar el metabolismo. Algunos minerales mantienen la presión osmótica en las células. El fósforo y el potasio, en particular, no solo son beneficiosos

para el crecimiento del micelio, sino también para la formación de los cuerpos fructíferos. No es necesario agregar elementos traza ya que estos están normalmente en el agua o en los ingredientes del sustrato (Bratkovich, 2004).

2.4.5. **Vitamina B1 (tiamina)**

Ésta se requiere para el crecimiento y la fructificación del micelio del shiitake. El arroz fresco en bruto sin refinar o el salvado de trigo utilizado en el sustrato contienen esta vitamina. La vitamina B1 es sensible al calor. Se descompone por encima de los 120 °C, de modo que se debe evitar el sobrecalentamiento durante la esterilización del sustrato (Chen, 2005).

2.5. **FACTORES AMBIENTALES**

2.5.1. **Temperatura**

Chen, A. (2005), los shiitake son hongos de climas templados. Requieren temperaturas bajas y fluctuaciones de temperatura para formar cuerpos fructíferos. En los procesos metabólicos del shiitake, todas las relaciones físicas - químicas están controladas por la temperatura, y las numerosas enzimas tienen sus propias temperaturas óptimas de actividad. Cuando las temperaturas son demasiado altas, las enzimas pueden desnaturalizarse y perder su viabilidad. Cuando las temperaturas son demasiado bajas, la absorción de nutrientes es difícil, la actividad enzimática disminuye, y la tasa de respiración se hace más lenta. Estas tasas bajas resultan en una disminución del crecimiento del micelio.

Tabla 2. 4. Requerimientos de temperatura en las diferentes fases del shiitake

| Estado | Rango de temperatura(°C) | Rango óptimo de temperatura |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Germinación de las esporas | 15-28 | 22-26 |
| Crecimiento micelial | 5-32 | 24 -27 |
| Fructificación | 5-25 | 15+/- 1-2 (dependiendo de la capa) |

Fuente: Chen, A. (2005)

2.5.2. Humedad

El agua es vital para el crecimiento y la producción de shiitake. Los nutrientes necesitan ser disueltos en agua para ser absorbidos por el micelio. De igual modo, los desechos metabólicos necesitan ser disueltos en agua para ser eliminados por el micelio. Se requiere una cantidad apropiada de agua para el metabolismo. Es importante proporcionar y mantener el volumen de humedad óptimo en el sustrato para el cultivo de shiitake. También es importante mantener una humedad relativa óptima del aire, de acuerdo a las diferentes fases de crecimiento (Staments, 2000).

Tabla 2. 5. Humedad del sustrato y requerimientos de la humedad (R.H.) para el shiitake (según el sistema de producción China)

| Estado | Contenido de humedad del sustrato | R.H. | Condiciones adversas para el crecimiento |
|----------------------|-----------------------------------|--------|--|
| Crecimiento Micelial | 55% | <75% | Humedad <50%, crecimiento lento Humedad >65%, crecimiento débil Humedad >75 %, contaminación |
| Fructificación | 50-55% | 85-95% | Humedad <30%, difícil de producir hongos Humedad >95%, producción de hongos podridos |

Fuente: Chen, A. (2005)

2.5.3. Aire

Los shiitake son hongos aeróbicos. Durante el proceso metabólico, dependiendo de la disponibilidad de oxígeno, los compuestos orgánicos se oxidan a través de la respiración. De este modo, la energía liberada se almacena en forma de ATP para luego ser utilizada en el crecimiento del micelio y la fructificación. Las diferentes fases de producción de shiitake requieren cantidades diferentes de oxígeno. Se requiere más oxígeno durante la fase reproductiva que durante la fase de crecimiento vegetativo del micelio. Se necesita un cuarto bien ventilado con aire fresco para el crecimiento vigoroso del micelio que produce dióxido de carbono. Durante la formación del cuerpo fructífero los requerimientos de oxígeno son más altos, y las concentraciones de dióxido de carbono eliminadas también son más altas (Barba, 2003).

Una buena circulación de aire fresco y una ventilación más frecuente son importantes durante la fase reproductiva. El aire fresco contiene 0,03% dióxido de carbono, concentraciones mayores que 1% inhiben el desarrollo de los cuerpos fructíferos y causan la apertura precoz de los sombreros del hongo (Chen, 2005).

2.5.4. **Luz**

La luz es la fuente directa o indirecta de energía para el shiitake se requiere luz para la formación y dispersión de las basidiosporas. El micelio puede crecer en total oscuridad, creciendo mejor bajo luz difusa débil, la luz fuerte directa inhibe el crecimiento micelial. En la oscuridad, el micelio crece 3 – 4 veces más rápidamente que bajo 500 lx. La luz es requerida para la formación de los cuerpos fructíferos. El nivel óptimo de luz es de 50 – 100 lux de luz difusa durante la fructificación (Staments, 2000).

2.5.5. **pH del sustrato**

Las enzimas extra – celulares funcionan en un rango de pH específico para degradar el sustrato, y por ello el pH del sustrato es de gran importancia. Los shiitake prefieren un ambiente ácido. Pueden crecer en un amplio rango de pH 3 -7 con un rango óptimo de 4,5 – 5,5. El mejor rango para la formación de cuerpos fructíferos es de 3,5 – 4,5. El pH inicial del sustrato normalmente es de 5 – 6. A medida que el micelio crece produce ácidos orgánicos, que disminuyen el pH del sustrato (Bratkovich, 2004).

Las claves para el cultivo exitoso de shiitake incluyen: 1) Un sustrato bien suplementado, con nutrición equilibrada y relación de C/N y pH óptimos, 2) Una combinación diferente de condiciones ambientales son requeridas para cada una de las fases de crecimiento vegetativo y de producción. Conocer cómo crear estas condiciones permitirá al cultivador obtener altos rendimientos y hongos de calidad (Chen, 2005).

2.6. **PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DEL SHIITAKE.**

La producción mundial de hongos está siendo dominada cada vez más por especies que son comestibles y que a la vez tienen beneficios medicinales. En la actualidad, el shiitake ocupa el primer lugar en la producción de hongos de especialidad. Las tendencias actuales en la producción y el consumo de hongos (Tabla 2.6) giran alrededor del consumo de shiitake

fresco, particularmente en los principales mercados de Estados Unidos y Europa existe un interés mundial, tanto en la producción como en el consumo de estos hongos. Asia en donde se originó el cultivo, permanece fuerte en esta industria, China es el líder en la producción de hongos con 8.650.000 toneladas producidas en el 2002 (Zhang, 2004).

Tabla 2. 6. Producción Mundial de hongos cultivados en 1986 y 1997 (peso fresco x 1000 toneladas)

| Especies | 1986 | 1997 | Tasa de crecimiento (%) |
|----------------------|---------------|--------------|-------------------------|
| Agaricus bisporus | 1.227(56,2%) | 1,956(31,8%) | 59,4 |
| Lentinula edodes | 314(14,4%) | 1,564(25,4%) | 398,1 |
| Pleurotus spp. | 169(7,7%) | 876(14,2%) | 418,3 |
| Auricularia spp. | 119(5,5%) | 485(87,9%) | 307,6 |
| Volvariella volvacea | 178(8,2%) | 181(2,9%) | 1,7 |
| Flammulina velutipes | 100(4,6%) | 285(4,6%) | 130,0 |
| Tremella spp. | 40(1,8%) | 130(2,1%) | 225,0 |
| Hypsizygyus spp. | - | 74(1,2%) | - |
| Pholiota spp. | 25(1,1%) | 56(0,9%) | 124,0 |
| Grifola frondosa | | 33(0,5%) | - |
| Otros | 10(0,5%) | 518(8,4%) | 5.080,0 |
| Total | 2.182(100,0%) | 6158(100,0%) | 182,2 |

Fuente: Chen, A. (2005)

2.6.1. Producción de shiitake en diferentes partes del mundo.

Los recientes estudios de Rinker (2002), mostraron la producción de hongos en América del Sur, América Central y México en América del Norte (Tabla 2.6). América Latina presenta un continuo incremento en la producción de hongos, América del Sur produjo aproximadamente 94% del shiitake en América Latina con Brasil en primer lugar.

Tabla 2. 7. Producción anual estimada de champiñón (*Agaricus*) y shiitake en América Latina en el 2002

| País | Champiñón(ton) | Shiitake(ton) |
|-------------------|----------------|---------------|
| América del sur | | |
| Argentina | 1.500 | 8 |
| Bolivia | 10 | 2 |
| Brasil | 6.885 | 800 |
| Chile | 4.872 | 0 |
| Colombia | 6.312 | 3,6 |
| Ecuador | 625 | 0 |
| Perú | 750 | 0 |
| Venezuela | 1.320 | 0 |
| Subtotal | 22.274 | 813,6 |
| América central | | |
| Costa rica | 90 | 3 |
| Guatemala | 80 | 30 |
| Subtotal | 170 | 33 |
| América del norte | | |
| México | 37.230 | 30 |
| Total | 59.674 | 876,6 |

Fuente: Datos de Lahman y Rinker (2004).

2.6.2. Aspectos socioeconómicos del cultivo de “shiitake”

Estados Unidos actualmente es uno de los mayores consumidores de shiitake seco proveniente del Japón, cuya importación supera los 6 millones de dólares anuales. Gracias a las propiedades medicinales (antivirales y antitumorales), recientemente descubiertas en esta especie. Existe una tendencia generalizada de aumento en el consumo, tanto en Estados Unidos como en Europa. La industria de la producción comercial de hongos comestibles ha alcanzado su máximo desarrollo en Europa y Norte de América, donde es una empresa altamente tecnificada, mecanizada y organizada (Chen, 2005).

2.7. SUSTRATO

En (2012), Valenzuela define sustrato como la tierra para las plantas que proporciona los nutrientes necesarios. El fin es transformar los residuos en sustrato para el hongo que proporcione nutrientes específicos requeridos para cada una de las etapas de crecimiento,

2.7.1. Residuos agrícolas de cultivos extensivos

Según Moreno (2008) la agricultura es una actividad muy importante de la economía de muchos países del mundo y la cual genera grandes cantidades de residuos cada año. A continuación se muestra un listado de algunos ejemplos de cultivos más significativos que generan cantidades considerables de residuos y el tipo de residuo a la que se refieren, principalmente centrado en los cereales:

- Arroz: paja y cáscara.
- Maíz: tallos, mazorca y cáscara.
- Trigo, cebada, centeno y avena: paja.
- Mijo: paja y tallos.
- Mandioca: tallos.
- Soja: paja y vaina.
- Algodón: tallos
- Café: cáscara
- Cacao: vaina.

Estos distintos tipos de residuos generados por cada cultivo se pueden clasificar en función de la etapa en que se producen los mismos. Así, nos encontramos con residuos de campo o restos de cosecha (como paja, tallos, vainas y hojas) y residuos del procesado (como cáscara, mazorca y bagazo entre otros).

2.7.2. Residuos agroindustriales. Bagazo de caña

En el proceso de obtención del azúcar de caña se genera el bagazo, considerado como residuo sólido industrial generado en la molienda de la caña de azúcar. En general se recicla para la producción industrial de tableros y también como alimento para el ganado. Las espumas e impurezas que sobrenadan en el jugo de la caña de azúcar al someterlo a la acción del fuego lleva a la formación de cachaza, y las mieles son los residuos líquidos obtenidos en el proceso de fabricación del azúcar de caña, y son de utilización directa en las alcoholeras, siendo por tanto el residuo final las vinazas.

El bagazo de caña de azúcar es un material lignocelulósico constituido principalmente por celulosa, hemicelulosa ligadas fuertemente a la lignina. Tradicionalmente en los centrales

azucareros este desecho se quema como una forma de limitar la disposición final de este desecho, desperdiciando un elemento de tan valiosa importancia para diversas industrias como la fabricación de papel, producción de alimentos balanceados para animales y elaboración de aglomerados para la construcción, industrias donde se usa actualmente el bagazo de caña, pero no en todo su potencial.

En el Ecuador el bagazo de caña es un residuo obtenido en la industria azucarera, aproximadamente se obtiene 15 800 ton, de este producto y actualmente éste es usado en varios campos, como: elaboración de balanceados para animales, pulpa de papel, etc. El ocupar este residuo en toda su capacidad es una opción ante la sobreproducción de este (Moldes, 2002).

2.7.3. Cascarilla de arroz

La cascarilla tiene un aspecto parecido al de la paja, es muy ligera y varios análisis muestran una composición típica de 40% de celulosa, 20% de cenizas en base seca, 10% humedad y 30% extracto no nitrogenado.

El poder calorífico inferior es de aproximadamente 14 MJ / kg y el poder calorífico superior es algo mayor de 15 MJ / kg, ambos valores en base húmeda. El porcentaje de cenizas es bastante alto 14 – 16%. Su humedad promedio es de 8 %. Densidad aparente 100 kg / cm. El contenido de azufre es de 0.06 a 0.07%. El 89% de las cenizas de la cascarilla de arroz son sílice (Quinceno, 2010).

2.8. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA MATERIA PRIMA

Según Aguilar (2009) un material de interés en las paredes celulares de la planta de la madera, es el material ligninocelulósico, el cual está formado por celulosas y hemicelulosas enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite. Sobre esta matriz se deposita una mezcla de compuestos de bajo peso molecular llamados extractivos.

2.8.1. Celulosa

Es el componente más simple encontrado en el material ligninocelulósico de las plantas, es el más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D- glucosa

unidos por enlaces respecto a los restos contiguos, estabilizada por puentes de hidrógeno intra - moleculares. Debido a su estructura, las cadenas de celulosa se unen por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados (microfibrillas). La celulosa y el almidón pueden ser hidrolizados para formar glucosa, pero sus estructuras son muy diferentes. La celulosa es una molécula que da estructura y soporte a la planta. Las cadenas de glucosa están arregladas de una manera que permite que se empaquen juntas formando un cristal que es impermeable al agua. Consecuentemente el polímero celulosa es insoluble y resistente a la hidrólisis (Quinceno, 2010).

2.8.2. **Hemicelulosa**

Las hemicelulosas forman cadenas cortas y son polímeros heterogéneos que contienen tanto hexosas (azúcares de 6 carbonos como glucosa, manosa y galactosa) como pentosas (azúcares de 5 carbonos como xilosa y arabinosa). Dependiendo de la especie de la planta, estos azúcares se asocian con ácidos urónicos formando estructuras poliméricas diversas, que pueden estar relacionados cercanamente tanto con celulosa como lignina. Los tres polímeros principales son los xilanos, los mananos y los arabinogalactanos (Mauseth, 1991).

2.8.3. **Lignina**

La lignina es un polímero complejo, tridimensional, globular, irregular, insoluble y de alto peso molecular (>10,000), formado por unidades de fenilpropano cuyos enlaces son relativamente fáciles de hidrolizar por vía química o enzimática (Quinceno, 2010).

2.9. **GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

En (2009), Sbarato define la gestión integral de residuos como un conjunto de acciones que permite contar con:

- Establecimiento de normas para determinar la generación, composición y caracterización de residuos.
- Normas que conduzcan para el manejo seguro y ambientalmente adecuado de los residuos.
- Recursos humanos formados y financieros disponibles, para brindar los servicios de manejo integral de los residuos de manera sostenida.

2.10.COMPOSTAJE

Mielgo, A. en (2011) la producción de compost se viene realizando desde tiempos inmemoriales ya que la naturaleza produce humus espontáneamente. Así, los agricultores de diferentes culturas han emulado esta forma de producir humus por parte del medio natural descomponiendo restos orgánicos para facilitar el acceso a los nutrientes.

2.10.1. Proceso de compostaje

Según Haug (1993),citado por Alvarez (2005) el proceso de compostaje se define como una descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor que da un producto final estable libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio.

Durante este proceso se sucede una serie de etapas caracterizadas por la actividad de distintos organismos, existiendo una estrecha relación entre la temperatura el pH y el tipo de microorganismos que actúa en cada fase.

2.10.2. Preparación

Se acondicionan y se mezclan los materiales de partida para regular su contenido en agua, el tamaño de la partícula, eliminar los elementos no transformables y ajustar los nutrientes para lograr una relación adecuada de C/N.

2.10.3. Descomposición mesófila

Según Trautmann y Olynciw (1996), citado por Alvarez (2005) Se produce una degradación de azúcares y aminoácidos por la acción de grupos de bacterias (*Bacillus* y *Thermus*).

2.10.4. Descomposición termófila

Según Álvarez (2005) degradan ceras polímeros y hemicelulosa por hongos del grupo de los actinomicetos (*Micromonospora*, *Streptomyces* y *Actinomyces*).

2.10.5. Descomposición mesófila de enfriamiento

Se realiza la degradación de las celulosas y ligninas por bacterias y hongos (*Aspergillus* y *Mucor*) (Sbarato, 2009).

2.10.6. Maduración

Se estabiliza y polimeriza el humus a temperatura ambiente, desciende el consumo de oxígeno y desaparece la fitotoxicidad (Mauseth, 1991).

2.10.7. Afino

Se mejora la granulometría, se regula la humedad, se elimina el material no transformado, se realiza análisis, controles de calidad y en su caso el envasado y el etiquetado (Sbarato, 2009).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Materia prima e insumos

- Cepa de hongos comestibles (*Lentinula edodes*)
- Subproductos vegetales (bagazo de caña de azúcar, aserrín de eucalipto, tamo de fréjol, cascarilla de arroz)
- Carbonato de calcio
- Urea

3.1.2. Materiales y equipos de laboratorio

- Cámara de incubación
- Cámara de inoculación
- Estufa
- Refrigeradora
- Balanza
- Termómetro
- Lámpara de alcohol
- Algodón
- Equipos sanitarios
- Material de vidrio
- pH metro
- Papel filtro
- Recipiente para mezclar los sustratos
- Tanques metálicos
- Molino
- Plástico de invernadero

- Fundas plásticas
- Bandejas plásticas
- Tubos PVC
- Ligas
- Cartones
- Cuchara

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Localización

La presente investigación se realizó en la Provincia de Pichincha, Cantón Cayambe, sector La Patarata.

Tabla 3. 1. Ubicación del área de estudio

| | |
|--------------|------------------------------------|
| Provincia | Pichincha |
| Cantón | Cayambe |
| Ubicación | Venezuela S5- 85 y Humberto Fierro |
| Altitud: | 2.418 m.s.n.m. |
| Temperatura: | 18 °C |

Fuente: Datos tomados del Departamento de Meteorología de la Aviación Civil. DAC. (2011).

3.2.2. Factores en estudio

3.2.2.1. Experimento uno

FACTOR A: Combinaciones de sustratos

Tabla 3. 2. Mezclas de aserrín de eucalipto con tamo de fréjol

| | % de aserrín de eucalipto | % de tamo de fréjol |
|----|---------------------------|---------------------|
| A1 | 75 | 25 |
| A2 | 50 | 50 |
| A3 | 25 | 75 |

FACTOR B: Compostaje

B1: con compostaje

B2: sin compostaje

FACTOR C: Nutrientes

C1: con nutrientes

C2: sin nutrientes

3.2.2.1.1. Tratamientos.

De la combinación de los factores A x B x C (porcentaje de sustratos, compostaje y nutrientes) respectivamente, se estructuraron 12 tratamientos mismos que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. 3. Tratamientos en estudio experimento uno

| TRAT. | SIMBOLOGÍA | COMBINACIONES |
|-------|------------|---|
| T1 | A1B1C1 | 75% aserrín de eucalipto + 25% tamo de fréjol, con compostaje y con nutrientes. |
| T2 | A1B1C2 | 75% aserrín de eucalipto + 25% tamo de fréjol, con compostaje y sin nutrientes. |
| T3 | A1B2C1 | 75% aserrín de eucalipto + 25% tamo de fréjol, sin compostaje y con nutrientes. |
| T4 | A1B2C2 | 75% aserrín de eucalipto + 25% tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes. |
| T5 | A2B1C1 | 50% aserrín de eucalipto + 50% tamo de fréjol, con compostaje y con nutrientes. |
| T6 | A2B1C2 | 50% aserrín de eucalipto + 50% tamo de fréjol, con compostaje y sin nutrientes. |
| T7 | A2B2C1 | 50% aserrín de eucalipto + 50% tamo de fréjol, sin compostaje y con nutrientes. |
| T8 | A2B2C2 | 50% aserrín de eucalipto + 50% tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes. |
| T9 | A3B1C1 | 25% aserrín de eucalipto + 75% tamo de fréjol, con compostaje y con nutrientes. |
| T10 | A3B1C2 | 25% aserrín de eucalipto + 75% tamo de fréjol, con compostaje y sin nutrientes. |
| T11 | A3B2C1 | 25% aserrín de eucalipto + 75% tamo de fréjol, sin compostaje y con nutrientes. |
| T12 | A3B2C2 | 25% aserrín de eucalipto + 75% tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes. |

Fuente: los Autores

3.2.2.1.2. **Diseño experimental**

El diseño que se aplicó en el presente estudio fue un diseño completamente al azar, trabajando con tres factores (A x B x C) donde el factor A es la combinación de sustratos, el factor B es el compostaje y el factor C es la adición de nutrientes, obteniendo como resultado 12 tratamientos, los cuales se repitieron tres veces. Para el experimento 1 y 2 de la investigación.

3.2.2.1.3. **Pruebas estadísticas**

Pruebas estadísticas realizadas: Tukey para tratamientos

3.2.2.1.4. Características del experimento

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Número de repeticiones | tres (3) |
| Numero de tratamientos | doce (12) |
| Unidad experimental | treinta y seis (36) |

El número de unidades experimentales se determinó con la formula $(t \times r)$, donde (t) son los tratamientos y (r) el número de repeticiones, obteniendo una unidad experimental de 36. La unidad experimental estuvo conformada por 1 kilogramo de sustrato.

3.2.2.1.5. Esquema del análisis estadístico

Tabla 3. 4. Análisis de la varianza experimento uno

| F deV | Grados de libertad |
|------------------------------|--------------------|
| Total | 35 |
| Tratamientos | 11 |
| Factor A | 2 |
| Factor B | 1 |
| Factor C | 2 |
| A x B | 1 |
| AxC | 2 |
| BxC | 1 |
| AxBxC | 2 |
| Suma del Error experimental. | 24 |

Análisis funcional

Se calculó el coeficiente de variación (CV), prueba de Tukey al 5% para tratamientos.

3.2.2.2. Experimento dos

FACTOR A: Combinaciones de sustratos

Tabla 3. 5. Mezclas de bagazo de caña con cascarilla de arroz

| | % Bagazo de caña | % Cascarilla de arroz |
|----|------------------|-----------------------|
| A1 | 75 | 25 |
| A2 | 50 | 50 |
| A3 | 25 | 75 |

FACTOR B: Compostaje

B1: con compostaje

B2: sin compostaje

FACTOR C: Nutrientes

C1: con nutrientes

C2: sin nutrientes

3.2.2.2.1. Tratamientos.

De la combinación de los factores A x B x C (porcentaje de sustratos, compostaje y nutrientes) respectivamente, se estructuraron 12 tratamientos mismos que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. 6. Tratamientos en estudio experimento dos

| TRAT. | SIMBOLOGÍA | COMBINACIONES |
|-------|------------|--|
| T1 | A1B1C1 | 75% bagazo de caña + 25% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes. |
| T2 | A1B1C2 | 75% bagazo de caña + 25% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes. |
| T3 | A1B2C1 | 75% bagazo de caña + 25% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes. |
| T4 | A1B2C2 | 75% bagazo de caña + 25% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes. |
| T5 | A2B1C1 | 50% bagazo de caña + 50% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes. |
| T6 | A2B1C2 | 50% bagazo de caña + 50% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes. |
| T7 | A2B2C1 | 50% bagazo de caña + 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes. |
| T8 | A2B2C2 | 50% bagazo de caña + 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes. |
| T9 | A3B1C1 | 25% bagazo de caña + 75% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes. |
| T10 | A3B1C2 | 25% bagazo de caña + 75% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes. |
| T11 | A3B2C1 | 25% bagazo de caña + 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes. |
| T12 | A3B2C2 | 25% bagazo de caña + 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes. |

Fuente: los Autores

3.2.2.2.2. **Diseño experimental**

El diseño que se aplicó en el presente estudio fue un diseño completamente al azar, trabajando con tres factores (A x B x C) donde el factor A es el tipo de sustrato, el factor B es el compostaje y el factor C es la adición de nutrientes, obteniendo como resultado 12 tratamientos, los cuales se repetirán tres veces. Para el experimento 1 y 2 de la investigación

3.2.2.2.3. Pruebas estadísticas

Pruebas estadísticas realizadas: Tukey para tratamientos

3.2.2.2.4. Características del experimento

Número de repeticiones tres (3)

Numero de tratamientos doce (12)

Unidad experimental treinta y seis (36)

El número de unidades experimentales se obtuvo de la formula ($t \times r$), donde t son los tratamientos y r el número de repeticiones, obteniendo una unidad experimental de 36

La unidad experimental estuvo conformada por 1 kilogramo de sustrato

3.2.2.2.5. Esquema del análisis estadístico

Tabla 3. 7. Análisis de la varianza experimento dos

| F deV | Grados de libertad |
|------------------------------|--------------------|
| Total | 35 |
| Tratamientos | 11 |
| Factor A | 2 |
| Factor B | 1 |
| Factor C | 2 |
| AxB | 1 |
| AxC | 2 |
| BxC | 1 |
| AxBxC | 2 |
| Suma del Error experimental. | 24 |

Análisis funcional

Se calculó el coeficiente de variación (CV), prueba de Tukey al 5% para tratamientos.

3.3. VARIABLES EVALUADAS

3.3.1. En el sustrato antes del compostaje

3.3.1.1. pH

Una vez formuladas las diferentes combinaciones de sustratos se midió el pH con ayuda de un potenciómetro, se tomó muestras de 2 g en una balanza digital y se disolvió en 10 ml de agua destilada, luego se colocó los electrodos y se recogió los datos de entrada del sustrato.



Figura 3. 1. Determinación del pH

3.3.1.2. Humedad

La humedad del sustrato se midió con la balanza infrarroja, se colocó aproximadamente 1,5 g en pequeños platos hechos de papel aluminio, que se ingresaron a la balanza infrarroja para determinar la humedad para el desarrollo del micelio.



Figura 3. 2. Muestra de sustrato para determinar la humedad



Figura 3. 3. Balanza infrarroja

3.3.2. En el sustrato durante el proceso de compostaje

3.3.2.1. pH

Se midió cada 7 días para recoger información del cambio de pH conforme transcurre el proceso de compostaje.



Figura 3. 4. Determinación del pH

3.3.2.2. Temperatura

Se midió cada 7 días con un termómetro que se introdujo dentro de la pila de compost para observar el cambio de temperatura conforme transcurren los días que dura el compostaje.



Figura 3. 5. Bolsas de sustrato sometidas al proceso de compostaje

3.3.3. En la cámara de colonización

3.3.3.1. Tiempo de colonización

Este se define como el tiempo en que demora el micelio en cubrir completamente el sustrato y se midió utilizando un calendario, se observó todos los días para determinar cómo se desarrolla el micelio conforme transcurre el tiempo.



Figura 3. 6. Colonización del sustrato

3.3.4. En la cámara de fructificación

3.3.4.1. Tiempo de precocidad

Se define como el tiempo en que demora en aparecer el primer primordio desde el momento en que se inocula el sustrato. Se observó todos los días sobre todo los bloques que colonizaron al 100% y pasaron a la cámara de fructificación.



Figura 3. 7. Primeros primordios

3.3.4.2. **Tiempo de cosecha**

Se define como el tiempo en que se demora en formarse el hongo desde la inoculación hasta la cosecha, y se midió con un calendario

3.3.4.3. **Humedad relativa**

Se la obtuvo con la ayuda de un termohigrómetro, con la finalidad de controlar la humedad relativa, dentro de la cámara de fructificación.



Figura 3. 8. Termo hidrómetro

Fuente: AEMC instrumentos

3.3.4.4. Diámetro del sombrero

Este se midió con la ayuda de un calibrador pie de rey antes de la cosecha, con el objetivo de evaluar el desarrollo del sombrero del hongo en los diferentes sustratos.



Figura 3. 9. Medición del diámetro del sombrero del hongo

3.3.4.5. Longitud del pie

Esto se midió con ayuda del calibrador pie de rey antes de la cosecha con el fin de evaluar el desarrollo del pie del hongo en cada sustrato



Figura 3. 10. Medición de la longitud del pie del hongo

3.3.4.6. Número de unidades por bloques

Se realizó el conteo con el fin de determinar qué sustrato genera más unidades aptas para la cosecha por bloque.

3.3.4.7. Peso por bloque

Es el peso total que produce cada bloque orgánico y se realizó con una balanza gramera.

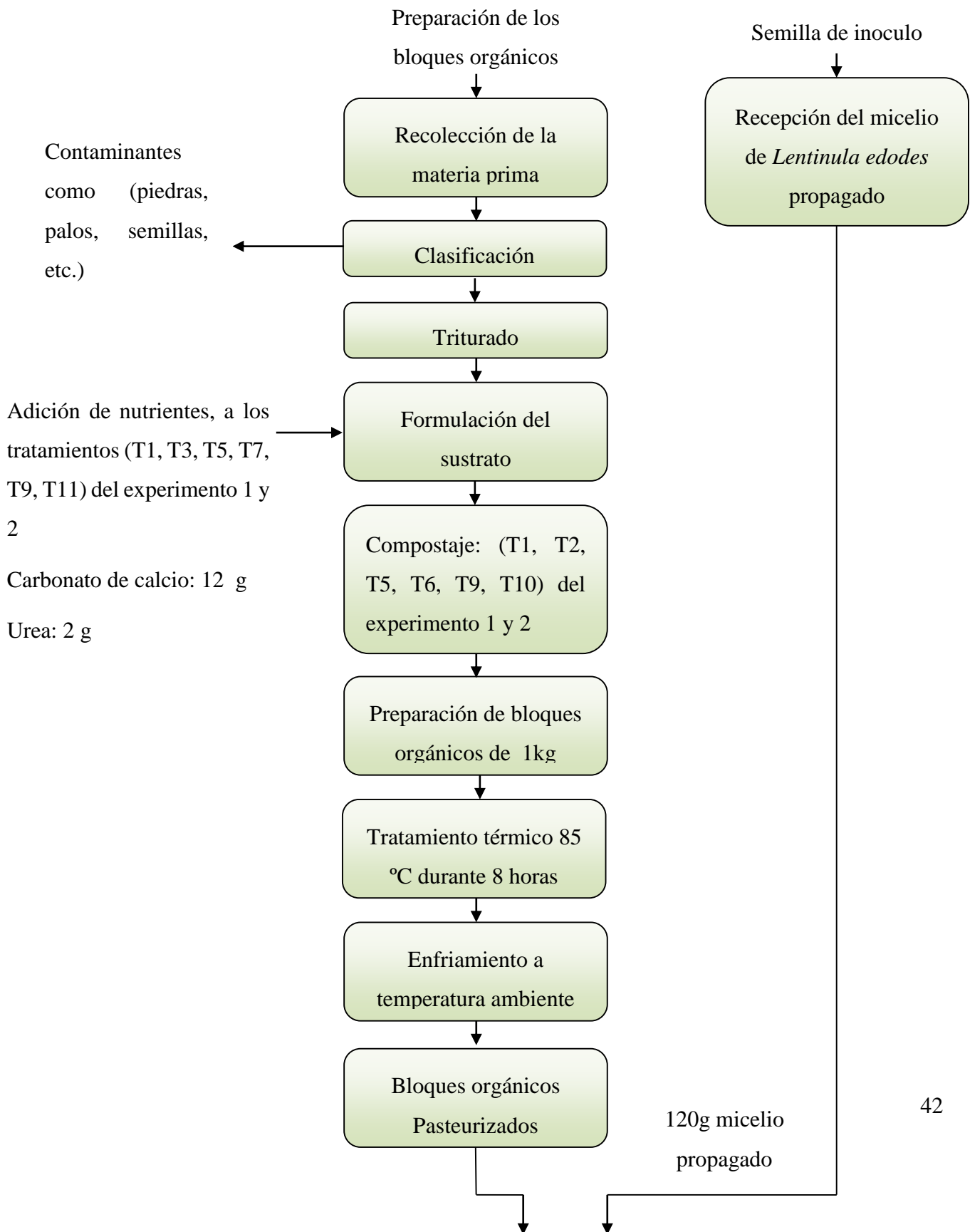
3.3.4.8. En el producto final de mayor rendimiento

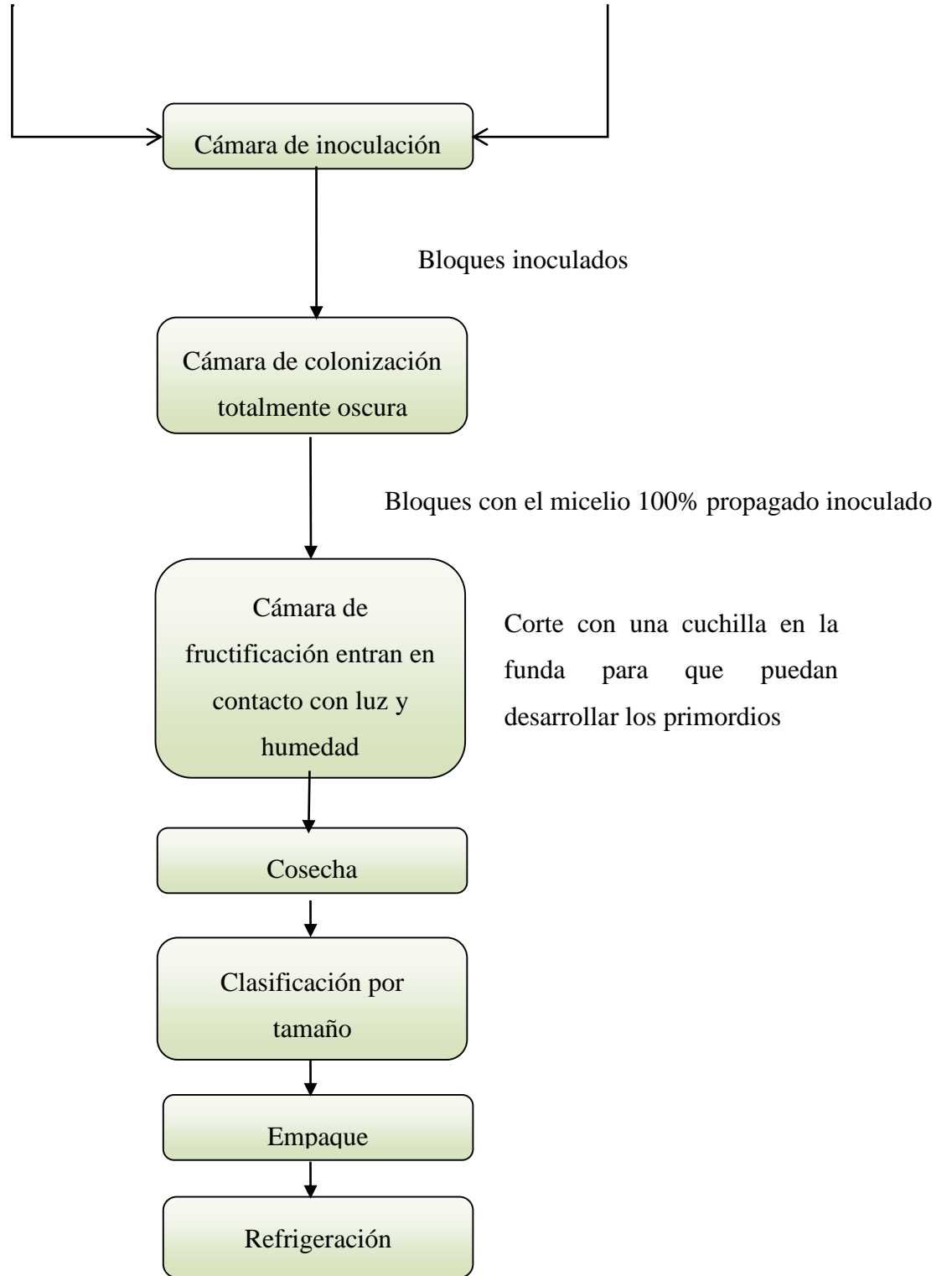
Se realizó análisis de laboratorio para determinar proteína, fibra, cenizas y minerales con el objetivo de determinar el valor nutricional del hongo, después de la cosecha en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte.

3.3.4.9. En los sustratos de mayor rendimiento

Se realizó un análisis de fibra total, nitrógeno total, conductividad, calcio, magnesio, hierro y fosforo en el laboratorio de la Universidad Técnica del Norte.

3.4. DIAGRAMA DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL HONGO SHIITAKE





3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.5.1. Recolección de la materia prima

3.5.1.1. Aserrín de eucalipto

La materia prima fue recolectada en estado óptimo en un aserradero ubicado en la ciudad de Cayambe para esto se utilizó costales y una pala para recoger el aserrín de eucalipto. Se tomó muy en cuenta el estado del aserrín que se encuentre seco para realizar el experimento.



Figura 3. 11. Recolección de aserrín de eucalipto

3.5.1.2. Cascarilla de arroz

Esta materia prima fue adquirida de la costa ecuatoriana cerca a los cultivos de arroz, y se preparó utilizando el molino de martillos para su posterior utilización.



Figura 3. 12. Cascarilla de arroz

3.5.1.3. Tamo de fréjol.

El tamo de fréjol fue recolectado en la ciudad de Otavalo, se procedió a molerlo para esto se utilizó el molino de martillos de las unidades productivas de la Universidad Técnica del Norte.



Figura 3. 13. Molienda del tamo de fréjol

3.5.1.4. Bagazo de caña

Este fue facilitado de la empresa panelera “LA GARDENIA” Para realizar el experimento se procedió a molerla con la ayuda del molino de martillos.



Figura 3. 14. Recolección de bagazo de caña

3.5.2. Clasificación

En esta etapa se clasificó y eliminó impurezas en la materia prima, con el objetivo de obtener los mejores resultados en el experimento.

3.5.3. Triturado

Con el fin de obtener materia prima de una granulometría aceptable sobre todo que no perfora la funda plástica que contiene el sustrato ya preparado para eso se utilizó el molino de martillos el cual fue facilitado en las unidades productivas de la Universidad Técnica de Norte



Figura 3. 15. Molino de martillos

3.5.4. Pesado

Se realizó con la finalidad de obtener las cantidades exactas de materias primas (aserrín de eucalipto, cascarilla de arroz, tamo de fréjol y bagazo de caña) para preparar del sustrato.

3.5.5. Preparación del sustrato

La preparación del sustrato se realizó según la unidad experimental, 1kg se calculó la cantidad de materia prima según los factores y repeticiones para obtener los tratamientos, pesando uno a uno los tratamientos.

Primero los tratamientos que se sometieron a compostaje, los tratamiento T1, T2, T5, T6, T9, T10) en el experimento 1 y 2. También se realizó la adición de nutrientes en los tratamientos T1, T3, T5, T7, T9, T11 en el experimento 1 y 2 se los mezcló de una manera homogénea, posteriormente se separó en fundas plásticas respectivamente etiquetadas.

Tabla 3. 8. Preparación del sustrato experimento 1

| | % DE ASERRIN DE EUCALIPTO | % DE TAMO DE FRÉJOL |
|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| A1 | 75% (8,16 kg) | 25% (2,72 kg) |
| A2 | 50% (5,44 kg) | 50% (5,44 kg) |
| A3 | 25% (2,72 kg) | 75% (8,16 kg) |

Tabla 3. 9. Preparación del sustrato experimento 2

| | % BAGAZO DE CAÑA | % CASCARILLA DE ARROZ |
|-----------|-------------------------|------------------------------|
| A1 | 75% (8,16 kg) | 25% (2,72 kg) |
| A2 | 50% (5,44 kg) | 50% (5,44 kg) |
| A3 | 25% (2,72 kg) | 75% (8,16 kg) |



Figura 3. 16. Mezcla homogénea del sustrato



Figura 3. 17. Etiquetado de cada uno de los sustratos

3.5.6. Adición de nutrientes en los tratamientos (T1, T3, T5, T7, T9, T11) en el experimento 1 y 2

Esto se realizó durante la preparación del sustrato de manera homogénea, en fundas plásticas de 6 lb cada tratamiento.

Se incrementó la cantidad de 2 gramos de urea y 12 gramos de carbonato de calcio en los tratamientos T1, T3, T5, T7, T9, T11 en el experimento 1 y 2.



Figura 3. 18. Adición de nutrientes

3.5.7. Compostaje en los tratamientos (T1, T2, T5, T6, T9, T10) en el experimento uno y experimento dos

El compostaje se realizó en los tratamientos (T1T2, T5, T6, T9, T10), durante esta etapa se tomó muestras con el objetivo de medir las variaciones de pH y humedad cada 7 días durante el tiempo de compostaje.



Figura 3. 19.Compostaje de sustratos

3.5.8. Tratamiento térmico

Una vez enfundados y etiquetados todos los sustratos en fundas plásticas de 1 kg y en la parte superior de la funda se introdujo un aro de tubo PVC para generar una boquilla, el cual fue sujetado con ligas de caucho y se corchó con un pedazo de tela para permitir el intercambio de gases y encima de esta se colocó papel aluminio para evitar la entrada de cualquier agente extraño.



Figura 3. 20.Pedazo de tela de 10 x 10 cm



Figura 3. 21.Aros de tubo PVC de 2"de diámetro por 4 cm de alto



Figura 3. 22.Ligas de caucho



Figura 3. 23. Bloques orgánicos

Se colocó una rejilla de madera dentro de un tanque metálico de 200 litros



Figura 3. 24. Tanque metálico, con rejilla de madera

Se colocó tela alrededor de las paredes internas del tanque para evitar que las fundas de sustrato (bloques orgánicos) tengan contacto directo con la superficie metálica.



Figura 3. 25. Tanque metálico recubierto para el tratamiento térmico

Se colocó las fundas con sustrato etiquetadas dentro del tanque y se añadió 30 litros de agua con mucho cuidado para que no toque a las fundas de sustrato.



Figura 3. 26. Disposición de los sustratos en el tanque metálico

Se tapó el tanque con un plástico negro, y se realizó un agujero de 3mm para aliviar la presión que ejerce el vapor de agua.



Figura 3. 27. Tanque cubierto con plástico



Figura 3. 28. Tratamiento térmico de los sustratos

Se encendió los quemadores, cuando el agua llega a la temperatura de ebullición se tomó el tiempo de 8 horas (tiempo de pasterización), lo mismo se realizó con todos los tratamientos, para eliminar la mayor cantidad de agentes patógenos de los sustratos.

3.5.9. Enfriamiento a temperatura ambiente

Terminado el tratamiento térmico se deja enfriar las bolsas de sustrato a temperatura ambiente para luego proceder con la inoculación del micelio.

3.5.10. Recepción del micelio de (*lentinula edodes*) ya propagado

El micelio fue comprado en un local de venta de hongos en la ciudad de Quito.

La semilla comercial se la adquirió en frascos de vidrio de 500 g y se los almacenó en un lugar fresco y fuera de todo tipo de contaminación.

3.5.11. Inoculación

Una vez frío el material se procedió a la inoculación con 120 g del micelio en cada bolsa de sustrato. Para este proceso se diseñó una cámara de inoculación para reducir el riesgo de contaminación mientras se está inoculando las bolsas de sustrato con el micelio.

Esta cámara fue diseñada de madera con tapa de vidrio y cuenta con una lámpara de luz UV y una puerta en la parte posterior para introducir los bloques orgánicos. Dentro de la cámara de inoculación se colocó un mechero de alcohol, un atomizador con alcohol antiséptico y una balanza gramera para pesar la cantidad de semilla de inculo.



Figura 3. 29.Cámara de inoculación

Se introdujeron las bolsas con sustrato dentro de la cámara de inoculación cuatro fundas a la vez.

Se tomó la cuchara de siembra para flamearla con el mechero de alcohol; para pesar 120 g de semilla de inóculo, se retiró el papel aluminio y la tela, se introdujo la semilla de inóculo dentro de los bloques orgánicos, se colocó de nuevo la tela y el papel aluminio en la boquilla de la funda para evitar la contaminación, lo mismo se realizó para todas las fundas de sustrato.

3.5.12. Incubación

Una vez realizada la siembra, se trasladó las fundas de sustrato a la cámara de colonización el cual fue desinfectado previamente con alcohol para evitar posibles contaminaciones del sustrato en esta cámara el sustrato permanece en total oscuridad.



Figura 3. 30. Cámara de colonización

3.5.13. Colonización

Se definen como el tiempo en que demora el micelio en cubrir completamente el sustrato y se midió con un calendario se observó todos los días para determinar cómo se desarrolla el micelio conforme transcurre el tiempo.



Figura 3. 31.Colonización del micelio

3.5.14. **Fructificación**

Una vez que el micelio ha colonizado el 100% de los bloques se trasladaron a la cámara de fructificación en donde el sustrato tiene contacto con la luz y humedad y se observa la aparición de los primeros primordios en ese momento se retira la protección superior de los bloques orgánicos y se humedece el sustrato y así comienza a brotar los cuerpos fructíferos

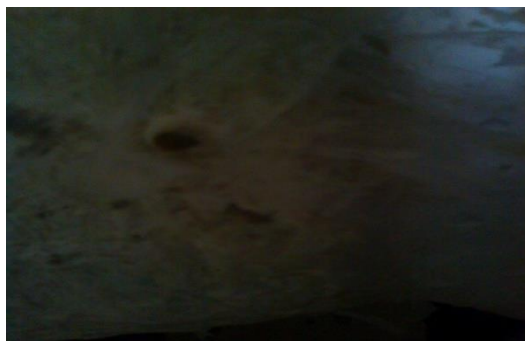


Figura 3. 32. Primordios

3.5.15. **Cosecha**

Transcurrido el período de fructificación, se procedió a cosechar, las unidades que se han desarrollado completamente, este proceso se realizó con una cuchilla cortando el (tallo falso) en la base.



Figura 3. 33.Hongo listo para la cosecha



Figura 3. 34.Pesado del hongo

3.5.16. Choque térmico

Esto se realizó para forzar la aparición de primordios en los tratamientos T7, T8, T11, T12 del experimento uno y en los tratamientos T1, T3, T6. Del experimento dos

Se sumerge los tratamientos en un tanque con agua fría los cuales permanecieron 24 horas en esas condiciones luego de esto se llevaron nuevamente a la cámara de fructificación pero no hubo resultados positivos.



Figura 3. 35. Sustratos sometidos al choque térmico

CAPITULO IV

4. ANALISIS ESTADÍSTICO DE CADA UNA DE LAS VARIABLES

4.1. EXPERIMENTO UNO (Aserrín de eucalipto y tamo de fréjol)

4.1.1. Análisis del tiempo de colonización del micelio

Tabla 4. 1. Valores obtenidos del tiempo de colonización del micelio (días)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|
| T1 | 84,0 | 84,0 | 84,0 | 252,0 | 84,0 |
| T2 | 84,0 | 84,0 | 84,0 | 252,0 | 84,0 |
| T3 | 63,0 | 63,0 | 63,0 | 189,0 | 63,0 |
| T4 | 63,0 | 63,0 | 63,0 | 189,0 | 63,0 |
| T7 | 70,0 | 70,0 | 84,0 | 224,0 | 74,7 |
| T8 | 84,0 | 84,0 | 84,0 | 252,0 | 84,0 |
| T11 | 114,0 | 114,0 | 114,0 | 342,0 | 114,0 |
| T12 | 114,0 | 114,0 | 114,0 | 342,0 | 114,0 |

Nota: Los tratamientos T5, T6, T9 y T10 se eliminaron debido a que el micelio no se expandió por el bloque orgánico, ya que después del compostaje el sustrato en estos tratamientos alcanzó un pH adverso (8,14- 8,96), para la propagación del micelio; el pH del sustrato es de gran importancia. Ya que los shiitakes prefieren un ambiente ácido, aunque, pueden crecer con pH entre 3 -7 con un rango óptimo de 4,5 – 5,5. Según Chang, S. y Miles, P. (2004).

Tabla 4. 2. ADEVA del tiempo de colonización

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|----------|----------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 23 | 8.409,83 | | | | | |
| Tratam. | 7 | 8.279,17 | 1.182,74 | 144,83 | ** | 2,76 | 4,28 |
| Rep. | 2 | 16,33 | 8,17 | 1,00 | NS | 3,74 | 6,51 |
| Error exp. | 14 | 114,33 | 8,17 | | | | |

CV: 3,36 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos. El C.V. es de 3,36 valor aceptable el cual nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 3. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|---------|----------|
| T11 | 114,000 | a |
| T12 | 114,000 | a |
| T1 | 84,000 | b |
| T2 | 84,000 | b |
| T8 | 84,000 | b |
| T7 | 74,667 | c |
| T3 | 63,000 | d |
| T4 | 63,000 | d |

Como se puede observar en la tabla anterior existen 4 rangos, en el rango **d** se establecen los mejores tratamientos, **T4** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol, sin 28 días de compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento **T3** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol sin 28 días de compostaje y con la adición de nutrientes), al tener el menor tiempo de colonización del micelio conforme con lo expuesto por Chang, S. y Miles, P. (2005), una correcta formulación del sustrato permite reducir los tiempos de colonización con una temperatura adecuada dentro de la cámara que se mantuvo entre los 18 – 22 grados centígrados.

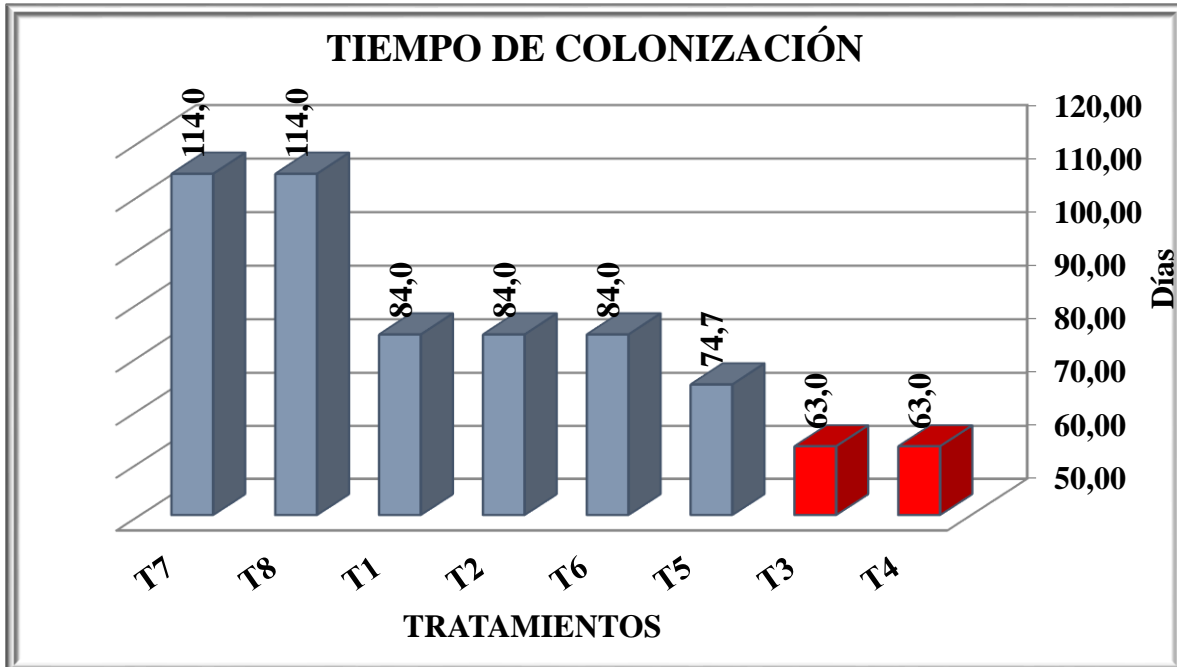


Figura 4. 1. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de colonización del micelio (días)

El gráfico anterior muestra que el tratamiento T3 y el tratamiento T4 son los mejores por presentar el menor tiempo de colonización 63 días, no así los otros tratamientos en donde los tiempos de colonización se extendieron, a 114 días.

4.1.2. Análisis del tiempo de precocidad del micelio

Tabla 4. 4. Valores obtenidos del tiempo de precocidad del micelio (días)

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|-------|-------|-------|---------------|-------|
| T1 | 158,0 | 158,0 | 158,0 | 474,0 | 158,0 |
| T2 | 102,0 | 103,0 | 103,0 | 308,0 | 102,7 |
| T3 | 108,0 | 108,0 | 108,0 | 324,0 | 108,0 |
| T4 | 101,0 | 103,0 | 101,0 | 305,0 | 101,7 |

Nota: Los tratamientos T7, T8, T11 y T12 se eliminan después de forzar la aparición de primordios mediante un choque térmico no presentan cambio alguno. La composición del

sustrato es desfavorable y en combinación con un pH mayor a la neutralidad no permite la aparición de primordios.

Tabla 4. 5. ADEVA del tiempo de precocidad

| F.V. | G.L. | $\Sigma .C$ | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|-------------|-----------|-----------|---------|------|-------|
| Total | 11 | 89.561,96 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 89.558,63 | 29.852,88 | 65.133,55 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 0,58 | 0,29 | 0,64 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 2,75 | 0,46 | | | | |

CV: 0,58 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos. El C.V. es de 0,58 valor aceptable el cual nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 6. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|--------|
| T1 | 158,00 | a |
| T3 | 108,00 | b |
| T2 | 102,67 | c |
| T4 | 101,67 | c |

Como se puede observar en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **c** se establecen los mejores tratamientos en el tiempo de precocidad por cuanto el **T4** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol ,sin compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento **T2** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol con compostaje y sin nutrientes), los cuales

presentaron primordios en el menor tiempo apenas a los 38 y 39 días respectivamente, después de su colonización, estos tratamientos presentan un pH entre (6,00- 6,77), Mientras que el T1 (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, con compostaje y con nutrientes) presentó sus primeros primordios a los 74 días después de la colonización con un pH de 7,75 por lo cual se puede concluir que un pH superior a la neutralidad prolonga el tiempo de formación de primordios. Las claves para el cultivo exitoso de shiitake incluyen: un sustrato bien suplementado, con nutrición equilibrada y relación de C/N y pH óptimos. Chang, S. y Miles, P. (2005).

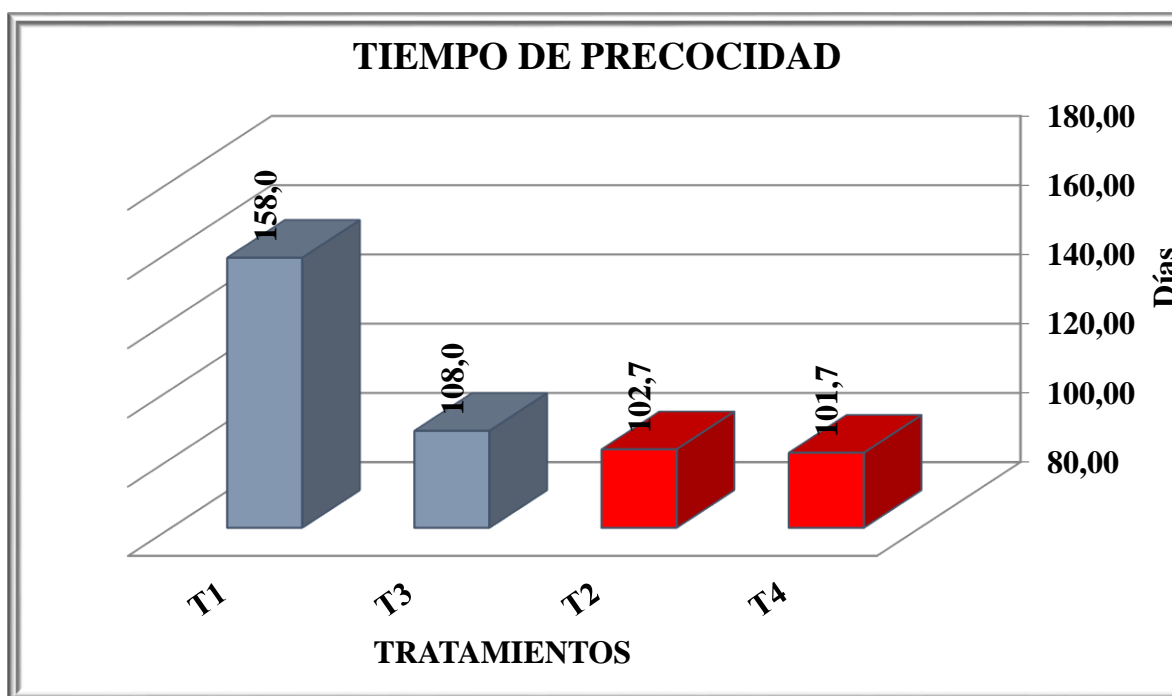


Figura 4. 2. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de precocidad del micelio (días)

El gráfico anterior muestra que el tratamiento T4 (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes) y el T2 (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol con compostaje y sin nutrientes), en los cuales aparecieron primordios en el menor tiempo, no así en el T1 en donde los primordios aparecieron 57 días después, porque en la fase de colonización tuvo una demora de 21 días en propagar el 100% del micelio en el

bloque. Durante el periodo de fructificación es recomendable utilizar un sistema que permita controlar la cantidad de luz que ingresa a la cámara (Garcia, 2003).

4.1.3. Análisis del tiempo de cosecha del hongo

Tabla 4. 7. Valores obtenidos del tiempo de cosecha del hongo (días)

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|-------|-------|-------|--------|-------|
| T1 | 165,0 | 165,0 | 165,0 | 495,0 | 165,0 |
| T2 | 109,0 | 109,0 | 109,0 | 327,0 | 109,0 |
| T3 | 115,0 | 115,0 | 115,0 | 345,0 | 115,0 |
| T4 | 108,0 | 110,0 | 108,0 | 326,0 | 108,7 |

Tabla 4. 8. ADEVA del tiempo de cosecha

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|-----------|-----------|-----------|---------|------|-------|
| Total | 11 | 99.543,96 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 99.541,29 | 33.180,43 | 85.321,11 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 0,33 | 0,17 | 0,43 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 2,33 | 0,39 | | | | |

CV: 0,50 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se determina que existe alta significación estadística para tratamientos. El C.V. es de 0,50 que nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 9. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|--------|
| T1 | 165,00 | a |
| T3 | 115,00 | b |
| T2 | 109,00 | c |
| T4 | 108,67 | c |

Como se puede ver en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **c** se establecen los mejores tratamientos, en el tiempo de cosecha del hongo **T4** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, sin compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento **T2** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol con compostaje y sin nutrientes), en los cuales los hongos se cosecharon en el menor tiempo debido a que estos tratamientos presentaron primordios apenas a los 101 y 102 días respectivamente, y el hongo tardó aproximadamente 7 días en estar listo para su cosecha.

Con la finalidad de visualizar el comportamiento de los tratamientos se construyó el gráfico siguiente.

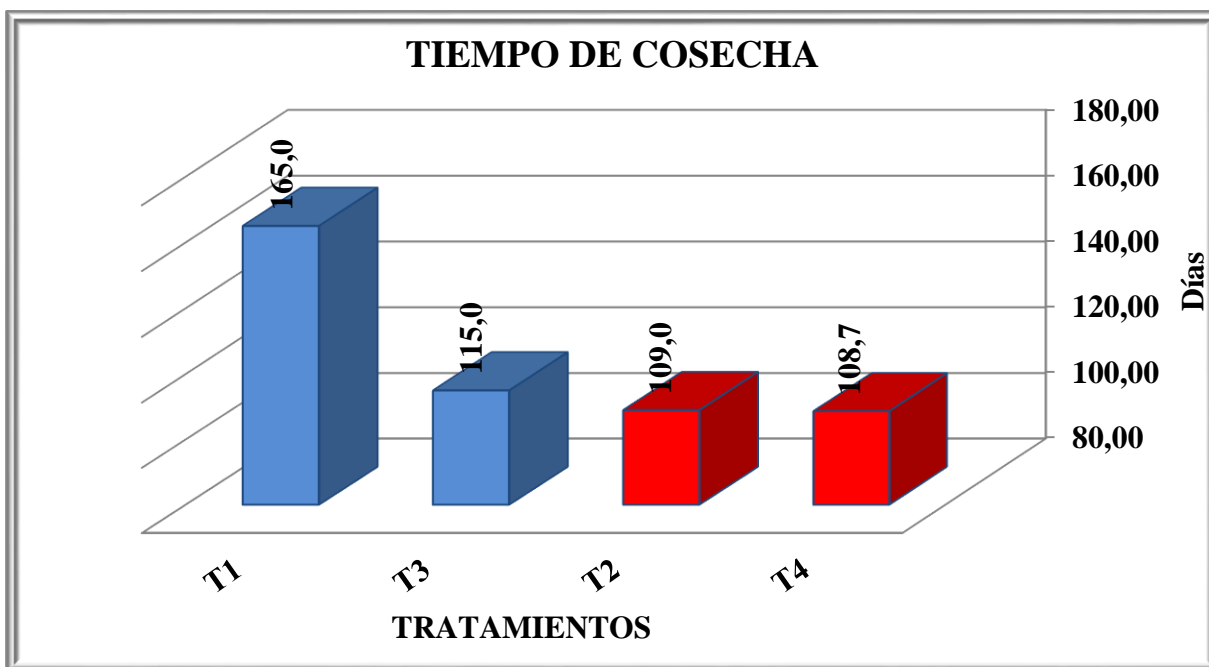


Figura 4. 3. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de cosecha del hongo (días)

El gráfico anterior muestra que el tratamiento T4 y el tratamiento T2 tuvieron un tiempo de cosecha menor con respecto a los otros tratamientos en donde se obtuvo hongos muchos días después, debido a que estos tratamientos se comportaron de manera diferente desde la fase de colonización. El tiempo de cosecha está estrechamente ligado al desarrollo del micelio y la aparición de los primordios (Salmones & Gaitan, 1996).

4.1.4. Análisis del peso total por bloque del hongo

Tabla 4. 10. Valores obtenidos del peso total por bloque del hongo (gramos)

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|------|------|------|--------|-------|
| T1 | 47,0 | 47,0 | 47,0 | 141,0 | 47,0 |
| T2 | 47,0 | 50,0 | 49,0 | 146,0 | 48,7 |
| T3 | 40,0 | 41,0 | 41,0 | 122,0 | 40,7 |
| T4 | 48,0 | 47,0 | 50,0 | 145,0 | 48,3 |

Tabla 4. 11. ADEVA del peso total por bloque del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|-----------|----------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 11 | 12.923,83 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 12.913,83 | 4.304,61 | 3068.63 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 1,58 | 0,79 | 0,56 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 8,42 | 1,40 | | | | |

CV: 7,84 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se determina que existe alta significación estadística para tratamientos. Con un C.V. de 7,84 que nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 12. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T4 | 48,67 | a |
| T3 | 48,33 | a |
| T2 | 47,00 | a |
| T1 | 40,67 | b |

Como se puede observar en la tabla anterior existen dos rangos en el rango **a** se establecen los mejores tratamientos, en cuanto al peso **T4** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol sin compostaje y sin nutrientes), **T3** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, sin compostaje y con nutrientes) y el **T2** ((75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, con compostaje y sin nutrientes).

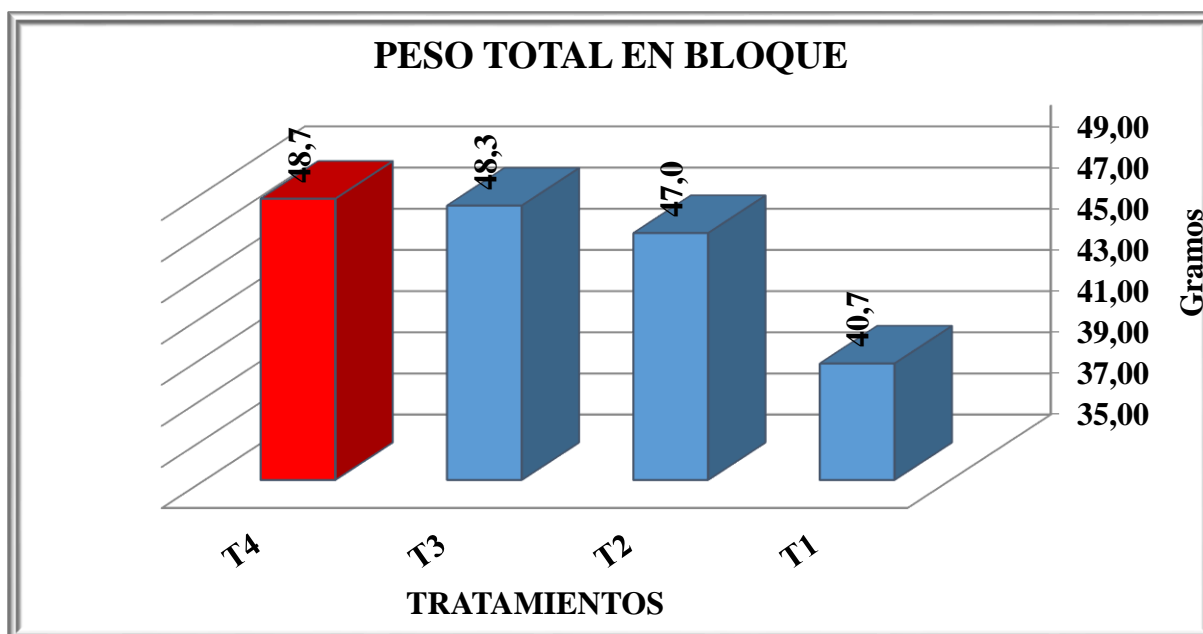


Figura 4. 4. Comportamiento de las medias para la variable peso total por bloque del hongo (gramos)

En la gráfica se puede observar que el tratamiento T4, T3 y T2 tuvieron peso similar en cuanto a la cosecha y se comportaron de manera eficiente durante todas las fases del cultivo

4.1.5. Análisis del número de unidades de hongo por bloque

Tabla 4. 13. Valores obtenidos del número de unidades del hongo

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|-----|-----|-----|--------|-------|
| T1 | 5,0 | 5,0 | 5,0 | 15,0 | 5,0 |
| T2 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 3,0 | 1,0 |
| T3 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 7,0 | 2,3 |
| T4 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 6,0 | 2,0 |

Tabla 4. 14. ADEVA del número de unidades del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 11 | 66,96 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 66,29 | 22,10 | 227,29 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 0,08 | 0,04 | 0,43 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 0,58 | 0,10 | | | | |

CV: 12,07 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos. El CV es de 12,07 valor aceptable que nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 15. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T1 | 5,00 | a |
| T2 | 2,33 | b |
| T3 | 2,00 | b |
| T4 | 1,00 | c |

Como se puede observar en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **a** se establece el tratamiento, **T1** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol, con compostaje y con nutrientes) con un número mayor de unidades al cual no podríamos considerar como el mejor debido a que presenta un tiempo de cosecha mucho mayor en comparación a los **T4** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol sin compostaje y sin nutrientes) y **T3** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol sin compostaje y con nutrientes) en los cuales los hongos se cosecharon en un tiempo más corto y que a pesar de tener menos unidades por bloque su peso total es mayor al **T1**.

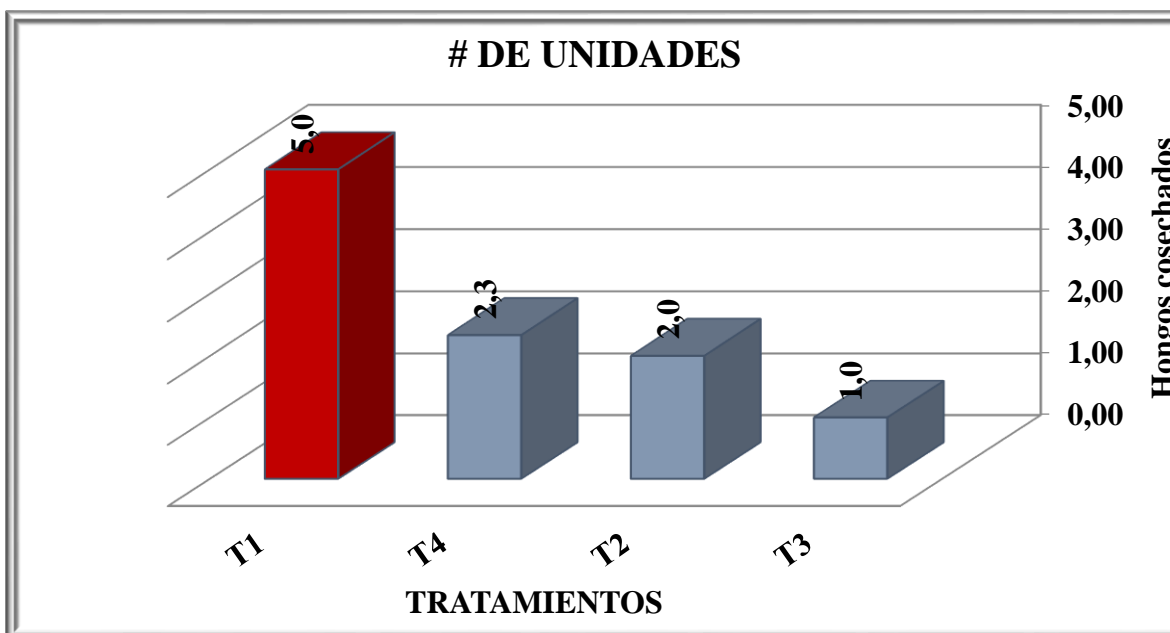


Figura 4. 5. Comportamiento de las medias para el número de unidades del hongo

El grafico anterior muestra que el tratamiento T1 tiene una mayor producción de hongos con respecto a los tratamientos T4, T3, T2 en donde se obtuvieron menos cuerpos fructíferos pero de mayor tamaño como se verá a continuación. El número de unidades producidas varía según la disponibilidad de nutrientes que ofrezca el sustrato, es recomendable retirar primordios lesionados o muy pequeños para obtener mejores resultados en el cultivo (Sorenson, 1992).

4.1.6. Análisis del diámetro del sombrero del hongo

Tabla 4. 16. Valores obtenidos del diámetro del sombrero del hongo (milímetros)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|------|------|------|--------|-------|
| T1 | 37,5 | 34,5 | 29,0 | 101,1 | 33,7 |
| T2 | 38,4 | 37,9 | 31,6 | 107,9 | 36,0 |
| T3 | 59,8 | 50,0 | 59,2 | 169,0 | 56,3 |
| T4 | 59,8 | 59,9 | 58,8 | 178,5 | 59,5 |

Tabla 4. 17. ADEVA del diámetro del sombrero del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|-----------|----------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 11 | 14.649,85 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 14.523,38 | 4.841,13 | 272,27 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 19,78 | 9,89 | 0,56 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 106,69 | 17,78 | | | | |

CV: 9,09%

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se determina que existe alta significación estadística para tratamientos. El CV es de 9,09 aceptable que nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 18. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T4 | 59,50 | a |
| T3 | 56,34 | a |
| T2 | 35,95 | b |
| T1 | 33,68 | c |

Como se puede observar en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **a** se establecen los mejores tratamientos, **T4** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol, sin compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento **T3** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol sin compostaje y con nutrientes), en los cuales los hongos ya cosechados desarrollaron un mayor diámetro de sombrero, mientras que los otros tratamientos **T2** y **T1** tienen un diámetro de sombrero mucho menor.

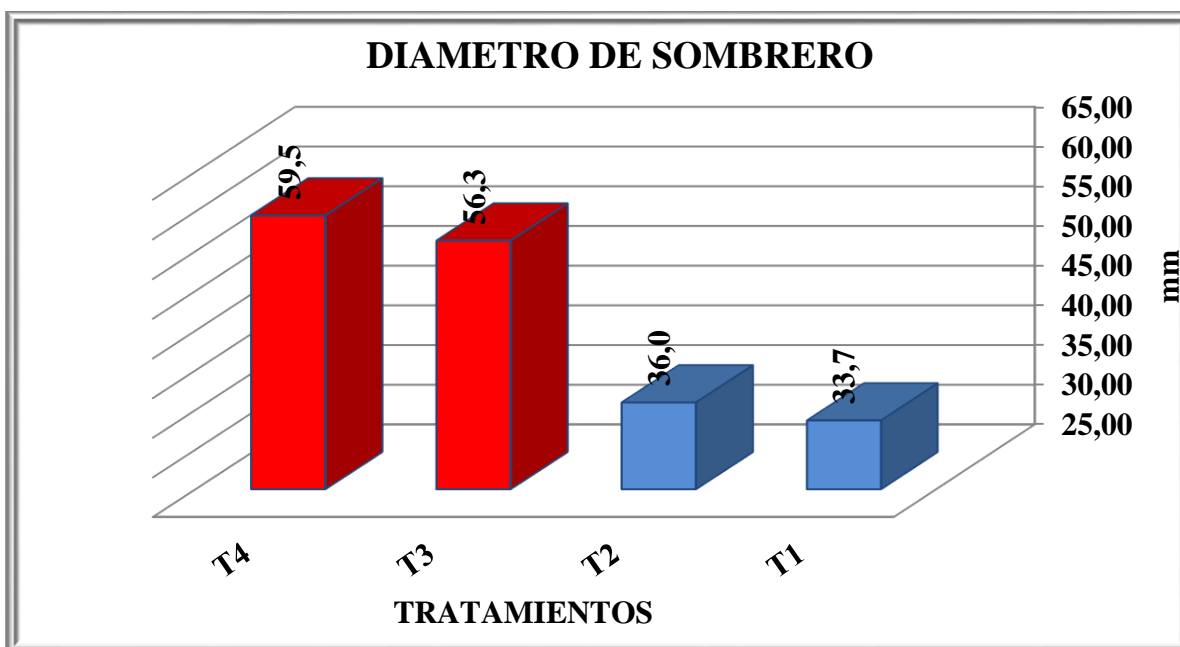


Figura 4. 6. Comportamiento de las medias para la variable diámetro del sombrero del hongo (milímetros)

En el gráfico se observa que el tratamiento **T4** y el tratamiento **T3** desarrollaron mayor diámetro de sombrero a diferencia de los otros tratamientos **T2** y **T1** que tienen un diámetro de sombrero mucho menor. Con una diferencia aproximada de 23,5 mm. El desarrollo del shiitake se logra manteniendo las condiciones de humedad, luz y temperatura dentro de la cámara de fructificación esta es la etapa final del cultivo y por lo tanto la de mayor cuidado, para evitar hongos con aroma fétido y colores oscuros desagradables para el consumidor, y obtener shiitakes de buen tamaño y peso (Renato, 2004).

4.1.7. Análisis de la longitud de pie del hongo

Tabla 4. 19. Valores obtenidos de la longitud del pie del hongo (milímetros)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|----|------|------|------|--------|-------|
| T1 | 26,4 | 29,4 | 9,9 | 85,8 | 28,6 |
| T2 | 38,3 | 35,9 | 38,5 | 112,7 | 37,6 |
| T3 | 37,1 | 39,3 | 40,4 | 116,8 | 38,9 |
| T4 | 37,1 | 49,2 | 43,6 | 129,8 | 43,3 |

Tabla 4. 20. ADEVA de la longitud del pie del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|----------|----------|---------|---------|------|-------|
| Total | 11 | 8.685,23 | | | | | |
| Tratam. | 3 | 8.594,42 | 2.864,81 | 232,85 | ** | 4,76 | 9,78 |
| Rep. | 2 | 16,99 | 8,49 | 0,69 | NS | 5,14 | 10,9 |
| Error exp. | 6 | 73,82 | 12,30 | | | | |

CV: 9,46%

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se determina que existe alta significación estadística para tratamientos. El CV es de 9,46 que nos indica que la investigación fue llevada correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 21. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T4 | 43,27 | a |

| | | |
|----|-------|---|
| T3 | 38,92 | a |
| T2 | 37,58 | a |
| T1 | 28,58 | b |

Como se observa en la tabla anterior existen 2 rangos, en el rango **a** se establecen los mejores tratamientos, **T4** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol, sin compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento **T3** que corresponde a la mezcla (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol sin compostaje con nutrientes), **T2** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de frejol con compostaje y sin nutrientes) que desarrollaron una mayor longitud del pie a diferencia del otro tratamiento **T1** que desarrollo una longitud mucho menor. Se concluye aquí que a mayor número de hongos por bloque el tamaño del sombrero y del pie es mucho menor que en los bloques con menor número de hongos.

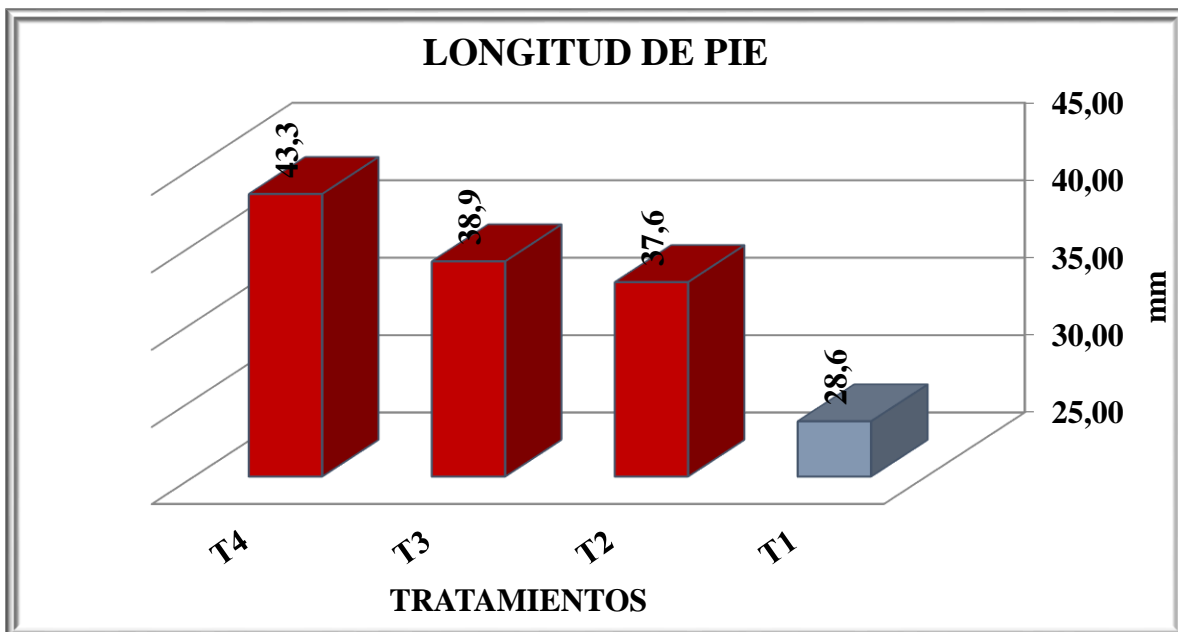


Figura 4. 7. Comportamiento de las medias para la variable longitud de pie del hongo (milímetros)

En la gráfica se puede observar que el tratamiento T4, T3 y T2 que se encuentran dentro de su mismo rango, pero con respecto al tratamiento T1 existe significación puesto que este ha desarrollado menor longitud del pie.

4.2. EXPERIMENTO DOS (Bagazo de caña y cascarilla de arroz).

4.2.1. Análisis del tiempo de colonización del micelio en días

Tabla 4. 22. Valores obtenidos del tiempo de colonización del micelio (días)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|------|------|------|---------------|-------|
| T1 | 91,0 | 91,0 | 89,0 | 271,0 | 90,3 |
| T2 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T3 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T4 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T5 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T6 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T7 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 267,0 | 89,0 |
| T8 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 267,0 | 89,0 |
| T9 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T10 | 91,0 | 91,0 | 91,0 | 273,0 | 91,0 |
| T11 | 84,0 | 84,0 | 84,0 | 252,0 | 84,0 |
| T12 | 89,0 | 89,0 | 89,0 | 267,0 | 89,0 |

Tabla 4. 23. ADEVA del tiempo de colonización

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|-------------|-------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 35 | 140,31 | | | | | |
| Tratam. | 11 | 137,64 | 12,51 | 112,61 | ** | 2,3 | 3,26 |
| Rep. | 2 | 0,22 | 0,11 | 1,00 | NS | 3,44 | 5,72 |
| Error exp. | 22 | 2,44 | 0,11 | | | | |

CV: 0,37 %

NS: No significativo

****:** Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos. El CV es de 0,37 que nos indica que la investigación se realizó correctamente.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 24. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|--------|
| T2 | 91,000 | a |
| T3 | 91,000 | a |
| T4 | 91,000 | a |
| T5 | 91,000 | a |
| T6 | 91,000 | a |
| T9 | 91,000 | a |
| T10 | 91,000 | a |
| T1 | 90,333 | a |
| T7 | 89,000 | b |
| T8 | 89,000 | b |
| T12 | 89,000 | b |
| T11 | 84,000 | c |

Como se observa en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **c** se destaca el mejor tratamiento, **T11** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes), por tener el menor tiempo de colonización del micelio. No obstante se puede incluir a los tratamientos T12 (25% bagazo de caña 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), T8 (50% bagazo de caña 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes) y el tratamiento T7 (50% bagazo de caña 50% cascarilla de arroz sin compostaje y con nutrientes), los cuales colonizaron en promedio 5 días después del mejor tratamiento T11.

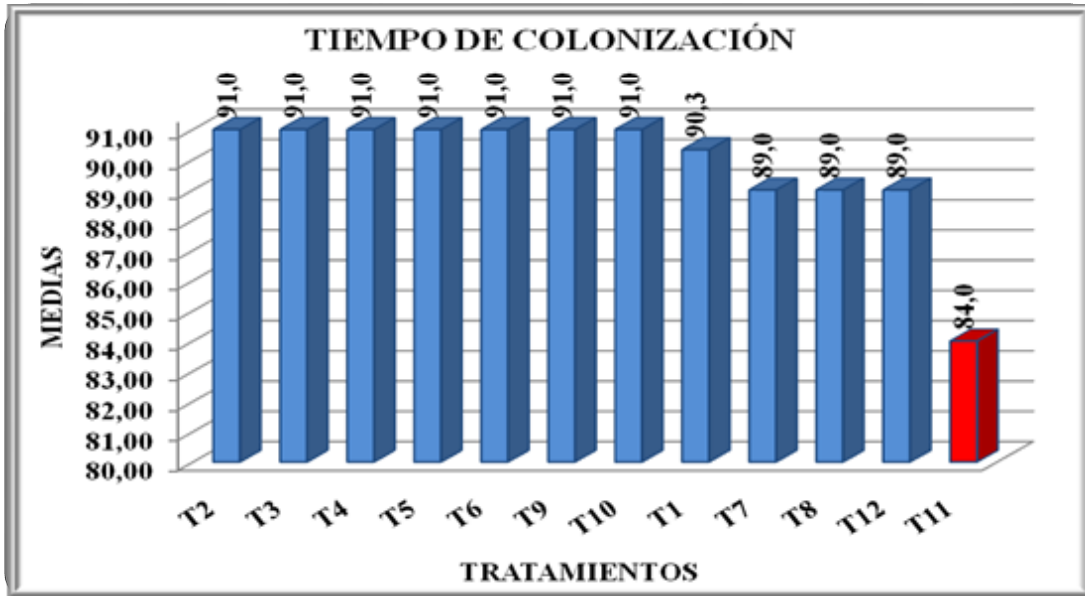


Figura 4. 8. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de colonización del micelio (días)

El gráfico anterior muestra que el tratamiento T11 y los tratamiento T12, T8 y T7 por presentar el menor tiempo de colonización 84 y 89 días respectivamente, después de la inoculación no así los otros tratamientos en donde los tiempos de colonización se extendieron. Durante la colonización del micelio se debe mantener la cámara totalmente oscura ya que la luz ocasiona daños y puede inhibir el crecimiento del micelio (Babcock, 2004).

4.2.2. Análisis del tiempo de precocidad del micelio en días

Tabla 4. 25. Valores obtenidos del tiempo de precocidad del micelio (días)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|
| T2 | 170,0 | 161,0 | 161,0 | 492,0 | 164,0 |
| T4 | 159,0 | 159,0 | 159,0 | 477,0 | 159,0 |
| T5 | 158,0 | 159,0 | 159,0 | 476,0 | 158,7 |
| T7 | 102,0 | 102,0 | 102,0 | 306,0 | 102,0 |
| T8 | 100,0 | 103,0 | 100,0 | 303,0 | 101,0 |
| T9 | 154,0 | 154,0 | 154,0 | 462,0 | 154,0 |
| T10 | 156,0 | 156,0 | 156,0 | 468,0 | 156,0 |
| T11 | 100,0 | 106,0 | 106,0 | 312,0 | 104,0 |
| T12 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 300,0 | 100,0 |

Nota: Los tratamientos T1, T3 y T6 se eliminan después de forzar la aparición de primordios mediante un choque térmico estos tratamientos no presentan cambio alguno.

Tabla 4. 26. ADEVA del tiempo de precocidad

| F.V. | G.L. | Σ.C | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|-----------|----------|---------|---------|------|-------|
| Total | 26 | 21.626,07 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 21.541,41 | 2.692,68 | 511,99 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 0,52 | 0,26 | 0,05 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 84,15 | 5,26 | | | | |

CV: 1,72 %

NS: No significativo

****:** Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 27. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|--------|
| T2 | 164,00 | a |
| T4 | 159,00 | a |
| T5 | 158,67 | a |
| T10 | 156,00 | b |
| T9 | 154,00 | b |
| T11 | 104,00 | c |
| T7 | 102,00 | c |
| T8 | 101,00 | c |
| T12 | 100,00 | c |

En la tabla anterior se observa que existen 3 rangos, en el rango **c** se destaca los mejores tratamientos, **T12** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), **T8** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), **T7** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes) y **T11** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes) porque presentaron primordios en menor tiempo, en relación a los otros tratamientos.

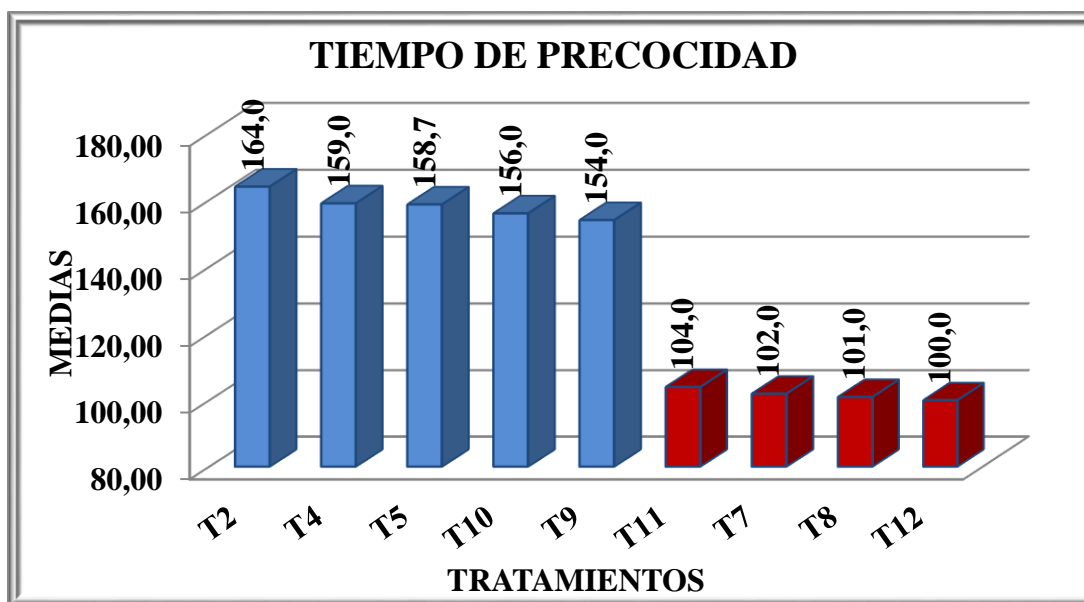


Figura 4. 9. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de precocidad del micelio (días)

El grafico anterior muestra a los tratamientos T12, T8, T7 y T11, en los cuales aparecieron primordios en el menor tiempo, destacándose en T12 apenas por un día, no así en el T2 en donde los primordios aparecieron a los 164 días después de la inoculación.

4.2.3. Análisis del tiempo de cosecha del hongo en días

Tabla 4. 28. Valores obtenidos del tiempo de cosecha del micelio (días)

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|-------|-------|-------|--------|-------|
| T2 | 167,0 | 168,0 | 169,0 | 504,0 | 168,0 |
| T4 | 166,0 | 166,0 | 166,0 | 498,0 | 166,0 |
| T5 | 166,0 | 166,0 | 166,0 | 498,0 | 166,0 |
| T7 | 109,0 | 109,0 | 109,0 | 327,0 | 109,0 |
| T8 | 107,0 | 110,0 | 107,0 | 324,0 | 108,0 |
| T9 | 161,0 | 161,0 | 161,0 | 483,0 | 161,0 |
| T10 | 163,0 | 163,0 | 163,0 | 489,0 | 163,0 |
| T11 | 107,0 | 113,0 | 113,0 | 333,0 | 111,0 |
| T12 | 107,0 | 107,0 | 108,0 | 322,0 | 107,3 |

Tabla 4. 29. ADEVA del tiempo de cosecha

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|-----------|----------|---------|---------|------|-------|
| Total | 26 | 21.029,85 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 20.997,19 | 2.624,65 | 1619,18 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 6,74 | 3,37 | 2,08 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 25,93 | 1,62 | | | | |

CV: 1,25%

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 30. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T2 | 168,00 | a |
| T4 | 166,00 | a |
| T5 | 166,00 | a |
| T10 | 163,00 | a |
| T9 | 161,00 | b |
| T11 | 111,00 | c |
| T7 | 109,00 | c |
| T8 | 107,33 | c |
| T12 | 102,33 | d |

Como se observa en la tabla anterior existen 4 rangos, en el rango **d** se establecen los mejores tratamientos, **T12** que corresponde a la mezcla (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), en el cual los hongos se cosecharon en el menor tiempo, en comparación con el **T2** (75% bagazo de caña, 25% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes), en el cual la cosecha se demoró 60 días más aproximadamente.

Con la finalidad de visualizar el comportamiento de los tratamientos se construyó el gráfico siguiente.

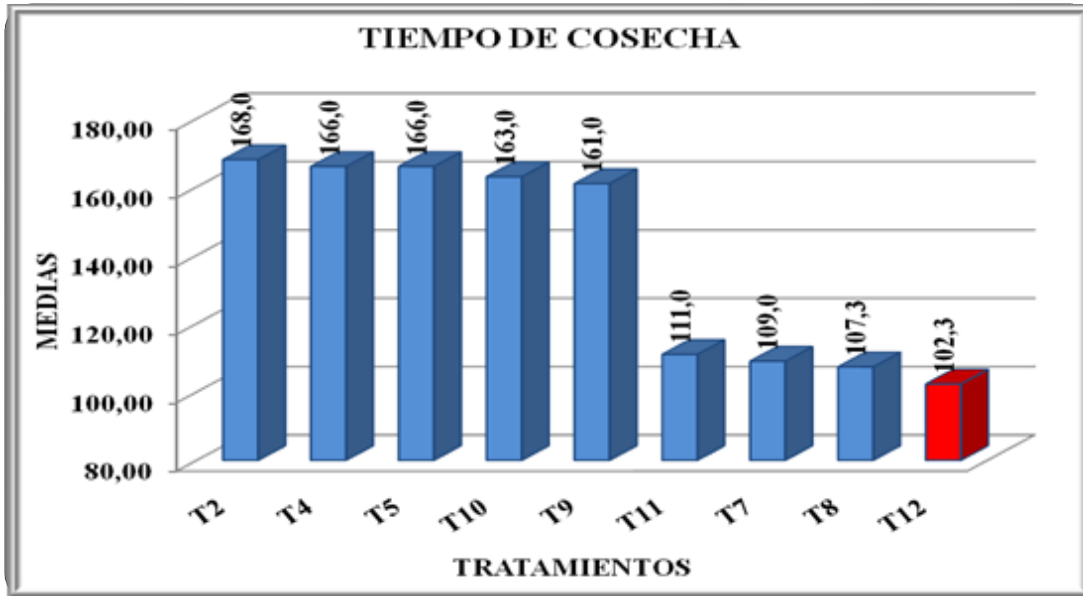


Figura 4. 10. Comportamiento de las medias para la variable tiempo de cosecha del micelio (días)

El grafico anterior muestra que el tratamiento **T12** tuvo un menor tiempo de cosecha con respecto a los otros tratamientos en donde se obtuvo hongos después de dos meses.

4.2.4. Análisis del peso total por bloque del hongo unidad gramos

Tabla 4. 31. Valores obtenidos del peso total por bloque del hongo (gramos)

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|------|------|------|---------------|-------|
| T2 | 25,0 | 24,0 | 24,0 | 73,0 | 24,3 |
| T4 | 25,0 | 30,0 | 24,0 | 79,0 | 26,3 |
| T5 | 35,0 | 30,0 | 27,0 | 92,0 | 30,7 |
| T7 | 29,0 | 25,0 | 25,0 | 79,0 | 26,3 |
| T8 | 32,0 | 39,0 | 38,0 | 109,0 | 36,3 |
| T9 | 22,0 | 24,0 | 28,0 | 74,0 | 24,7 |
| T10 | 30,0 | 30,0 | 32,0 | 92,0 | 30,7 |
| T11 | 29,0 | 33,0 | 27,0 | 89,0 | 29,7 |
| T12 | 30,0 | 33,0 | 28,0 | 91,0 | 30,3 |

Tabla 4. 32. ADEVA del peso total por bloque del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------|------|-------------|-----|---------|---------|-------|-------|
|------|------|-------------|-----|---------|---------|-------|-------|

| | | | | | | | |
|------------|----|--------|-------|------|----|------|------|
| Total | 26 | 494,07 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 348,07 | 43,51 | 5,25 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 13,41 | 6,70 | 0,81 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 132,59 | 8,29 | | | | |

CV: 9,99 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 33. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|----------|
| T8 | 36,33 | a |
| T5 | 30,67 | a |
| T10 | 30,67 | a |
| T12 | 30,33 | a |
| T11 | 29,67 | a |
| T4 | 26,33 | b |
| T7 | 26,33 | b |
| T9 | 24,67 | b |
| T2 | 24,33 | b |

Como se observa en la tabla anterior existen dos rangos en el rango **a** se establecen los mejores tratamientos **T8** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), **T5** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes), **T10** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), **T12** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin

nutrientes), y el **T11** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes), por presentar mayor peso cosechado.

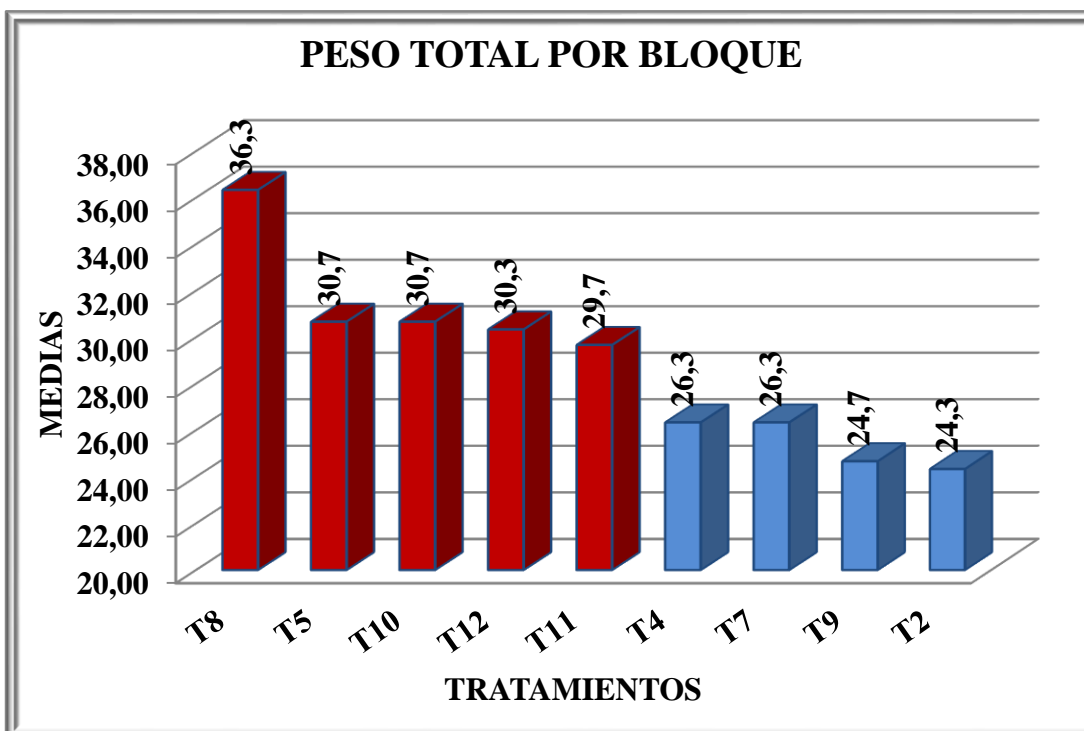


Figura 4. 11. Comportamiento de las medias para la variable peso total por bloque del hongo unidad gramos (gramos)

En la gráfica se puede observar que en el tratamiento T8 se cosecharon hongos con mayor peso en relación con los tratamientos T5, T10, T12 y T11, los cuales se alejan en promedio por 6 gramos del mejor tratamiento.

4.2.5. Análisis del número de unidades del hongo

Tabla 4. 34. Valores obtenidos del número de unidades del hongo

| N° | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|------|------|------|--------|-------|
| T2 | 3,0 | 3,0 | 2,0 | 8,0 | 2,7 |
| T4 | 5,0 | 5,0 | 6,0 | 16,0 | 5,3 |
| T5 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 34,0 | 11,3 |
| T7 | 5,0 | 4,0 | 5,0 | 14,0 | 4,7 |
| T8 | 12,0 | 13,0 | 13,0 | 38,0 | 12,7 |
| T9 | 4,0 | 3,0 | 5,0 | 12,0 | 4,0 |
| T10 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 33,0 | 11,0 |
| T11 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 18,0 | 6,0 |
| T12 | 7,0 | 5,0 | 6,0 | 18,0 | 6,0 |

Tabla 4. 35. ADEVA del número de unidades del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|--------|-------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 26 | 323,85 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 314,52 | 39,31 | 79,36 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 1,41 | 0,70 | 1,42 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 7,93 | 0,50 | | | | |

CV: 9,95%

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 36. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
|------|--------|--------|
| T2 | 12,67 | a |
| T9 | 11,33 | a |
| T7 | 11,00 | a |
| T4 | 6,00 | b |
| T11 | 6,00 | b |
| T12 | 5,33 | b |
| T10 | 4,67 | b |
| T5 | 4,00 | b |
| T8 | 2,67 | c |

En la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **a** se establece el tratamiento, **T2** (75% bagazo de caña, 25% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes), **T9** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes), **T7** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes) con un número mayor de unidades por bloque de los cuales se puede considerar como el mejor al **T8** debido a que presenta un tiempo de cosecha mucho menor en comparación a los tratamientos antes mencionados en los cuales los hongos se cosecharon en un tiempo mayor.

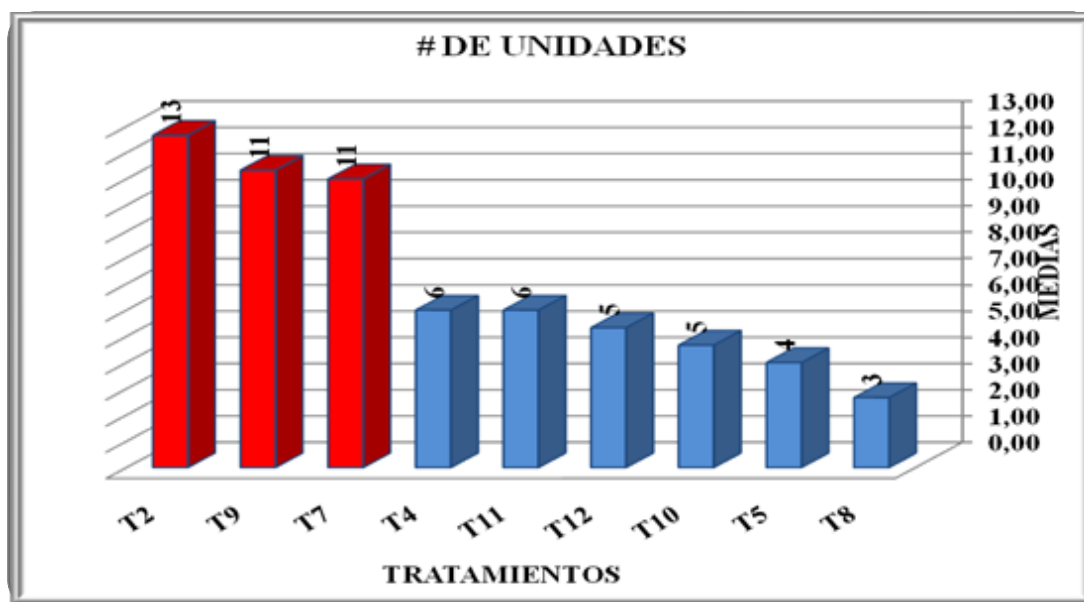


Figura 4. 12. Comportamiento de las medias para la variable número de unidades del hongo

El grafico anterior muestra que el tratamiento T2 tiene una mayor producción de hongos con respecto a los demás tratamientos.

4.2.6. Análisis del diámetro del sombrero del hongo unidad milímetros

Tabla 4. 37. Valores obtenidos del diámetro del sombrero del hongo (milímetros)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|------|------|------|--------|-------|
| T2 | 21,1 | 20,4 | 21,2 | 62,7 | 20,9 |
| T4 | 26,4 | 28,2 | 28,9 | 83,5 | 27,8 |
| T5 | 39,9 | 39,5 | 32,3 | 111,7 | 37,2 |
| T7 | 23,0 | 22,8 | 23,2 | 68,9 | 23,0 |
| T8 | 43,1 | 37,7 | 32,2 | 112,9 | 37,6 |
| T9 | 21,6 | 22,8 | 21,6 | 66,1 | 22,0 |
| T10 | 31,9 | 39,9 | 39,4 | 111,1 | 37,05 |
| T11 | 34,1 | 37,9 | 33,1 | 105,0 | 35,0 |
| T12 | 36,6 | 35,7 | 38,6 | 111,1 | 37,04 |

Tabla 4. 38. ADEVA del diámetro del sombrero del hongo

| F.V. | G.L. | Σ .C | C.M | F. Cal. | Signif. | F. 5% | F. 1% |
|------------|------|----------|--------|---------|---------|-------|-------|
| Total | 26 | 1.444,38 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 1.285,98 | 160,75 | 17,48 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 11,25 | 5,62 | 0,61 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 147,15 | 9,20 | | | | |

CV: 9,83 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se determinó que existe alta significación estadística para tratamientos. Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 39. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| RANGOS | | |
|--------|--------|----------|
| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
| T8 | 37,64 | a |
| T5 | 37,24 | a |
| T10 | 37,05 | a |
| T12 | 37,04 | a |
| T11 | 35,01 | a |
| T4 | 27,82 | b |
| T7 | 22,98 | b |
| T9 | 22,03 | b |
| T12 | 20,91 | b |

Como se observa en la tabla anterior existen 2 rangos, en el rango **a** se establecen estadísticamente los mejores tratamientos T8 (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes), T5 (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes), T10 (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, con compostaje y sin nutrientes), T12 (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin nutrientes) y T11 (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz, sin compostaje y con nutrientes), en los cuales los hongos ya cosechados desarrollaron un mayor diámetro de sombrero.

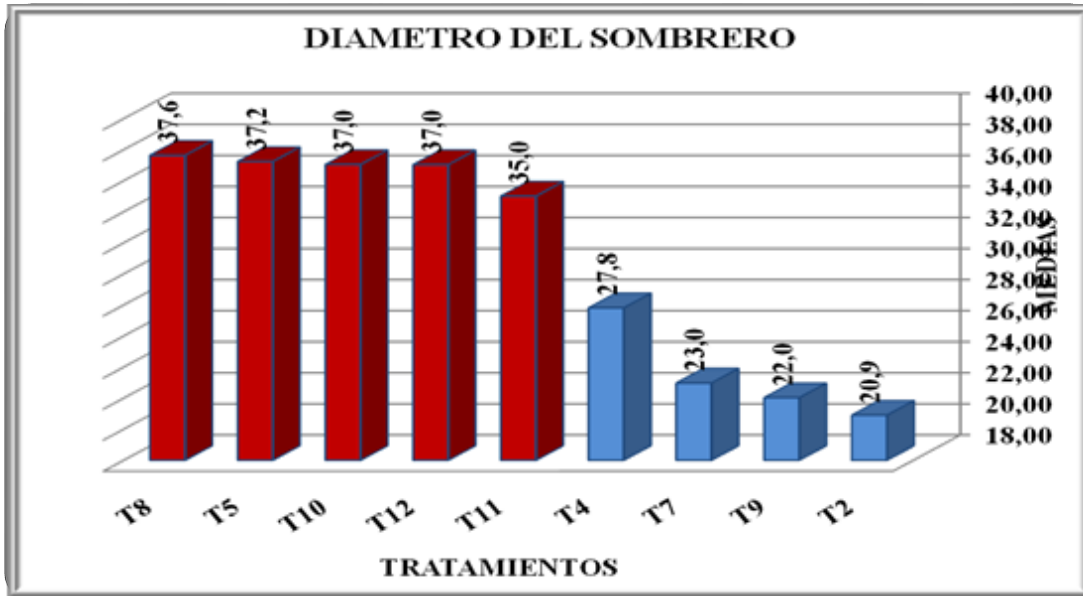


Figura 4. 13. Comportamiento de las medias para la variable diámetro del sombrero del hongo (milímetros)

En el grafico observa que los tratamientos **T8, T5, T10, T12** y el tratamiento **T11** desarrollaron mayor diámetro de sombrero a diferencia de los otros tratamientos que tienen un diámetro de sombrero mucho menor. Con una diferencia promedio de 15 mm.

4.2.7. Análisis de la longitud de pie del hongo

Tabla 4. 40. Valores obtenidos de la longitud del pie del hongo (milímetros)

| Nº | I | II | III | Σ TRAT | MEDIA |
|-----|------|------|------|--------|-------|
| T2 | 19,0 | 19,5 | 19,1 | 57,5 | 19,18 |
| T4 | 19,9 | 26,5 | 22,6 | 69,0 | 23,0 |
| T5 | 33,1 | 39,1 | 33,0 | 105,1 | 35,0 |
| T7 | 20,9 | 21,4 | 21,4 | 63,7 | 21,2 |
| T8 | 35,2 | 40,7 | 45,9 | 121,8 | 40,6 |
| T9 | 18,5 | 19,5 | 19,6 | 57,6 | 19,2 |
| T10 | 30,7 | 29,6 | 31,2 | 91,5 | 30,5 |
| T11 | 29,1 | 26,8 | 24,1 | 80,0 | 26,7 |
| T12 | 26,9 | 28,6 | 29,6 | 85,1 | 28,4 |

Tabla 4. 41. ADEVA de la longitud del pie del hongo

| F.V. | G.L. | $\Sigma .C$ | C.M | F. Cal. | Signif. | F.5% | F. 1% |
|------------|------|-------------|--------|---------|---------|------|-------|
| Total | 26 | 1.427,90 | | | | | |
| Tratam. | 8 | 1.305,50 | 163,19 | 25,44 | ** | 2,59 | 3,89 |
| Rep. | 2 | 19,78 | 9,89 | 1,54 | NS | 3,63 | 6,23 |
| Error exp. | 16 | 102,62 | 6,41 | | | | |

CV: 9,35 %

NS: No significativo

** : Altamente significativo

Una vez realizado el análisis de varianza se observa que existe alta significación estadística para tratamientos.

Por lo tanto se efectuó pruebas de significación, Tukey al 5% para tratamientos.

Tabla 4. 42. Prueba de Tukey al 5 % para tratamientos

| RANGOS | | |
|--------|--------|--------|
| TRAT | MEDIAS | RANGOS |
| T8 | 40,61 | a |
| T5 | 35,04 | a |
| T10 | 30,48 | b |
| T12 | 28,38 | b |
| T11 | 26,67 | b |
| T4 | 23,00 | c |
| T7 | 21,23 | c |
| T9 | 19,20 | c |
| T2 | 19,18 | c |

Como se observa en la tabla anterior existen 3 rangos, en el rango **a** se establecen los mejores tratamientos, **T8** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, sin compostaje y sin

nutrientes) y **T5** (50% bagazo de caña, 50% cascarilla de arroz, con compostaje y con nutrientes) que desarrollaron una mayor longitud del pie a diferencia de los otros tratamientos, que desarrollo una longitud mucho menor.

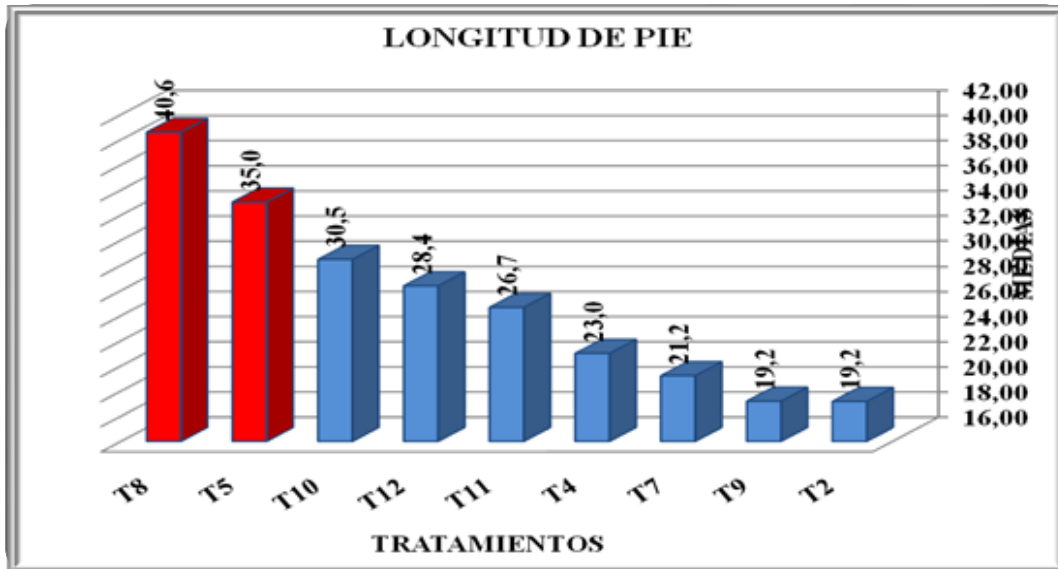


Figura 4. 14. Comportamiento de las medias para la variable longitud de pie del hongo (milímetros)

En la gráfica se puede observar que el tratamiento T8 ha desarrollado una longitud del pie significativa con respecto a los demás tratamientos.

4.3. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES EN EL SUSTRATO ANTES Y DESPUÉS DEL COMPOSTAJE

4.3.1. Humedad experimento uno

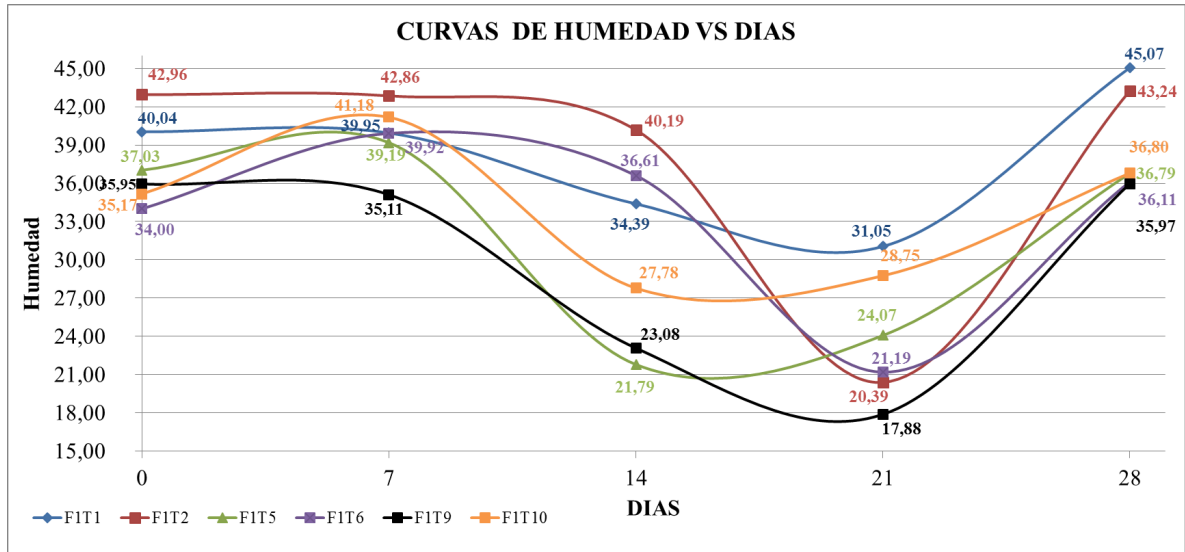


Figura 4. 15. Humedad vs Días experimento uno

4.3.2. Humedad experimento dos

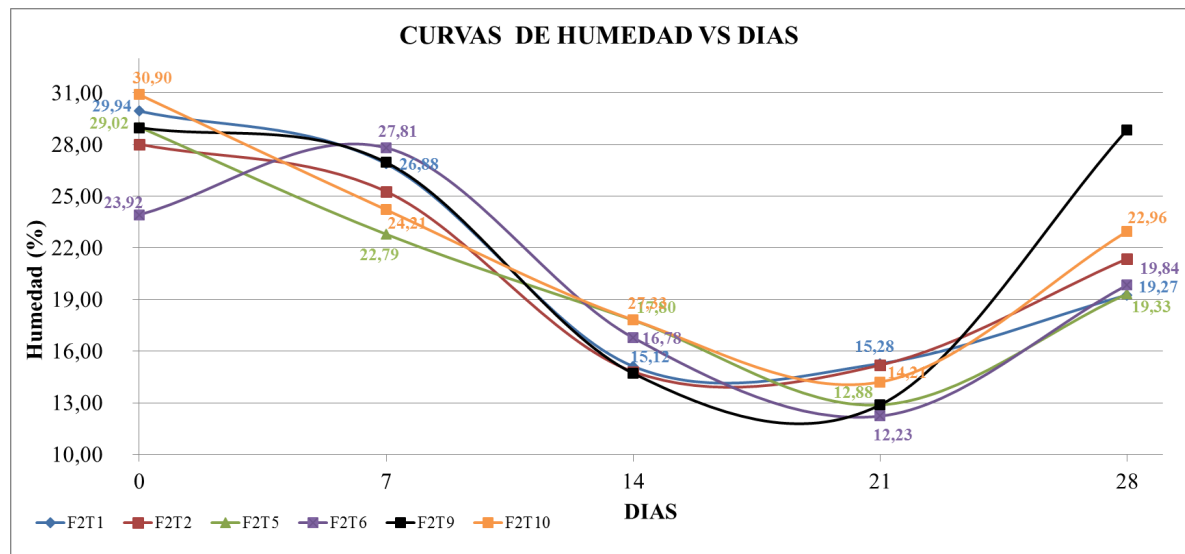


Figura 4. 16. Humedad vs Días experimento dos

La humedad en los sustratos fluctúan dentro de parámetros normales descritos por Viteri, R. (2010), 18 – 55% de humedad permite el desarrollo constante del micelio.

4.3.3. pH en el experimento uno

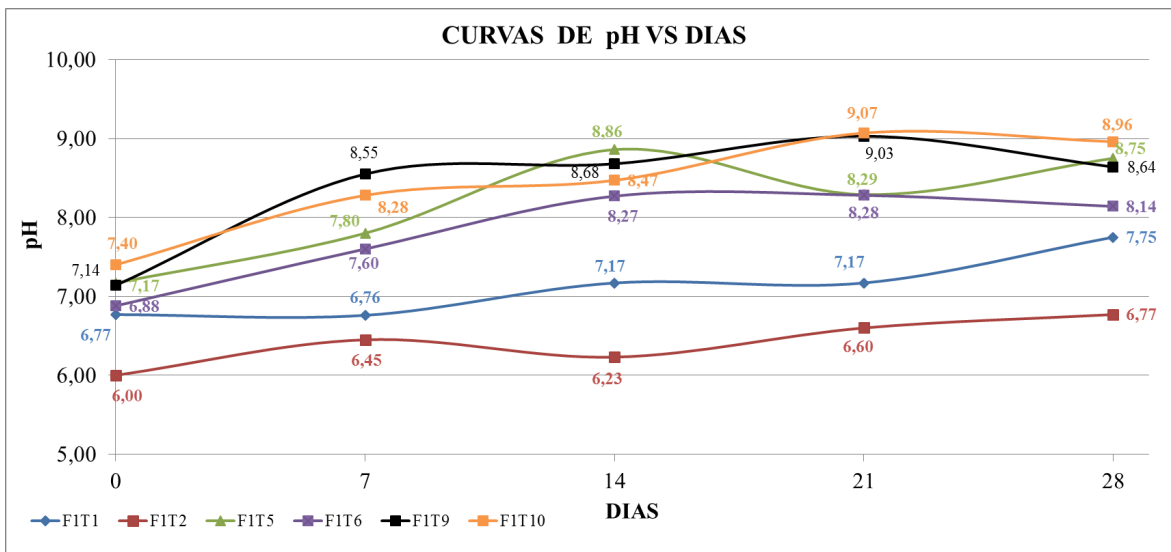


Figura 4. 17. pH vs Días experimento uno

4.3.4. pH en el experimento dos

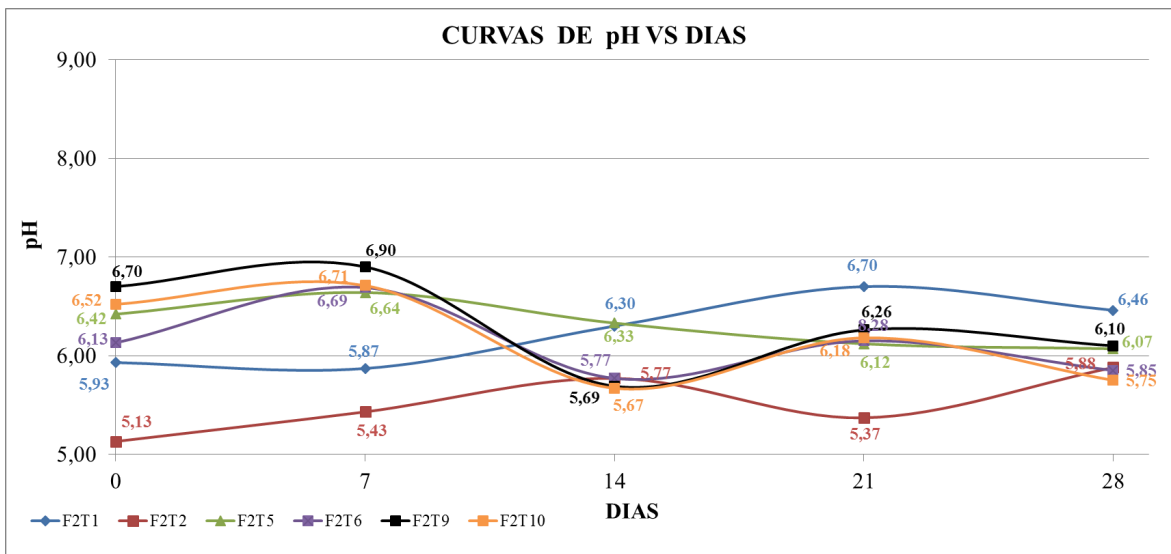


Figura 4. 18. pH vs Días experimento dos

Al terminar y analizar el proceso de compostaje se observó un aumento y disminución del pH, dependiendo del tipo y composición del sustrato, estas variaciones se mantuvieron dentro de los valores aceptables descritos por (Viteri, R. 2010), el pH inicial del sustrato se encuentra entre 5-7 para que la colonización del micelio transcurra de forma normal. Pero en los tratamientos T1, T5, T6, T9 y T10 del experimento uno el compostaje produjo variaciones entre (8,96 – 7,75) que inhibió el crecimiento del micelio.

4.3.5. Temperatura dentro del compost

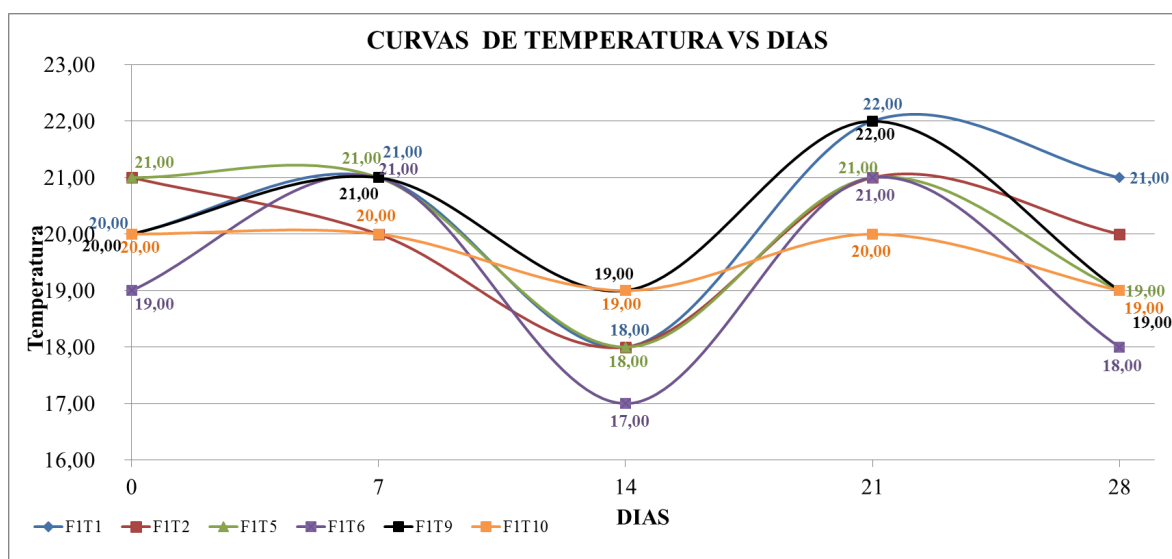


Figura 4. 19. Temperatura vs Días durante el proceso de compostaje

Las temperaturas dentro del compost se encuentran dentro de los parámetros normales con una disminución a los 14 días, en donde se realizó el primer volteo y a los 28 días momento en el que se realizó la homogenización de la pila del compost.

4.3.6. Humedad relativa dentro de la cámara de fructificación

La humedad relativa se encuentra dentro de los rangos normales descritos por Chen, A. (2005), la humedad relativa dentro de la cámara de fructificación puede variar entre 75 – 95% sobre el 95% los bloques producen hongos podridos, la humedad relativa se controló durante 170 días.

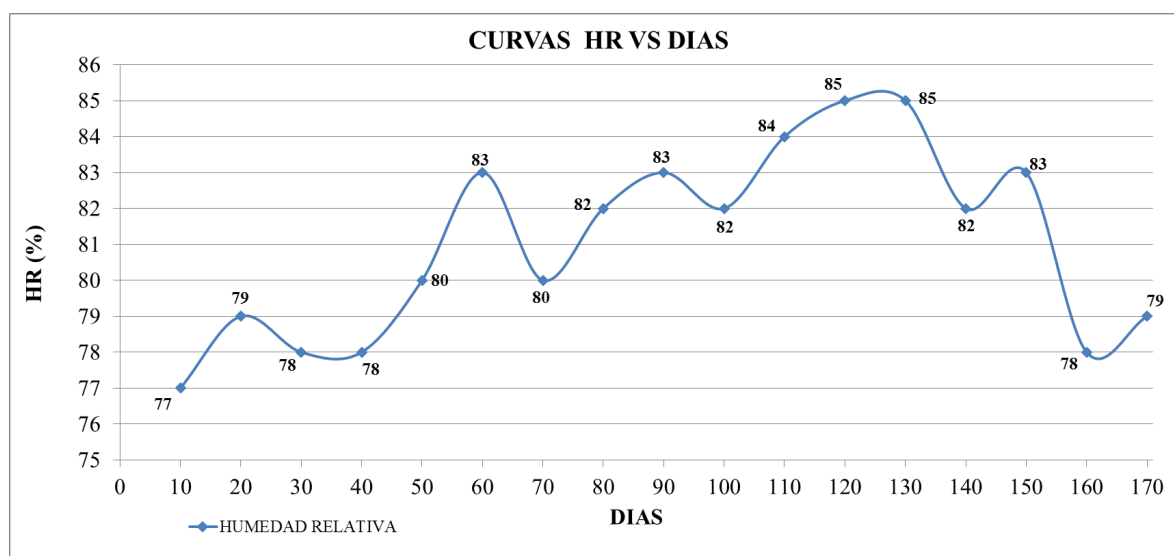


Figura 4. 20. Humedad relativa vs Días

4.3.7. Análisis físicos químicos de los mejores tratamientos T4 y T12

Tabla 4. 43. Análisis físicos químicos tratamientos 4 y 12

| Parámetros analizados | Unidad | Resultado | | Método de ensayo |
|-----------------------|---------|-----------|-------|---|
| | | T4 | T12 | |
| Fibra total | g/100g | 64,73 | 42,1 | AOAC 978.10 |
| Nitrógeno total | g/100g | 1,73 | 1,67 | AOAC 920.87 |
| Conductividad | uS/cm | 147,5 | 295,4 | Conductimétrico |
| Calcio | g/1000g | 6,2 | 2 | Espectrofotometría de absorción Atómica |
| Magnesio | g/1000g | 2,4 | 0,88 | |
| Hierro | g/1000g | 0,35 | 0,21 | |
| Fósforo | g/1000g | 20,72 | 36,37 | Molibdato - Vanadato |

Fuente: Bioq. José Luis Moreno Técnico de laboratorio.

La fibra es el componente fundamental del sustrato puede variar entre 40 – 95% del peso total del bloque, se destaca el T4 con 64,73% en relación a 42,10% del T12 la fibra debe tener un tamaño de partícula no menor a 2 mm para que facilite el intercambio de gases así también partículas de fibra muy grandes no permiten que el micelio colonice de manera eficiente además se corre el riesgo de que lastimen el material que contiene y mantiene la forma del bloque orgánico y este se contamina.

De manera similar el calcio presente en el **T4** (6,2 g /1000 g) como elemento fundamental que facilita la aparición de primordios.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Una vez realizada la investigación acerca de la “**PRODUCCIÓN DEL HONGO SHIITAKE (*Lentinula edodes*), EN BLOQUES ORGÁNICOS A BASE DE DESECHOS AGRÍCOLAS (ASERRÍN DE EUCALIPTO, CASCARILLA DE ARROZ, TAMO DE FRÉJOL Y BAGAZO DE CAÑA), APLICANDO COMPOSTAJE Y NUTRIENTES; Y SIN UTILIZAR LOS MISMOS**” se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En la investigación se concluye a los mejores tratamientos: en el experimento uno es el **T4** (75% de aserrín de eucalipto y 25% de tamo de fréjol) este sustrato reduce notablemente el tiempo de colonización del micelio aproximadamente a los 63 días, después de la inoculación, la composición de este bloque orgánico, produce pocos hongos pero de buen tamaño y peso. En el experimento dos es el tratamiento **T12** (25% bagazo de caña, 75% cascarilla de arroz), este sustrato reduce el tiempo de colonización del micelio aproximadamente a los 84 días, después de la inoculación, produce pocos hongos pero de buen tamaño y peso.
- Al realizar las diferentes combinaciones de sustrato se concluye que los mejores tratamientos son: en el experimento uno **T4** (sin compostaje) y en el experimento dos **T12** (sin compostaje), ya que los sustratos sin compostaje, genera menores tiempos de colonización, precocidad y cosecha. No así en tratamientos en donde la aplicación de compostaje genero cambios en el pH, adversos para la producción del hongo shiitake, y en ciertos casos inhibe la propagación del micelio, y la aparición de primordios.

- Al analizar la adición de nutrientes a los sustratos se concluye que los mejores tratamientos son: en el experimento uno **T4** (sin nutrientes) y en el experimento dos **T12** (sin nutrientes), la no adición de nutrientes demuestra que una correcta combinación de sustratos proporcionan los nutrientes suficientes para que el hongo se desarrolle obteniendo, menores tiempos tanto de colonización, como precocidad y cosecha. No así en tratamientos en donde la aplicación de nutrientes no provoco disminución alguna en el tiempo para la producción del hongo shiitake.
- Al terminar el experimento se realizó la comparación entre los mejores tratamientos, en el experimento uno **T4**, y en el experimento dos **T12** debido a que estos tratamientos tienen similares tiempos de cosecha 108 y 107 días respectivamente se tomó en cuenta el manejo y la cantidad de hongos producidos al final de la investigación, aplicando la siguiente formula:

$$EB = \frac{\text{kg de hongos frescos}}{\text{kg de sustrato seco}} \times 100$$

Donde EB = eficiencia biológica en donde se destaca el **T4**, EB = 68,4 hasta la cuarta cosecha; mientras que los bloques del **T12**, EB = 27,2 hasta la tercera cosecha puesto que presento una fuerte contaminación por mohos; y aunque los bloques continuaron produciendo hongos estos fueron de menor tamaño, esta contaminación se debe, a los residuos de azúcar presentes aun en el bagazo de caña.

- De la investigación realizada y analizando la hipótesis planteada se concluye que el sustrato si influye significadamente en el tiempo de producción del hongo shiitake; mientras que el compostaje y la adición de nutrientes no influyen en el tiempo de producción del hongo shiitake.

5.2. RECOMENDACIONES.

De los resultados obtenidos en la investigación, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar una investigación con bloques orgánicos hechos 100% de aserrín de eucalipto, bagazo de caña, tamo de fréjol y cascarilla de arroz.
- Estudiar la influencia en la composición y rendimiento cambiando los porcentajes de los bloques orgánicos, intercambiando la combinación de residuos (bagazo de caña con tamo de fréjol) y (aserrín de eucalipto con cascarilla de arroz).
- Investigar la influencia de la cantidad de luz que ingresa en la cámara de fructificación, sobre las características físicas y organolépticas de los hongos.
- Se recomienda realizar análisis físicos, químicos y microbiológicos a los tratamientos antes de ingresar al proceso de inoculación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de cascarilla de arroz en Colombia*.
- Alvarez, J. M. (2005). *El olivar ecologico*.
- Babcock, G. (2004). *Reuse of substrate in speciality mushroom production*. Pennsylvania.
- Barba, J. (2003). *Cultivo de Shiitake (Lentinus edodes) en diferentes sustratos*.
- Bratkovich, S. (2004). *Shiitake mushroom production: obtaining spawn*.
- Breene, W.M., (1990). *Valor alimenticio y medicinal de las setas de la especialidad. J. Protección de la comida*,
- Carballo, L. (2002). *hemicelulosas de maderas*.
- Chandhary, K., S.L. Mittal, y B. Tauro, (1985). *Control de la hidrólisis de la celulosa por los hongos*
- Chang, S.T., (1999). *Producción de mundo de seta comestible y medicinal cultivada en 1997 con énfasis sobre el Lentinus Edodes (Berk.)*
- Chang, S., & Miles, P. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect*.
- Chen, A. (2005). *Cultivo de hongos shiitake*.
- Chen, A. (2005). *Mushroom Growers handbook 2* .
- Cisterna, C. (2003). *Clasificación eco fisiológica de los hongos comestibles*.
- France, A. (2000). *producción de hongo ostra*.
- García, I. (2003). *Experimentación de diferentes tipos de sustratos para el cultivo de lentinus edodes(shiitake) y su desarrollo químico biológico* . Mexico.
- Harris, B., (1986) *que crece shiitake comercialmente*. Editores de la tecnología de la ciencia, Madison.
- Ivan, H.R., C.M. Antonio, O.M. José y C.B. José, (2003). *Suplementación del bagazo de la caña de azúcar con salvado de arroz y melaza de la caña de azúcar para shiitake*.
- Lahman, D. ., (2004). *Mushroom practices and production in Latin America*.

- Lou, S. (2004). *Progreso en el cultivo de shiitake en China*.
- Martinez, D., & Sobal, M. (2002). *Los hongos comestibles propiedades nutricionales, medicinales y su contribucion a la alimentacion Mexicana*.
- Mauseth, J. (1991). *Botany An introduction to plant Biology. saunders college publishing*.
- Mielgo, A. (2011). *El olivar ecologico*.
- Moldes, A. ,. (2002). *Produccion of a cellulosic sub - strate susceptible to enzymatic hydrolysis from prehidrolized barley husks*.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*.
- Oei, P. (1991). *Manual of mushroom cultivation*.
- Poppe, J. (2004). *Mushroom Growers Handbook I. Belgica*.
- Quinceno, D. M. (2010). *Alternativas tecnológicas para el uso de cascarilla de arroz como combustible. cali*.
- Renato, M. (2004). *strains and substrate interaction on culinary- medicinal shiitake mushroom lentinula edodes*.
- Ricardo Silva S., C. F. (2010). *“Utilización de desechos de podas del arbolado urbano como sustrato para la. Chile*.
- Rinker, D. (2002). *Mushroom practices and production in latin america*.
- Royse, D. (2004). *Specialty mushrooms. in: mushroom fact sheet. Mushroom Spawn Laboratory*.
- Salmones, D., & Gaitan, R. (1996). *Interaccion entre crecimineto micelial y productividad*.
- Sbarato, D. (2009). *Aspectos generales de la problematica de los residuos solidos urbanos .*
- Silva, R., Fritz, C., Cubillos, J., & Diaz, M. (2010). *Manual para la produccion de hongos comestibles (shiitake). Chile*.
- Sorenson, R. (1992). *Marketing of speciality mushrooms in California*.

Staments, J. (2000). *Growing gourmet and medicinal mushroom.*

Valenzuela, M. (2012). *Hidrolisis encimatica del exedente organico del banano usando el hongo Trametes versicolor para la obtencion de etanol.*

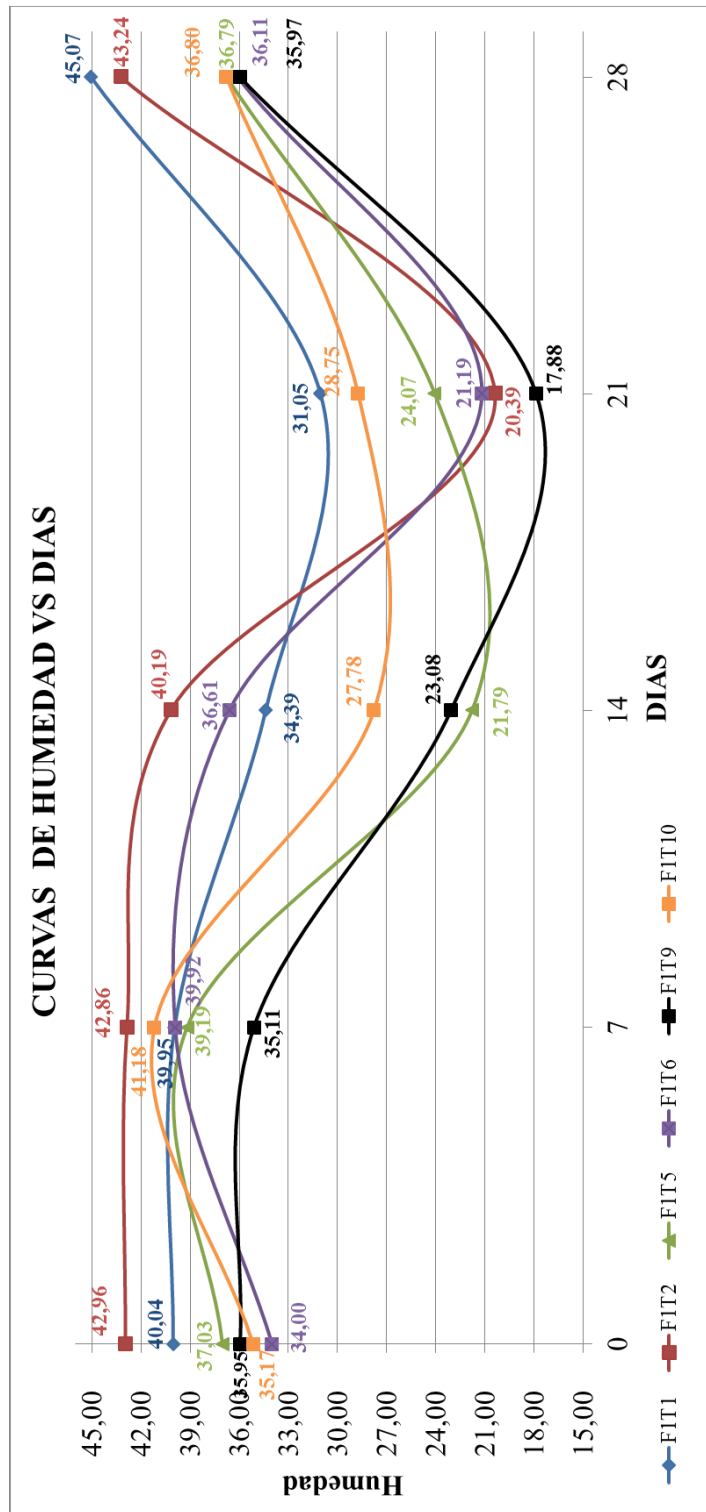
Vetchinkina, E. (2008). *Activity of lentinus edodes intracellular lectins at various developmental stages of the fungus .*

Villegas, V. P. (2007). *Evaluacion de la produccion del hongo lentinula edodesen bloques sinteticos a base de residuos agroindustriales.*

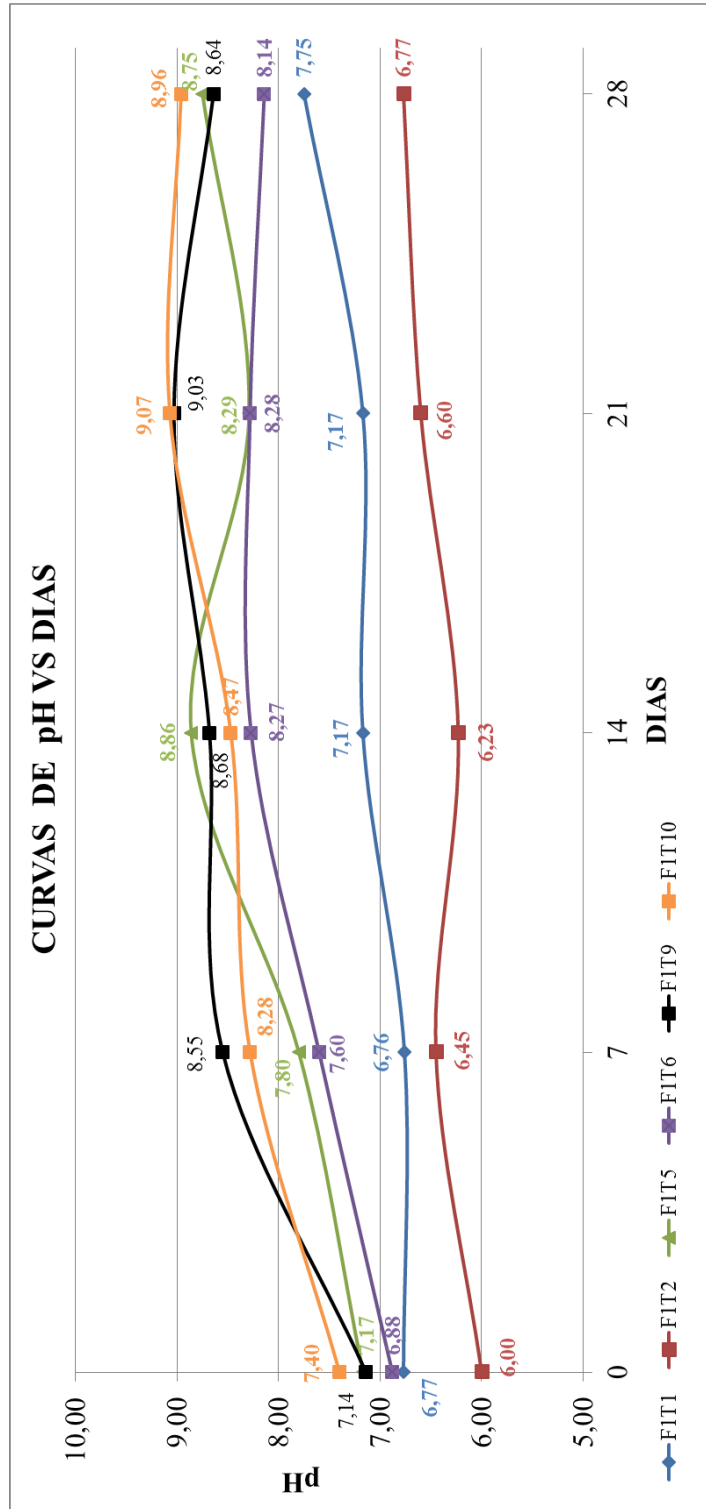
Zhang, X.-Y. (2004). *Small mushrooms big business inception report.*

ANEXOS

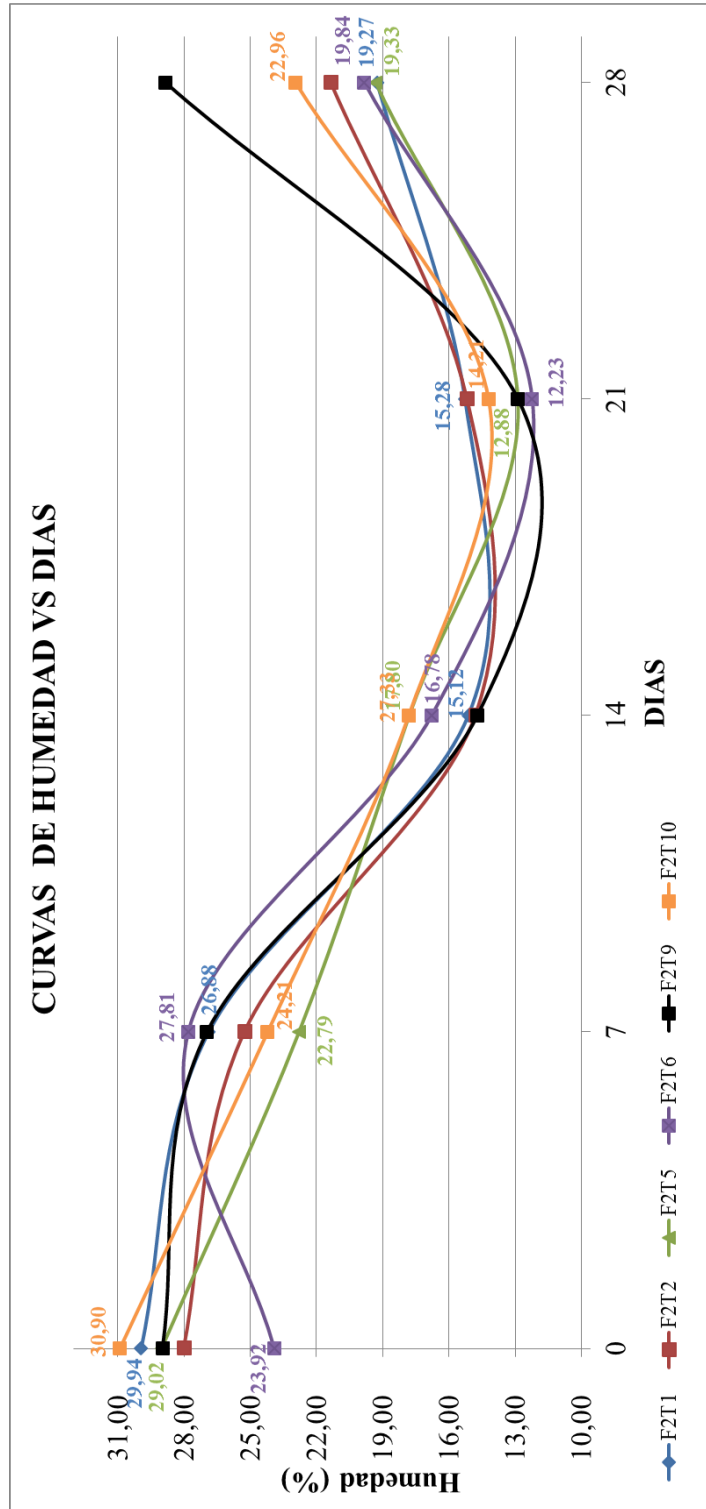
Anexo 1. Curvas de humedad vs tiempo experimento uno



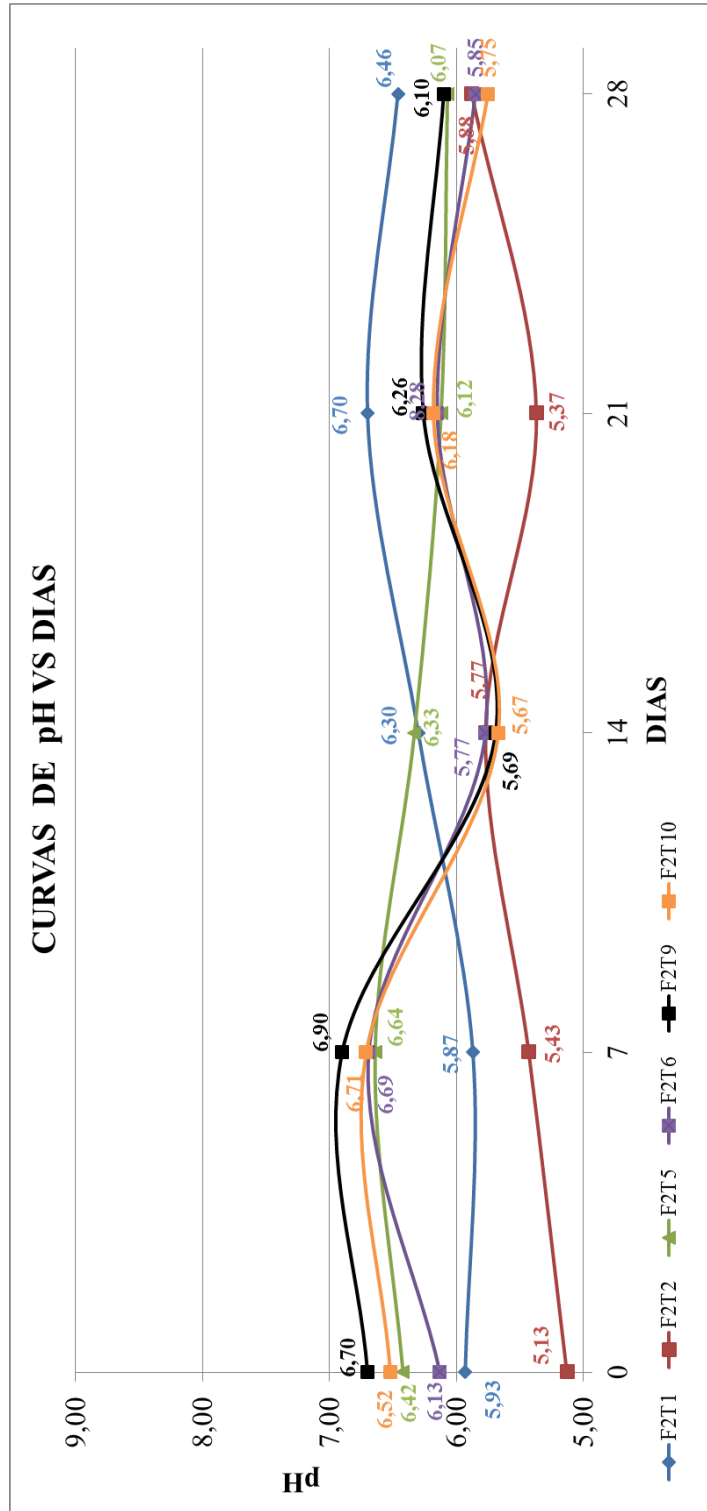
Anexo 2. Curvas de pH vs tiempo experimento uno



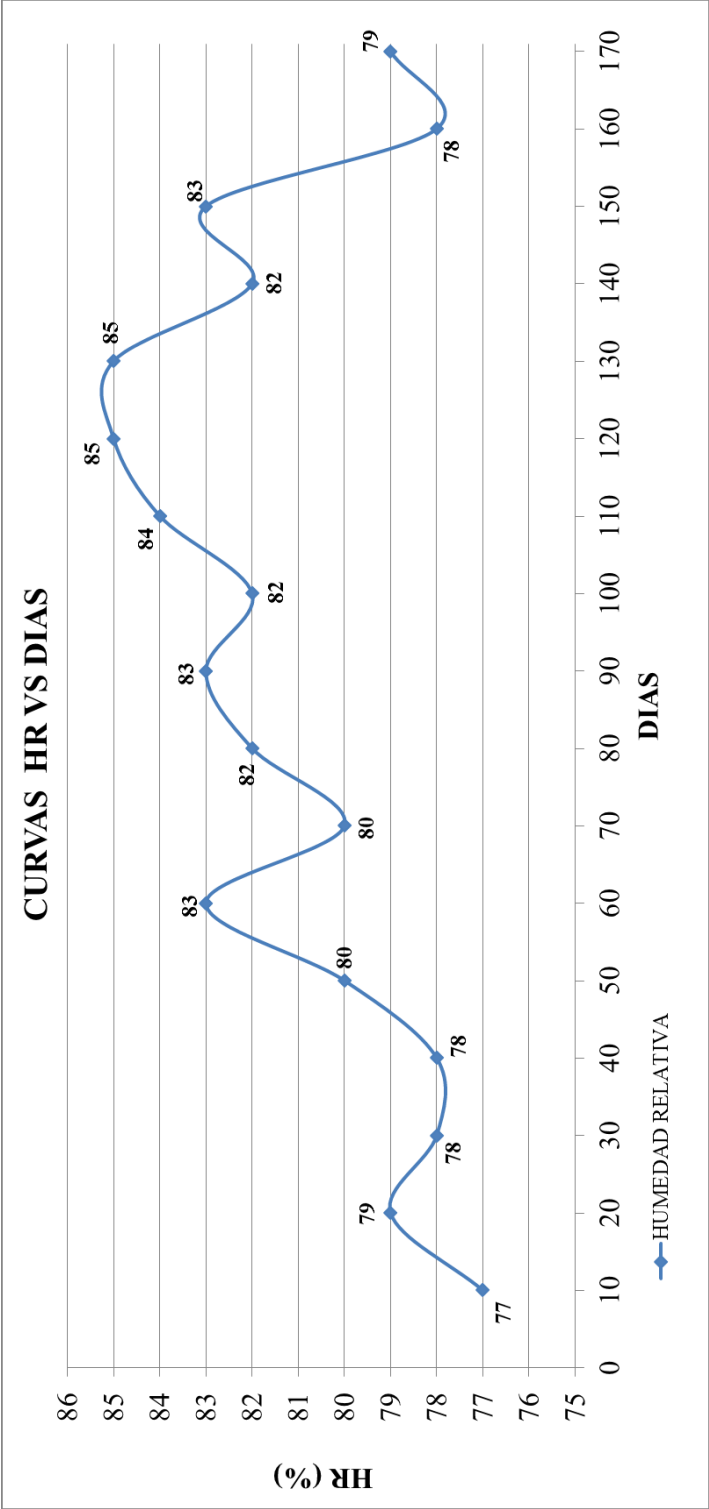
Anexo 3. Curvas de Humedad vs tiempo experimento dos



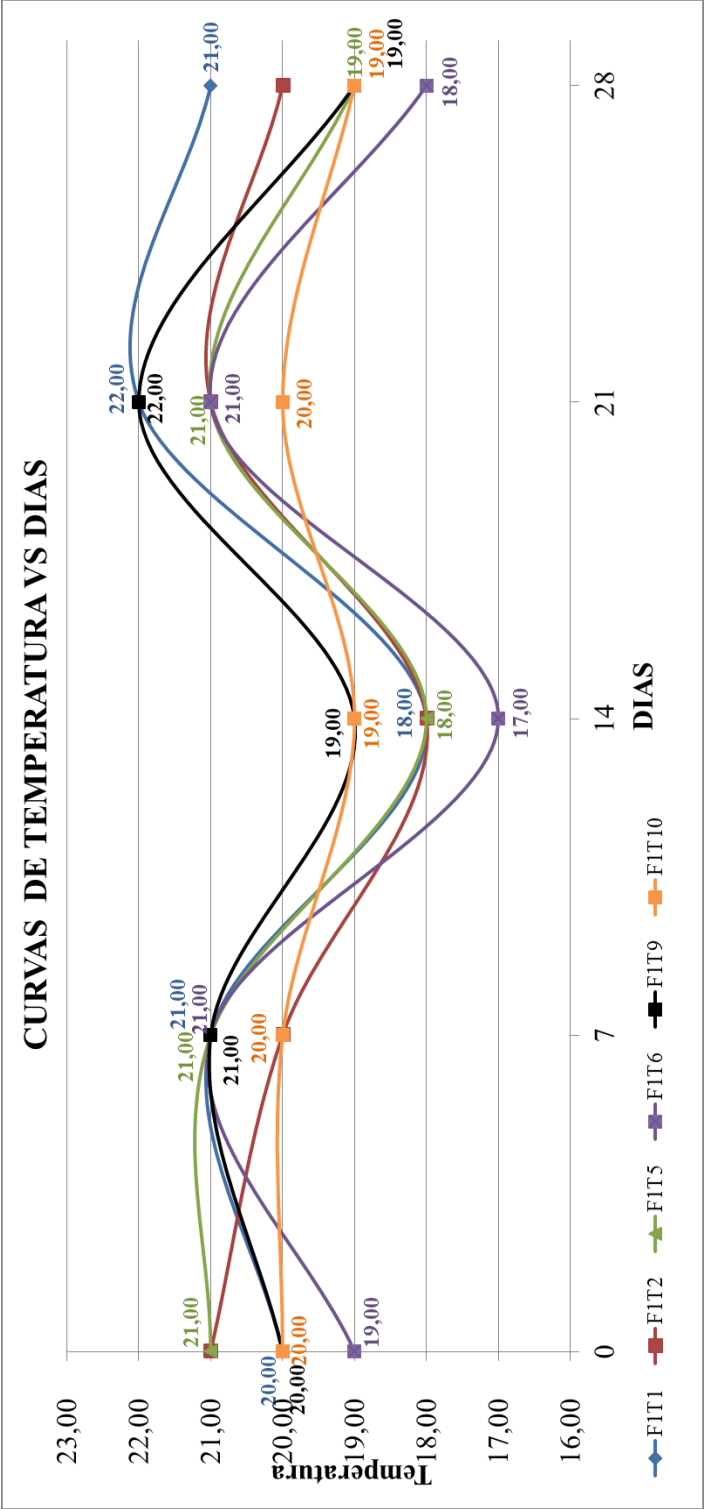
Anexo 4. Curvas de pH vs tiempo experimento dos



Anexo 5. Curva humedad relativa vs tiempo en la cámara de fructificación



Anexo 6. Curvas temperatura vs tiempo de compostaje.



Anexo 7. Análisis de pH y Humedad en los sustratos llevados a compostaje



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 34 - 2012

Ibarra, 01 de agosto de 2012

Análisis solicitado por:

Sres. Héctor Guerra y Marco Taboada

Número de muestras :

Sesenta, Sustrato para cultivo de hongo

Fecha de recepción de las muestras:

15 de junio de 2012

Método de Ensayo:

Humedad: AOAC 967.19

pH: AOAC 981.12

15 de Junio de 2012

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F1T1 | F1T2 | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 |
| Humedad | % | 40,04 | 42,96 | 37,03 | 34,00 | 35,95 | 35,17 |
| pH | ---- | 6,77 | 6,00 | 7,17 | 6,88 | 7,14 | 7,40 |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F2T1 | F2T2 | F2T5 | F2T6 | F2T9 | F2T10 |
| Humedad | % | 29,94 | 28,02 | 29,02 | 23,92 | 28,98 | 30,90 |
| pH | ---- | 5,93 | 5,13 | 6,42 | 6,13 | 6,70 | 6,52 |

22 de junio de 2012

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F1T1 | F1T2 | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 |
| Humedad | % | 39,95 | 42,86 | 39,19 | 39,92 | 35,11 | 41,18 |
| pH | ---- | 6,76 | 6,45 | 7,80 | 7,60 | 8,55 | 8,28 |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F2T1 | F2T2 | F2T5 | F2T6 | F2T9 | F2T10 |
| Humedad | % | 26,88 | 25,27 | 22,79 | 27,81 | 26,96 | 24,21 |
| pH | ---- | 5,87 | 5,43 | 6,64 | 6,69 | 6,90 | 6,71 |

29 de junio de 2012

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F1T1 | F1T2 | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 |
| Humedad | % | 34,29 | 40,19 | 21,79 | 36,61 | 23,08 | 27,78 |
| pH | ---- | 7,17 | 6,23 | 8,86 | 8,27 | 8,68 | 8,47 |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|------|-------|-------|-------|
| | | F2T1 | F2T2 | F2T5 | F2T6 | F2T9 | F2T10 |
| Humedad | % | 15,17 | 14,81 | 17,8 | 16,78 | 14,71 | 17,33 |
| Densidad relativa | ---- | | 5,77 | 6,33 | 5,77 | 5,69 | 5,67 |



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2897800
Fax: Ext: 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 - 129 - DC.

06 de julio de 2012

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F1T1 | F1T2 | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 |
| Humedad | % | 31,05 | 20,39 | 24,07 | 21,19 | 17,88 | 17,82 |
| pH | ----- | 7,17 | 6,60 | 8,29 | 8,28 | 9,03 | 9,07 |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F2T1 | F2T2 | F2T5 | F2T6 | F2T9 | F2T10 |
| Humedad | % | 15,28 | 15,19 | 12,88 | 12,23 | 12,88 | 14,21 |
| pH | ----- | 6,70 | 5,37 | 6,12 | 5,90 | 6,26 | 6,18 |

13 de julio de 2012

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F1T1 | F1T2 | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 |
| Humedad | % | 45,07 | 43,24 | 36,79 | 36,11 | 35,97 | 36,80 |
| pH | ----- | 7,75 | 6,77 | 8,75 | 8,14 | 8,64 | 8,96 |

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | | | | |
|---------------------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | F2T1 | F2T2 | F2T5 | F2T6 | F2T9 | F2T10 |
| Humedad | % | 19,27 | 21,37 | 19,33 | 19,84 | 28,86 | 22,96 |
| pH | ----- | 6,46 | 5,88 | 5,87 | 5,85 | 6,10 | 5,75 |

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:


 Broc. José Luis Moreno
 Analista



Visión Institucional
 La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
 Córdova, Barrio El Olivo
 Teléfono: (06)2997800
 Fax: Ext. 7711.
 Email: utn@utn.edu.ec
 www.utn.edu.ec
 Ibarra - Ecuador

Anexo 8. Análisis de pH y Humedad en los sustratos F1T5, F1T6, F1T9, F1T10.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Ibarra, 22 de febrero de 2013

Informe N°: 37/2013
 Análisis solicitado por: Sr. Marco Izquierdo
 Número de muestras: Cuatro, tiempo de laboratorio
 Fecha de recepción de las muestras: 11 de febrero de 2013

| Parametro Analizado | Unidad | Resultados | | | | Método de ensayo |
|---------------------|-----------|------------|-------|-------|-------|------------------|
| | | F1T5 | F1T6 | F1T9 | F1T10 | |
| Contenido Acuoso | % / 100 g | 51,71 | 66,87 | 45,92 | 40,07 | AOAC 925.10 |
| pH | ----- | 4,86 | 7,1 | 4,78 | 8,99 | AOAC 981.12 |

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para la muestra analizada.

Atentamente:

 Sr. Jairo Izquierdo
 Técnico de Laboratorio




Misión Institucional
 Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región
 norte del país, formar profesionales éticos, humanistas y hábiles con competencias con el cambio social.

Universidad Técnica del Norte
 Teléfono: (05) 2 259 461 (ext. 105)
 Fax: (05) 2 259 420 (ext. 51) Fax: Ext. 901
 E-mail: info@utn.edu.ec
 www.utn.edu.ec

Anexo 9. Análisis nutricionales del hongo shiitake del bloque de mayor producción.

F1T4.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
IBARRA - ECUADOR

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 08-2013 Ibarra, 22 de febrero de 2013

Análisis solicitado por: Sr. Marco Tabares

Número de muestras: Uno, hongo shiitake fresco


Fecha de recepción de las muestras: 11 de febrero de 2013


Q. D. N. M. S.

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultados | Método de ensayo |
|---------------------|------------|------------|-------------------|
| Contenido Acuoso | g / 100 g | 84,25 | AOAC 925.10 |
| Cenizas | g / 100 g | 1,05 | AOAC 923.03 |
| Proteína (N x 6,25) | g / 100 g | 7,60 | AOAC 920.87 |
| Fibra | g / 100 g | 0,97 | AOAC 978.10 |
| Hierro (Fe) | mg / 100 g | 0,54 | |
| Cinc (Zn) | mg / 100 g | 4,20 | Absorción Atómica |
| Magnesio (Mg) | mg / 100 g | 11 | |

Nota: Los resultados corresponden estrictamente para la muestra analizada

Acreditación:


Dra. J. L. Moreno
Técnico de Laboratorio



Misión Institucional
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, administrativo y cultural de la institución para formar profesionales en las humanidades y ciencias complementadas por el conocimiento.

Universidad Técnica del Norte
Ibarra - Ecuador
Teléfono: (052) 2259451
Fax: (052) 2259451
E-mail: info@utn-norte.edu.ec
www.utn-norte.edu.ec

Anexo 10. Análisis físico – químico de los mejores tratamientos T4 y T12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002-CONEA-2010-129-DC.
Resolución No. 001-073-CEAACES-2013-13

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0118 - 2014

Ibarra, 25 de junio de 2014

Análisis solicitado por:

Sres. Hector Guerra y Marco Taboada

Número de muestras :

Dos, Sustratos de hongo Shiitake

Fecha de recepción de las muestras:

10 de junio de 2014

| Parámetro Analizado | Unidad | Resultado | | Metodo de ensayo |
|---------------------|----------|-----------|-------|---|
| | | T4 | T12 | |
| Fibra total | g/100 g | 64,73 | 42,1 | AOAC 978.10 |
| Nitrógeno total | g/100 g | 1,73 | 1,67 | AOAC 920.87 |
| Conductividad | uS/cm | 147,5 | 295,4 | Conductimétrico |
| Calcio | g/1000 g | 6,2 | 2 | Espectrofotometría de Absorción Atómica |
| Magnesio | g/1000 g | 2,4 | 0,88 | |
| Hierro | g/1000 g | 0,35 | 0,21 | |
| Fósforo | g/1000 g | 20,72 | 36,37 | |

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bloq: José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax Ext: 7711
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador