

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

POSGRADO EN INGENIERIA AGRICOLA Y USO
INTEGRAL DEL AGUA

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL
RENDIMIENTO DE *Pleurotus ostreatus* CON DOS MÉTODOS DE
CULTIVO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA
ORIENTACION BIOSISTEMAS



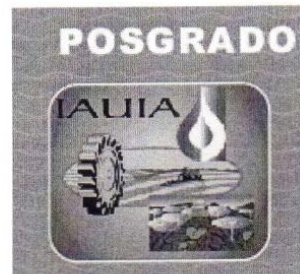
DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

ING. JOSÉ LUIS MIGUEL HERNÁNDEZ PÉREZ

DICIEMBRE DE 2011

Chapingo, Estado de México



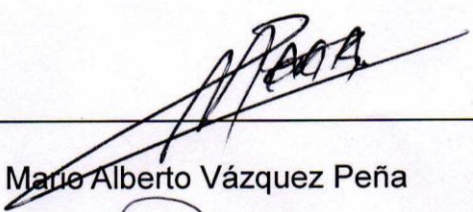
EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL
RENDIMIENTO DE *Pleurotus Ostreatus* CON DOS MÉTODOS DE CULTIVO

Tesis realizada por el Ing. José Luis Miguel Hernández Pérez bajo la dirección
del comité indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

ORIENTACIÓN BIOSISTEMAS

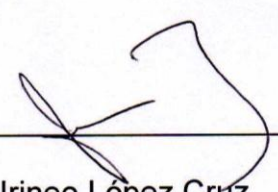
DIRECTOR: _____


Dr. Mario Alberto Vázquez Peña

ASESOR: _____


Dr. Ramón Arteaga Ramírez

ASESOR: _____


Dr. Irineo López Cruz

DEDICATORIAS

A Dios por prestarme la vida y salud para poder realizar mis estudios de maestría

A mis padres

Estanislao Hernández Moreno (†) y Ma. del Rosario Pérez García por apoyarme en todo momento para culminar satisfactoriamente mis estudios

A mis hermanos

Francisco y Antonio Hernández Pérez quienes me han apoyado en todo momento y han creído en mi profesión.

A mis hermanas

Rosa Elia, María Elena, Rosa Oralia y María Paulita Hernández Pérez, por su amistad y por estar juntos todo este tiempo.

A mis amigos de generación Pedro Barrera Puga, Efrén Pérez Gil, Rosalinda Espinal Montes, Mauricio Santos, José Luis.

A mis amigos de Posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso integral del Agua Antonio Martínez Ruiz, Rodiberto Salas, Cuauhtémoc Pérez, Víctor Prado, Agustín Ruiz G., Cesar Trejo, Álvaro Morelos M., Verónica Espinal y aquellos que olvide mencionar.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

Al programa de posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua de la Universidad Autónoma Chapingo.

Al CONACYT (Consejo Nacional de la Ciencia y Tecnología), por la beca.

Al **Dr. Mario Alberto Vázquez Peña** por su apoyo incondicional en todo momento, por sus indicaciones, consejos y por el voto de confianza para la realización del trabajo de tesis.

Al **Dr. Ramón Arteaga Ramírez** por sus acertadas correcciones y observaciones hechas al trabajo de tesis y también por el tiempo dedicado para las revisiones del documento final.

Al **Dr. Irineo L. López Cruz**, por sus aportaciones en la revisión y haberme proporcionado información sobre el tema de investigación.

A todos los profesores del IAUIA que han contribuido con su esfuerzo a mi formación.

A todas aquellas personas que de manera directa o indirecta y desinteresada me brindaron su apoyo en la realización de la presente investigación.

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

Nace un 15 de Febrero de 1986 en la comunidad de Rincón de Cano, Tierra Blanca, Guanajuato. Inicia sus estudios de nivel medio superior en el año 2001 en la Preparatoria Agrícola y en 2004 ingresó al departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo, obteniendo el título de Ingeniero en Irrigación en el año 2009.

Sus áreas de estudio son la producción de hongos setas y manejo de cultivos hidropónicos.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
RESUMEN	xi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Particulares	2
3 HIPÓTESIS	3
4 REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Generalidades de los hongos	4
4.2 Taxonomía del <i>Pleurotus Ostreatus</i>	4
4.3 Nutrición del <i>Pleurotus spp</i>	5
4.4 Importancia del género <i>Pleurotus spp</i>	6
4.5 Producción mundial y nacional de <i>Pleurotus Ostreatus</i>	7
4.6 Substratos para el crecimiento y desarrollo del <i>Pleurotus spp</i>	9
4.7 Relación C/N	11
4.8 Capacidad de retención de humedad del substrato	13
4.9 Humedad del substrato	13
4.10 Tamaño de partícula del substrato.....	14
4.11 Factores climáticos que afectan el crecimiento y la fructificación de <i>Pleurotus ostreatus</i>	14
4.12 La temperatura	15
4.13 Humedad del aire	16

4.14	La aireación.....	17
4.15	La luz.....	18
4.16	Variables de medición en producción de hongos	18
4.17	Rendimiento en <i>Pleurotus ostreatus</i>	19
5	MATERIALES Y MÉTODO.....	20
5.1	Descripción del lugar de trabajo	20
5.2	Materiales y equipo utilizados.....	21
5.3	MÉTODO.....	23
5.4	Diseño de los tratamientos.....	24
5.5	Preparación del sustrato	25
5.6	Pasteurización.....	26
5.7	Inoculación del sustrato	26
5.7.1	Método tradicional.....	27
5.7.2	Método de los cilindros	29
5.8	Fase de incubación	30
5.9	Fructificación	31
5.10	Cosecha	33
5.11	Riego	35
5.11.1	Riego al sustrato	35
5.11.2	Manejo de la humedad en el ambiente	36
6	RESULTADOS.....	38
6.1	Periodo de incubación.....	38
6.2	Variables meteorológicas registradas durante el experimento	41

6.2.1	Temperatura del sustrato	41
6.2.1.1	Periodo de incubación, crecimiento hasta la primera cosecha en ambos métodos de cultivo	41
6.2.1.2	Periodo de incubación, crecimiento hasta la segunda cosecha del MT 44	
6.2.1.3	Periodo de incubación, crecimiento hasta la tercera cosecha del MT y segunda del MC.....	46
6.2.1.4	Periodo de incubación, crecimiento hasta la cuarta cosecha del MT y tercera del MC	48
6.2.2	Temperatura ambiental en el interior del cuarto de producción ...	51
6.2.2.1	Periodo de la primera cosecha del MT y del MC	51
6.2.2.2	Periodo de la segunda cosecha del Método tradicional	53
6.2.2.3	Periodo de la tercera cosecha del MT y segunda para el MC..	55
6.2.2.4	Periodo de la cuarta cosecha para MT y tercera cosecha del MC 56	
6.2.3	Humedad relativa (HR) registrada en el interior del cuarto de producción	59
6.2.3.1	Periodo de la primera cosecha del MT y MC	59
6.2.3.2	Periodo de la segunda cosecha del MT	61
6.2.3.3	Periodo de la tercera cosecha del MT y segunda del MC	62
6.2.3.4	Periodo de la cuarta cosecha para MT y tercera del MC	64
6.3	Peso fresco de los hongos.....	66
6.3.1	Eficiencia biológica	70

6.4	Materia seca.....	72
6.5	Porcentaje de humedad en hongos setas	76
6.6	Rendimiento	78
7	CONCLUSIONES.....	82
7.1	Apéndice 1. Análisis de varianza para los días de incubación	89
7.2	Apéndice 2. Análisis de varianza para la temperatura del substrato...	90
7.3	Apéndice 3. Análisis de varianza para peso fresco	94
7.4	Apéndice 4. Análisis de varianza para materia seca	95
7.5	Apéndice 5. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en los hongos setas	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de hongos setas	8
Figura 2. Estación meteorológica	20
Figura 3. Cuarto de producción para hongos setas.	21
Figura 4. Invernadero utilizado	21
Figura 5. Materiales utilizados	22
Figura 6. Bolsa preparada del método tradicional.	23
Figura 7. Bolsa preparada del método de los cilindros	24
Figura 8. Medición del substrato húmedo	27
Figura 9. Aspecto físico de 200 g de micelio	28
Figura 10. Aspecto de una bolsa del método tradicional con nitrógeno	28
Figura 11. Bolsa del método de los cilindros sin nitrógeno	29
Figura 12. Acomodo en estantes de las bolsas del método tradicional para la fase de incubación	30
Figura 13. Invasión del micelio en el substrato	31
Figura 14. Aparición de primordios en el método tradicional	32
Figura 15. Sótano para la producción de hongos seta.	32
Figura 16. Invernadero para la producción de hongos seta.....	33
Figura 17. Aspecto físico de un cuerpo fructífero listo para la cosecha.....	34
Figura 18. Hongos cosechados en el experimento	35
Figura 19. Vista en planta de las bolsas para los dos métodos de cultivo	36
Figura 20. Días de incubación en cuatro tratamientos.....	39
Figura 21. Temperaturas del substrato en el MT antes de la primera cosecha. 42	

Figura 22. Temperaturas del sustrato en el MC antes de la primera cosecha.	43
Figura 23. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la segunda cosecha.....	45
Figura 24. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la segunda cosecha.....	45
Figura 25. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la tercera cosecha.	47
Figura 26. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la segunda cosecha.....	47
Figura 27. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la cuarta cosecha.	49
Figura 28. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la tercera cosecha.	49
Figura 29. Temperaturas promedio en el cultivo de hongo setas	51
Figura 30. Temperaturas del aire antes de la primera cosecha.	52
Figura 31. Temperaturas del aire antes de la segunda cosecha del MT y periodo de incubación del MC.	54
Figura 32. Temperaturas del aire antes de la tercera cosecha del MT y segunda del MC.....	55
Figura 33. Temperaturas del aire antes de la cuarta cosecha del MT y tercera del MC.....	57
Figura 34. Temperaturas mínimas y máximas promedio en el cultivo de hongo setas	58

Figura 35. Humedad relativa del área de producción antes de la primera cosecha del MT y MC.	60
Figura 36. Humedad relativa del área de producción antes de la segunda cosecha del MT.	61
Figura 37. Humedad relativa del área de producción antes de la tercera cosecha del MT y segunda del MC.	63
Figura 38. Humedad relativa del área de producción antes de la cuarta cosecha del MT y tercera del MC.	64
Figura 39. Humedad Relativa promedio en el cultivo de hongo setas.	66
Figura 40. Promedio de peso fresco de hongos setas.	68
Figura 41. Eficiencia biológica para cuatro tratamientos	71
Figura 42. Materia seca promedio para los cuatro tratamientos.	74
Figura 43. Porcentaje de humedad promedio para cuatro tratamientos.	77
Figura 44. Rendimiento por cosecha.	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género <i>Pleurotus</i>	5
Cuadro 2. Composición química de la paja de algunos cereales (% , sms).....	10
Cuadro 3. Propiedades para un buen sustrato en la producción de hongos setas	14
Cuadro 4. Indicaciones para el cultivo de <i>Pleurotus ostreatus</i>	16
Cuadro 5. Arreglo factorial	25
Cuadro 6. Tratamientos para el diseño experimental, usando como sustrato paja de trigo	25
Cuadro 7. Periodo de incubación en cuatro tratamientos	38
Cuadro 8. Días de incubación en cuatro tratamientos.	39
Cuadro 9. Resumen ANOVA de la primera fase de incubación	40
Cuadro 10. Resumen ANOVA de la segunda fase de incubación	41
Cuadro 11. Resumen ANOVA de la tercera fase de incubación	41
Cuadro 12. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.....	43
Cuadro 13. Resumen del análisis descriptivo de la temperatura máxima	44
Cuadro 14. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.....	46
Cuadro 15. Estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima	46
Cuadro 16. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.....	48
Cuadro 17. Estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima del sustrato	48
Cuadro 18. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.....	50
Cuadro 19. Estadísticas básicas de la temperatura máxima del sustrato.	50

Cuadro 20. Promedio de temperaturas de máximas y mínimas del sustrato ..	50
Cuadro 21. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 1.....	53
Cuadro 22. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 2.....	54
Cuadro 23. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 3.....	56
Cuadro 24. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 4.....	57
Cuadro 25. Temperaturas promedio de máximas y mínimas del aire en el área de producción	58
Cuadro 26. Estadísticas básicas de la HR del área de producción	60
Cuadro 27. Estadísticas básicas de la HR del área de producción	62
Cuadro 28. Estadísticas básicas de la HR del área de producción	63
Cuadro 29. Estadísticas básicas de la HR del área de producción	65
Cuadro 30. Promedio de la humedad relativa máxima y mínima del área de producción.	65
Cuadro 31. Fechas de corte en cada tratamiento.....	66
Cuadro 32. Peso fresco de frutos expresado en gramos para cada una de las cosechas de los cuatro tratamientos.....	67
Cuadro 33. Peso fresco promedio (g) para cada tratamiento	68
Cuadro 34. Resumen ANOVA para el peso fresco de la primera cosecha.....	69
Cuadro 35. Resumen ANOVA para el peso fresco de la primera cosecha.....	69
Cuadro 36. Eficiencia biológica (%) para cuatro tratamientos	70
Cuadro 37. Eficiencia biológica (%), EB máxima, media y mínima para cuatro tratamientos	71
Cuadro 38. Materia seca de hongos setas en g.....	73

Cuadro 39. Materia seca promedio (g) para cada tratamiento	74
Cuadro 40. Resumen ANOVA para la materia seca de la primera cosecha.....	75
Cuadro 41. Resumen ANOVA para la materia seca de la primera cosecha.....	75
Cuadro 42. Porcentaje de humedad (%) de los carpoforos	76
Cuadro 43. Valores de porcentaje de humedad promedio en hongos setas para cuatro tratamientos	77
Cuadro 44. Resumen ANOVA para el porcentaje de humedad (%) de la primera cosecha.....	78
Cuadro 45. Resumen ANOVA para el porcentaje de humedad (%) de la primera cosecha.....	78
Cuadro 46. Rendimiento de 3 bolsas en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$	79

RESUMEN

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN EL RENDIMIENTO DE *Pleurotus ostreatus* CON DOS METODOS DE CULTIVO

José Luis Miguel Hernández Pérez ^a

Mario Alberto Vázquez Peña ^b

En la presente investigación se cultivaron hongos seta (*Pleurotus ostreatus*) primeramente en un sótano y luego en un invernadero localizados en Chapingo, México. Los tratamientos fueron: sistema de cultivo tradicional con nitrógeno (I), sin nitrógeno (II), sistema de los cilindros con nitrógeno (III) y sin nitrógeno (IV). La dosis de nitrógeno aplicada fue 0 y 100 ppm. Se evaluó el efecto de la temperatura y humedad relativa en el rendimiento. El experimento se estableció del 3 de mayo al 27 de agosto de 2011 y se cosecharon los carpóforos en cada cosecha. Las variables medidas fueron: peso fresco, materia seca, humedad relativa, y temperatura ambiental y del sustrato. El tratamiento IV presentó la mayor eficiencia biológica (EB) con 205.50% y el mayor rendimiento total de 4.22 kg·m⁻². El peor tratamiento fue I con EB de 109.9% y 3.32 kg·m⁻² de rendimiento. La primera cosecha representó el 52.45% (7.8 kg·m⁻²) del rendimiento total. El tratamiento I obtuvo 1.7 kg·m⁻² y el II 2.12 kg·m⁻² con temperaturas del sustrato entre 20.5 y 24.7 °C. El tratamiento III obtuvo 1.85 kg·m⁻² y el IV 2.22 kg·m⁻² con temperaturas del sustrato entre 20.2 °C y 26.3 °C. El periodo de incubación antes de la segunda cosecha se retrasó con temperaturas del sustrato entre 19.3 °C y 23.8 °C. Valores entre 36.7% y 97.95% de humedad relativa incrementaron el crecimiento del carpóforo. El porcentaje promedio de humedad de los carpóforos fue de 88.4 a 94%.

PALABRAS CLAVE: producción, eficiencia biológica, incubación, micelio, sustrato

^a Tesista

^b Director

ABSTRACT

EFFECT OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY ON THE YIELD OF *Pleurotus ostreatus* WITH TWO GROWING SYSTEM

José Luis Miguel Hernández Pérez ^a

Mario Alberto Vázquez Peña ^b

In the current research seta mushrooms (*Pleurotusostreatus*) were grown firstly inside a basement and then in a greenhouse both facilities located in Chapingo, México. The treatments were: a traditional growing system plus nitrogen (I), without nitrogen (II), cylinder based system with nitrogen (III) and without nitrogen (IV). The nitrogen dosage applied was 0 to 100 ppm. The effect of temperature and humidity on the mushrooms yield was evaluated. The experiment was carried out from May 3 to August 27, 2011 and the sporocarps were harvested for each cuts during the growing period. Measured variables were: fresh and dry matter, relative humidity, and also both air and substrate temperatures. On one hand, the treatment IV was the best with the greatest biological efficiency (BE=205.50%) and greatest total yield (4.22 kg·m⁻²). On the other hand, treatment I was the worst with BE of 109.9% and total yield of 3.32 kg·m⁻², respectively. The first harvest meant 52.45% (7.8 kg·m⁻²) of the total yield. The treatment I obtained 1.7 kg·m⁻² and treatment II 2.12 kg·m⁻² with substrate temperatures between 24.7 °C and 20.5 °C. The treatment III obtained 1.85 kg·m⁻² and IV 2.22 kg·m⁻² with substrate temperatures between 26.3 °C and 20.2 °C. The incubation period before the second harvest was delayed with substrate temperatures between 23.8 °C and 19.3 °C. Relative humidity values between 36.7% and 97.95% increased the sporocarps growth. Thesporocarps average percentage of humidity was between 88.4 and 94%.

KEY WORDS: production, biological efficiency, incubation, mycelium, substrate

^a Thesis author

^b Thesis advisor

1 INTRODUCCIÓN

En México el cultivo de los hongos comestibles se inició desde mediados de la década de los 30's, sin embargo la actual industria en el país data de apenas 40 años, cultivando solamente el champiñón, con técnicas y cepas extranjeras y a partir de 1974 se empezó con las orejas blancas o setas (*Pleurotus ostreatus*) (Martínez-Carrera et al., 1991).

Los hongos del género *Pleurotus* son conocidos en el país con los nombres de orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote, pero la compañía Hongos de México, S. A lanzó al mercado su producto con el nombre de “seta”, denominación que en España se aplica a cualquier hongo y en México únicamente a un grupo de hongos frondosos que los campesinos llaman también pancitas o semas y que se adscriben a especies de *Boletus*, principalmente *B. Edulis* (Guzman et al, 1983)

El desarrollo de hongos del género *Pleurotus*, a pesar de ser relativamente reciente, ha tenido un incremento significativo, de tal manera que en la actualidad se cultiva en casi todas las latitudes del mundo. Su caso merece una atención especial, más que cualquier otro de los géneros cultivados hasta ahora, debido a la diversidad de sustratos sobre los que es capaz de crecer, permitiendo apreciar de manera directa el impacto benéfico de cultivar hongos para el aprovechamiento de desechos agropecuarios (Royse y Sánchez-Vásquez, 2001).

2 OBJETIVOS

2.1 General

- ✓ Evaluar el crecimiento del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) con dos métodos de cultivo.

2.2 Particulares

- ✓ Definir el efecto que tienen; la temperatura y la humedad relativa en el rendimiento del *Pleurotus ostreatus*.
- ✓ Determinar los factores que tienen mayor influencia en el crecimiento del micelio del hongo seta.

3 HIPÓTESIS

Las bajas temperaturas del substrato y del ambiente, así como una baja humedad relativa afectan el rendimiento del *Pleurotus ostreatus*

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Generalidades de los hongos

Los hongos se dividen en microscópicos y macroscópicos. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecina que forman un cuerpo de reproducción. Dentro de los hongos macroscópicos se encuentran los Ascomycetes y Basidiomycetes, los cuales presentan una reproducción asexual y/o sexual. Los hongos macroscópicos son también llamados hongos Macromycetes y presentan distribución cosmopolita debido a que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima, existen variedad de géneros que crecen entre 4 y 60 °C desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000 msnm y en diferentes tipos de maderas (Koneman, 1997; Stamets, 2003).

4.2 Taxonomía del *Pleurotus Ostreatus*

Chang (1980), menciona que los hongos setas pertenecen al grupo de organismos conocidos como hongos filamentosos. Debido a que todos los hongos carecen de clorofila, que no pueden obtener su energía directamente del sol como lo hacen las plantas verdes. Ellos deben obtener sus nutrientes de los productos de desechos de materia en descomposición o de los demás seres vivos.

Singer (1975, 1986) dividió al género *Pleurotus* en cinco secciones, sin embargo la sección de *P. ostreatus* es muy controversial y aún ahora, muchas especies no han sido completamente definidas o identificadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del género *Pleurotus*

Reino	Fungi
División	Basidiomycotina
Clase	Homobasidiomycete
Subclase	Hymenomicete
Orden	Hymenomicete
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>

4.3 Nutrición del *Pleurotus* spp

Guzmán et al (1983), menciona que los hongos viven de la materia orgánica, ya sea viva o muerta, a la cual degradan para alimentarse de ella. Las especies que se desarrollan sobre materia viva son las parásitas o las simbióticas y las otras son las saprofitas.

La producción de hongos es completamente diferente al crecimiento de las plantas verdes. Las setas no contienen clorofila y por lo tanto dependen de otros materiales vegetales (el "sustrato") para su alimento. La parte del organismo que se ve y que se llama hongo es en realidad el cuerpo fructífero. Invisible es el micelio de filamentos diminutos que crecen en todo el sustrato y recogen los nutrientes para descomponer la materia orgánica. Este es el cuerpo principal de la seta. En general, cada especie de hongos prefiere un medio particular de crecimiento, aunque algunas especies pueden crecer en un amplia gama de materiales (Beetz y Kustudia, 2004).

Según Guzmán et al (1983), las especies de *Pleurotus* toman de la degradación del complejo lignina-celulosa sus materiales nutritivos, por lo que crecen sobre madera o productos relacionados con los mismos.

4.4 Importancia del género *Pleurotus* spp

Los hongos comestibles han sido muy apreciados como parte de la dieta humana en muchas culturas debido a sus atributos sensoriales y nutricionales. Se consumen principalmente en el sureste de Asia, Europa y Mesoamérica. Actualmente se conocen cerca de 2000 especies de hongos comestibles; pero sólo aproximadamente 22 han sido cultivadas comercialmente y sólo 10 se producen a escala industrial (Paredes-López y Valverde, 1999). Las especies más cultivadas en el mundo son *Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes*, *Pleurotus* sp., *Auricularia* sp. y *Volvariella volvacea*, por otro lado, las trufas (*Tuber melanosporum*) y los hongos del tipo morel (*Monterechia esculenta*) (Lizárraga, 1995).

El cultivo de hongos comestibles es un proceso biotecnológico para el reciclaje de residuos orgánicos lignocelulósicos. Podría ser el único proceso en curso que combina la producción de alimentos ricos en proteínas con la reducción de la contaminación ambiental (Beetz y Kustudia, 2004).

En México, el cultivo de hongos comestibles inició en el año de 1933, en un rancho cercano a Texcoco, Estado de México, propiedad del Sr. José Leben Zdravie (Martínez-Carrera et al., 1991; Martínez-Carrera, 2000). Esto convirtió al país en el tercer lugar de América, donde se emprendía dicho cultivo, sólo antecedido por E.U.A. (1880) y Canadá (1912) (Martínez-Carrera, 2007).

Se calcula que en México durante 1996 se generaron 44.5 millones de toneladas de residuos orgánicos con potencial para el cultivo de *Pleurotus*, y en

EE UU una cantidad aproximada de 100 millones de toneladas entre los años de 1990 a 1993 (Mata y Martínez-Carrera, 1998).

Guzmán et al (1983), mencionan que el valor nutritivo de los hongos comestibles es alto, contrario a lo que se pensaba. Según estudios realizados por especialistas en alimentos, los hongos tienen 19-35 % de proteínas aprovechables en peso seco, en comparación con los vegetales (hortalizas y frutas), que solamente tienen 7.3-13.2 %, con excepción de la soya que tiene 39.1 %; por otra parte la leche, carne y huevos tienen de 25 al 90 % de proteínas. Sin embargo a nivel de aminoácidos, las sustancias precursoras de las proteínas, tales como la lisina y triptofano, llegan a niveles de 4.5-9.9 g y 1.1-1.3 g, respectivamente, en las orejas blancas o setas (*Pleurotus ostreatus*) y de 9.1 y 2.0 g en el champiñón (*Agaricus bisporus*), contra 6.4 y 1.6 g, respectivamente en los huevos de gallina.

4.5 Producción mundial y nacional de *Pleurotus Ostreatus*

A nivel mundial, el champiñón (*Agaricus*) es el hongo comestible más importante con un nivel de producción superior a los 2 millones de toneladas métricas anuales, seguido por el shiitake (*Lentinula*) con más de 1.5 millones de toneladas, y las setas (*Pleurotus*) con alrededor de un millón de toneladas. La importancia ecológica de esta actividad radica en la utilización y reciclaje acelerado de millones de toneladas de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales utilizados como substrato de cultivo (Chang, 1999; Kues y Liu, 2000; Chang y Miles, 2004).

A nivel nacional los volúmenes de producción ascienden a 47,468 toneladas anuales de hongos frescos (Figura 1). Nuestro país es el mayor productor de Latinoamérica, ya que genera alrededor del 58.9% de la producción total de esa región y se ubica como el décimo sexto productor a nivel mundial. El monto anual de las operaciones comerciales supera los 200 millones de dólares, generando alrededor de 25 mil empleos directos e indirectos. La importancia ecológica de esta actividad económica radica en la utilización y reciclaje de más de 474,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Martínez–Carrera et al., 2006).

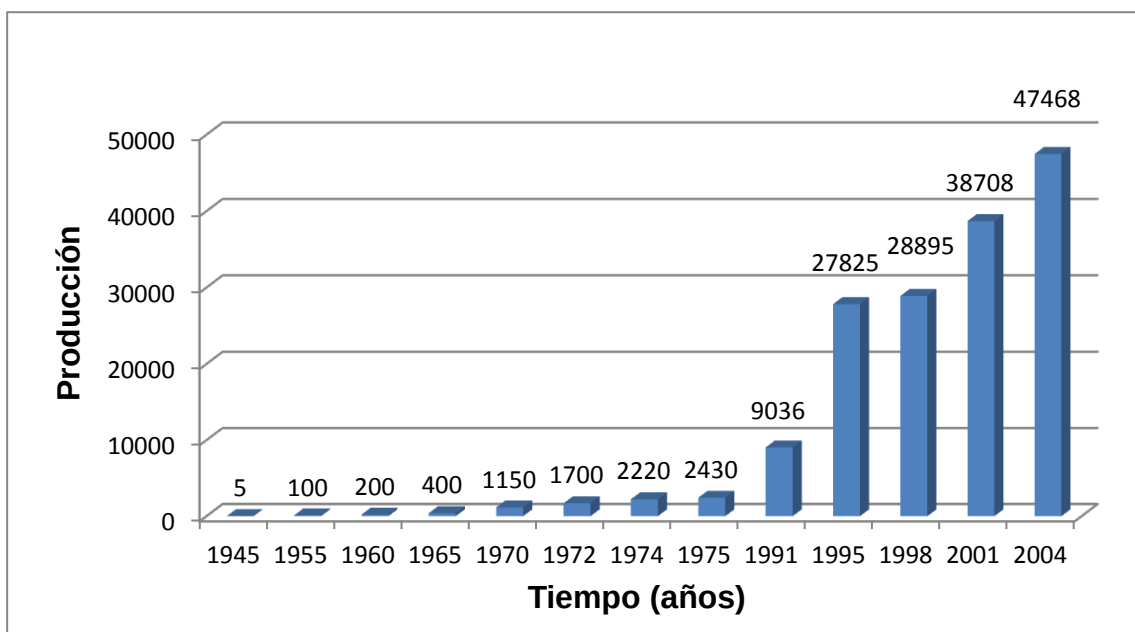


Figura 1. Producción de hongos setas

Según Gaitán (2007), el cultivo de este hongo es una actividad que se desarrolla en diversas partes del país como una alternativa económica que favorece a muchas familias mexicanas. Veracruz es uno de los estados en donde se lleva a cabo este sistema productivo, junto con Chiapas, el estado de

México, el Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Querétaro y Tlaxcala, entre otros. Sin embargo, a pesar de que en Veracruz la mayoría de los cultivadores son pequeños y no cuentan con condiciones para tener una producción rentable y exitosa, los apoyos económicos recientes destinados a algunos de ellos para capacitación, construcción de instalaciones y tecnificación, ha provocado un aumento en la producción de setas de aproximadamente 130 t en 2005.

4.6 Substratos para el crecimiento y desarrollo del *Pleurotus spp.*

Según Muez y Pardo (2001), los materiales elegibles para ser utilizados en la preparación de substratos para cultivo de *Pleurotus spp.*, deben poseer, de partida, el mayor y mejor número posible de propiedades positivas tales como:

- Buena disponibilidad en cantidad y continuidad
- Buen conocimiento de sus características físico-químicas
- Regularidad en su composición físico-química
- Precio ventajoso de adquisición
- Localización fácil y cercana
- Facilidad de transporte y manejo

La preparación de un sustrato selectivo para cultivar *Pleurotus spp* requiere de una materia prima con alto contenido en lignina, pH superior al neutro y bajo contenido de nitrógeno y de carbohidratos; así mismo, requiere de un proceso térmico que proporcione una temperatura suficiente, pero no excesiva, para eliminar o inhibir los organismos que potencialmente pueden ser nocivos para el cultivo de setas (Stolzer y Grabbe, 1991)

Diferentes especies de *Pleurotus* se han cultivado en un gran número de sustratos lignocelulósicos, la mayoría de ellos subproductos agrícolas (Salusso y Moraña, 1997).

Este género pertenece a los hongos de podredumbre blanca, capaces de crecer y degradar una gran cantidad de desechos agrícolas y forestales (lignocelulósicos) atacando los diferentes polímeros de la madera (celulosa, hemicelulosa, lignina) (Sánchez y Royse, 2001)

Tradicionalmente los hongos de este género han sido cultivados sobre pajas de cereales (trigo, avena y cebada) pero muchas veces estos sustratos no están disponibles en algunas regiones (Martinez, 2000).

En Cuadro 2 se muestra la composición de la paja de los cereales más comunes.

Cuadro 2. Composición química de la paja de algunos cereales (% , sms)

Material	Materia orgánica	N total	Grasa bruta	Fibra bruta	Extracto libre de N	Cenizas	C/N
Paja de trigo	93.4	0.5	1.4	38.9	50.1	6.6	115.2
Paja de cebada	94.4	0.5	1.6	41.8	49.8	5.6	119.0
Paja de centeno	96.0	0.6	1.7	42.8	48.1	4.0	99.4
Paja de avena	92.5	0.6	1.8	31.1	56.0	7.5	92.5
Paja de maíz	93.2	0.6	1.4	40.5	47.7	6.8	94.8
Zuro de maíz	95.9	0.8	0.8	30.3	59.9	4.1	71.3
Paja de arroz	84.3	0.7	1.9	35.7	42.4	15.7	70.8
Tallo de sorgo	93.1	1.1	2.6	33.6	49.9	6.9	48.6

sms: sobre materia seca.

Fuente: CIES.

Cuando el sustrato a utilizar para la producción de *Pleurotus Ostreatus* presenta una alta relación C/N como es el caso de desperdicios de árboles, es necesario realizar una aplicación de un suplemento con nitrógeno para equilibrar nutritivamente el sustrato.

4.7 Relación C/N

Manu-Tawiah y Martin (1988), determinaron que la relación óptima para el crecimiento en medio líquido de *P. ostreatus* era 40:1. Por su parte, Hong en 1978, encontró que para la misma especie, una relación de 15.23 permitía una rápida formación de cuerpos fructíferos con bajos rendimientos, que una relación de 11.42 incrementaba los rendimientos pero que disminuía la formación de cuerpos fructíferos y que tomando en cuenta los dos aspectos (rendimiento y velocidad de formación), la relación óptima debía ser 30.46. Por su parte, Rajarathnam et al. (1986) encontraron que una alta relación C/N es necesaria para el crecimiento micelial de *P. djamor* mientras que una baja favorece el desarrollo de cuerpos fructíferos.

Según (Muez y Pardo, 2001), en Europa, algunos de los principales países productores han desarrollado formulaciones estándar muy ligadas a los materiales propios de estas áreas, con destacado protagonismo de las pajas de trigo, cebada y maíz (cañas o zuros), ocasionalmente enriquecidos con algunas harinas protéicas (alfalfa, soja, plumas).

En Italia, Ferri (1985) recomienda que el contenido de N del substrato esté comprendido entre el 0.6 y 1.2% de la materia seca total, y expone una amplia muestra de combinaciones aplicadas al cultivo de *P. ostreatus*:

- Paja de trigo (50%) + Zuro de maíz (50%)
- Paja de trigo (60%) + Zuro de maíz (40%)
- Paja de trigo (50%) + Zuro de maíz (40%) + Serrín de chopo (10%)
- Paja de trigo (85%) + Cascarilla de arroz (15%)
- Paja de trigo (90%) + Harina de soja (10%)
- Paja de trigo (80-90%) + Harina de alfalfa (20-10%)
- Paja de trigo (100%)
- Zuro de maíz (100%)
- Nota: Zuro de maíz se define como el corazón de la mazorca del maíz después de ser desgranada.

En Francia, Laborde (1989) propone la siguiente combinación para *P. ostreatus*:

- Paja de cebada 250 kg + Yeso agrícola 25 kg + Harina de plumas (13 % N) 7.5 kg + Agua 718 L + Benlate 300 g.

En Hungría, el uso de variedades híbridas de *Pleurotus* spp., da muy buen resultado con el siguiente substrato:

- Zuro de maíz (triturado, 1-2 cm) + Harina de plumas (0.5%) + Carbonato cálcico (1%)

En Estados Unidos, los ingredientes básicos para substratos de *Pleurotus* spp. Son combinaciones de paja de trigo (70%) y zuro de maíz (30%) (Royse y Schisler, 1987), así como paja de trigo, cascarillas de semilla de algodón o mezclas de ambos (Royse, 1997).

4.8 Capacidad de retención de humedad del sustrato

En lo que concierne a la capacidad de retención de humedad, los hongos tendrán un crecimiento óptimo en sustratos que tengan 70 a 80 % de humedad. Abajo de estos porcentajes, el micelio crecerá de manera irregular y con poco vigor y es más fácilmente afectado por organismos competidores, que limitaran su crecimiento sobre el sustrato. Pero con valores mayores del 80 % de humedad, el micelio disminuirá su crecimiento, ya que al encontrarse en un medio anaerobio provocado por el exceso de humedad, el hongo se ahogara al no encontrar espacios disponibles en el sustrato para ejercer su acción enzimática (Guzmán et al, 2008)

4.9 Humedad del sustrato

El contenido de humedad influye directamente sobre el desarrollo de los hongos porque afecta la disponibilidad de nutrientes. Así, los contenidos de humedad inferiores al 50% no serán propicias y una humedad superior al 80% tendrá un efecto negativo en el crecimiento de *Pleurotus* spp. El contenido óptimo de humedad depende no solo de la especie de hongo que se cultiva, sino también del tipo de sustrato utilizado.

El contenido de humedad no solo afecta la disponibilidad de nutrientes en el sustrato, sino también la disponibilidad de oxígeno. En efecto, el agua ocupa espacios que pueden ser ocupados por el aire. A niveles excesivos esto se vuelve una limitante para la respiración del hongo.

4.10 Tamaño de partícula del substrato

El tamaño de partícula afecta el crecimiento y la fructificación porque se relaciona con la accesibilidad a los nutrientes, al agua y al aire por parte de las hifas del hongo. Los tamaños de partícula muy pequeños dificultan la aireación necesaria para la respiración y los tamaños muy grandes son inadecuados porque dificultan la compactación del substrato y el acceso del hongo a los nutrientes. Rajarathnam y Bano (1989), recomiendan tamaños de partícula de 2-3 cm cuando se usa rastrojo de arroz para el cultivo de especies de *Pleurotus*.

En el Cuadro 3 se presenta un resumen de los requerimientos del substrato para la producción de hongos

Cuadro 3. Propiedades para un buen substrato en la producción de hongos setas

pH	Composición química	Capacidad de retención de humedad del substrato	Humedad del substrato	Tamaño de partícula
pH > 7	alto contenido de lignina	70 – 80%	50 – 80%	2 – 3 cm

4.11 Factores climáticos que afectan el crecimiento y la fructificación de *Pleurotus ostreatus*

La temperatura, humedad relativa y dióxido de carbono (CO₂) han sido identificados como las principales variables climáticas que afectan la calidad de los hongos setas durante la producción (Sabeh et al, 2006)

4.12 La temperatura

Según Sánchez y Royse (2001), la temperatura afecta el metabolismo de las células. Influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. La sensibilidad a la temperatura no solo varía entre cepas sino también para una misma cepa según su etapa de desarrollo. Así, es posible y aún frecuente que un hongo tenga una temperatura óptima de germinación y que ésta sea diferente de su temperatura óptima de crecimiento micelial o de su temperatura óptima de fructificación.

Pleurotus es un género de hongo cuyo micelio puede crecer en un rango amplio de temperaturas. Según Zadrazil (1974), reportó que las especies *P. ostreatus*, *P. eryngii* y *P. cornucopiae*, crecían en un rango entre 0 y 35°C con temperaturas óptimas de 30°C para la primera y de 25°C para las dos últimas. Este mismo autor demostró que estas especies podían soportar 40°C durante 24 horas (pero no 72 h) y después reiniciar su crecimiento. Por regla general, las temperaturas óptimas para la fructificación de las especies de *Pleurotus* son ligeramente inferiores que las temperaturas óptimas para crecimiento micelial.

Los rangos de temperatura mencionados deben ser considerados solo como indicativos, ya que dentro de una misma especie puede haber grandes variaciones entre cepas. De hecho, actualmente es posible hacer mejoramiento genético para desarrollar cepas que crezcan a temperatura diferentes de la óptimas de sus progenitores (Labarère, 1993).

En el cuadro 4 se presentan los requerimientos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, se indica el uso de diferentes substratos, así como las condiciones de temperatura para el crecimiento y fructificación

Cuadro 4. Indicaciones para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

(Fuente: Guzman et al, 1983)

Hongo	Substrato utilizable	Condiciones de crecimiento	Fructificación	Observaciones
<i>Pleurotus ostreatus</i>	Paja enriquecida y molida de diversos vegetales	24 °C bajo protección plástica	T < 24 °C, luz aereación y alta humedad	Muy apreciado. Está mejorado en Francia con ecotipos salvajes

4.13 Humedad del aire

Este es un factor de suma importancia para una adecuada fructificación de las especies de *Pleurotus*. Dado que los cuerpos fructíferos están formados por un alto contenido de agua y su estructura hifal no les permite retener la humedad en condiciones adversas, un balance adecuado entre la humedad ambiental y el contenido de humedad del hongo es necesario. Debido a esto, la humedad relativa del ambiente donde crece el hongo debe ser suficiente para evitar que tanto el substrato como los cuerpos fructíferos se deshidraten. En general, los hongos son muy susceptibles a las variaciones en la humedad relativa. Así por ejemplo, Cailleux et al. (1976), indicaron que la humedad adecuada para el desarrollo de *P. eryngii* era de 85-95%, mientras que Block et al. (1959) indicaron que la humedad óptima para la fructificación de *P. ostreatus* era de 85%.

La inoculación del sustrato en una recámara de producción puede realizarse a una temperatura de 22 °C y una humedad relativa de 80 % (Bechara, 2005) y los niveles de CO₂ menos que 3000 mg·L⁻¹ (Flegg, 1985)

4.14 La aireación

El oxígeno es un elemento de gran importancia para el crecimiento de los basidiomicetos porque son organismos aerobios. Estos organismos presentan requerimientos de oxígeno diferentes según el estado fisiológico en que se encuentren. Para el caso de *Pleurotus* spp., se ha notado que la concentración alta en CO₂ estimula la germinación de las esporas y el crecimiento micelial pero inhibe la fructificación. Según Zadrazil, (1974), la estimulación varía según las especies; por ejemplo: *P. ostreatus* obtiene una máxima estimulación de su crecimiento micelial cuando el aire contiene 28% de CO₂, mientras que *P. eryngii* lo obtiene con 22%. Por su parte Kamra y Zadrazil (1986), señalaron que la pérdida de materia orgánica y la deslignificación del sustrato son mayores cuando se da en una atmósfera con 100% de oxígeno y que la concentración de CO₂ las influencia negativamente. Estos mismos autores señalaron que, durante su experimento en matraces, la formación de primordios se dio a los 8-10 días después de la inoculación solo cuando se mantuvo un flujo continuo de aire de 30 l/h; que cuando la aireación forzada se detuvo la fructificación se pospuso de 1 a dos días y que no se dio en absoluto cuando los matraces se ventilaban solo 2 veces al día. La fructificación suele darse en condiciones normales cuando se tiene un 20% de oxígeno y una

concentración de CO₂ no mayor de 800 ppm en el ambiente que circunda al hongo.

4.15 La luz

Según Eger (1974), *P. ostreatus* no puede fructificar en oscuridad continua. Para poder hacerlo requiere ser expuesto a longitudes de onda inferiores a 600 nm, sin embargo la sensibilidad tanto de la cantidad como de la calidad de la luz depende de las especies.

Esta misma autora indicó que la sensibilidad a la luz es máxima desde momentos previos hasta horas después de que el micelio ha colonizado el substrato. Por su parte Kamra y Zadrazil (1986), encontraron que una exposición diaria de 20 minutos a la luz es suficiente para que *P. pulmonarius* fructifique.

4.16 Variables de medición en producción de hongos

Badham (1984) menciona que con frecuencia el tamaño de hongos setas se mide por peso seco. Esto tiene la desventaja de ser una medición destructiva que no se puede determinar hasta el final de un experimento. El crecimiento de los hongos se mide generalmente por el aumento de las dimensiones lineales tales como la altura o diámetro de la tapa. La desventaja de esto es que la propensión a la elongación del tallo y el desarrollo del sombrero dependen de la etapa de madurez. El análisis del crecimiento durante todo el desarrollo es por tanto difícil.

Las variables a registrar en este trabajo de investigación son:

- Peso fresco del hongo seta
- Peso seco del hongo seta

Con el peso fresco y materia seca del sustrato se calculó la eficiencia biológica (EB = g de hongo fresco/100 g de sustrato seco).

4.17 Rendimiento en *Pleurotus ostreatus*

El rendimiento se refiere a datos cuantitativos del total de masa fúngica obtenida al final de un ciclo de producción y se expresa en kilogramos de producto por unidad de área, análogo al utilizado en la producción de hortalizas.

La eficiencia biológica se calculó como el porcentaje en peso del hongo entre el peso seco del sustrato por cien (Stamets, 1993).

$$Eficiencia_biológica = \frac{Peso_fresco_del_hongo_cosechado}{Peso_seco_del_sustrato} * 100$$

Según Salmones *et al.* (1997), la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento. Una eficiencia biológica del 100 por ciento es equivalente a decir que de un sustrato con un contenido de agua de 75 por ciento, el 25 por ciento de su peso húmedo será recogido en carpóforos frescos, cuyo contenido de agua es en promedio 90 por ciento (Duque, 1999). En términos sencillos, cada bolsa de un kilogramo de sustrato seco deberá producir 1 kilogramo de hongo fresco en total.

5 MATERIALES Y MÉTODO

5.1 Descripción del lugar de trabajo

El trabajo de investigación se realizó a un costado de la estación meteorológica de la universidad Autónoma Chapingo, localizada en las coordenadas $19^{\circ} 19'$ de latitud norte y $98^{\circ} 53'$ de longitud oeste con una altitud de 2241 msnm (Figura 2). Dicho lugar es un sótano que cuenta con las instalaciones necesarias para la producción de hongos (Figura 3). Sin embargo al inicio de la época de lluvia que inicio en el mes de mayo de 2011, las temperaturas de dicho lugar descendieron por debajo de las requeridas para el buen desarrollo y crecimiento de los hongos seta. Así que se cambiaron a un invernadero el cual se acondiciono para evitar la entrada de luz, pero que en gran parte permitió alcanzar temperatura más altas favorables para el cultivo (Figura 4).



Figura 2. Estación meteorológica

El invernadero tiene las siguientes características: 2.62 m de ancho por 3.62 m de largo y 2.7 m de altura ubicado también dentro de la estación meteorológica de Irrigación.



Figura 3. Cuarto de producción para hongos setas.

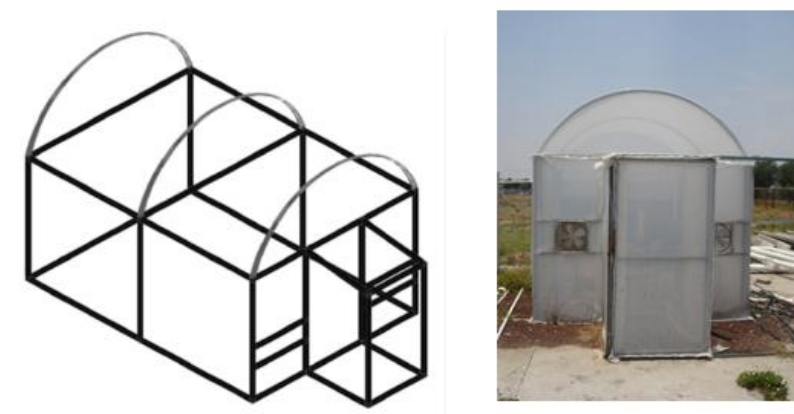


Figura 4. Invernadero utilizado

5.2 Materiales y equipo utilizados

El material utilizado para el cultivo de hongos setas en dos métodos de cultivo fue el siguiente (Figura 5).

- 2 tambos metálicos y 2 de plástico de 200 L
- 2 arpillas de 50 x 90 cm
- 6 kg de micelio de *Pleurotus ostreatus*
- Sistema de aspersión con nebulizadores de $4 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$, bomba de $\frac{1}{2}$ HP y accesorios.
- Mesa para enfriar el sustrato y sembrar el micelio en las bolsas.

- Ligas para sujetar de los extremos las bolsas cultivadas
- Atomizador para la aplicación de una solución de nitrógeno
- Báscula de precisión de 1 g a 5000 g
- Guantes de latex y cubrebocas para el manejo del sustrato
- 2 Dataloggers de temperatura marca HOBO con dos sensores de temperatura y 1 Datalogger HOBO de temperatura y humedad relativa
- Tubo de PVC de 2" de diámetro
- Extractores de aire con capacidad para evacuar 5 m³ por minuto
- Bolsas de polipapel de 50 x 70 cm



Figura 5. Materiales utilizados

A) Bomba de 1/2 HP , B) nebulizador NANDAAN C) Paca de trigo, D) Tubo de PVC, E) Tambo metálico, F) Tanque de gas, G) Datalogger Hobo de temperatura y humedad relativa, H) Datalogger HOBO de 2 sensores de temperatura. I) Bolsa de polietileno, G) Guante de latex, K) balanza de precisión, L) Tambo de plástico.

5.3 MÉTODO

Se plantearon dos métodos de cultivo para la siembra de *pleurotus ostreatus*: método tradicional y método de los cilindros, así como la aplicación de un suplemento alimenticio a base de nitrógeno inorgánico al substrato (paja de trigo). Con la finalidad de utilizar un solo substrato debido a que en ciertos lugares puede no haber la disponibilidad de más de un tipo de desecho agroindustrial.

- Cultivo de hongos utilizando el método tradicional, se utilizó bolsas de plástico (polipapel) transparente de 50 x 70 cm y en su interior se rellenó con paja de trigo y micelio (Figura 6).

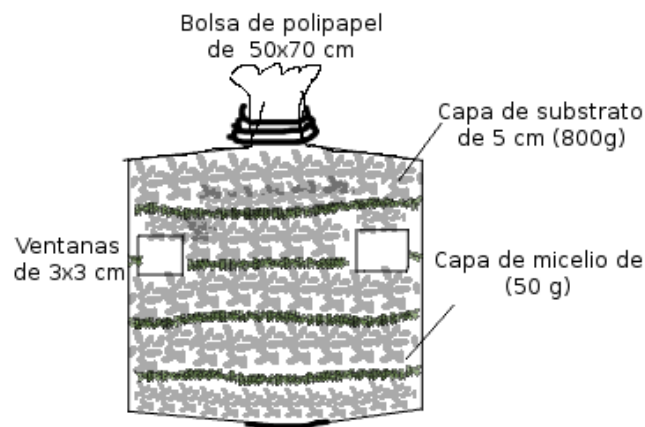


Figura 6. Bolsa preparada del método tradicional.

- Método de los cilindros, se utilizó tubos de PVC de 50 cm de longitud y se atravesó de extremo a extremo en la bolsa de 50 x 70 cm con la finalidad de proporcionar una mejor aireación en el interior del substrato y en cierta forma permitirle obtener una mayor temperatura en el interior del substrato (Figura 7).

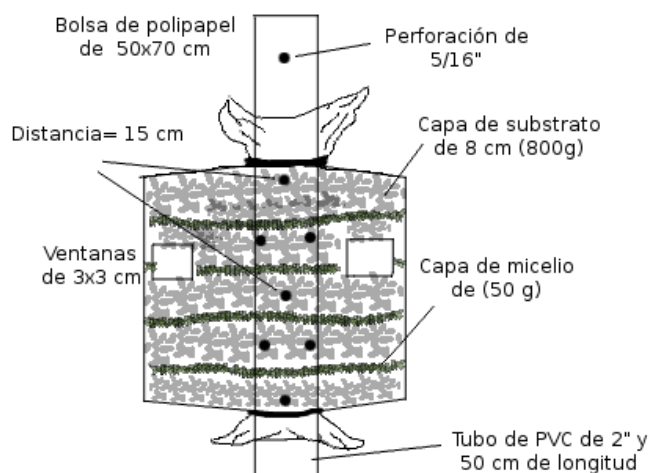


Figura 7. Bolsa preparada del método de los cilindros

5.4 Diseño de los tratamientos

Se aplicó un suplemento inorgánico como fuente adicional de nitrógeno a la paja de trigo, dicho suplemento fue Sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4]$ y se manejó una dosis de 100 ppm para la mitad de bolsas de cada método de cultivo y para la otra mitad no se aplicó suplemento solo se hidrató cuando fue necesario, por lo que se generaron los siguientes tratamientos:

Factor A: Método de cultivo

- Método tradicional
- Método de los cilindros

Factor B: Suplemento alimenticio

- Con suplemento
- Sin suplemento

Por lo que se originó un diseño experimental de dos factores con dos niveles cada uno, en el Cuadro 5 se muestra los tratamientos

Cuadro 5. Arreglo factorial

Diseño experimental	Con nitrógeno	Sin nitrógeno
Método tradicional	I	II
Método de los cilindros	III	IV

Se obtuvieron 4 tratamientos y se realizaron 7 repeticiones para cada uno, lo que generó un total de 28 unidades experimentales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tratamientos para el diseño experimental, usando como sustrato paja de trigo

Número de tratamiento	Nomenclatura del tratamiento	Descripción del tratamiento	Número de repeticiones
1	I	Método tradicional + nitrógeno	7
2	II	Método tradicional + sin nitrógeno	7
3	III	Método de los cilindros + nitrógeno	7
4	IV	Método de los cilindros + sin nitrógeno	7

Para la fase de incubación las unidades experimentales se acomodaron de forma aleatoria en estantes y se trató de tener una temperatura homogénea. Para la fase de fructificación las 28 unidades experimentales se colocaron nuevamente en forma aleatoria de acuerdo a como fueron apareciendo los primeros primordios.

El procedimiento para el cultivo del micelio en el sustrato fue el siguiente:

5.5 Preparación del sustrato

Como sustrato se empleó paja de trigo, la cual se picó en trozos de aproximadamente 3-7 cm de longitud y se colocó en arpillas que después fueron introducidas en tambos de plástico de 200 litros de capacidad para

hidratarlos (de 70 a 80%) con agua durante 24 h a temperatura ambiente y posteriormente se drenó el exceso de agua.

5.6 Pasteurización

Para la esterilización de la paja de trigo se utilizaron 2 tambos de metal de 200 litros a los cuales se les introdujo 50 litros de agua y se calentó hasta alcanzar una temperatura de 60 a 70 °C y se introdujeron las arpillas con el substrato hidratado con un peso de 13 a 14 kg. Las arpillas permanecieron durante una hora dentro de los tambos con la finalidad de acabar con cualquier contaminante presente en el substrato. Una vez finalizado el proceso, el substrato se dejó enfriar a temperatura ambiente para su inoculación, dicha temperatura en el cuarto de inoculación fue de 22 a 29 °C.

5.7 Inoculación del substrato

La tasa de inoculación es la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de substrato que se pretende inocular. En el caso de especies de *Pleurotus* se han usado tasas de inoculación que varían entre 2 y 15 por ciento del peso húmedo del sustrato. La cantidad de semilla utilizada no afecta directamente el rendimiento; sin embargo, el uso de más semilla acelera la colonización del sustrato (Sánchez, 1994).

De lo anterior se decidió utilizar aproximadamente 5 g de micelio/100 g de sustrato húmedo (70 a 80% de humedad del substrato) y con El substrato estéril y con una temperatura entre 20 y 28 °C fue inoculado asépticamente el

micelio y dicho lugar se procuró mantener libre de corrientes de aire, el proceso se describe a continuación.

5.7.1 Método tradicional

Se utilizaron bolsas de plástico polietileno con dimensiones de 50 x 70 cm y se sumergieron en una solución de agua con hipoclorito al 3% para eliminar impurezas y agentes nocivos para el desarrollo del micelio. A las bolsas se les amarro una liga en la parte de abajo de la bolsa para formar una superficie plana en el fondo.

En una báscula se pesó el substrato húmedo (Figura 8) para formar una capa de 5 cm de espesor dentro de la bolsa.



Figura 8. Medición del substrato húmedo

Después se pesó 50 gramos de micelio (Figura 9) y se procedió a vaciarlos en la superficie del substrato contenido en la bolsa tratando de distribuirlo de manera homogénea.



Figura 9. Aspecto físico de 200 g de micelio

En total se aplicaron cinco capas de substrato de 800 g cada una y cuatro de micelio de 50 g, es decir, por bolsa se tuvo la cantidad de 4 kg de substrato húmedo y 200 g de micelio.

Una vez que se terminó de sembrar se cerraron las bolsas haciendo un nudo en la parte superior de la misma y se procuró no dejar demasiado aire dentro de la misma una vez sellada.

Cada bolsa se marcó con un número que del 1 al 14 para el método tradicional. Se realizaron 7 repeticiones para cada tratamiento (Figura 10).



Figura 10. Aspecto de una bolsa del método tradicional con nitrógeno

5.7.2 Método de los cilindros

Para el método de los cilindros se utilizaron bolsas de 50 x 70 cm y se sumergieron en una solución de agua con hipoclorito al 3% para eliminar impurezas y agentes nocivos para el desarrollo del micelio. En la parte de abajo se abrió la bolsa y se le insertó un tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro y de 50 cm de largo al que se le realizaron 4 hileras de perforaciones de 5/16" a cada 15 cm de distancia a todo lo largo del mismo excepto en los extremos (Figura 7).

El procedimiento para inocular el substrato fue el mismo que en el método tradicional. Cada bolsa se marcó con un número que correspondía del 1 al 14 para el método de los cilindros. Se realizaron 7 repeticiones para cada tratamiento (Figura 11).



Figura 11. Bolsa del método de los cilindros sin nitrógeno

5.8 Fase de incubación

Luego de sembrar las bolsas se trasladaron a la zona de incubación y se procedió a colocarlas en estantes de manera aleatoria una junto a otra, dos días después de la siembra se revisaron las bolsas para corroborar el crecimiento y buen estado del micelio. Después a cada bolsa se le realizaron dos perforaciones con una navaja esterilizada de 3 x 3 cm para permitir la ventilación del substrato en el interior de cada bolsa. Para evitar la exposición directa del substrato con el ambiente en dichas ventanas se les adhirió una gaza con el fin de permitir únicamente la circulación de aire (Figura 12).



Figura 12. Acomodo en estantes de las bolsas del método tradicional para la fase de incubación

Después se revisó cada dos días cada una de las 28 bolsas para ver la colonización del micelio sobre la superficie del substrato y cuando se observó que ya estaba cubierto por una masa blanquecina y algodonosa (Figura 13), fue entonces que se tuvo mayor cuidado para el manejo de las bolsas inoculadas y se estuvo a la espera de la aparición de los primeros primordios.



Figura 13. Invasión del micelio en el substrato

En promedio la fase de incubación tuvo una duración de 28 días a la primera cosecha.

En esta fase se registró la temperatura del substrato perteneciente a dos bolsas de cada tratamiento, así como la temperatura y humedad relativa del lugar de incubación. El inicio de la fase oscura fue el 3 de Mayo al 29 de Mayo de 2011.

Soto- Cruz et al (1991), mencionan que para *P. ostreatus* cultivado en sustratos sólidos, esta fase debe durar cerca de 14 días con temperatura constante de 28° C en la oscuridad.

5.9 Fructificación

Una vez que el micelio invadió completamente el substrato se comenzó a observar la formación de primordios en las ventanas o perforaciones de la bolsa por lo que se retiraron las gazas (Figura 14). Por lo que todas las unidades experimentales en las que fueron apareciendo los primordios se trasladaron al área de crecimiento y se ubicaron de manera aleatoria. Cabe

mentar que en el sótano (Figura 15), se presentaron la primera y segunda cosecha del método tradicional y primera del método de los cilindros.

En el invernadero (Figura 16), se presentaron la tercera y cuarta cosecha del método tradicional y la segunda y tercera del método de los cilindros. En las Figuras 15 y 16 mediante una letra “S” se indica la bolsa en la que fueron colocados los sensores de temperatura.



Figura 14. Aparición de primordios en el método tradicional

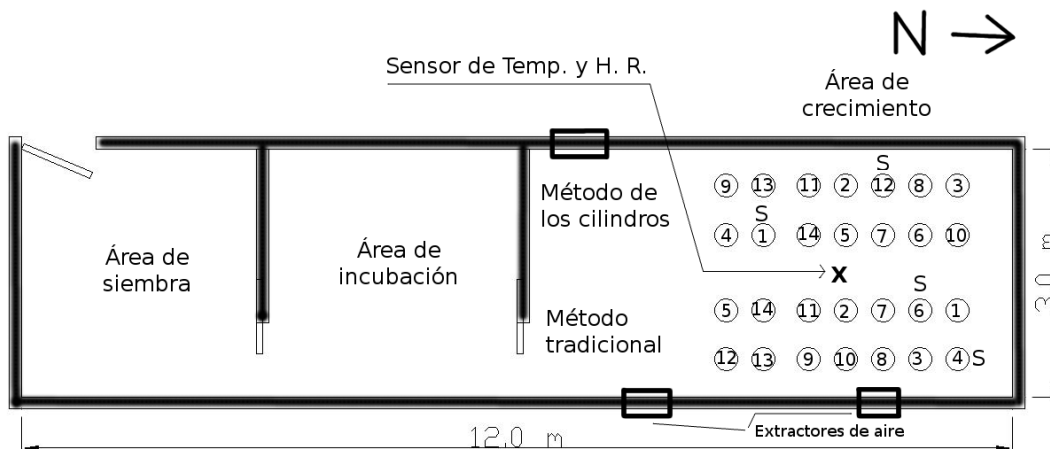


Figura 15. Sótano para la producción de hongos seta.

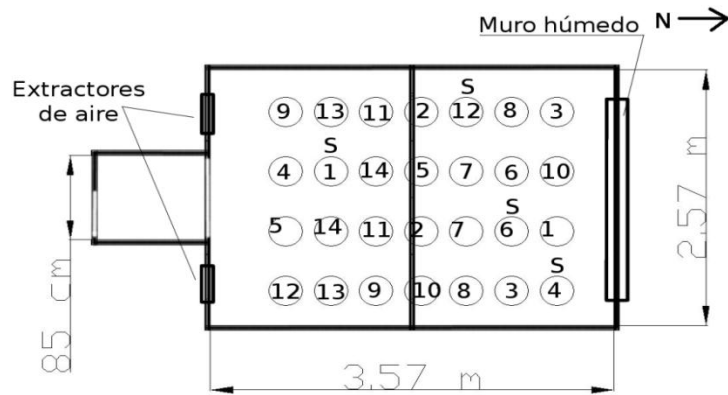


Figura 16. Invernadero para la producción de hongos seta.

5.10 Cosecha

De 7 a 10 días después de la aparición de los primordios y antes de que ocurriera el proceso de esporulación, con una navaja esterilizada se cortaron los cuerpos fructíferos de cada una de las bolsas en las que se determinó que el cuerpo fructífero estaba listo o maduro (Figura 17), dicho corte se realizó desde la base, se pesaron en fresco y se llevaron a laboratorio de salinidad agrícola del departamento de irrigación para determinar la materia seca.

Para la primera cosecha en ambos métodos se presentó aproximadamente del día 30 de Mayo al 3 de Junio los cuales estuvieron ubicados en el área de crecimiento del sótano.

La segunda cosecha para el método tradicional se presentó del día 16 al 21 de Julio de 2011 y dicho evento tuvo lugar en el sótano de la estación meteorológica.

Antes del día 19 de Julio de 2011 inició la época de lluvia en la región, lo que provocó un descenso de temperatura en el sótano. Así que se trasladaron las

28 bolsas al invernadero ya mencionado (Figura 16) debido a que se observó y de acuerdo a la literatura las bajas temperaturas provocaron un retardo en el crecimiento del micelio y por consecuencia su invasión sobre el substrato dentro de las bolsas.

En el método de los cilindros se observó un mayor número de días en incubación en comparación con el tradicional, antes de dar la siguiente cosecha en cada método de cultivo respectivamente.

La segunda cosecha del método de los cilindros y la tercera para el tradicional se presentó del 8 al 10 de Agosto de 2011 en el invernadero.

La tercera cosecha para el método de los cilindros y cuarta para el tradicional se presentó del 25 al 26 de agosto de 2011 en el invernadero.



Figura 17. Aspecto físico de un cuerpo fructífero listo para la cosecha

En la fase de cosecha se registró el peso de los cuerpos fructíferos para la determinación de la eficiencia biológica. En general se obtuvieron hongos de buen tamaño y forma, así como una coloración blanca que los hace tener una buena presentación para su venta en el mercado (Figura 18).



Figura 18. Hongos cosechados en el experimento

5.11 Riego

5.11.1 Riego al substrato

Debido a la variación de la temperatura y humedad relativa en el área de producción, se hidrató el substrato de las 28 bolsas.

La razón de aplicar riego se debió a que el aire que circulaba dentro del interior de las bolsas fue resecaando la paja de trigo y se trató de mantener la humedad del substrato entre 50 y 60%.

Se aplicó con una jeringa la cantidad de 20 mL de agua o solución nutritiva por bolsa según fuese el tratamiento. Los 20 mL se distribuyeron aplicando 5 mL en cuatro puntos de la bolsa (Figura 19).

La aplicación se realizó cada 5 días a partir del 10 de Mayo hasta el 23 de Agosto de 2011 a las 12:30 PM.

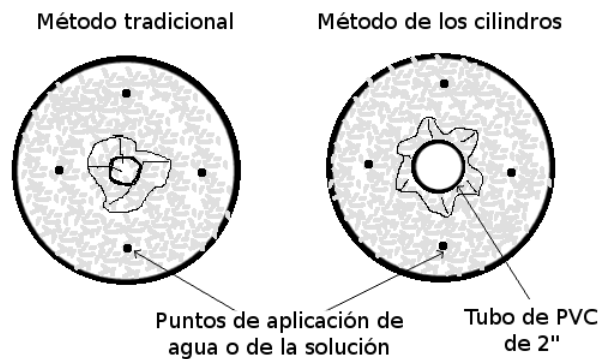


Figura 19. Vista en planta de las bolsas para los dos métodos de cultivo

5.11.2 Manejo de la humedad en el ambiente

Fue necesario aplicar riego en el área de fructificación en algunas horas del día para aumentar la humedad y evitar que el substrato se resecara. Y también evitar que el cuerpo fructífero se deshidratara.

Del 15 de Mayo al 17 de Julio de 2011, mediante el sistema de nebulización se aplicó agua en forma pulverizada al ambiente en el área de crecimiento y de incubación (Figura 15). Se utilizó un programador de riego de 8 tiempos, y se programó de la siguiente manera. Se aplicó 8 riegos al día con una duración de 1 minuto, y se utilizaron 6 nebulizadores de $4 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ por lo que en cada riego se aplicó la cantidad de 0.4 L.

En el invernadero el sistema de nebulización tuvo 3 nebulizadores por lo que la cantidad de agua aplicada al ambiente fue de 0.2 L por riego. Además todos los días del 18 de Julio al 27 de Agosto de 2011 se utilizó la pared húmeda del invernadero para aumentar la humedad del ambiente y evitar la deshidratación excesiva del substrato y de los cuerpos fructíferos.

La pared húmeda se puso en funcionamiento a partir de las 10 AM y se aplicó 10 L de agua en 4 minutos para humedecer la celulosa y con ello aumentar la humedad en el ambiente.

Las horas de aplicación del riego fueron a las 10:00, 11:00, 11:30 AM y 12:00, 12:30, 13:00, 14:00 y 16:00 PM mediante el empleo de un timer que encendía la bomba de agua directamente tanto en el invernadero como en el sótano.

6 RESULTADOS

6.1 Periodo de incubación

El periodo de incubación para cada tratamiento mostró diferente duración debido principalmente a los diferentes valores de temperatura registrados en el interior del sustrato y la temperatura del área de producción.

En el Cuadro 7 se muestra el inicio y fin de cada fase de incubación para cuatro tratamientos, y además se muestra que el tratamiento III y IV no se presentó la cuarta cosecha.

Cuadro 7. Periodo de incubación en cuatro tratamientos

Tratamiento	Periodo de incubación			
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
I	3 al 23 de Mayo	2 de Junio al 29 de Junio	17 de Julio al 1 de Agosto	9 al 20 de Agosto
II	3 al 26 de Mayo	3 de Junio al 1 de Julio	17 de Julio al 1 de Agosto	9 al 20 de Agosto
III	7 al 24 de Mayo	2 de Junio al 30 de Julio	9 de Agosto al 20 de Agosto	
IV	7 al 23 de Mayo	2 de Junio al 28 de Julio	9 de Agosto al 20 de Agosto	

En el Cuadro 8 se muestra la duracion de cada muestra en fase de incubacion de los cuatro tratamientos.

Se realizó un análisis de varianza para conocer que factor mostro mayor efecto en la duración de cada fase de incubación.

Cuadro 8. Días de incubación en cuatro tratamientos.

	Fase 1		Fase 2		Fase 3		Fase 4	
	B1	B2	B1	B2	B1	B2	B1	B2
A1	18	25	29	27	13	15	13	9
	19	21	29	30	14	14	9	10
	22	22	26	26	18	18	9	13
	24	24	25	28	14	16	11	9
	17	23	28	26	17	15	12	12
	23	22	25	30	13	13	12	11
	20	23	27	28	16	13	10	13
A2	16	14	61	57	9	11		
	17	13	56	56	12	9		
	19	15	58	58	10	12		
	15	17	57	54	13	11		
	16	16	56	54	12	12		
	17	18	59	54	10	12		
	19	17	57	58	10	8		

En la Figura 20 se muestra la duración de las fases de incubación antes de cada cosecha para cuatro tratamientos. Existen diferencias significativas para la segunda cosecha y en las demás fueron muy similares.

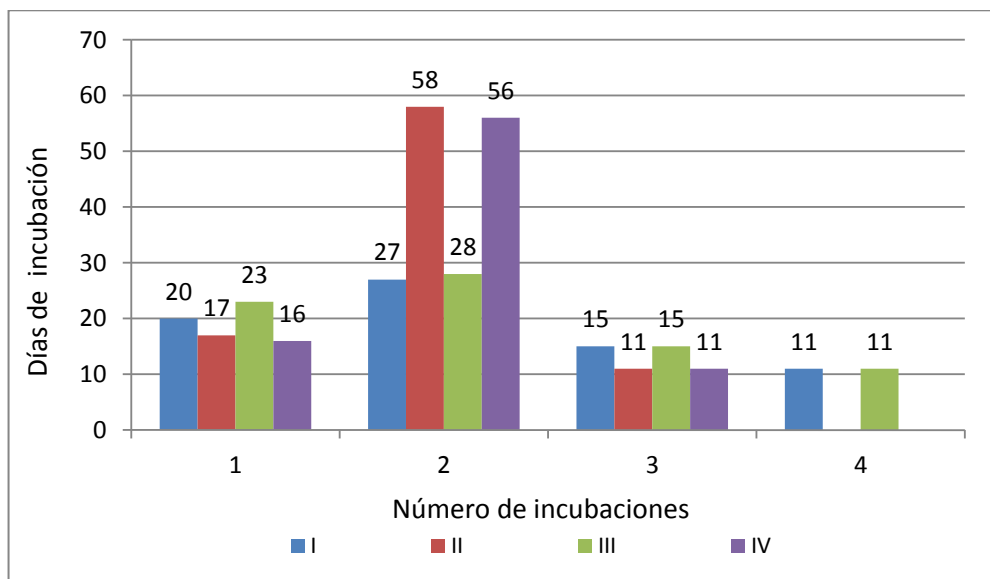


Figura 20. Días de incubación en cuatro tratamientos.

En el Apéndice 1 se muestra el análisis de varianza para las tres fases de incubación de ambos métodos.

Se hace la comparación de la F_o de Fisher con la F de tablas para dar el criterio de decisión:

- Si $F_o > F$ Entonces Hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (HAY D.S.)
- Si $F_o \leq F$ Entonces No hay diferencias significativas entre las medias de los tratamiento (NO HAY D.S.)

En el Cuadro 9 se muestra que el método de cultivo tiene mayor efecto en el número de días en incubación antes de la primera cosecha, sin verse afectado de manera significativa por el nivel de nitrógeno aplicado al sustrato durante los riegos. Sin embargo la interacción de ambos factores afecto el periodo de incubación, el nivel de significancia usado fue $\alpha=0.05$

Cuadro 9. Resumen ANOVA de la primera fase de incubación

VARIABLE	F_o	F	RESULTADO
Método de cultivo	54.58	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.64	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	6.74	4.26	HAY D.S.

En el Cuadro 10 se aprecia que el método de cultivo tiene mayor efecto en el número de días en incubación antes de la segunda cosecha, sin verse afectado de manera significativa por el nivel de nitrógeno aplicado al sustrato durante los riegos. Y en este caso la interacción de ambos factores no afecto el periodo de incubación, también se empleó el nivel de significancia de 0.05.

Cuadro 10. Resumen ANOVA de la segunda fase de incubación

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Método de cultivo	1926.86	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.56	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	4.12	4.26	NO HAY D.S.

En el Cuadro 11 se muestra que el método de cultivo tiene mayor efecto en la duración en días de la fase de incubación antes de la tercera cosecha, sin verse afectado de manera significativa por el nivel de nitrógeno aplicado al substrato durante los riegos. Y en este caso la interacción de ambos factores no afectó la duración de la fase de incubación.

Cuadro 11. Resumen ANOVA de la tercera fase de incubación

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Método de cultivo	40.53	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.05	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	9.58E-15	4.26	NO HAY D.S.

6.2 Variables meteorológicas registradas durante el experimento

6.2.1 Temperatura del substrato

6.2.1.1 Periodo de incubación, crecimiento hasta la primera cosecha en ambos métodos de cultivo

Baena (2005), menciona que la temperatura máxima en la que se puede desarrollar el micelio en el substrato es de 28 °C y la mínima de 16 °C.

En la Figura 21 el 130 representa el número juliano y corresponde al 10 de Mayo de 2011 y así sucesivamente además este ordenamiento se mantiene en todas las figuras. Se muestran las temperaturas registradas en el método

tradicional (MT) y se observó que las temperaturas registradas se encuentran dentro de las requeridas para el buen crecimiento del micelio en el sustrato.

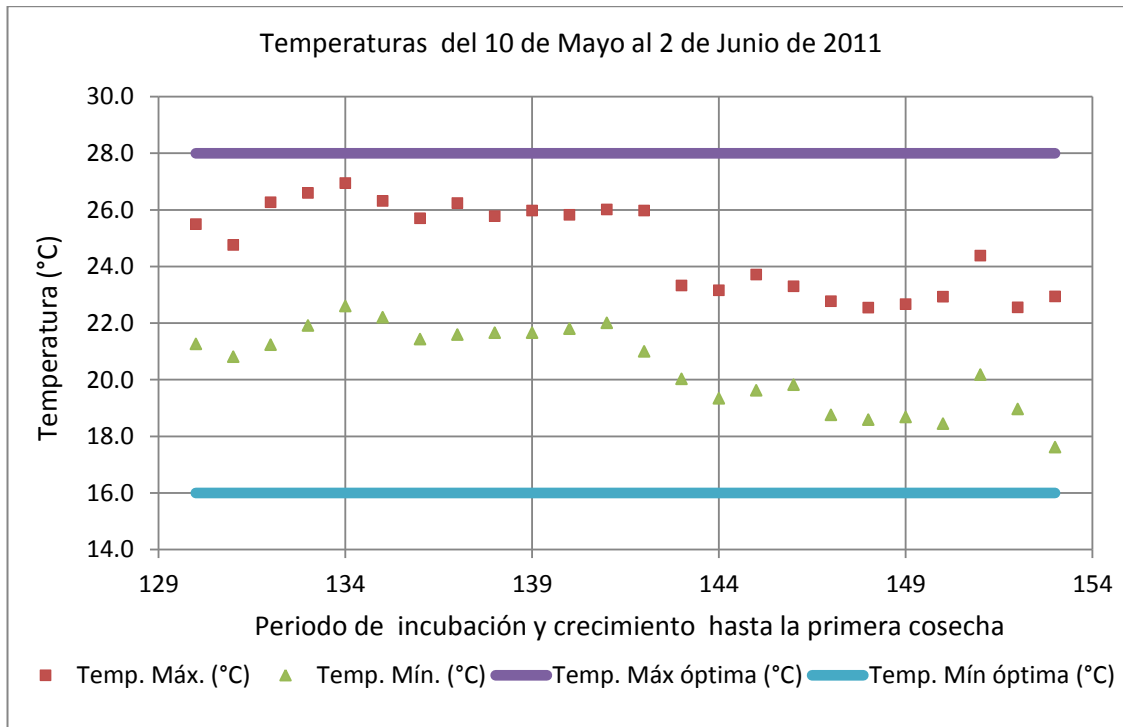


Figura 21. Temperaturas del sustrato en el MT antes de la primera cosecha.

En la Figura 22 se muestran las temperaturas registradas en el método de los cilindros (MC). Se observó que las temperaturas registradas se encuentran dentro de las temperaturas ideales para el buen crecimiento del micelio en el sustrato. Sin embargo en el día 20 que corresponde al 29 de Mayo de 2011 comenzó a descender la temperatura dentro del sótano.

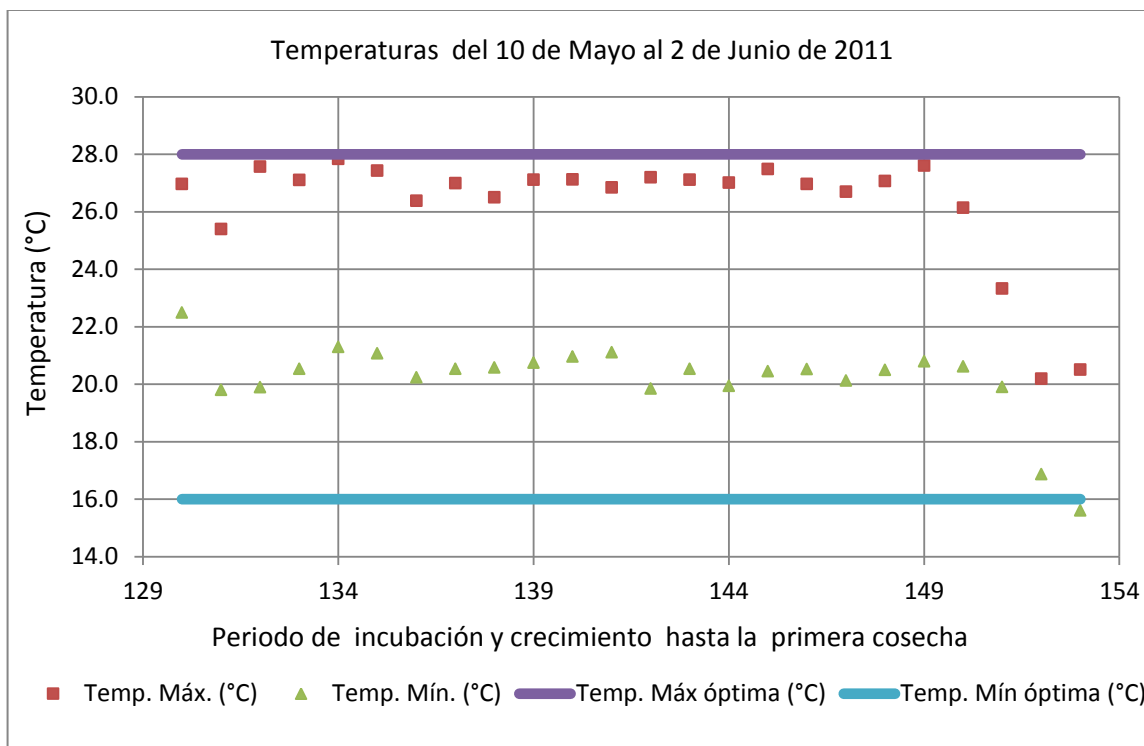


Figura 22. Temperaturas del sustrato en el MC antes de la primera cosecha.

Se realizó el análisis de varianza para comprobar si las temperaturas promedio de máximas y mínimas registradas en el sustrato tanto en el MT como en el MC son iguales para cada una de las cuatro fases de incubación y crecimiento (Apéndice 2).

El Cuadro 12 se muestra un resumen del ANOVA de la temperatura máxima y mínima de la primera fase de incubación y crecimiento.

Cuadro 12. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Temp. Máx. Substrato	9.30	4.05	HAY D.S.
Temp. Min. Substrato	0.44	4.05	NO HAY D.S.

Se observó que en la temperatura máxima existen diferencias significativas y se concluye que para esta primera etapa el método de cultivo influye

directamente en la temperatura del substrato ya que la temperatura en el ambiente fue la misma. En el Cuadro 13 se presenta las estadísticas básicas de la temperatura máxima para el MT y MC, y se encontró: Temp. Máx. MC > Temp. Máx. MT.

Donde;

Temp. Máx. MC es la temperatura máxima en el método de los cilindros.

Temp. Máx. MT es la temperatura máxima en el método tradicional.

Cuadro 13. Resumen del análisis descriptivo de la temperatura máxima

<i>Grupos</i>	<i>No de datos</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Temp. Máx. MC	24	630.53	26.27	4.14
Temp. Máx. MT	24	592.25	24.68	2.42

6.2.1.2 Periodo de incubación, crecimiento hasta la segunda cosecha del MT

En el periodo de la segunda cosecha del método tradicional se presentó una temperatura diferente (Figura 23) en comparación con el mismo periodo de tiempo para el método de los cilindros lo que provocó un retardo en la segunda cosecha para este último. De hecho en este último se observó un mayor descenso de temperatura durante la primera semana (Figura 24), lo que posiblemente originó la prolongación del número de días en incubación.

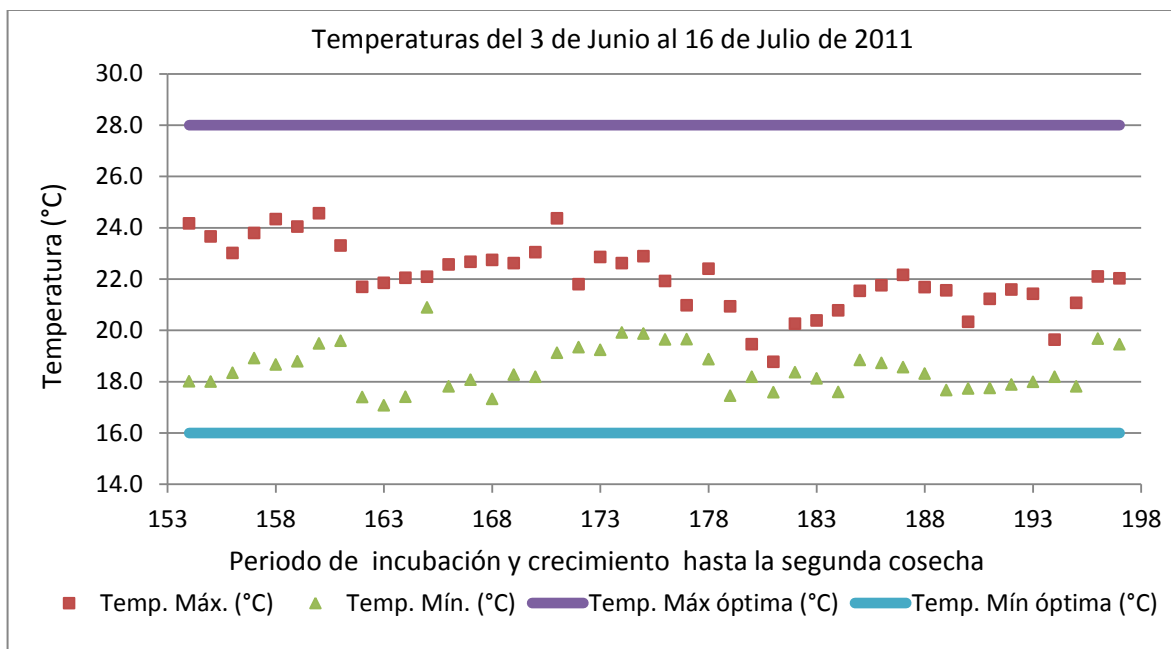


Figura 23. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la segunda cosecha.

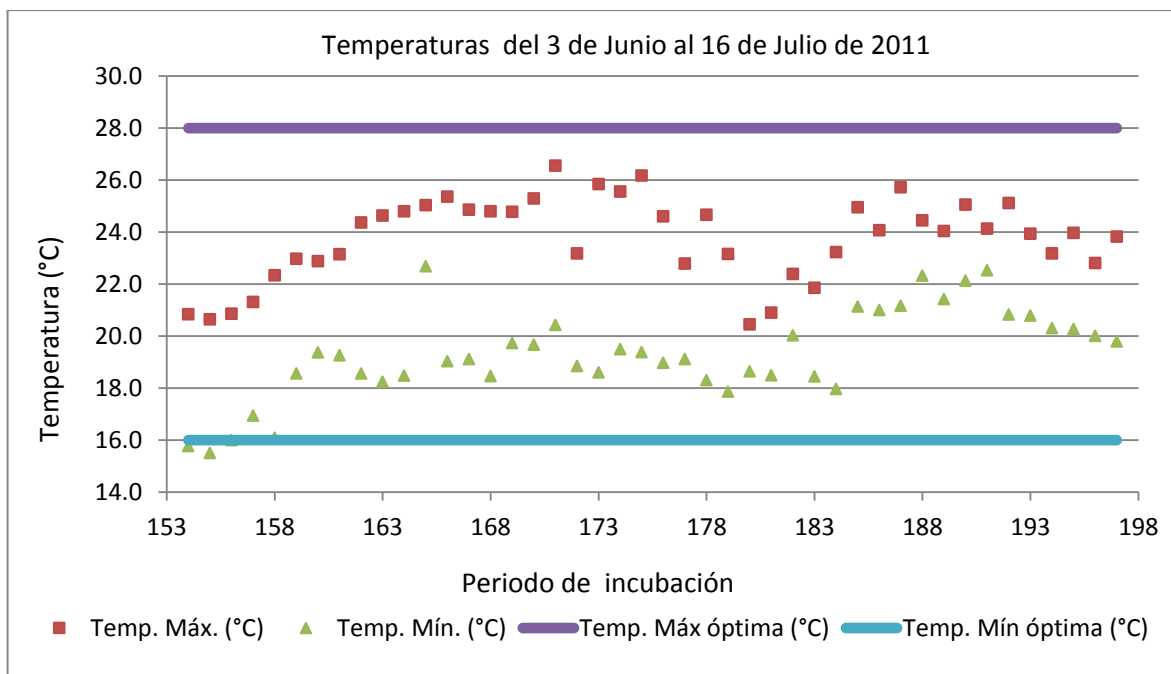


Figura 24. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la segunda cosecha.

El análisis de varianza (Cuadro 14) mostró que en un mismo periodo la temperatura máxima y mínima del substrato fue significativamente diferente.

Cuadro 14. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Temp. Máx. Substrato	29.70	3.95	HAY D.S.
Temp. Mín. Substrato	8.04	3.95	HAY D.S.

En esta etapa puede observarse que el método de cultivo influyó directamente en la temperatura máxima y mínima del substrato. En el Cuadro 15 se presentan las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima para ambos métodos de cultivo y se encontró: Temp. Máx. MC > Temp. Máx. MT y Temp. Mín. MC > Temp. Mín. MT.

Cuadro 15. Estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima

Grupos	No de datos	Suma	Promedio	Varianza
Temp. Máx. MC	44	1045.66	23.77	2.53
Temp. Máx. MT	44	970.49	22.06	1.80
Temp. Mín. MC	44	849.93	19.32	2.97
Temp. Mín. MT	44	813.66	18.49	0.75

El retardo en los días de incubación para el método de los cilindros se debió principalmente a que presentó una mayor variación en sus temperaturas a pesar de que el promedio fue mayor que las del método tradicional.

6.2.1.3 Periodo de incubación, crecimiento hasta la tercera cosecha del MT y segunda del MC.

El 18 de Julio de 2011 las 28 unidades experimentales se cambiaron al invernadero mencionado anteriormente y se registró un aumento de temperatura en el substrato Figura 25 y 26.

La tercera cosecha para el método tradicional y segunda de los cilindros se presentó el 8 de Agosto de 2011.

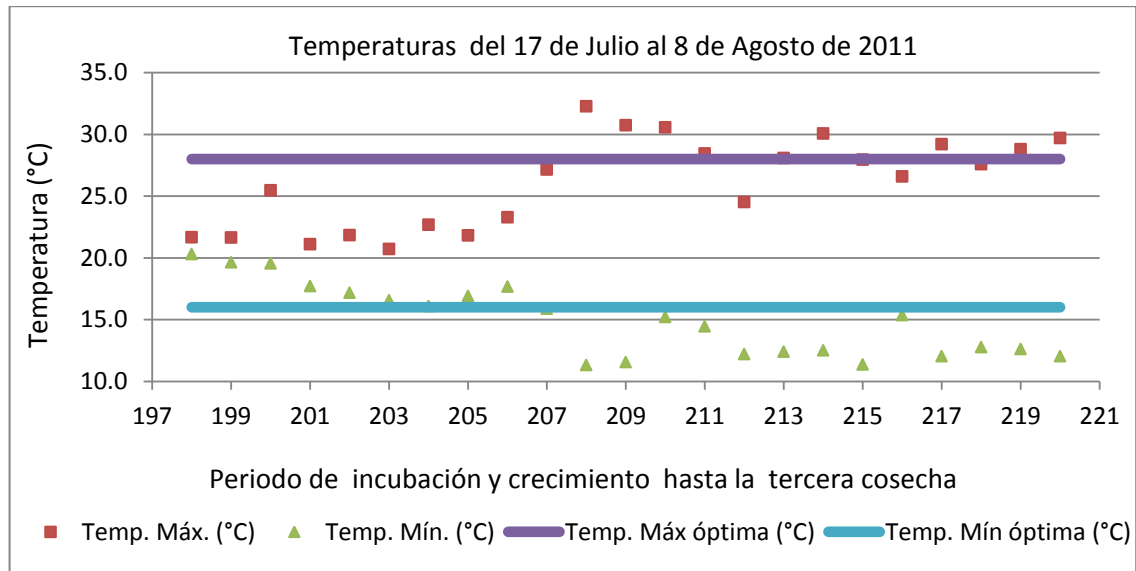


Figura 25. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la tercera cosecha.

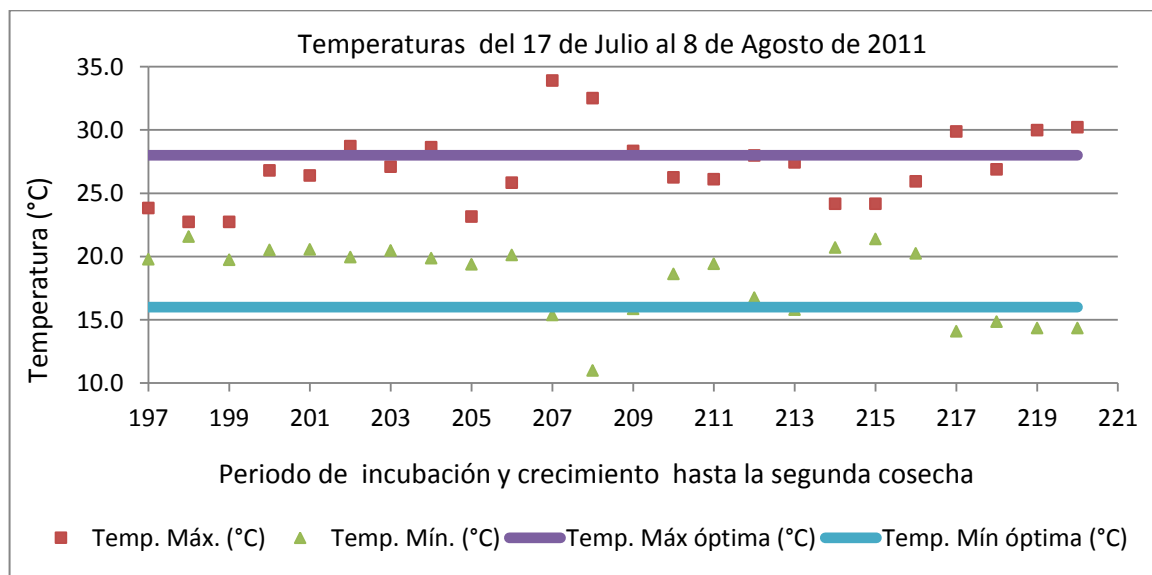


Figura 26. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la segunda cosecha.

El análisis de varianza (Cuadro 16) mostró que en un mismo periodo la temperatura máxima y mínima del substrato fue significativamente diferente.

Cuadro 16. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Temp. Máx. Substrato	29.70	3.95	HAY D.S.
Temp. Mín. Substrato	8.04	3.95	HAY D.S.

En esta etapa el método de cultivo influyó directamente en la temperatura máxima y mínima. En el Cuadro 17 se presentan las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima para ambos métodos de cultivo y se encontró: Temp. Máx. MC > Temp. Máx. MT y Temp. Mín. MC > Temp. Mín. MT.

Cuadro 17. Estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima del substrato

Grupos	No de datos	Suma	Promedio	Varianza
Temp. Máx. MC	23	625.97	27.21	8.40
Temp. Máx. MT	23	602.04	26.17	13.34
Temp. Mín. MC	23	415.05	18.04	8.79
Temp. Mín. MT	23	343.46	14.93	8.43

Se concluye que el retardo en los días de incubación para el método de los cilindros se debió principalmente a que presentó una mayor variación en sus temperaturas a pesar de que el promedio fue mayor que las del método tradicional.

6.2.1.4 Periodo de incubación, crecimiento hasta la cuarta cosecha del MT y tercera del MC

El 27 de Agosto de 2011 se obtuvo una cuarta cosecha para el MT y una tercera para el MC. Se observó que a temperaturas altas en el medio ambiente,

las bolsas para el MC alcanzan una temperatura más alta en comparación con el MT (Figura 27 y 28).

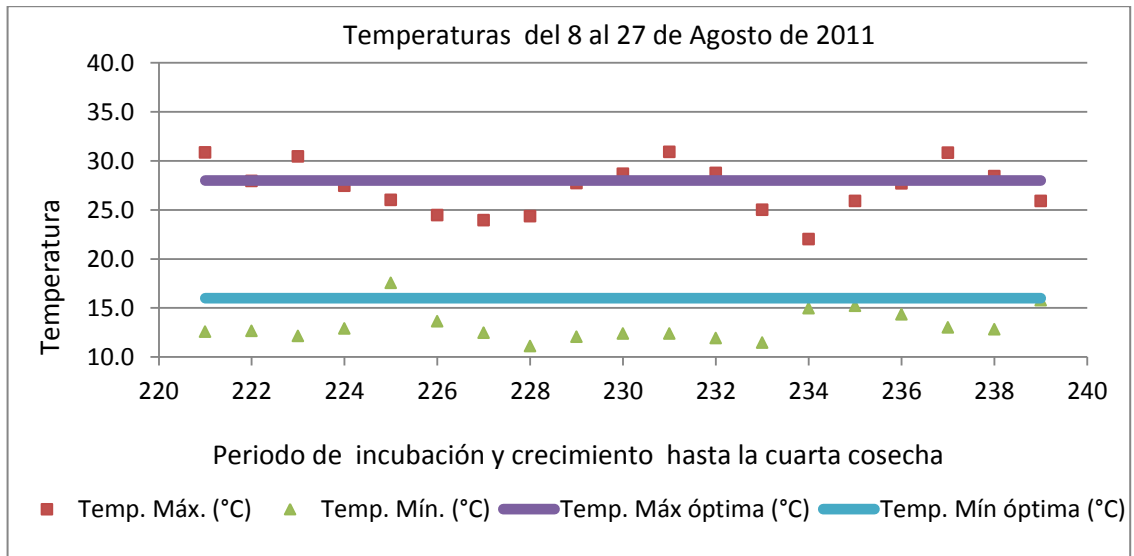


Figura 27. Temperaturas del sustrato en el método tradicional antes de la cuarta cosecha.

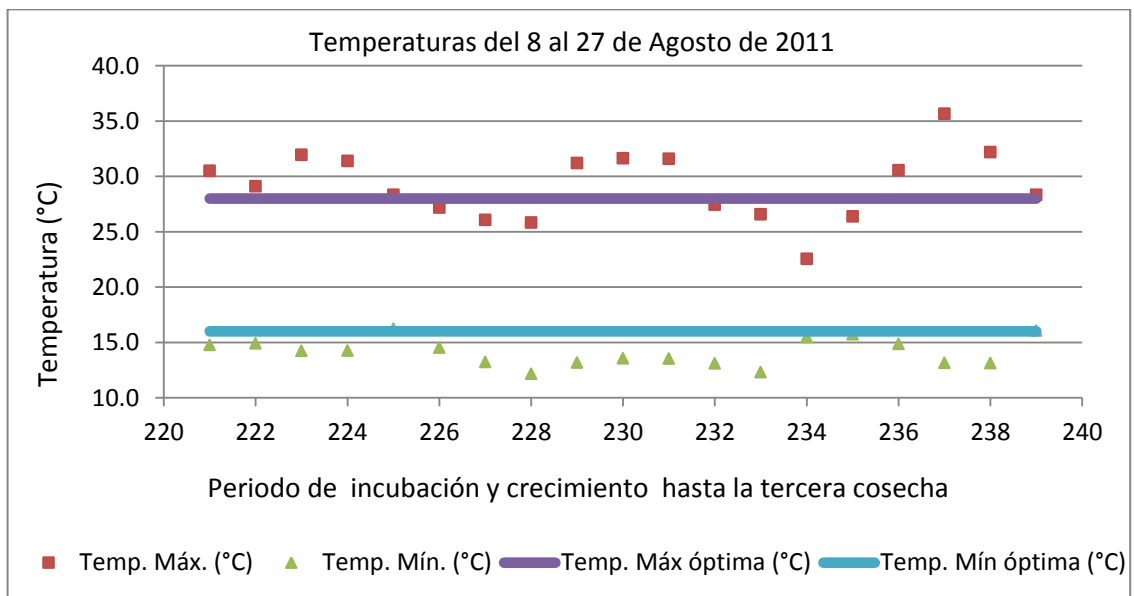


Figura 28. Temperaturas del sustrato en el método de los cilindros antes de la tercera cosecha.

El análisis de varianza (Cuadro 18) mostró que en un mismo periodo la temperatura máxima fue significativamente diferente en los dos métodos de cultivo.

Cuadro 18. Resumen de análisis de varianza para la primera cosecha.

VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
Temp. Máx. Substrato	4.46	4.11	HAY D.S.
Temp. Min. Substrato	3.59	4.11	NO HAY D.S.

En esta etapa el método de cultivo influyó en la temperatura máxima. En el Cuadro 19 se presentan las estadísticas básicas de la temperatura máxima para ambos métodos de cultivo y se encontró: Temp. Máx. MC > Temp. Máx. MT.

Cuadro 19. Estadísticas básicas de la temperatura máxima del substrato.

Grupos	No de datos	Suma	Promedio	Varianza
Temp. Máx. MC	19	554.68	29.19	9.53
Temp. Máx. MT	19	517.61	27.24	6.70

Se concluye que la disminución en los días de incubación en ambos métodos de cultivo se debió principalmente a que presentaron temperaturas mayores a las óptimas recomendadas en la literatura.

En el cuadro 20 se presentan las temperaturas promedio de las máximas y mínimas registradas en cada fase del cultivo de hongos

Cuadro 20. Promedio de temperaturas de máximas y mínimas del substrato

	Temp. Max. MC	Temp. Máx. MT	Temp. Mín. MC	Temp. Mín. MT	Temp. Mín. opt	Temp. Max. opt
Periodo 1	26.3	24.7	20.2	20.5	16	28
Periodo 2	23.8	22.1	19.3	18.5	16	28
Periodo 3	27.2	26.2	18.0	14.9	16	28
Periodo 4	29.2	27.2	14.1	13.2	16	28

En la Figura 29 se observa que para las temperaturas máximas promedio de la fase 1, 3 y 4 de ambos métodos estuvieron cercanas a la temperatura máxima óptima y en la segunda fase el descenso de temperatura provocó un bajo rendimiento del método tradicional y un retraso en la cosecha en los cilindros.

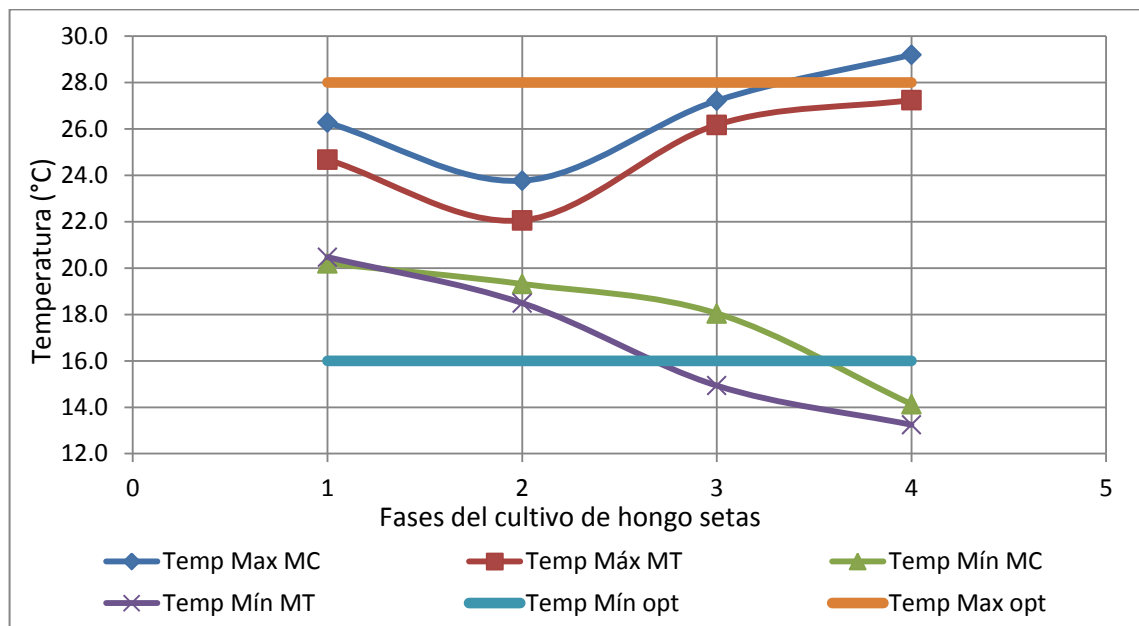


Figura 29. Temperaturas promedio en el cultivo de hongo setas

6.2.2 Temperatura ambiental en el interior del cuarto de producción

6.2.2.1 Periodo de la primera cosecha del MT y del MC

La temperatura registrada en el cuarto de producción se realizó para todo el ciclo de cultivo, sin embargo se considera conveniente presentarla por fases que comprenden cada una de las cosechas obtenidas. La temperatura del ambiente influye directamente en la temperatura del sustrato, sin embargo de acuerdo a lo registrado se tiene que la temperatura del aire presenta mayor variación que la obtenida en el sustrato.

Ardón (2007), menciona que la temperatura mínima y máxima para inducir el crecimiento de primordios es de 18 y 26 °C.

En la Figura 30 se muestra la temperatura registrada en el cuarto de producción hasta la primera cosecha. En ambos métodos de cultivo la cosecha se llevó a cabo en la misma fecha. Se observa que las temperaturas máximas registradas se encuentran fuera del rango óptimo de crecimiento lo que influye directamente en el buen desarrollo del cuerpo del hongo seta. A partir del día 29 de Mayo de 2011 comenzó a descender la temperatura debido a que en la región se presentó la época de lluvia. Y esta misma fecha coincide con el descenso de temperatura en el sustrato.

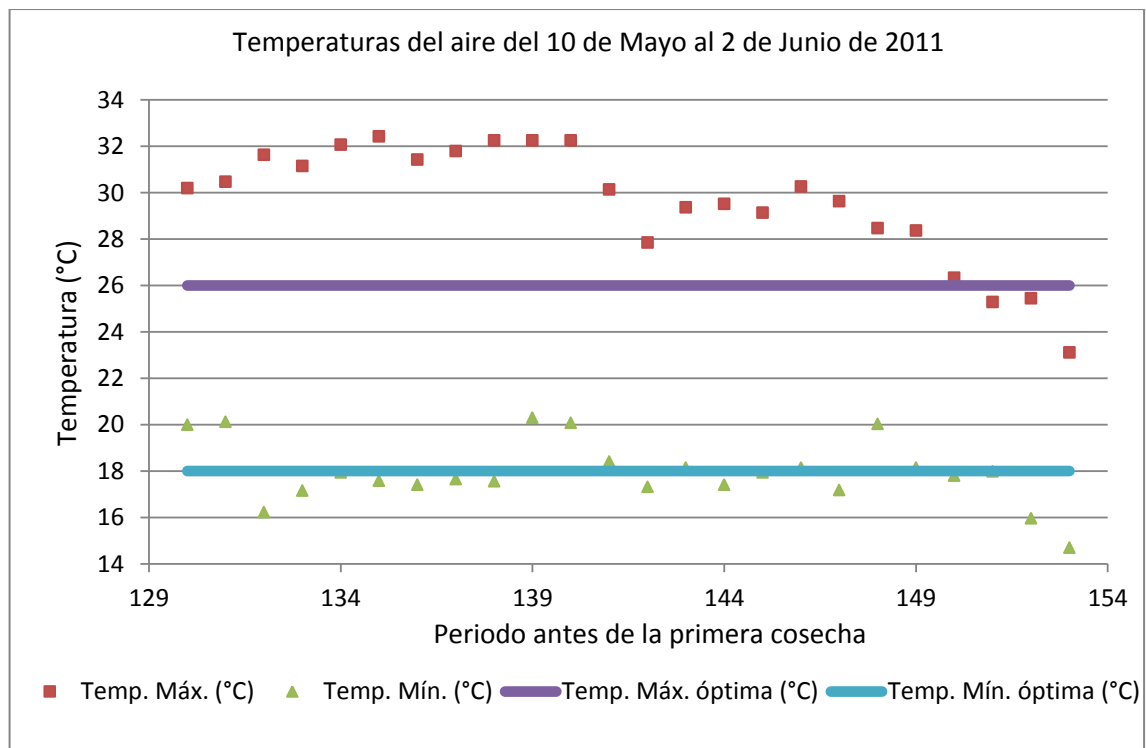


Figura 30. Temperaturas del aire antes de la primera cosecha.

En el Cuadro 21 se presentan las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima ambiental registrada en el área de producción que abarca la fase de la primera cosecha para el método tradicional y el de cilindros.

Cuadro 21. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 1.

<i>Temperatura máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>Temperatura mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	29.62	Media	17.97
Mediana	30.17	Mediana	17.87
Desviación estándar	2.52	Desviación estándar	1.38
Varianza de la muestra	6.37	Varianza de la muestra	1.90
Rango	9.32	Rango	5.60
Mínimo	23.11	Mínimo	14.70
Máximo	32.43	Máximo	20.29
Numero de datos	24.00	Numero de datos	24.00

Se observó una mayor variación de la temperatura en el ambiente, sin embargo el substrato mostró un amortiguamiento para resistir a los cambios bruscos de temperatura durante el ciclo del cultivo.

6.2.2.2 Periodo de la segunda cosecha del Método tradicional

Las temperaturas máximas registradas en el área de producción para la segunda cosecha en el método tradicional se observó (Figura 31) que son menores que la temperatura máxima óptima, sin embargo al estar dentro de los límites requeridos se obtuvo una cosecha en menor tiempo en comparación con el método de los cilindros. Para el método de los cilindros la temperatura del ambiente fue la misma sin embargo no se obtuvo cosecha, pero se observó que las bolsas seguían en estado de incubación.

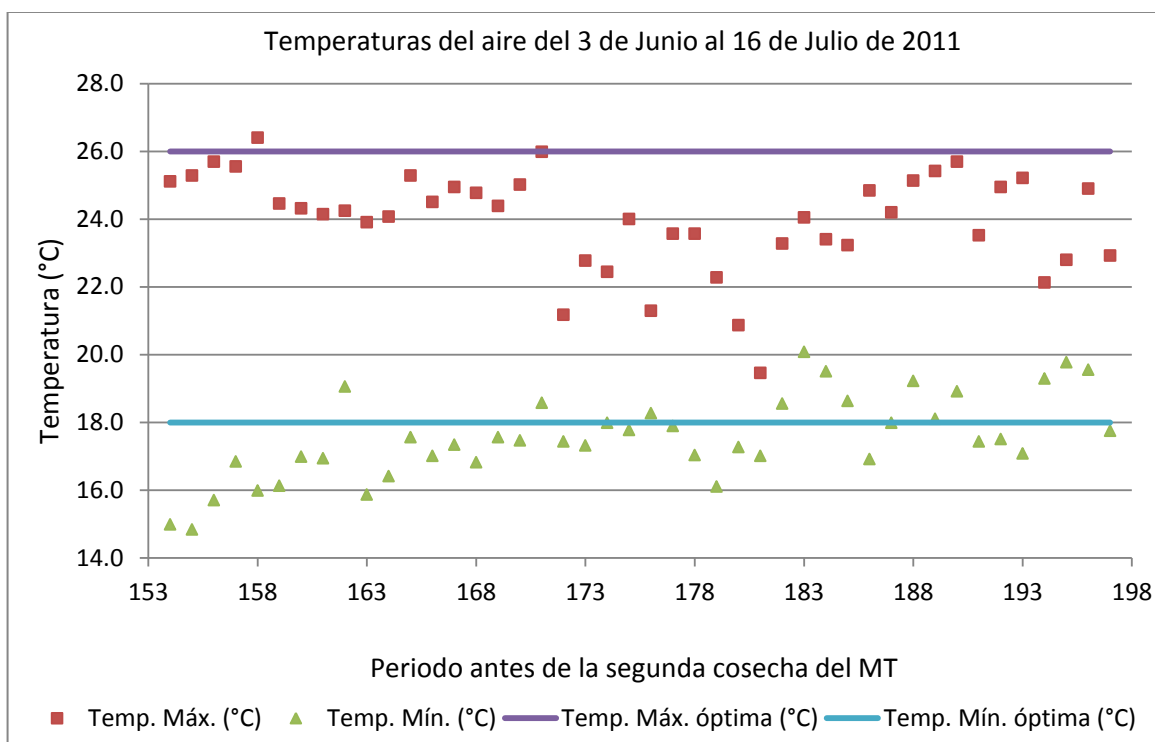


Figura 31. Temperaturas del aire antes de la segunda cosecha del MT y periodo de incubación del MC.

En el Cuadro 22 se muestran las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima ambiental registrada en el cuarto de producción que abarca la fase de la segunda cosecha para el método tradicional y que corresponde en tiempo al método de los cilindros que no presento cosecha alguna.

Cuadro 22. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 2.

<i>Temperatura máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>Temperatura mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	23.98	Media	17.56
Mediana	24.21	Mediana	17.45
Desviación estándar	1.47	Desviación estándar	1.23
Varianza de la muestra	2.18	Varianza de la muestra	1.52
Rango	6.94	Rango	5.24
Mínimo	19.46	Mínimo	14.84
Máximo	26.40	Máximo	20.08
Cuenta	44.00	Cuenta	44.00

Se observó que en la mayor parte de los días la temperatura máxima estuvo debajo de la requerida por lo que afectó la temperatura del substrato, también las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de la mínima requerida, por lo que el periodo de incubación se prolongó durante esta fase.

6.2.2.3 Periodo de la tercera cosecha del MT y segunda para el MC

La temperatura ambiental registrada estuvo por abajo y por encima de las recomendadas en la literatura, esto acelero el tiempo de incubación y cosecha. Debido a que la temperatura ambiental afecta la temperatura en el substrato de los dos métodos de cultivo (Figura 32).

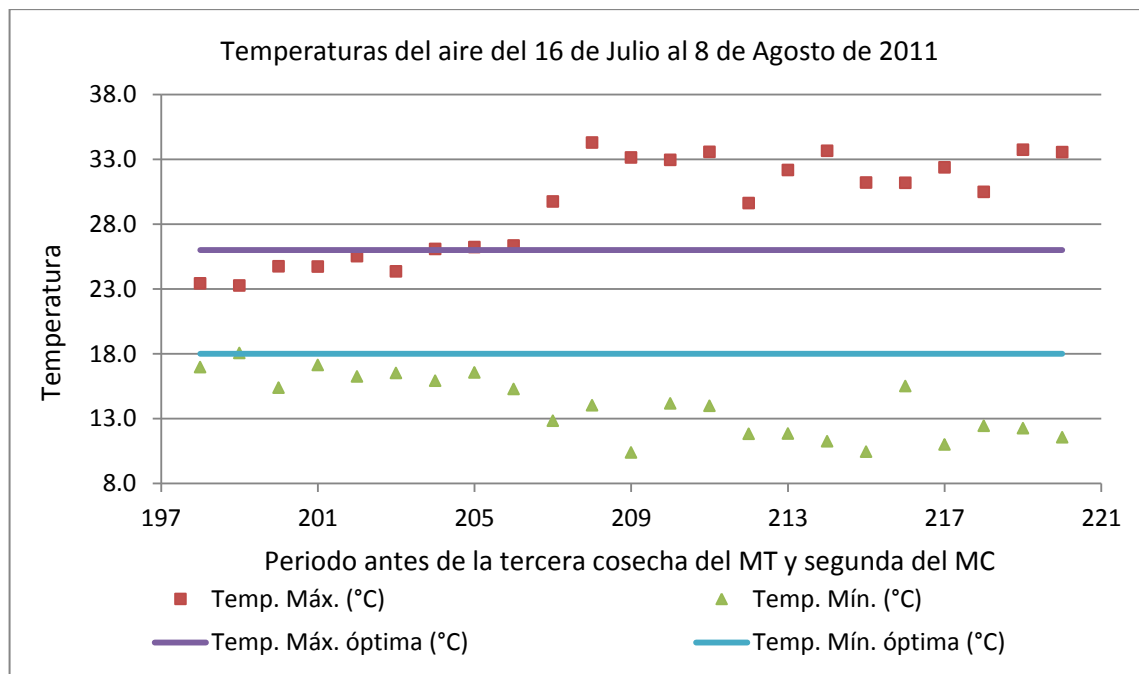


Figura 32. Temperaturas del aire antes de la tercera cosecha del MT y segunda del MC.

En el Cuadro 23 se presentan las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima ambiental registrada en el área de producción que abarca la fase de la tercera cosecha para el método tradicional y corresponde a la segunda cosecha del método de los cilindros.

Cuadro 23. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 3.

<i>Temperatura máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>Temperatura mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	29.41	Media	13.98
Mediana	30.50	Mediana	14.03
Desviación estándar	3.90	Desviación estándar	2.40
Varianza de la muestra	15.17	Varianza de la muestra	5.76
Rango	11.03	Rango	7.66
Mínimo	23.26	Mínimo	10.39
Máximo	34.28	Máximo	18.06
Numero de datos	23.00	Numero de datos	23.00

Se observó que en la mayor parte de los días la temperatura máxima estuvo debajo de la requerida por lo que afectó la temperatura del substrato, también las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de la mínima requerida, por lo que el periodo de incubación se prolongó durante esta fase.

6.2.2.4 Periodo de la cuarta cosecha para MT y tercera cosecha del MC

Se obtuvo un total de 4 cosechas para el método tradicional y tres para el método de los cilindros. Se observó que tanto la temperatura máxima y mínima registradas estuvieron por arriba y por abajo respectivamente de las recomendadas en la literatura (Figura 33).

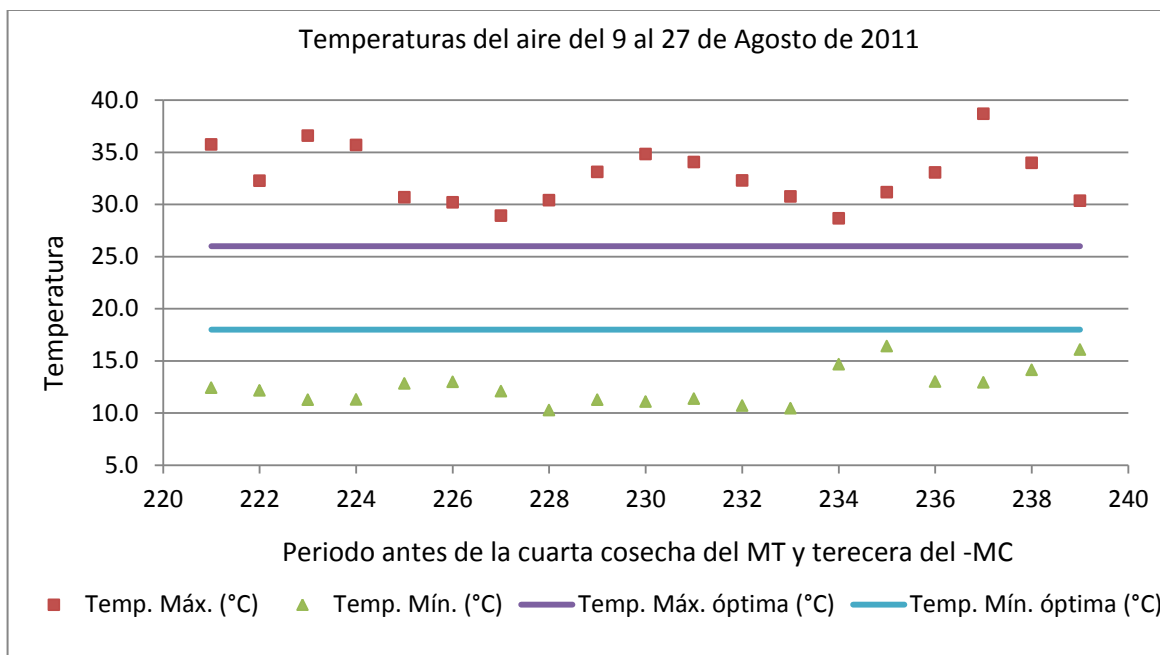


Figura 33. Temperaturas del aire antes de la cuarta cosecha del MT y tercera del MC.

En el cuadro 24 se muestran las estadísticas básicas de la temperatura máxima y mínima ambiental en el área de producción que abarca la fase de la cuarta cosecha para el MT y corresponde a la tercera cosecha del MC.

Cuadro 24. Estadísticas básicas de la temperatura del aire en el periodo 4.

<i>Temperatura máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>Temperatura mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	32.70	Media	12.48
Mediana	32.28	Mediana	12.15
Desviación estándar	2.75	Desviación estándar	1.77
Varianza de la muestra	7.54	Varianza de la muestra	3.14
Rango	10.03	Rango	6.12
Mínimo	28.64	Mínimo	10.27
Máximo	38.67	Máximo	16.39
Numero de datos	19.00	Numero de datos	19.00

En esta fase se observó que todos los días la temperatura máxima estuvo por encima de la requerida por lo que mejoro las condiciones de temperatura en el substrato, también las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de la

mínima requerida. En el cuadro 25 se presentan las temperaturas promedio de las máximas y mínimas registradas en cada fase del cultivo de hongos en el área de crecimiento.

Cuadro 25. Temperaturas promedio de máximas y mínimas del aire en el área de producción

	Temp Max	Temp Mín	Temp Mín opt	Temp Max opt
Fase 1	29.62	17.97	18.00	26.00
Fase 2	23.98	17.56	18.00	26.00
Fase 3	29.41	13.98	18.00	26.00
Fase 4	32.70	12.48	18.00	26.00

En la Figura 34 se observa que para las temperaturas máximas promedio de la fase 1, 3 y 4 en el área de producción estuvieron por encima de la temperatura máxima óptima y en la segunda fase el descenso de temperatura provocó un bajo rendimiento del MT y un retraso en cosecha para el MC.

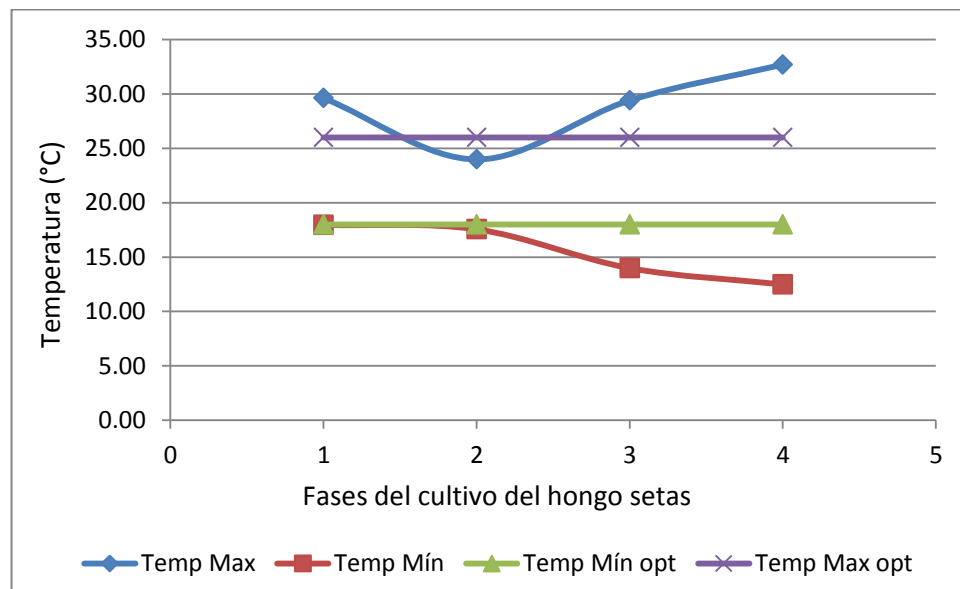


Figura 34. Temperaturas mínimas y máximas promedio en el cultivo de hongo setas

6.2.3 Humedad relativa (HR) registrada en el interior del cuarto de producción

La humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. Ardón (2007), menciona que la humedad relativa mínima y máxima para inducir el crecimiento de primordios es de 85 a 95%.

6.2.3.1 Periodo de la primera cosecha del MT y MC

La humedad relativa registrada en el cuarto de producción se realizó para todo el ciclo de cultivo, sin embargo se considera conveniente presentarla por fases que comprenden cada una de las cosechas obtenidas.

Se utilizaron tres extractores de aire de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ para evacuar el exceso de humedad dentro del cuarto de producción.

En la Figura 35 se muestra la humedad relativa registrada en el cuarto de producción para la primera cosecha. En ambos métodos de cultivo la cosecha se llevó a cabo en la misma fecha. Se observó que la HR máxima registrada se encuentra fuera del rango óptimo de crecimiento lo que influye directamente en el buen desarrollo del cuerpo del hongo seta.

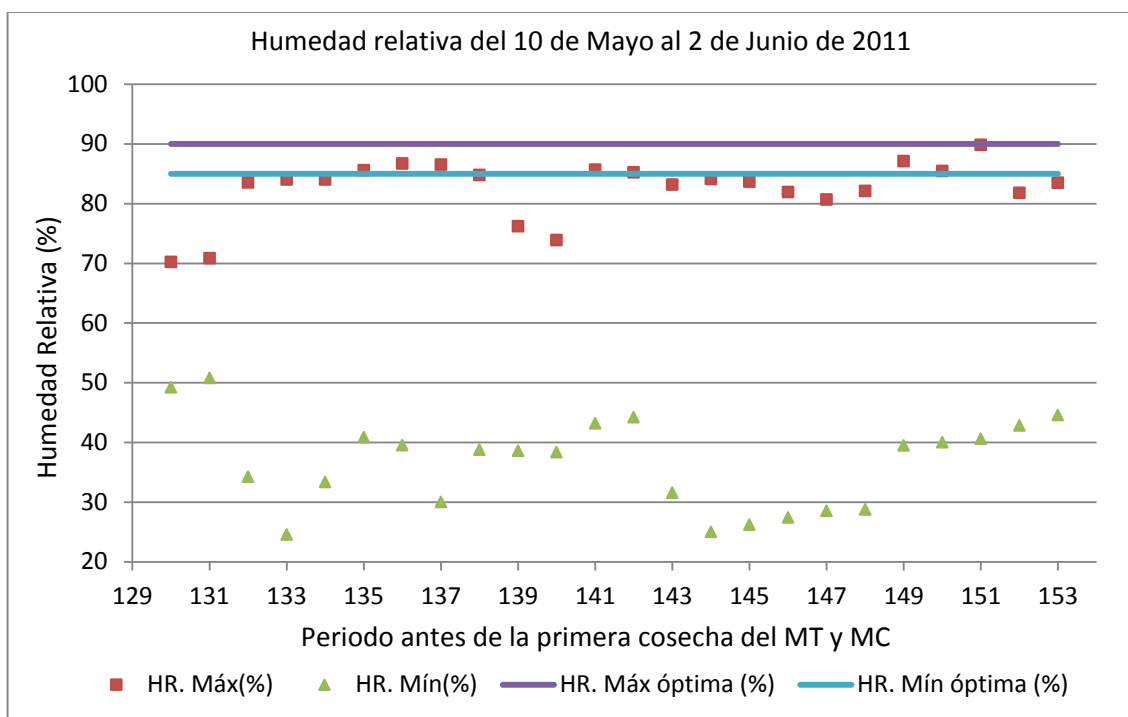


Figura 35. Humedad relativa del área de producción antes de la primera cosecha del MT y MC.

En el Cuadro 26 se muestran las estadísticas básicas de la humedad relativa máxima y mínima ambiental registrada en el área de producción que abarca la fase de la primera cosecha para el método tradicional y el de cilindros.

Cuadro 26. Estadísticas básicas de la HR del área de producción

<i>HR máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>HR mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	82.50	Media	36.69
Mediana	83.81	Mediana	38.67
Desviación estándar	4.96	Desviación estándar	7.57
Varianza de la muestra	24.59	Varianza de la muestra	57.32
Rango	19.63	Rango	26.19
Mínimo	70.20	Mínimo	24.57
Máximo	89.83	Máximo	50.76
Numero de datos	24.00	Numero de datos	24.00

En esta fase se observó que la humedad relativa presentó un amplio rango de variación entre los valores máximo y mínimo por lo que en horas de insolación la baja humedad afectó la calidad del hongo seta.

6.2.3.2 Periodo de la segunda cosecha del MT

La HR máxima y mínima registradas para la segunda cosecha en el MT (Figura 36), se observó que presentan mucha variación y un rango amplio entre la máxima y la mínima. A partir del 16 de Junio de 2011 la HR comenzó aumentar, sin embargo también se empezó a registrar un descenso de temperatura en el área de producción y en el interior del sustrato.

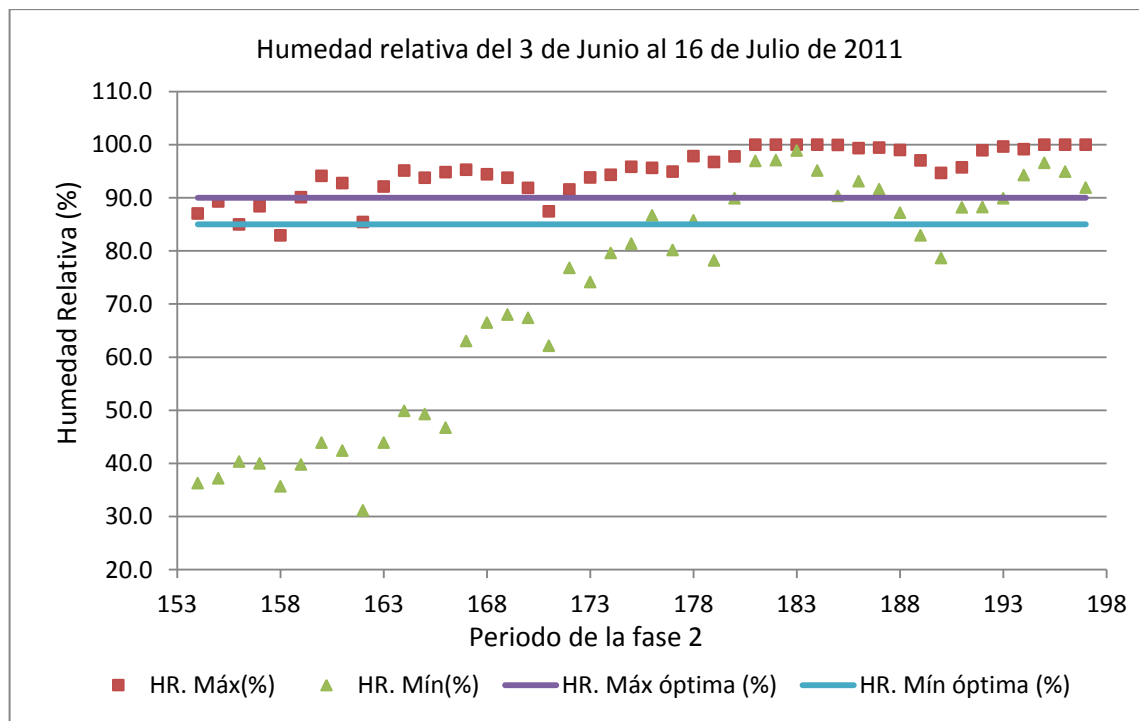


Figura 36. Humedad relativa del área de producción antes de la segunda cosecha del MT.

En el Cuadro 27 se muestran las estadísticas básicas de la humedad relativa máxima y mínima ambiental registrada en el área de producción que abarca la fase de la segunda cosecha para el método tradicional y con el método de los cilindros que no presentó cosecha alguna

Cuadro 27. Estadísticas básicas de la HR del área de producción

<i>HR máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>HR mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	94.89	Media	71.64
Mediana	95.20	Mediana	79.14
Desviación estándar	4.65	Desviación estándar	22.01
Varianza de la muestra	21.67	Varianza de la muestra	484.25
Rango	17.06	Rango	67.75
Mínimo	82.94	Mínimo	31.15
Máximo	100.00	Máximo	98.90
Numero de datos	44.00	Numero de datos	44.00

En esta fase se observó que la humedad relativa aumento a la mitad de esta fase y se presentó debido a la disminución de temperatura por lo que altos valores de la humedad afectaron las condiciones dentro del área de producción.

6.2.3.3 Periodo de la tercera cosecha del MT y segunda del MC

La humedad relativa en esta fase mostró buen comportamiento los primeros 8 días y a partir del día 23 de Julio comenzó a descender (Figura 37).

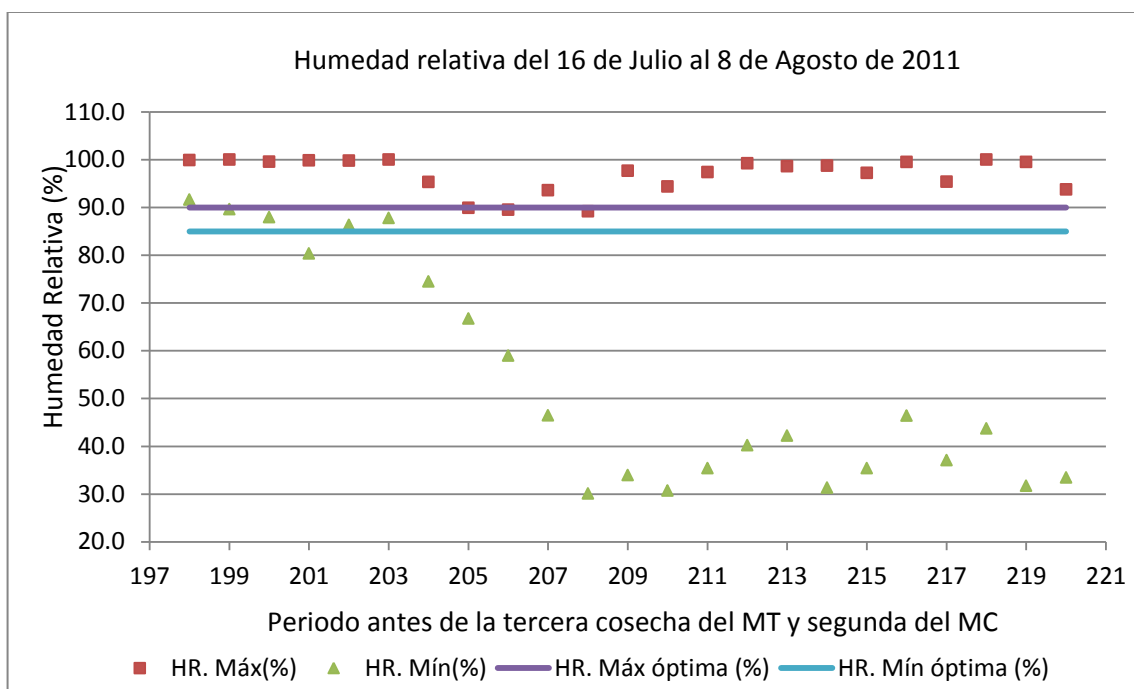


Figura 37. Humedad relativa del área de producción antes de la tercera cosecha del MT y segunda del MC.

En el Cuadro 28 se muestran las estadísticas básicas de la humedad relativa máxima y mínima ambiental registrada en el cuarto de producción que abarca la fase de la tercera cosecha para el método tradicional y corresponde a la segunda cosecha del método de los cilindros.

Cuadro 28. Estadísticas básicas de la HR del área de producción

<i>HR máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>HR mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	96.87	Media	53.99
Mediana	98.60	Mediana	43.73
Desviación estándar	3.59	Desviación estándar	23.17
Varianza de la muestra	12.91	Varianza de la muestra	536.82
Rango	10.84	Rango	61.54
Mínimo	89.16	Mínimo	30.10
Máximo	100.00	Máximo	91.64
Numero de datos	23.00	Numero de datos	23.00

Se observó que la humedad relativa presentó una mayor variación a la mitad de esta fase y fue debido al aumento de temperatura el invernadero.

6.2.3.4 Periodo de la cuarta cosecha para MT y tercera del MC

Se obtuvo un total de 4 cosechas para el método tradicional y tres para el método de los cilindros, y para la última cosecha la duración fue la misma. Se observó que tanto la HR máxima y mínima registradas en el área de producción estuvieron por arriba y muy por debajo de la mínima óptima respectivamente, esto se debe a que en el invernadero las temperaturas también fueron altas durante el día y bajas en la noche (Figura 38).

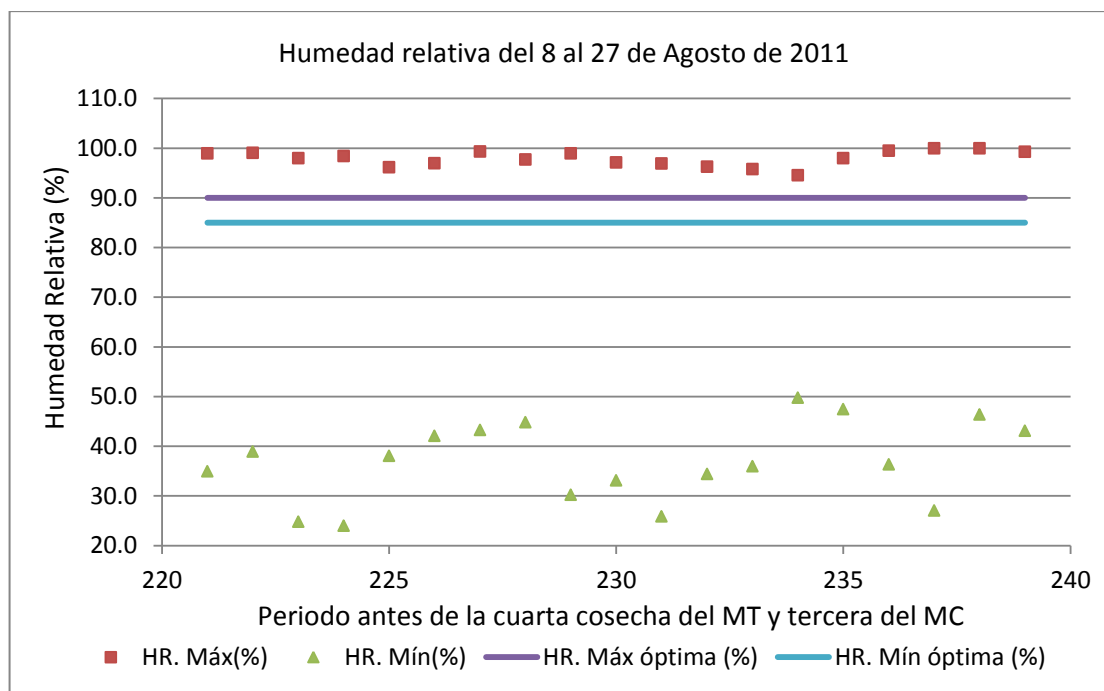


Figura 38. Humedad relativa del área de producción antes de la cuarta cosecha del MT y tercera del MC.

En el Cuadro 29 se muestran las estadísticas básicas de la humedad relativa máxima y mínima ambiental registrada en el cuarto de producción que abarca la fase de la cuarta cosecha para el método tradicional y corresponde a la tercera cosecha del método de los cilindros.

Cuadro 29. Estadísticas básicas de la HR del área de producción

<i>HR máxima</i>	<i>Valor</i>	<i>HR mínima</i>	<i>Valor</i>
Media	97.95	Media	36.89
Mediana	97.99	Mediana	36.35
Desviación estándar	1.54	Desviación estándar	7.97
Varianza de la muestra	2.37	Varianza de la muestra	63.45
Rango	5.43	Rango	25.74
Mínimo	94.57	Mínimo	24.02
Máximo	100.00	Máximo	49.75
Numero de datos	19.00	Numero de datos	19.00

En el cuadro 30 se presenta la humedad relativa promedio de las máximas y mínimas registradas en cada fase del cultivo de hongos en el área de crecimiento.

Cuadro 30. Promedio de la humedad relativa máxima y mínima del área de producción.

	HR Máx	HR Mín	HR Mín. opt.	HR Máx opt.
Periodo 1	82.50	36.69	85.00	95.00
Periodo 2	94.89	71.64	85.00	95.00
Periodo 3	96.87	53.99	85.00	95.00
Periodo 4	97.95	36.89	85.00	95.00

En la Figura 39 se observa que la humedad relativa máxima promedio de la fase 2, 3 y 4 en el área de producción estuvieron por encima de la HR máxima óptima y en la segunda fase el descenso de temperatura provocó un bajo rendimiento del método tradicional y un retraso en cosecha para el de los cilindros.

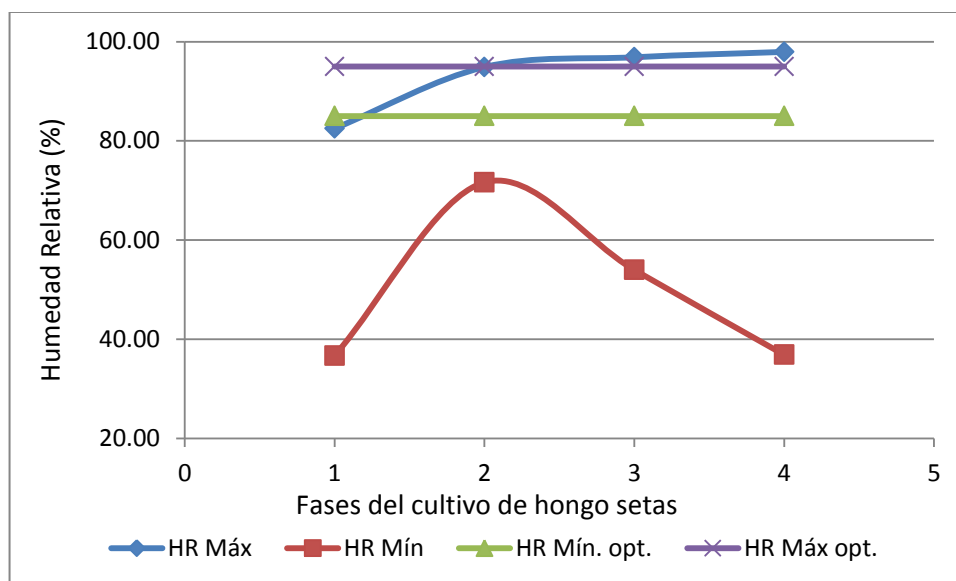


Figura 39. Humedad Relativa promedio en el cultivo de hongo setas

6.3 Peso fresco de los hongos

El peso fresco de los hongos seta se obtuvo al final de cada cosecha y se pesó en una báscula para cada una de las 28 bolsas pertenecientes a los cuatro tratamientos.

En el cuadro 31 se muestra la fecha de corte de los hongos para cada tratamiento, cada tratamiento tuvo en promedio una duración de 7 días desde que se inició el crecimiento del primordio hasta el día de la cosecha.

Cuadro 31. Fechas de corte en cada tratamiento.

Tratamiento	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
I	1 de Junio	16 de Julio	8 de Agosto	27 de Agosto
II	2 de Junio	16 de Julio	8 de Agosto	27 de Agosto
III	1 de Junio	8 de Agosto	27 de Agosto	
IV	1 de Junio	8 de Agosto	27 de Agosto	

En el cuadro 32 se presenta el peso fresco para cada tratamiento con su respectivo número de cosecha.

Cuadro 32. Peso fresco de frutos expresado en gramos para cada una de las cosechas de los cuatro tratamientos.

Número de cosecha	Método tradicional		Numero de cosecha	Método de los cilindros	
	Con nitrógeno	Sin nitrógeno		Con nitrógeno	Sin nitrógeno
	Peso fresco (g)	Peso fresco (g)		Peso fresco (g)	Peso fresco (g)
Cosecha 1: 1 de Junio	628	577	Cosecha 1: 2 de Junio	624	741
	568	788		566	778
	556	701		592	705
	491	726		605	728
	595	718		739	820
	585	750		561	559
	553	692		624	764
Cosecha 2: 16 de Julio	319	0	Cosecha 2: 8 de Agosto	175	314
	226	0		192	448
	324	252		310	235
	285	0		265	586
	310	0		292	373
	355	357		176	298
	335	347		213	299
Tercer cosecha: 8 de Agosto	111	312	Tercer cosecha: 27 de Agosto	348	289
	35	325		266	345
	40	167		215	357
	23	363		254	330
	19	316		320	268
	120	311		390	366
	0	247		175	242
Cuarta cosecha: 27 de Agosto	259	247			
	220	130			
	330	318			
	80	215			
	320	58			
	70	100			
	0	180			

En la Figura 40 se observa que el tratamiento IV presentó en las tres cosechas un mayor peso fresco en comparación con los demás. A pesar de que se presentaron bajas temperaturas en el interior de las 14 bolsas de este tratamiento solo tres cosechas se obtuvieron.

El tratamiento II presentó una buena cosecha de peso fresco, pero en la segunda presenta una disminución en la obtención de hongo fresco. El

tratamiento III presentó tres cosechas debido al descenso de temperatura en el sustrato. Se observó que a menor temperatura en el sustrato el tiempo de incubación aumenta. El tratamiento I fue el que presentó un menor peso fresco esto debido a la aplicación de nitrógeno según el análisis de varianza que se presenta más adelante.

En el cuadro 33 se presenta el promedio del peso fresco para cada tratamiento con su respectivo número de cosecha.

Cuadro 33. Peso fresco promedio (g) para cada tratamiento

Tratamiento	Peso fresco (g)				Total
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	
Trat. I	568.0	307.7	49.7	182.7	1108.1
Trat. II	707.4	136.6	291.6	178.3	1313.9
Trat. III	615.9	231.9	281.1		1128.9
Trat. IV	727.9	364.7	313.9		1406.4

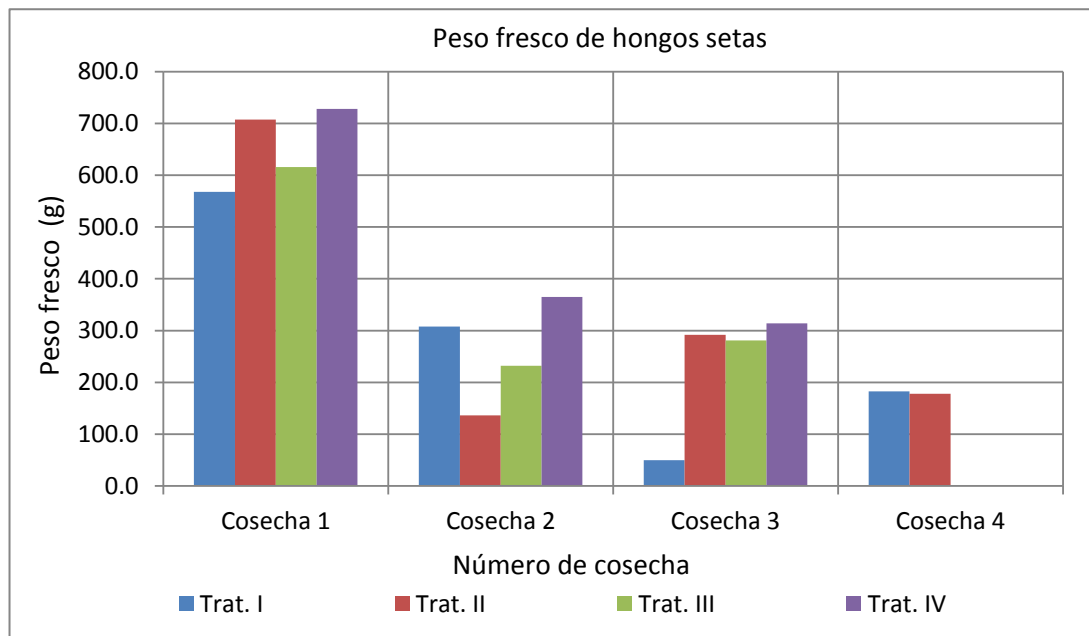


Figura 40. Promedio de peso fresco de hongos setas

Se realizó el análisis de varianza para comprobar si el peso fresco promedio tanto en el MT como en el MC son igual para la primera y última cosecha de ambos métodos (Apéndice 3). En el cuadro 34 se muestra que factor mostró mayor efecto en el peso fresco obtenido para la primera cosecha (Cuadro 34).

Cuadro 34. Resumen ANOVA para el peso fresco de la primera cosecha

VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
Método de cultivo	1.96	4.26	NO HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	26.56	4.26	HAY D.S.
Interacción	0.32	4.26	NO HAY D.S.

El factor nitrógeno afectó el rendimiento de la primera cosecha y el método de cultivo resulta ser indiferente y es posible debido a que en la primera cosecha las temperaturas del sustrato fueron favorables para ambos métodos de cultivo.

Para la cuarta cosecha del método tradicional y tercera cosecha del método de los cilindros se realizó otro análisis de varianza, esto debido a que ambas cosechas se presentaron en el mismo tiempo (Cuadro 35).

Cuadro 35. Resumen ANOVA para el peso fresco de la primera cosecha

VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
Método de cultivo	11.44	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.17	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	0.29	4.26	NO HAY D.S.

El factor método de cultivo afectó el rendimiento de la cuarta cosecha del método tradicional comparado con la tercera de los cilindros. En la última etapa la temperatura del ambiente y la del sustrato se mostró más favorable con el método de los cilindros lo que hizo que se obtuviera mejores resultados.

6.3.1 Eficiencia biológica

La eficiencia biológica (EB) fue estimada mediante la relación que se obtiene de dividir el peso de los hongos frescos cosechados entre el sustrato seco utilizado y multiplicado por cien (Royse, 1985). Baena (2005), reporta valores obtenidos de eficiencia biológica máxima de 153.50%, promedio de 138.95% y una mínima de 125.43% obtenida en cultivo de *Pleurotus ostreatus* en paja de trigo sin aplicación de nitrógeno. Según Salmones *et al.* (1997), la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento. En términos sencillos, cada bolsa de un kilogramo de sustrato seco deberá producir 1 kilogramo de hongo fresco en total.

En el cuadro 36 se presenta la eficiencia biológica total para los cuatro tratamientos

Cuadro 36. Eficiencia biológica (%) para cuatro tratamientos

	Núm. de muestra	Con nitrógeno (peso fresco en g)	EB (%) con nitrógeno	Núm. de muestra	Sin nitrógeno (peso fresco en g)	EB (%) sin nitrógeno
Método tradicional	1	1317	164.6	8	1136	142.0
	2	1049	131.1	9	1243	155.4
	3	1250	156.3	10	1438	179.8
	4	879	109.9	11	1304	163.0
	5	1244	155.5	12	1092	136.5
	6	1130	141.3	13	1518	189.8
	7	888	111.0	14	1466	183.3
Método de los cilindros	1	1147	143.4	8	1344	168.0
	2	1024	128.0	9	1571	196.4
	3	1117	139.6	10	1297	162.1
	4	1124	140.5	11	1644	205.5
	5	1351	168.9	12	1461	182.6
	6	1127	140.9	13	1223	152.9
	7	1012	126.5	14	1305	163.1

Para una mayor claridad se determinó la eficiencia máxima, media y mínima por cada tratamiento (Cuadro 37).

Cuadro 37. Eficiencia biológica (%), EB máxima, media y mínima para cuatro tratamientos

Tratamiento	Media	Mínimo	Máximo
I	138.52	109.88	164.63
II	164.23	136.50	189.75
III	141.11	126.50	168.88
IV	175.80	152.88	205.50

En la Figura 41 se muestra las eficiencias biológicas promedio de la EB máxima, mínima y promedio para los cuatro tratamientos.

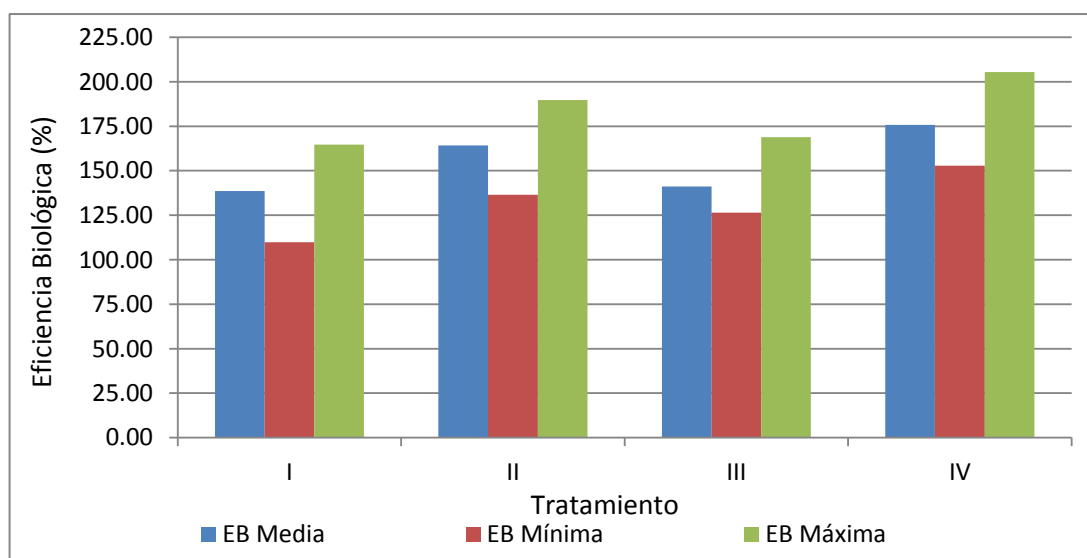


Figura 41. Eficiencia biológica para cuatro tratamientos

La eficiencia más alta se obtuvo en el tratamiento IV y EB mínima en el tratamiento I. Contrario a lo que reporta Baena en 2005, en este trabajo de investigación se obtuvo menor EB al aplicar nitrógeno a partir de Sulfato de amonio, debido a las bajas temperaturas que se registraron.

6.4 Materia seca

Después de cada cosecha y una vez registrado el peso en fresco de cada muestra, éstas fueron llevadas al laboratorio de Muestro y Análisis de Suelo y Agua del Departamento de Irrigación para la obtención de la materia seca. Cada muestra se introdujo a una estufa de secado durante 48 horas a una temperatura de 60 °C. Pasadas las 48 horas con una báscula de precisión se pesaron todas las muestras y se registró su valor obtenido.

En el cuadro 38 se reportan los valores obtenidos de materia seca para cada muestra de los 4 tratamientos.

Cuadro 38. Materia seca de hongos setas en g.

Numero de cosecha	Método tradicional		Numero de cosecha	Método de los cilindros	
	Con nitrógeno	Sin nitrógeno		Con nitrógeno	Sin nitrógeno
	Peso fresco (g)	Peso fresco (g)		Peso fresco (g)	Peso fresco (g)
Cosecha 1: 1 de Junio	34.4	38.5	Cosecha 1: 2 de Junio	38.9	54.7
	31.8	44.2		37.2	54.9
	36.4	42.4		44.8	54.7
	32.1	41.5		47.1	56.2
	35.6	47.9		46.6	59.4
	33.8	45.2		42.1	37.9
	33	46.3		45.5	49.3
Cosecha 2: 16 de Julio	30	0	Cosecha 2: 8 de Agosto	23.7	35.1
	22	0		19	50.9
	33	27		34	24.4
	30	0		34.5	72.1
	33	0		34	42.7
	39	33		18.8	31.4
	31	35		24.7	29.4
Tercer cosecha: 8 de Agosto	11.7	29.9	Tercer cosecha: 27 de Agosto	33	30
	3.6	33		28	33
	4.5	18.6		24	35
	2.4	37		23	34
	2.1	36		34	28
	12.8	33		35	35
	0	27		18	26
Cuarta cosecha: 27 de Agosto	28	25			
	21	14			
	35	35			
	9	24			
	34	7			
	8	11			
	0	19			

En el cuadro 39 se presenta el promedio de la materia seca para cada tratamiento con su respectivo número de cosecha.

En la Figura 42 se observa que el tratamiento IV presentó en las tres cosechas una mayor materia seca en comparación con los demás tratamientos. A pesar de que se presentaron bajas temperaturas en el interior de las 14 bolsas de este tratamiento y solo tres cosechas.

El tratamiento I fue el que presentó una menor cantidad de materia, esto debido a la aplicación de nitrógeno según el análisis de varianza que se presenta más adelante. El tratamiento II ocupó el segundo lugar en tener más cantidad de materia seca total con 107.21 g. En la segunda cosecha se presentó una disminución, sin embargo esto se debió principalmente al descenso de temperatura en el área de crecimiento. El tratamiento III presentó tres cosechas debido al descenso de temperatura en el sustrato. Se observó que a menor temperatura en el sustrato el tiempo de incubación se prolonga. La materia seca obtenida total para este tratamiento fue de 97.98 g.

Cuadro 39. Materia seca promedio (g) para cada tratamiento

Tratamiento	Materia seca (g)				Total
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	
I	33.9	31.1	5.3	19.3	89.6
II	43.7	13.6	30.6	19.3	107.2
III	43.2	27.0	27.9		98.0
IV	52.4	40.9	31.6		124.9

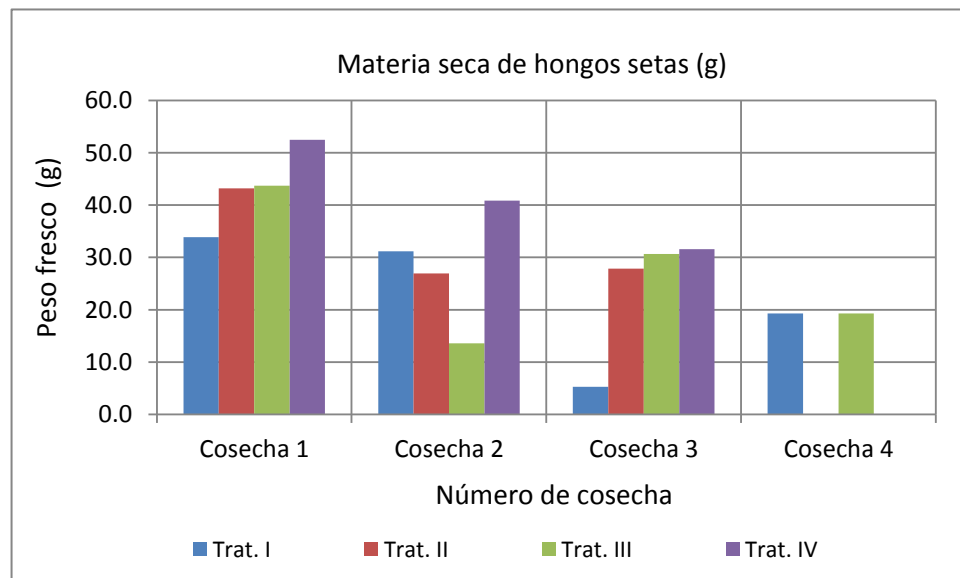


Figura 42. Materia seca promedio para los cuatro tratamientos

Se realizó el análisis de varianza para comprobar si la materia seca promedio tanto en el MT como en el MC son igual para la primera y última cosecha de ambos métodos (Apéndice 4). En el cuadro 40 se muestra que factor mostró mayor efecto en la obtención de materia seca para la primera cosecha.

Cuadro 40. Resumen ANOVA para la materia seca de la primera cosecha

VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
Método de cultivo	29.12	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	32.74	4.26	HAY D.S.
Interacción	0.03	4.26	NO HAY D.S.

Los dos factores afectaron en la cantidad de materia seca para la primera cosecha y la interacción entre ambos resulta ser indiferente. Las temperaturas del sustrato para la primera cosecha fueron favorables para ambos métodos de cultivo.

Se realizó un análisis de varianza para conocer que factor mostró mayor efecto en la materia seca obtenida para la cuarta cosecha del método tradicional comparada con la tercera cosecha del método de los cilindros (Cuadro 41).

Cuadro 41. Resumen ANOVA para la materia seca de la primera cosecha

VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
Método de cultivo	9.02	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.29	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	0.29	4.26	NO HAY D.S.

El factor método de cultivo afectó la cantidad de materia seca para la cuarta cosecha. La interacción entre ambos y la dosis de nitrógeno resultó ser indiferente. Las temperaturas del sustrato para esta fase fueron favorables para ambos métodos de cultivo.

6.5 Porcentaje de humedad en hongos setas

El porcentaje de humedad en frutos se calculó con la siguiente formula descrita por Miller (1998):

$$\text{Porcentaje de Humedad} = (\text{Peso Fresco} - \text{Peso seco}) * 100 / \text{Peso Fresco}$$

En el Cuadro 42 se presentan los valores de todos los porcentajes de humedad para los cuatro tratamientos.

Cuadro 42. Porcentaje de humedad (%) de los carpóforos

Numero de cosecha	Método tradicional		Numero de cosecha	Método de los cilindros	
	Con nitrógeno % de humedad	Sin nitrógeno % de humedad		Con nitrógeno % de humedad	Sin nitrógeno % de humedad
Cosecha 1	94.5	93.3	Cosecha 1	93.8	92.6
	94.4	94.4		93.4	92.9
	93.5	94.0		92.4	92.2
	93.5	94.3		92.2	92.3
	94.0	93.3		93.7	92.8
	94.2	94.0		92.5	93.2
	94.0	93.3		92.7	93.5
Cosecha 2	90.6	0	Cosecha 2	86.5	88.8
	90.3	0		90.1	88.6
	89.8	89.3		89.0	89.6
	89.5	0		87.0	87.7
	89.4	0		88.4	88.6
	89.0	90.8		89.3	89.5
	90.7	89.9		88.4	90.2
Cosecha 3	89.5	90.4	Cosecha 3	90.5	89.6
	89.7	89.8		89.5	90.4
	88.8	88.9		88.8	90.2
	89.6	89.8		90.9	89.7
	88.9	88.6		89.4	89.6
	89.3	89.4		91.0	90.4
Cosecha 4		89.1		89.7	89.3
	89.2	89.9			
	90.5	89.2			
	89.4	89.0			
	88.8	88.8			
	89.4	87.9			
	88.6	89.0			
		89.4			

En el Cuadro 43 presentan los porcentajes de humedad promedio de cada tratamiento.

Cuadro 43. Valores de porcentaje de humedad promedio en hongos setas para cuatro tratamientos

	% de humedad			
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
Trat. I	94.0	89.9	89.3	89.3
Trat. II	93.8	90.0	89.4	89.0
Trat. III	93.0	88.4	90.0	
Trat. IV	92.8	89.0	89.9	

En la Figura 43 se muestra los porcentajes de humedad promedio para cuatro tratamientos y para cada cosecha.

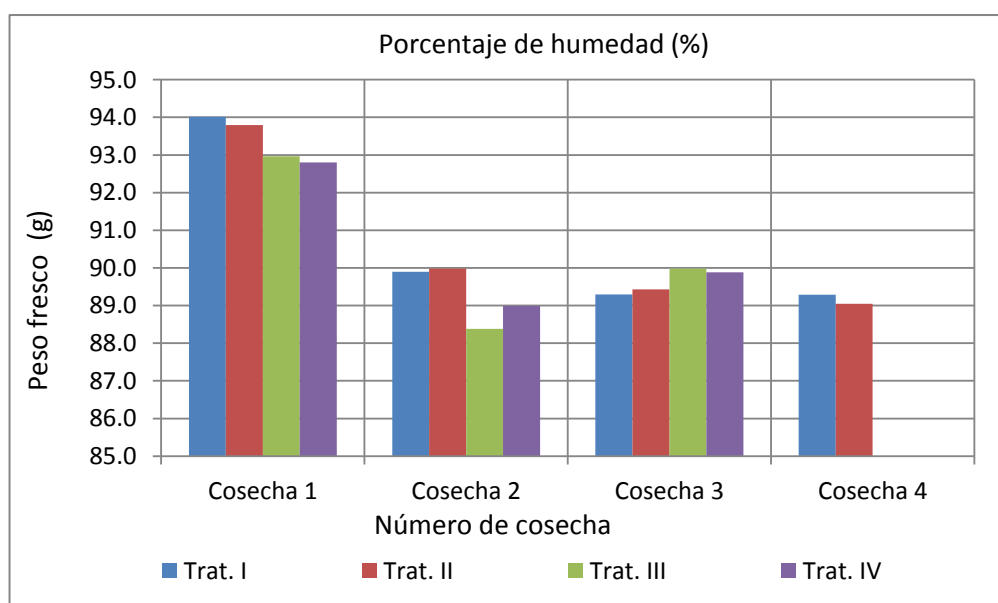


Figura 43. Porcentaje de humedad promedio para cuatro tratamientos

Se realizó el análisis de varianza para comprobar si el porcentaje de humedad promedio de los cuerpos fructíferos tanto en el MT como en el MC son igual para la primera y última cosecha de ambos métodos (Apéndice 5). En el cuadro

44 se muestra que factor mostró mayor efecto en el porcentaje de humedad para la primera cosecha.

Cuadro 44. Resumen ANOVA para el porcentaje de humedad (%) de la primera cosecha.

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Método de cultivo	28.01	4.26	HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.98	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	0.02	4.26	NO HAY D.S.

El método de cultivo afectó el porcentaje de humedad del cuerpo fructífero para la primera cosecha. La interacción entre ambos factores y la dosis de nitrógeno resultó ser indiferente. Se realizó un análisis de varianza para la cuarta cosecha del MT y se comparó con la tercera del MC (Cuadro 45).

Cuadro 45. Resumen ANOVA para el porcentaje de humedad (%) de la primera cosecha

VARIABLE	Fo	F	RESULTADO
Método de cultivo	1.25	4.26	NO HAY D.S.
Dosis de nitrógeno	0.95	4.26	NO HAY D.S.
Interacción	0.98	4.26	NO HAY D.S.

Los dos factores ni la interacción de ambos afectó el porcentaje de humedad del cuerpo fructífero. A pesar de las variaciones de la humedad relativa en el ambiente, con el uso de los nebulizadores se logró mantener niveles de humedad óptimos en el invernadero y evitó que los hongos se deshidrataran durante el día.

6.6 Rendimiento

El rendimiento fue la variable más importante en este trabajo de investigación y se calculó utilizando la siguiente formula:

Rendimiento=Número de bolsas por metro cuadrado*Peso fresco total de los hongos por cosecha

El Cuadro 46 presenta el rendimiento promedio de 3 bolsas en kilogramos por metro cuadrado.

Cuadro 46. Rendimiento de 3 bolsas en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)			
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
Trat. I	1.7	0.9	0.2	0.6
Trat. II	2.1	1.0	0.9	0.5
Trat. III	1.8	0.7	0.8	
Trat. IV	2.2	1.1	0.9	

De acuerdo a la Figura 44 se puede observar que el tratamiento de los cilindros con nivel cero de nitrógeno presenta un mayor rendimiento.

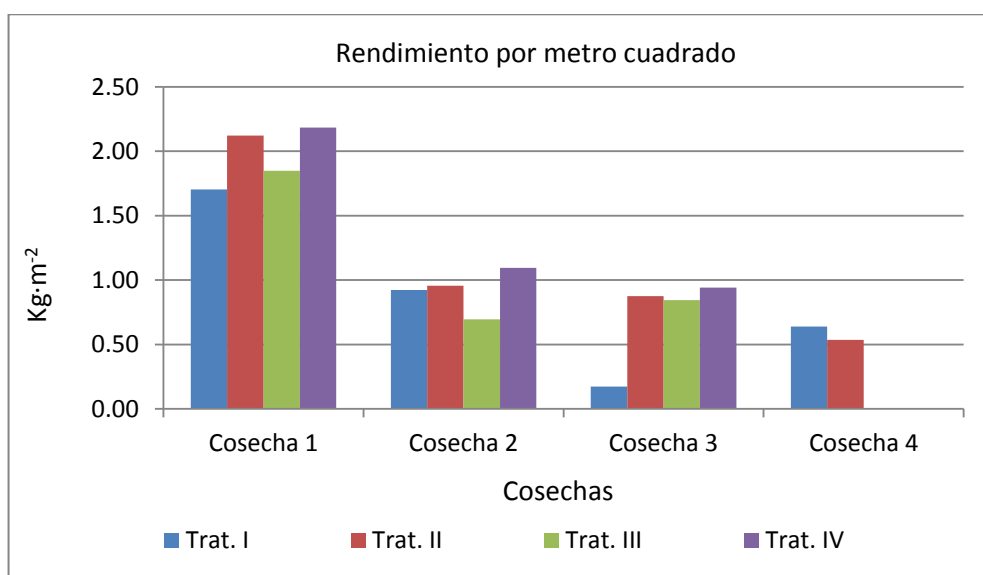


Figura 44. Rendimiento por cosecha

El rendimiento del hongo seta se ve afectado por las bajas temperaturas presentes en el substrato, en la cosecha 1 el tratamiento I obtuvo un

rendimiento de $1.7 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ que fue el más bajo y se presentaron temperaturas de 24.67°C como máxima y 20.47°C como mínima.

Sin embargo también se ve beneficiado con altas temperaturas como es el caso del método de los cilindros para la primera cosecha en la que el rendimiento más alto se obtuvo en el tratamiento IV con $2.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ y presentó una temperatura máxima de 26.27°C y 20.20°C como mínima.

El micelio permaneció en estado de incubación para una temperatura máxima de 23.76°C y una mínima de 19.31°C en el método de cultivo en cilindros. Sin embargo para una temperatura máxima 22.05°C y mínima de 18.49°C en el método de cultivo tradicional con nitrógeno el rendimiento fue de $0.9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ y en el método tradicional sin nitrógeno fue de $0.4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Para la última cosecha se observó que para altas temperaturas (MT= 27.24°C y MC= 29.19°C) el periodo de incubación se reduce en tiempo, lo que es positivo ya que entre más rápido salgan las cosechas, mejor aún es para el productor. El periodo de incubación necesario para la última cosecha de cada método fue de 11 días. Con un rendimiento de $0.6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para el tratamiento I, $0.5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para el II, $0.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ para el III y 0.9 para el IV.

El efecto de la temperatura ambiental sobre el substrato es que cuando la primera aumenta o desciende entonces la temperatura del substrato también aumenta o desciende pero en menor grado de oscilación.

En la primera cosecha se presentó una temperatura máxima en el ambiente de 32.43 °C y una mínima de 14.7 °C, sin embargo, en el substrato del método de los cilindros alcanzó 26.27 °C como máxima y una mínima de 20.20°C.

En la segunda cosecha del método tradicional comparada con el estado de incubación en el que siguió el método de los cilindros, se presentó una temperatura máxima en el ambiente de 34.28 °C y una mínima de 10.39 °C, sin embargo, en el substrato del método de los cilindros alcanzó 23.76 °C como máxima y una mínima de 19.31°C

Para la cuarta cosecha del método tradicional comparada con la tercera del método de los cilindros, se presentó una temperatura máxima en el ambiente de 38.67 °C y una mínima de 10.27 °C, sin embargo, en el substrato del método de los cilindros alcanzó 27.21 °C como máxima y una mínima de 18.04°C, y con esto el tiempo en periodo de incubación se reduce considerablemente.

La humedad relativa básicamente influye en el porcentaje de humedad que puede alcanzar el hongo seta. Y que en este experimento la humedad relativa es difícil mencionar el efecto ya que presentó mucha variación como es el caso del periodo que abarca hasta la primera cosecha en el que la HR máxima fue de 89.83% y la mínima de 24.57%. Y la HR recomendada debe estar entre 85 y 90%.

7 CONCLUSIONES

El hongo seta tiene amplia adaptabilidad a diferentes formas de cultivo, dando buen rendimiento total en el tratamiento I de $3.32 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, en el II de $3.94 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, en el III de $3.39 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ y en el IV de $4.22 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

El crecimiento del hongo seta presentó un amplio rango de adaptabilidad a temperaturas en el substrato que va desde 13.2°C como mínima promedio hasta 29.2°C como máxima promedio. La temperatura ambiental en que se desarrolló el hongo seta fue de 12.48°C hasta 32.7°C y para la humedad relativa le fueron benéficos valores de 36.69% a 97.95%. Cuando las temperaturas presentan menor oscilación y la máxima está debajo de la máxima óptima requerida el tiempo de incubación se prolonga y esto es perjudicial para el productor ya que corre el riesgo de que se presenten plagas en el cultivo.

La paja de trigo es uno de los materiales utilizados como substrato en el que el micelio se desarrolla mejor que en otros desechos agroindustriales, prueba de ello son las eficiencias biológicas obtenidas en este trabajo en el tratamiento I con 109.88% como mínima, en el tratamiento IV con 205.50% como máxima.

El micelio se ve afectado con altos niveles de nitrógeno y con bajas temperaturas, debido a que el micelio entra a una etapa de dormancia y el proceso de incubación se retarda y por consiguiente el rendimiento se ve disminuido.

LITERATURA CITADA.

- ✓ Ardón, C. E. 2007. La producción de hongos comestibles. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 102-106
- ✓ Badham, E. R. 1984. Modeling growth, development, transpiration and translocation in the mushroom *Psilocybe cubensis*. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 111, 159-164.
- ✓ Baena, G. A. 2005. Aprovechamiento del Bagazo del Maguey verde (Agave Salmiana) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la Producción de hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). Posgrado en Ciencias aplicadas. Instituto Potosino de Investigación científica y tecnológica, A. C. 41-45.
- ✓ Bechara M. A. 2005. *Agaricus bisporus* grain spawn substrate with S41 and S44 nutrient supplements. Annual International Meeting Sponsored by ASAE.
- ✓ Beetz A, Kustudia M (2004) Mushroom cultivation and marketing. Horticulture production guide (www.attra.ncat.org)
- ✓ Block, S.S., G. Tsao y L.H. Han 1959. Experiments on the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. Mush. Sci. 4, 309.
- ✓ Cailleux, R., A. Diop y A. Macaya-Lizano. 1976. *Pleurotus ostreatus* et formes afines: Compartiment cultural. Influence des sources carbonées et azotées sur le développement mycelien et la fructification. Mush. Sci. (9)1,595.

- ✓ Chang, S. T. 1999. Global impact of edible and medicinal mushrooms on human welfare in the 21st century: nongreen revolution. Int. Journal of Medicinal Mushrooms. 1: 1-7.
- ✓ Chang, S. T. 1980. Mushrooms as human food. American Institute of Biological Sciences. 30, 399-401.
- ✓ Chang, S. T., P. G. Miles. 2004. Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, environmental impact. CRC Press, Boca Raton.
- ✓ Eger, G., H. D. Gottwald y U. v Netzer. 1974. The action of light and other factors on sporophore initiation in *Pleurotus ostreatus*. In: K. Mori (ed). Mush. Sc. 9:575-583.
- ✓ Flegg, P. 1985. Biology and Technology of the Cultivated Mushroom. UMI Books on Demand. Ann Arbor, Michigan (1-800-521-0600).
- ✓ Gaitán-Hernández, R., 2007. Transferencia de tecnología de cultivo de *Pleurotus* spp, como alternativa de beneficio social y económico en el estado de Veracruz. El cultivo de setas *Pleurotus* spp en México. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula.
- ✓ Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto, C. y Guzmán, L. 1983. El cultivo de hongos comestibles. Primera edición. Edit. IPN. México, D. F. p. 2,150
- ✓ Hong, J. S. 1978. Studies on the physicochemical properties and the cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). J. Korean Agr. Chem. Soc. 21:3, 150-184.
- ✓ Kamra, D.N. y F. Zadrazil. 1986. Influence of gaseous phase, light and

substrate pretreatment on fruit body formation, lignin degradation and in vitro digestibility of wheat straw fermented with *Pleurotus spp.* Agr. wastes 18: 1-17.

- ✓ KONEMAN, E. 1997. Micología: práctica de laboratorio. Tercera Edición. Medica Panamericana. Buenos Aires, Argentina. 221 págs.
- ✓ Kues, U., Y. Liu. 2000. Fruiting body production in basidiomycetes. Appl. Microbiol. Biotechnol. 54: 141-152.
- ✓ Labarère, J. 1993. Métodos de la genética aplicados a la obtención y mejora de variedades comerciales de los hongos comestibles cultivados. I jornadas técnicas del champiñón y otros hongos comestibles en Castilla-La Mancha. CIES. Motilla de Palancar (España) 151-164.
- ✓ Laborde, J. (1989). Technologie moderne de production des Pleurotus. Mushroom Sci. 12 (Part II): 135-155.
- ✓ Manu-Tawiah, W y A.M. Martin. 1988. Nitrogen sources and the growth response of *Pleurotus ostreatus* mushroom mycelium Can. Inst. Food. Sci. Technol. J. 21:2,194-199.
- ✓ Mata G. y Martínez D. 1998. Estimación de la producción anual de Residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. Rev. Mex. Mic. 4: 287-296.
- ✓ Martínez-Carrera, D. 2000. Mushroom Biotechnology in Tropical America. The International Journal of Mushroom Sciences 3: 9-20.
- ✓ Martínez-Carrera, D., P. Morales., M. Sobal., M. Bonilla., W. Martínez. 2006. México ante la globalización en el siglo XXI: el sistema de

- producción consumo de los hongos comestibles. In: El cultivo de Pleurotus en México. ECOSUR-IE-UNAM-COLPOS, México, D. F.
- ✓ Martínez-Carrera, D., R. Leben, P. Morales, M. Sobal y A. Larqué-Saavedra, 1991. Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México. Ciencia y Desarrollo 96: 33-43.
 - ✓ Martínez-Carrera, D. y A. Larqué-Saavedra. 1990. Biotecnología en la producción de hongos comestibles. Ciencia y Desarrollo (CONACYT) 95: 53-64.
 - ✓ Miller, O Robert. 1998. Handbook of reference methods for plant analysis. Edited by Josh P. Kaira New York. 51,52 pp.
 - ✓ Muez, M.A., J. Pardo, 2001. La preparación del sustrato. In: Sánchez, J.E., D.J. Royse (eds.), La biología y el cultivo de Pleurotus spp. El Colegio de la Frontera Sur. Limusa–Grupo Noriega Editores. México, D.F. pp. 159–186.
 - ✓ Rajarathnam, S., Z. Bano y M.V. Patwardhan. 1986. Nutrition of the mushroom Pleurotus flabellatus during its growth on paddy straw substrate. J. Hort. Sc. 61: 2,223-232.
 - ✓ Royse, D.J. 1997. Specialty mushrooms and their cultivation. Hort. Rev. 19: 59-97.
 - ✓ Royse, D.J. and L.C. Schisler. 1987. Yield and size of Pleurotus ostreatus and Pleurotus sajor-caju as effected by delayed-release nutrient. Appl. Microbiol. Biotechnol. 26: 191-194.
 - ✓ Royse, D. J., Sánchez–Vázquez, J. E. 2001. La importancia del cultivo

de *Pleurotus* spp. Estadísticas mundiales de producción, con énfasis en Hispanoamérica. In: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Ecosur. El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Ed. 2001.

- ✓ Salmones D; Gaytan, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Interacción entre crecimiento micelial y productividad (en línea). Bilbao, España. Revista Iberoamericana de Micología 14:173-176. Consultado 8 nov. 2011. Disponible en <http://www.reviberoammicol.com/1997-14/173176.pdf>
- ✓ Sánchez Vásquez, JE. 1994. Producción de hongos comestibles. Centro de investigaciones ecológicas del Sur (CIES), San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 107 p.
- ✓ Sabeh, N. C., E. Wheeler, P. Heinemann y D. Beyer. 2006. Environmental conditions within small-scale agaricus bisporus mushroom production rooms. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 22, 23-31.
- ✓ Salmones D; Gaytan, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Interacción entre crecimiento micelial y productividad (en línea). Bilbao, España. Revista Iberoamericana de Micología 14:173-176. Consultado 6 jul. 2011. Disponible en <http://www.reviberoammicol.com/1997-14/173176.pdf>
- ✓ Salusso M. y L.B. Moraña, 1997. Cultivo de *Pleurotus laciniatocrenatus* en Argentina. Revista Iberoamericana de Micología 14:129-130.
- ✓ Sánchez-Vásquez J. E., D. J. Royse. 2001. Crecimiento y fructificación. In: La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. Ecosur. El Colegio de la

- Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. Ed. 2001.
- ✓ Singer, R. 1986. The Agaricales in modern taxonomy 4th ed. Koeltz Scientific Books, Koenigstein
 - ✓ Soto-Cruz O, Saucedo-Castañeda G, Pablos-Hach JL, Gutiérrez- Rojas M, Favela E. 1999. Effect of substrate composition on the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*. An analysis by mixture and response surface methodologies. *Process Biochemistry*; 35:127-133
 - ✓ Stamets, P. 1993. Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms. Editorial Ten Speed Press. Hong Kong. Pp 551
 - ✓ STAMETS, P. 2003. Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom. Editorial Olympia
 - ✓ Stolzer, S., K. Grabbe, 1991. Mechanisms of substrate selectivity in the cultivation of edible fungi. *Mushroom Science* 13:141-145.
 - ✓ Straatsma G., P. G. Gerrits., T. M. Gerrits., J. M. Op Den y L. D. Van Griensven. 1991. Growth kinetics of *agaricus bisporus* mycelium on solid substrate (mushroom compost). *Journal of General Microbiology*. 137, 1471-1477.
 - ✓ Zadrazil, F. 1974. The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *P florida*, *P cornucopiae* and *P eryngii*. *Mush. Sc.* 9: 621-652.

7.1 Apéndice 1. Análisis de varianza para los días de incubación

Análisis de varianza de dos factores para la primera fase de incubación en cuatro tratamientos.

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	195.5714286	1	195.5714286	54.57807309	1.25398E-07	4.259677273
Dosis de nitrógeno	2.285714286	1	2.285714286	0.637873754	0.432314749	4.259677273
Interacción	24.14285714	1	24.14285714	6.737541528	0.015858575	4.259677273
Dentro del grupo	86	24	3.583333333			
Total	308	27				

Análisis de varianza de dos factores para la segunda fase de incubación en cuatro tratamientos

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	6032.892857	1	6032.892857	1926.855513	1.94816E-24	4.259677273
Dosis de nitrógeno	1.75	1	1.75	0.558935361	0.461952548	4.259677273
Interacción	12.89285714	1	12.89285714	4.117870722	0.053663193	4.259677273
Dentro del grupo	75.14285714	24	3.130952381			
Total	6122.678571	27				

Análisis de varianza de dos factores para la tercera fase de incubación en cuatro tratamientos

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	120.1428571	1	120.1428571	40.53012048	1.39402E-06	4.259677273
Dosis de nitrógeno	0.142857143	1	0.142857143	0.048192771	0.828094778	4.259677273
Interacción	2.84217E-14	1	2.84217E-14	9.58805E-15	0.999999923	4.259677273
Dentro del grupo	71.14285714	24	2.964285714			
Total	191.4285714	27				

7.2 Apéndice 2. Análisis de varianza para la temperatura del sustrato

Análisis de varianza de un factor para la temperatura máxima del sustrato del método tradicional y el de los cilindros para la primera cosecha

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	30.52511008	1	30.52511008	9.297358316	0.003798472	4.051748692
Error (dentro de los tratamientos)	151.0273151	46	3.283202502			
Total	181.5524252	47				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura mínima del sustrato del método tradicional y el de los cilindros para la primera cosecha

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.864704297	1	0.864704297	0.440892183	0.510006777	4.051748692
Error (dentro de los tratamientos)	90.21796982	46	1.961260214			
Total	91.08267412	47				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura máxima del sustrato del método tradicional 2da cosecha comparada con la temperatura del sustrato del método de los cilindros que no presento cosecha alguna.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	64.21482678	1	64.21482678	29.70075584	4.73585E-07	3.951882408
Error (dentro de los tratamientos)	185.9371907	86	2.162060357			
Total	250.1520175	87				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura mínima del sustrato del método tradicional 2da cosecha comparada con la temperatura del sustrato del método de los cilindros que no presento cosecha alguna.

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	14.9469495	1	14.9469495	8.041460573	0.005698747	3.951882408
Error (dentro de los tratamientos)	159.8512665	86	1.858735657			
Total	174.798216	87				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura máxima del sustrato del método tradicional tercera cosecha comparada con la temperatura del sustrato del método de los cilindros correspondiente a la segunda cosecha.

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	12.44525845	1	12.44525845	1.144730868	0.290489246	4.06170646
Error (dentro de los tratamientos)	478.3581773	44	10.87177676			
Total	490.8034357	45				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura mínima del sustrato del método tradicional tercera cosecha comparada con la temperatura del sustrato del método de los cilindros correspondiente a la segunda cosecha.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	111.4215672	1	111.4215672	12.9363419	0.000811223	4.06170646
Error (dentro de los tratamientos)	378.9749061	44	8.613066047			
Total	490.3964733	45				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura máxima del sustrato del método tradicional cuarta cosecha comparada con la temperatura del sustrato del método de los cilindros correspondiente a la tercera cosecha

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	36.15593216	1	36.15593216	4.455931224	0.041791552	4.113165277
Error (dentro de los tratamientos)	292.1080898	36	8.114113605			
Total	328.2640219	37				

Análisis de varianza de un factor para la temperatura mínima del substrato del método tradicional cuarta cosecha comparada con la temperatura del substrato del método de los cilindros correspondiente a la tercera cosecha

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	7.522502699	1	7.522502699	3.588238569	0.06624577	4.113165277
Error (dentro de los tratamientos)	75.47159753	36	2.096433265			
Total	82.99410023	37				

7.3 Apéndice 3. Análisis de varianza para peso fresco

Análisis de varianza para la primera cosecha de los cuatro tratamientos que son:

I: Método tradicional con nitrógeno

III: Método de los cilindros con nitrógeno

II: Método tradicional sin nitrógeno

IV: Método de los cilindros sin nitrógeno

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	8160.142857	1	8160.142857	1.959111579	0.17440213	4.259677273
Dosis de nitrógeno	110628.5714	1	110628.5714	26.56003933	2.8178E-05	4.259677273
Interacción	1316.571429	1	1316.571429	0.316086418	0.57918285	4.259677273
Dentro del grupo	99965.42857	24	4165.22619			
Total	220070.7143	27				

Análisis de varianza para la cuarta cosecha

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	95823	1	95823	11.43912945	0.0024631	4.259677273
Dosis de nitrógeno	1400.142857	1	1400.142857	0.167145835	0.68628623	4.259677273
Interacción	2414.285714	1	2414.285714	0.288211878	0.59631099	4.259677273
Dentro del grupo	201042.5714	24	8376.77381			
Total	300680	27				

7.4 Apéndice 4. Análisis de varianza para materia seca

Análisis de varianza para la primera cosecha de los cuatro tratamientos

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	568.801429	1	568.8014286	29.12236688	1.5281E-05	4.259677273
Dosis de nitrógeno	639.372857	1	639.3728571	32.73559099	6.7836E-06	4.259677273
Interacción	0.57142857	1	0.571428571	0.029256875	0.86562119	4.259677273
Dentro del grupo	468.754286	24	19.53142857			
Total	1677.5	27				

Análisis de varianza para la cuarta cosecha que corresponde al método de cultivo tradicional y la tercera cosecha para el de los cilindros. Esto debido a que ambas cosechas se presentaron en la misma fecha.

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	761.285714	1	761.2857143	9.020736352	0.00615501	4.259677273
Dosis de nitrógeno	24.1428571	1	24.14285714	0.286077021	0.59766662	4.259677273
Interacción	24.1428571	1	24.14285714	0.286077021	0.59766662	4.259677273
Dentro del grupo	2025.42857	24	84.39285714			
Total	2835	27				

7.5 Apéndice 5. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en los hongos setas

Análisis de varianza para la primera cosecha de los cuatro tratamientos

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	7.33459018	1	7.33459018	28.0051913	1.9876E-05	4.25967727
Dosis de nitrógeno	0.25626942	1	0.256269416	0.97849694	0.33243885	4.25967727
Interacción	0.00609427	1	0.006094268	0.02326935	0.88003392	4.25967727
Dentro del grupo	6.2856262	24	0.261901092			
Total	13.8825801	27				

Análisis de varianza para la cuarta cosecha que corresponde al método de cultivo tradicional y la tercera cosecha para el de los cilindros. Esto debido a que ambas cosechas se presentaron en la misma fecha.

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Método de cultivo	357.363847	1	357.3638468	1.2532498	0.27401184	4.25967727
Dosis de nitrógeno	269.616369	1	269.616369	0.94552559	0.34055989	4.25967727
Interacción	278.313723	1	278.3137231	0.97602659	0.33303791	4.25967727
Dentro del grupo	6843.5936	24	285.1497335			
Total	7748.88754	27				