

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA (*Jacaranda mimosaeifolia*) Y
PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*), PARA EL CULTIVO
ARTESANAL DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112)**



CARLOS ESDUARDO ARDÓN LÓPEZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA (*Jacaranda mimosaeifolia*) Y
PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*), PARA EL CULTIVO
ARTESANAL DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112)

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

CARLOS ESDUARDO ARDÓN LÓPEZ

En acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, noviembre de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Med. Vet. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO
SECRETARIO
VOCAL I
VOCAL II
VOCAL III
VOCAL IV
VOCAL V

Ing. Agr. PhD. Ariel Abderramán Ortíz López
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes
Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
Maestro Juventino Chom Canil
Maestro Bayron Geovany González Chavajay

Guatemala, noviembre de 2004

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de Ustedes el trabajo de tesis titulado:

EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA (*Jacaranda mimosaeifolia*) Y PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*), PARA EL CULTIVO ARTESANAL DEL HONGO OSTRA (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112)

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

Carlos Esduardo Ardón López

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS:

Todo poderoso, que ha iluminado mi camino para alcanzar esta meta importante en mi vida.

MIS PADRES:

Carlos Humberto Ardón Ramos.
Pilar López.

A MI ESPOSA:

Eréndida Clarisa Romero Chiqüichón
Por su amor, comprensión y apoyo brindado.

A MIS HIJOS:

Yasmín Iracema, Astrid Teresa e Irvin Eduardo

A MIS TIOS:

José Eduardo García Peláez
María Teresa Ardón Ramos.
Como agradecimiento a sus valiosos consejos y apoyo brindado.

A MIS PADRINOS:

Arturo Ortega Del Cid.
Rosa Amalia Ardón Ramos.

TESIS QUE DEDICO

A:

LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA.

EL INSTITUTO EXPERIMENTAL DE EDUCACIÓN BÁSICA Y A LA ESCUELA TIPO
FEDERACIÓN DE GUASTATOYA, EL PROGRESO.

TODOS MIS CATEDRÁTICOS.

TODOS MIS AMIGOS QUE APORTARON SUS CONOCIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE
ESTA INVESTIGACIÓN.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor Licenciado Químico Biólogo Romeo Alfonso Pérez Morales.
Por su apoyo, orientación, comprensión y dedicación para la ejecución de esta obra.

Mi asesor Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta
Por su apoyo, comprensión y orientación en la ejecución del Ejercicio Profesional Supervisado.

Ing. Agr. Samuel Obdulio Reyes Gómez
Por el apoyo incondicional brindado.

Ing. Agr. Alexei Enrique Domínguez Villatoro
Por su valiosa colaboración en la determinación de los análisis químicos de laboratorio.

Ing. Agr. Walfer Guillermo Ramos Valdéz
Por el apoyo incondicional brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Eulogio Monge Pérez y Augusto José María Rivera
Por su amistad sincera.

INDICE

CONTENIDO	PAG.
INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	01
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	02
3. MARCO TEÓRICO	03
3.1 Marco Conceptual	03
3.1.1 Generalidades sobre hongos	03
3.1.2 Importancia de los hongos	04
3.1.3 Partes del hongo y de una seta	04
3.1.4 Reproducción de los hongos	05
3.1.5 El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>	06
3.1.5.1 Características generales	06
3.1.5.2 Clasificación taxonómica	07
3.1.5.3 Contenido nutricional	08
3.1.5.4 Cultivo	09
3.1.5.5 Indicadores de producción	19
3.1.6 Determinación de la composición de substratos	20
3.1.7 Algunas fuentes de aprovisionamiento y composición química	23
3.2 Marco Referencial	25
3.2.1 Descripción del área	25
3.2.2 Investigaciones realizadas con <i>Pleurotus ostreatus</i>	25
3.2.3 Material biológico	28
3.2.4 Substratos utilizados en la investigación	28
3.2.4.1 Elección de substratos	28
3.2.4.2 Descripción de substratos	29
4. OBJETIVOS	31

5.	HIPÓTESIS	32
6.	METODOLOGÍA	33
6.1	Diseño Experimental	33
6.2	Tratamientos	33
6.3	Variables de Respuesta	34
6.4	Manejo del Cultivo	35
6.5	Recolección de Datos Experimentales	40
6.6	Análisis de Datos Experimentales	40
6.7	Análisis Económico	42
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
7.1	Cuantificación de la Producción de Carpóforos	43
7.2	Crecimiento de Carpóforos	47
7.2.1	Período productivo	47
7.2.2	Tasa de producción	49
7.3	Efecto de la Mezcla de Substratos	51
7.4	Contenido Proteínico de Carpóforos	52
7.5	Análisis Económico	55
8.	CONCLUSIONES	56
9.	RECOMENDACIONES	57
10.	BIBLIOGRAFÍA	58
11.	APÉNDICES	61

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1.	Contenido de aminoácidos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	08
2.	Composición química y eficiencia biológica de algunos substratos	24
3.	Contenido de proteína bruta y período de exposición a luz	27
4.	Composición porcentual de tratamientos	33
5.	Distribución aleatoria de unidades experimentales	34
6.	Conjuntos de medias de tratamientos en los contrastes de interés	41
7.	Eficiencia biológica (EB), en porcentaje para tratamientos	44
8.	Resumen del ANDEVA para eficiencia biológica	44
9.	Prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para EB	44
10.	Composición química de substratos y relación C/N en tratamientos	47
11.	Período productivo (T), en días para tratamientos	48
12.	Resumen del ANDEVA para período productivo (T)	48
13.	Prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para T	48
14.	Tasa de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> en cada tratamiento	50
15.	Resumen del ANDEVA para tasa de producción (TP) en porcentaje	50
16.	Prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para TP	51
17.	Valores críticos y estimación de contrastes con la prueba Scheffé	51
18.	Proteína cruda de carpóforos para cada tratamiento en g/100g	53
19.	Resumen del ANDEVA para proteína cruda (PC)	53
20.	Prueba de comparación múltiple de medias de Duncan para PC	53
21.	Valor actual acumulado en los sucesivos ciclos productivos	55
22 ðAö.	Composición de tratamientos, antes y después del cultivo (g/100g)	69
23 ðAö.	Consumo de FND y EB de <i>Pleurotus ostreatus</i> por tratamiento	69
24 ðAö.	Composición química promedia de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i>	76
25 ðAö.	Rendimiento en base húmeda, en gramos, por unidad experimental	76
26 ðAö.	Rendimiento total por tratamiento en base húmeda y seca	76
27 ðAö.	Calendario de actividades	85

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG.
1. Partes de una seta	05
2. Ciclo biológico general de un hongo	06
3. Setas representativas de <i>Pleurotus ostreatus</i>	07
4. Módulos de producción recubiertos con plástico	12
5. Contenedor de sustrato en fase de producción	13
6. Micelio de <i>Pleurotus ostreatus</i>	13
7. Desmenuzado del sustrato	15
8. Proceso de pasteurización del sustrato	16
9. Inoculación del sustrato	16
10. Llenado de bolsas	17
11. Condiciones de luz en fase de incubación	17
12. Perforación de bolsas en fase de incubación	18
13. Primordios de <i>Pleurotus ostreatus</i>	18
14. Composición de alimentos y métodos de análisis	23
15. Fructificaciones utilizadas para obtención de inóculo	35
16. Corte y extracción del tejido del píleo	36
17. Estado de crecimiento del micelio del hongo a los 12 días	36
18. Inoculación de bolsas con grano	37
19. Producción de carpóforos por tratamiento en cada cosecha	43
20. Relación entre el porcentaje de FND consumida y eficiencia biológica	46
21 ðAö. Período de incubación	61
22 ðAö. Fase de fructificación	61
23 ðAö. Dimensiones de área de ventilación y aireación en fase de fructificación	61
24 ðAö. Conexión de tubería y accesorios para riego	62
25 ðAö. Emisor de riego	62
26 ðAö. Montaje de accesorios y aplicación de riego	62
27 ðAö. Invasión del micelio dos días después de la inoculación	63
28 ðAö. Invasión del micelio cinco días después de la inoculación	63
29 ðAö. Invasión del micelio ocho días después de la inoculación	63
30 ðAö. Invasión del micelio al final de la fase de incubación (12 días)	63

EVALUACIÓN DE PERICARPIO DE JACARANDA (*Jacaranda mimosaeifolia*) Y PASTO ESTRELLA AFRICANA (*Cynodon plectostachyus*), PARA EL CULTIVO ARTESANAL DEL HONGO OSTRAL (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur -0112)

EVALUATION OF JACARANDA PERICARP (*Jacaranda mimosaeifolia*) AND AFRICAN STAR GRASS (*Cynodon plectostachyus*), FOR OYSTER MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112) SUBSISTENCE CULTIVATION

RESUMEN

La presente investigación se realizó para evaluar el pericarpio de jacaranda y el pasto estrella africana como sustratos, en el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus*. Con fines de comparación se usó como testigo la pulpa de café y se estudió la producción de carpóforos de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus*, sobre sustratos puros y sus correspondientes mezclas, en una sala de fructificación con características caseras, y escasa regulación de las condiciones de temperatura, humedad, luz y concentración de bióxido de carbono. Los sustratos se prepararon mediante fermentación durante 6 días y luego fueron pasteurizados utilizando agua caliente a 85 grados centígrados aproximadamente, durante 30 minutos.

Para cada unidad experimental, dentro de una bolsa de 1.75 litros, fueron mezclados alrededor de 500 gramos de sustrato húmedo, equivalente a 150 gramos de sustrato seco (70 por ciento de humedad), con 50 gramos de inóculo, a razón de una tasa de inoculación del 10 por ciento del peso húmedo. Luego del período de incubación y crecimiento del hongo, los carpóforos fueron cosechados a los 5 días del surgimiento de los primordios, registrándose el peso y la cinética del cultivo, hasta obtener la tercera cosecha.

Para evaluar el efecto de los sustratos sobre la producción de carpóforos del hongo, se utilizó un diseño completamente al azar con siete tratamientos y 4 repeticiones y se determinó la eficiencia biológica, la tasa de producción, el período productivo, y el contenido de proteína cruda de los carpóforos. Estos valores fueron tratados estadísticamente a través de análisis de varianza. La diferencia entre medias se estableció según la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan y para comparar el efecto de las mezclas sobre la eficiencia biológica y el período productivo se utilizó la prueba de Scheffé para estimar contrastes entre grupos de medias. Se realizó un análisis económico para el sustrato evaluado que presentó la mayor eficiencia biológica, utilizando como indicador económico la relación beneficio-costo.

El ciclo de producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* duró 45 días, contados a partir de la inoculación hasta obtener la tercera cosecha. El mayor rendimiento en peso fresco se obtuvo en la primera cosecha, registrada entre los 17 y 20 días y disminuyó en las subsiguientes. En la segunda cosecha se obtuvo el 85.52 por ciento de la producción total obtenida hasta la tercera. La eficiencia biológica fue menor en los sustratos donde el pericarpio de jacaranda formó parte del sustrato. La eficiencia biológica en los sustratos constituidos por pasto estrella (E), pericarpio de jacaranda (J) y la mezcla formada por ambos fueron de 107.40,

67.80 y 83.75 por ciento respectivamente, las cuales fueron significativamente menores a la obtenida sobre el testigo (147.87).

La mezcla de sustratos no ofreció efectos favorables para el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus*, dado que no mejoró la eficiencia biológica y prolongó significativamente el período productivo del hongo. La tasas de producción de *Pleurotus ostreatus* oscilaron entre 1.80 y 4.32 por ciento y fue menor sobre el sustrato constituido por pericarpio de jacaranda. El contenido de proteína cruda (N×4.38) de los carpóforos producidos sobre pericarpio de jacaranda (J) y la mezcla de pasto estrella con pericarpio de jacaranda (EJ) con 19.60 y 19.05 g/100g de materia seca, fue significativamente menor al contenido proteínico de los carpóforos producidos sobre pasto estrella africana y el testigo, en los cuales fue de 20.72 y 21.42 g/100g de materia seca.

Con la eficiencia biológica lograda sobre pasto estrella africana (E), se pueden obtener en aproximadamente 40 días, 1.074 kilogramos de hongos frescos por kilogramo de sustrato seco, con un contenido de proteína cruda equivalente al del testigo. Con pasto estrella africana y un nivel de producción proyectado de 50 bolsas, a razón de 300 gramos de peso seco por bolsa y 7 cosechas en un año, la relación beneficio-costos es de 1.31. Esto hace factible su utilización como sustrato en aquellas regiones donde sea viable el cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales de producción de carpóforos, similares a las del presente estudio y en circunstancias de disponibilidad. No se recomienda utilizar como sustratos, el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) o combinado con pasto estrella africana en proporción 1:1, porque no ofrecen la selectividad química necesaria para obtener eficiencias biológicas alrededor del cien por ciento. Valores para la relación carbono-nitrógeno arriba de 300, disminuyen significativamente tanto la eficiencia biológica como el contenido de proteína cruda fijado en los carpóforos. El análisis de la composición de sustratos antes y después del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, reveló merma significativa del contenido de fibra neutro detergente y del contenido de cenizas y un aumento significativo del contenido de proteína cruda en los sustratos remanentes.

1. INTRODUCCIÓN

La habilidad del *Pleurotus ostreatus* para crecer en una amplia variedad de sustratos lignocelulósicos residuales y en un amplio rango de temperaturas, hacen que su cultivo sea el más sencillo de todos los hongos cultivados comercialmente (26). Mediante el cultivo de hongo *Pleurotus ostreatus* es factible la transformación de subproductos lignocelulósicos que en su mayor porcentaje carecen de una utilidad establecida y de escaso o ningún valor económico, en alimento proteico que puede ser empleado para autoconsumo y eventualmente para la venta. Guatemala por sus características agroecológicas posee potencial para el cultivo de hongos, entre ellos *Pleurotus ostreatus*. El aumento de la población en Guatemala exige incrementar la producción de alimentos, por ello, es de suma importancia plantear sistemas alternativos de producción de alimentos, especialmente en aquellas áreas rurales de Guatemala donde se acostumbra la recolección de hongos comestibles que crecen en forma natural en épocas estacionales del año de mayor humedad ambiental.

La selección del material lignocelulósico a utilizar para el cultivo de setas debe hacerse en función al lugar geográfico en el que se pretende producir, la disponibilidad del mismo, los costos de su transportación y tratamiento para obtener medios selectivos que permitan el crecimiento rápido y seguro del hongo. Tales medios deben, por lo tanto, contener las sustancias nutritivas necesarias y sobre todo, reunir condiciones de asepsia que en la mayoría de los casos resulta laborioso y difícil de lograr, tal como ocurre en la preparación del sustrato para el cultivo del champiñón.

Tras la búsqueda de nuevas fuentes que puedan ser empleadas para la producción artesanal de hongos comestibles, la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala ha venido realizando esfuerzos con el propósito de encontrar nuevas fuentes que puedan ser empleadas como sustratos en la producción de hongos comestibles, de manera especial *Pleurotus ostreatus*. En concordancia con esa línea de trabajo investigativo, se evaluaron la gramínea *Cynodon plectostachyus* y el pericarpio del fruto de la especie arbórea *Jacaranda mimosaeifolia*, mediante siete tratamientos y cuatro repeticiones, en un diseño experimental completamente al azar. Los objetivos principales de la investigación fueron cuantificar la producción de carpóforos y determinar la cantidad de proteína cruda en los carpóforos de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus*, producidos sobre pasto estrella, pericarpio de jacaranda, pulpa de café y sus correspondientes mezclas. La investigación se realizó en la Escuela Nacional Central de Agricultura, ubicada en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, a 19 kilómetros de la Ciudad Capital.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La realización de cultivos de hongos alimenticios requiere del empleo de sustratos adecuados para su crecimiento y desarrollo. En el caso de *Pleurotus ostreatus*, se tiene conocimiento que, al menos en el medio guatemalteco, la pulpa de café y el rastrojo de trigo, son dos materiales lignocelulósicos que reúnen las características físicas y químicas apropiadas para su cultivo. Sin embargo, el cultivo de este hongo no está limitado únicamente a zonas donde su disponibilidad es abundante y continua. Hay otras regiones con condiciones climáticas favorables donde puede ser cultivado pero que plantean el problema de escasa disponibilidad o inexistencia de pulpa de café y rastrojo de trigo que incrementan el capital inicial de inversión para su cultivo. Ello implica la necesidad de evaluar fuentes que puedan ser empleadas como sustratos, dada su abundancia y/o disponibilidad, y sobre todo por poseer características de fácil biodegradación y sustentabilidad.

La información existente acerca de las fuentes que pueden ser empleadas para el cultivo de *P. ostreatus*, permite hacer una predeterminación de los recursos locales que pueden ser utilizados para dicho fin. En la diversidad de alternativas para producir *P. ostreatus*, derivados de los procesos productivos de la Escuela Nacional Central de Agricultura y de las condiciones climáticas prevalecientes en el área de Bárcenas, Villa Nueva, se podrían seleccionar sustratos como el pericarpio del fruto de jacaranda (sin aprovechamiento específico) y el pasto estrella africana. En el caso del pericarpio de fruto de jacaranda posee consistencia rígida, típica de estructuras con contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina (31). Con respecto al pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), por ser una gramínea, según Villaseñor et al. (32), podría ofrecer una eficiencia biológica aceptable para el crecimiento de *P. ostreatus*.

Si bien es cierto que el cultivo artesanal de *P. ostreatus* representa un sistema alternativo para obtener ingresos económicos y mejorar los hábitos de consumo alimenticio (dado que sus proteínas poseen valor nutritivo más alto que las proteínas de plantas, con calidad cercana a la proteína animal (26)), según Bautista et al. (1), el valor nutritivo de los hongos es muy variable aún entre las mismas especies, diferencias que generalmente son inducidas por factores ambientales, el tipo de sustrato sobre cual crecen y/o factores inherentes a las características propias del material genético de la cepa. Por ello, la producción de setas de *P. ostreatus* en diferentes sustratos podría influir en el contenido de proteína y oscilar entre 10.5 y 35 por ciento del peso seco (31).

3. MARCO TEORICO

Marco Conceptual

Generalidades sobre hongos

La micología es la ciencia que estudia los hongos. El conocimiento de los hongos, o al menos su utilización, es muy antiguo, tan antiguo como el pan y el vino, en los que están implicados fenómenos de fermentación originados por hongos, o los ritos religiosos con hongos alucinógenos de los indígenas mexicanos y guatemaltecos. Los hongos son organismos eucariotes, con pared celular definida de quitina y/o celulosa, rara vez ausente. Su micelio está formado por estructuras ramificadas y filamentosas, cuyas fructificaciones portan esporas. No poseen pigmentos clorofílicos y por lo tanto su nutrición es heterótrofa. Presentan reproducción sexual y asexual. El término hongo se deriva del latín *ōfungusō* que significa seta y del griego *ōsphongosō* que significa esponja (29).

Los hongos no son plantas y son clasificados en el reino Fungi. La parte del hongo que se ve es solamente el *ōfrutoō* del organismo. La parte viviente del hongo es un micelio constituido por un tejido de filamentos delgados llamados hifas. El micelio está escondido debajo de la tierra, en madera, o en otras fuentes de alimento. Estos tejidos viven ocultos hasta que aparecen los cuerpos fructíferos. Si el micelio produjera frutos microscópicos, la gente quizás nunca se fijaría en el hongo. La mayoría de los hongos construyen sus células de quitina. Los hongos se alimentan absorbiendo nutrimentos del material orgánico en que viven, por lo que éstos secretan ácidos y enzimas que simplifican el material orgánico en partículas más fáciles de digerir y luego atraviesan la pared celular de la hifa. Los hongos han evolucionado para usar muchas sustancias como alimento. Algunos descomponen material orgánico como hojas muertas, otros se alimentan de células vivas, causando enfermedades. Los hongos infectan a plantas, animales y hasta a otros hongos. Los hongos micorrízicos viven como compañero. Ellos le proveen nutrientes minerales a las plantas a cambio de otros alimentos que el hongo no puede producir (12).

Se ha demostrado que los hongos son el grupo de organismos más numerosos en la Tierra después de los insectos. En efecto, se calcula que hay más de 1,500,000 especies de hongos, por lo que su impacto en el medio es enorme. La diversidad de estos organismos, favorece que se desarrollen en un sin fin de hábitats, por lo que bien se dice que los hongos están en todas partes (14).

Están ampliamente distribuidos en todo el planeta y prosperan en casi todos los climas: tropicales, subtropicales, templados, fríos, es decir en todos aquellos ámbitos de temperaturas comprendidas entre 4 a 60 grados centígrados, donde existan los elementos indispensables para su existencia: material orgánico y agua. Las setas de gran consumo han sido tradicionalmente poco conocidas. Se calcula que solamente un 5 por ciento de los hongos existentes en el mundo son conocidos científicamente. Se ha estudiado un número pequeño de hongos de los cientos de miles de especies existentes. De ellos solamente unas decenas de especies son usadas normalmente con fines gastronómicos o medicinales. El conocimiento de los hongos es milenario y su estudio sistematizado tuvo comienzo en los últimos años y está todavía por desarrollar. No hay más de un par de decenas de especies que sean comercializadas en el mundo (20).

Algunos hongos comestibles, como los del género *Pleurotus*, tienen la habilidad de colonizar el rastrojo y degradar la lignina, además de la hemicelulosa y la celulosa. Estos tipos de hongos son considerados como agentes primarios de descomposición porque son capaces de utilizar los desechos de las plantas en su forma natural sin que hayan sido sujetas a algún proceso de degradación bioquímica o microbiológica. La utilización de los materiales lignocelulósicos como fuente para la producción de hongos comestibles representa una amplia posibilidad biotecnológica para la obtención de alimento humano partiendo por lo general de materia prima de desecho de bajo costo (26). Según Valencia y Garin (31), los materiales lignocelulósicos están constituidos esencialmente por celulosa (45 a 60 por ciento), hemicelulosa (15 a 20 por ciento) y lignina (10 a 30 por ciento).

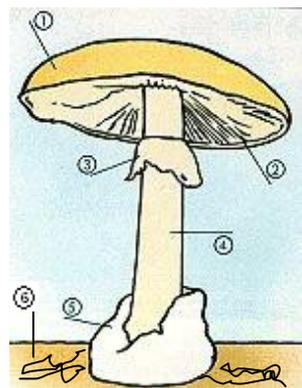
Importancia de los hongos

Los hongos están involucrados en numerosos fenómenos biológicos, tales como: desintegración de la materia orgánica; causan la mayoría de las enfermedades conocidas en plantas, animales y humanos; en procesos industriales de fermentación (pan, vino, cerveza, ciertos quesos, etc.); en la producción comercial de sustancias industriales y medicamentos (ergotina, cortisona, antibióticos, etc.); en alimentación humana (champiñones, trufas, níscalos, etc.), y son útiles en investigación ya que presentan a menudo un ciclo vital corto, de fácil reproducción y con frecuencia una genética haploide (29).

3.1.3 Partes del Hongo y de una Seta

En el hongo hay que diferenciar dos partes fundamentales: el cuerpo vegetativo y el cuerpo reproductor. El cuerpo vegetativo, que se encuentra bajo el suelo, está formado por unos filamentos

llamados hifas que pueden ser unicelulares (con una sucesión de núcleos). Al conjunto de todas las hifas es a lo que se le llama micelio. El micelio es el que se encarga de absorber las sustancias minerales del suelo para alimento del hongo. El micelio en realidad es el hongo, ya que la seta (a la que comúnmente se la llama hongo), es su aparato reproductor. Por lo tanto, la seta (carpóforo) es la parte del hongo que sale al exterior, y constituye el aparato reproductor de los hongos superiores. El sombrero o píleo es la parte superior, generalmente tiene forma de paraguas, aunque pueden adoptar diversas formas. Bajo el sombrero se encuentra el himenio que es una membrana que envuelve a los elementos fértiles, de ahí que se denomine a la seta como cuerpo reproductor. El himenio puede presentarse de diferentes formas: como láminas, tubos, pliegues, etc. En ciertas setas, cuando son jóvenes, el sombrero se ve envuelto en una telilla que se rompe cuando este aumenta de tamaño, quedando restos en el pie (estípite), dando lugar al anillo. La volva es como una envoltura en la parte inferior del pie (18). La figura 1 muestra las partes de una seta.



1. Sombrero o píleo
2. Himenio o lamela
3. Anillo
4. Pie, estipe o estípite
5. Volva
6. Micelio

Figura 1. Partes de una Seta (22)

3.1.4 Reproducción de los hongos

Los hongos se reproducen por esporas. Los hongos superiores poseen unas células madre localizadas en el himenio que son las encargadas de producir las esporas. En el caso de los Basidiomicetes a estas células madre se les denomina Basidios, mientras que las células madre en los Ascomicetos son los Ascus. Las esporas de los basidios y de los ascus, son lanzadas al exterior para la propagación de la especie. Si la spora se deposita en un lugar cuyas condiciones sean favorables dará origen al micelio. Este crecerá bajo el suelo o entre la hojarasca, se ramificará y se entremezclará con los micelios de otras esporas. En el terreno donde la humedad y las condiciones del medio sean óptimas crecerá una seta que portará en su himenio los ascus o basidios que expulsarán al exterior las esporas,

dando lugar de nuevo al ciclo biológico del hongo. La figura 2 ilustra el ciclo biológico general de un hongo basidiomiceto (18).

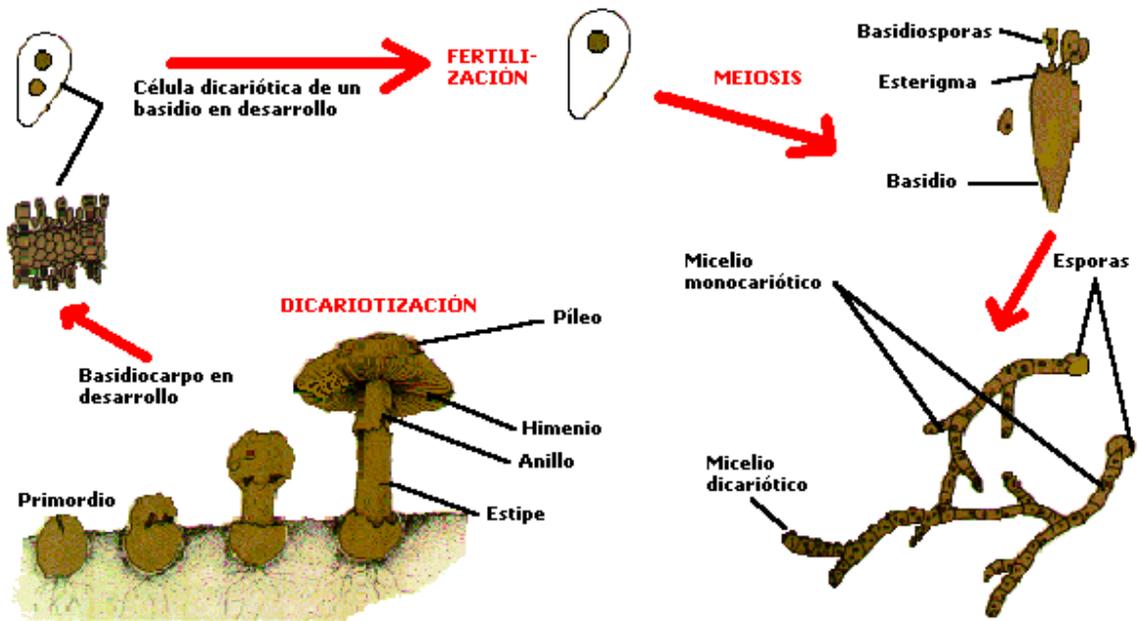


Figura 2. Ciclo Biológico General de un Hongo (7)

3.1.5 El hongo *Pleurotus ostreatus*

3.1.5.1 Características generales

Los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* no presentan anillo ni volva. El píleo o sombrero es de 5-25 centímetros de expansión, en forma de ventilador, ampliamente convexo y algunas veces casi plano en la madurez; de margen lobulado a ondulado, especialmente cuando joven; la superficie es lisa, de color blanca a café grisáceo; la carnosidad es blanca y con olor a anís. La lamela está formada por agallas decurrentes de color blanco, amarillentas en estado avanzado de desarrollo, no pubescentes. El estípote constituye el pie, el cual es a menudo ausente, cuando se presenta es corto y grueso, de 0.5 a 3.0 centímetros de longitud, 0.5 a 2.0 centímetros de espesor, excéntrico o lateral con pelos blancos y densos en la base. Se cree que *Pleurotus ostreatus* es una especie compleja. En el área de la bahía de San Francisco, pueden ser encontrados especímenes que varían desde blanco y relativamente de carnosidad delgada sobre robles, a carnosidad gruesa de apariencia café grisáceos sobre rastrojos de algodón y sauce. La mayoría de recolectores de hongos prefieren los especímenes grandes de carnosidad gruesa,

recolectados de los rastrojos de algodón. Los carpóforos típicos de *Pleurotus ostreatus* se observan en la figura 3 (34).



Figura 3. Setas representativas de *Pleurotus ostreatus* (34)

Pleurotus ostreatus se caracteriza por sus propiedades organolépticas, reflejada en su aspecto, aroma agradable, utilización para la elaboración de numerosos platillos, su contenido de ácido ascórbico, vitaminas B1, B2 y D, y minerales indispensables como el calcio, fósforo, potasio y hierro, y su bajo contenido en grasas, carbohidratos y sodio, lo que lo hacen valioso contra padecimientos cardiovasculares e hipertensión (30).

3.1.5.2 Clasificación taxonómica

La diversidad del género *Pleurotus* abarca al menos 30 especies, entre ellas, *P. djamor*, *P. florida*, *P. pulmonarius*, *P. sajor-cajou*, *P. citrinopileatus* y *P. ostreatus* (2). La clasificación taxonómica de *Pleurotus ostreatus* es:

Reino	Fungi
División	Basidiomycota
Subdivisión	Basidiomycotina
Clase	Basidiomycetes
Subclase	Holobasidiomycetidae
Orden	Agaricales
Familia	Tricholomataceae
Género	<i>Pleurotus</i>
Especie	<i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.:Fr) Kummer. (33).

3.1.5.3 Contenido nutricional

Las siguientes referencias sobre el contenido nutricional de *Pleurotus ostreatus* fueron tomadas de las anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo de *P. ostreatus* recopiladas y publicadas por Cardona (6). *Pleurotus ostreatus* contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales y minerales; contiene vitaminas como la tiamina (B₁), riboflavina (B₂), ácido ascórbico, ácido nicotínico y ácido pantoténico; ácido fólico, tocoferol, pirodoxina, cobalamina y provitaminas como la ergosterina y carotenos (Hincapié 1993). Por su parte, Crisan & Sands (1978), citados por Miles & Shu-Tig (1997), realizaron a partir de varias fuentes bibliográficas, un perfil de aminoácidos a una serie grande de hongos entre los que se encuentra *P. ostreatus*, estos autores concluyeron que las setas contienen todos los aminoácidos esenciales que comprenden del 25 al 40 por ciento del total. El cuadro 1 muestra que las setas de este hongo contienen lisina, leucina y valina, con 72.09, 71.57 y 51.28 miligramos por gramo de proteína cruda (N×4.38), respectivamente.

Cuadro 1: Contenido de aminoácidos en *Pleurotus ostreatus* cepa INIREB-8

AMINOÁCIDO ESENCIAL	mg/g	AMINOÁCIDO NO ESENCIAL	mg/g
Isoleucina	43.32	Alanina	64.15
Leucina	71.57	Arginina	70.70
Lisina	72.09	Ácido aspártico	120.50
Metionina	21.16	Ácido glutámico	211.33
Tirosina	35.96	Glicina	47.45
Treonina	51.25	Cistina	16.40
Valina	51.28	Prolina	30.55
Triptófano	19.61	Serina	48.36
Histidina	28.60	Fenilalanina	51.10

Fuente: Mayela et al. (1996) citados por Cardona (6)

El contenido de proteína de *P. ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato. Los minerales se concentran fuertemente en los cuerpos fructíferos. Por ejemplo, el potasio 3.2 veces, el sodio 1.64, el fósforo 1.7 y el cadmio 2.75, en comparación con la concentración de estos minerales en el sustrato (Kawai et al. 1994). Hiroi (1982), citado por Breene (1990), encontró poca diferencia en el contenido de lípidos totales entre cepas silvestres de *Pleurotus* y las cepas de *P. ostreatus* cultivadas; ambas presentaron de 3 a 5 por ciento de lípidos totales en base seca, predominando un mayor contenido en el píleo. Del total de lípidos, el 70-80 por ciento corresponde al ácido linoleico (18:2). Los principales fosfolípidos de *P. ostreatus* son fosfatidilcolina y fosfatidiletanolamina. De acuerdo con Miles & Shu-Ting (1997), *P. ostreatus* contiene 57.6 por ciento

de carbohidratos totales, 47.5 por ciento de carbohidrato libre de nitrógeno, 11.5 por ciento de fibra cruda, 10.1 por ciento de ceniza, y 345 kilocalorías por cien gramos de peso seco.

3.1.5.4 Cultivo

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* incluye dos etapas, la obtención de la ñsemillañ o inóculo, la cual se realiza en condiciones de laboratorio y la producción de carpóforos. Un cultivo de inóculo puro significa que la cepa utilizada es de origen conocida y libre de organismos contaminantes. Para la producción del inóculo se emplean muchos tipos de materiales, que pueden o no ser el propio substrato que se usa para el cultivo del hongo. Algunos ejemplos de estos materiales son semillas de trigo, sorgo, centeno, etc. La elección de un material adecuado para el inóculo es un factor importante a considerar y los aspectos que determina esta elección es la disponibilidad que exista de este material y el costo de la misma (31).

Hay dos tipos de semilla: la semilla madre, master o primaria y la secundaria o semilla para la siembra. La semilla primaria, también conocida como inóculo primario, proviene directamente del micelio del hongo cultivado sobre un medio de cultivo a base de agar, esto significa que para su preparación, el substrato empleado se inocula con un trozo de agar (micelio de la cepa). Algunas veces el mismo material es usado como primario y secundario. Para evitar confusión entre unos y otros, se pueden utilizar diferentes tipos de recipientes, por ejemplo los primarios en botellas y los secundarios en bolsas termoresistentes (26). A continuación se describe la metodología general para preservar la cepa, y obtención de micelio primario y secundario.

A. Infraestructura, equipo y materiales

Lo ideal es poder contar con un ambiente pequeño o laboratorio, aislado de los insectos, de acceso restringido para que pueda asearse y desinfectarse fácilmente. Es recomendable el uso de bata y mascarilla para aumentar las precauciones, autoclave u olla de presión, campana de flujo laminar o en su defecto una cámara de transferencia confeccionada con dos orificios para guantes por el frente, cubierta superior de vidrio grueso, con lámpara pequeña o tubo fluorescente de luz ultravioleta en su interior. En cuanto a los utensilios, se debe contar con algunos tubos de ensayo o cajas petri, un mechero bajo, un bisturí pequeño, algodón y papel de aluminio de uso doméstico, un pincho delgado con un doblez en el extremo en forma de gancho de aproximadamente 20 centímetros, desinfectantes y detergentes (cloro, alcohol), también se necesitan algunos productos de laboratorio como PDA (papa, dextrosa y agar) u otros como agar extracto de malta (dextrosa, extracto de malta, peptona, y agar), papel parafilm,

finalmente se debe contar con un carpóforo de *Pleurotus ostreatus* de excelente calidad, sin defectos, tales como deformaciones visibles, picaduras de insectos u otros que pudieran influir en la calidad del producto final (9).

B. Obtención del micelio

Se debe indicar en primer lugar, que el hongo *Pleurotus ostreatus* puede reproducirse sexual o asexualmente, lo cual significa que su reproducción asexual es posible a partir de un trozo de carpóforo que se desarrolla en un medio de cultivo especial y que es capaz de volver a recrear el ciclo completo. Primero se debe preparar el medio de cultivo en el cual se quiere que desarrolle el micelio de la cepa. Para esto se siguen los siguientes pasos: disolver a fuego lento 40 gramos de PDA comercial, en un litro de agua, y luego esterilizar durante 30 minutos a 121 grados centígrados y 15 libras por pulgada cuadrada de presión (psi). Dejar enfriar por 15 minutos y, antes que el medio inicie a solidificarse, se debe envasar varios tubos de ensayo o cajas petri, se tapan los tubos con algodón o las cajas se sellan con papel parafilm. El bisturí, pinzas, el pincho y los tubos de ensayo o cajas petri deben esterilizarse de la misma manera que el medio de cultivo para eliminar esporas, bacterias y otros agentes contaminantes (9).

Seguidamente se ordenan en la cámara de transferencia o campana de flujo laminar, lo siguiente: tubos de ensayo, pinzas, bisturí, el pincho, papel aluminio, mechero y fósforos, el carpóforo lavado y desinfectado en una solución de agua destilada con cloro. Se enciende la luz ultravioleta dentro de la cámara durante un hora para irradiar todos los materiales (excepto el carpóforo). Se apaga la luz ultravioleta (para no dañar la vista) y se procede a trabajar al interior de la cámara, se toma el bisturí y se corta longitudinalmente el píleo, paralelo al estípite y se toma un trozo del tejido interno del carpóforo con las pinzas (teniendo cuidado de no llegar hasta las laminillas), y luego se introduce en el tubo que contiene el medio de cultivo, finalmente se flamea alrededor de los tubos de ensayo o cajas petri y se cierran. Este procedimiento se repite con todos los tubos de ensayo o cajas petri. Los tubos deben mantenerse a una temperatura promedio de 26 grados; al cabo de 2 semanas, aparecerá el micelio extendiéndose e invadiendo el medio de cultivo. Cualquier otra coloración, burbujeo, ascenso del nivel del òcaldoö dentro del tubo u otro, será señal de contaminación y habrá que empezar todo de nuevo, multiplicando las medidas de asepsia (9).

C. Preparación del inóculo primario

Hay varios métodos para llevar a cabo esta etapa, pero resulta fácil y económico hacerlo de la siguiente manera: se hierven 100 gramos de trigo (también se puede utilizar sorgo) en 200 centímetros cúbicos de agua durante 15 minutos a fuego lento. Durante la cocción, no debe romperse el grano. Luego, se coloca el trigo escurrido en frascos de vidrio de boca angosta (también se acostumbra utilizar bolsas de plástico o de polipapel) y se esterilizan durante 30 minutos a 121 grados centígrados. Se aseca la cámara de transferencia con alcohol y luego se colocan los frascos, un par de tubos de ensayo que muestren una notoria infiltración del micelio en el caldo y los otros utensilios al interior de la cámara. Se irradian con luz ultravioleta por 15 minutos y luego se hace lo siguiente: con las manos desinfectadas con alcohol yodado o guantes estériles se procede a remover los sellos de aluminio de los frascos; se destapa el tubo de ensayo que contiene el micelio y se flamea la boca del tubo en el mechero; se destapa el frasco con el trigo y se flamea la boca para luego vaciar directamente un poco de micelio de los tubos sobre los frascos esterilizados (9).

Los frascos con grano inoculado se incuban a temperatura ambiente sin moverlos por cierto período de tiempo, según el tamaño del recipiente, hasta que el micelio blanco haya cubierto completamente todos los granos. Algunos productores de semilla agitan los frascos ya inoculados al menos cada tres o cuatro días para distribuir los granos y permitir una rápida ramificación del micelio en crecimiento. Los granos sin agitar pueden ser totalmente colonizados por el micelio en 2-4 semanas después de la inoculación, según el tipo de recipiente. A partir de entonces estarán listos, ya sea para sembrar en el substrato definitivo o utilizarlo para preparar micelio secundario. Los frascos con el micelio ya crecido se deben guardar en el refrigerador (26).

D. Preparación del micelio secundario

Con los granos de sorgo preparados anteriormente, que constituyen el micelio primario, se procede a inocular grano dentro de bolsas plásticas termoresistentes. A esto se le denomina inoculación de grano a grano. El crecimiento micelial será definitivamente más rápido en grano secundario que en el primario, porque el micelio se habrá adaptado al substrato después de haber crecido sobre el primario que se usó como inóculo. Además obtenemos mayor cantidad de semilla para la siembra definitiva (26).

E. Producción de carpóforos

Es importante diferenciar entre los que se considera un cultivo artesanal y lo que corresponde a un cultivo industrial. El primero está enfocado a la producción de unos cuantos kilogramos de hongos

para autoconsumo, con una inversión mínima. El segundo requiere de inversiones considerables, así como el soporte de técnicos capacitados y responsables de la producción a gran escala y de un plan eficiente de manejo y ventas. El cultivo de hongos de manera artesanal, a bajo costo (por sus características de austeridad) por lo general ejerce poco control sobre las condiciones del medio (temperatura, humedad, ventilación, luz, oscuridad, etc.). Entre más factores del medio se puedan controlar, más costos se tendrán que incorporar a la inversión para el cultivo. Los cultivos son más estables y más productivos cuando el lugar de cultivo posee aire acondicionado. Sin embargo, las condiciones de cultivo caseras son baratas, dependientes de las condiciones del ambiente natural y son productivas a bajo nivel, suficiente para autoconsumo y comercialización del excedente. En el ámbito de producción casera o artesanal se puede ejercer también cierta regulación sobre los factores del medio, por ejemplo:

- La temperatura se puede regular abriendo ventanas y puertas (si es que existen) para que la temperatura baje y permita además una ventilación.
- La humedad se puede regular aplicando agua al suelo (esto permite también regular la temperatura).

El ingenio del cultivador será necesario para resolver las situaciones del cultivo. La experiencia será la base del mejoramiento de los cultivos, esa es la aventura y la motivación que conlleva a la superación. En la figura 4 se muestra como algunas personas utilizan pequeños módulos de plástico en los patios o en las azoteas de sus casas para producción de hongos (17).



Figura 4. Módulos de producción recubiertos con plástico (17)

Los hongos producidos deben tener apariencia robusta, con un pie lo más corto posible y olor a anís dulce. La producción comienza entre los 15 a los 25 días desde que se mezcló el micelio (inóculo) con el sustrato. Cada bolsa de un kilogramo de sustrato seco deberá producir 1 kilogramo de hongo

fresco en total. No se producen todos los hongos de una sola vez, se pueden presentar tres o más cosechas separadas por períodos de más o menos 10 días. Se recomienda aprovechar la producción hasta la tercera cosecha, ya que el 80 por ciento de la producción se obtiene durante las primeras 2 cosechas. La figura 5 ilustra un contenedor en fase de producción (17).



Figura 5. Contenedor de substrato en fase de producción (López 17)

En el cultivo de los hongos ha predominado hasta ahora un elemento de misterio basado en la dificultad de entender lo que es el òmicelioö y su transformación en fructificaciones grandes y el papel que juegan las òesporasö en todo el ciclo vital, pero es claro que la formación de carpóforos requiere de una modificación del comportamiento normal invasivo del micelio vegetativo, por otro en el cual las hifas no tengan un crecimiento divergente, sino que converjan para formar un órgano diferenciado. En la figura 6 se muestra el micelio, las hifas y los primordios que al desarrollarse formarán los carpóforos (17).

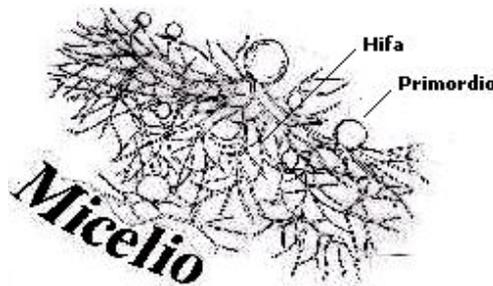


Figura 6. Micelio de *Pleurotus ostreatus* (17)

F. Procedimiento del cultivo

El material sobre el cual el micelio crece es denominado òsubstratoö. Las propiedades físico-químicas de un sustrato determinan que clase de microbios pueden crecer en él. Algunos hongos pueden usar amplia variedad de sustratos, mientras que otros son muy selectivos. La selectividad de un

sustrato depende de los nutrientes disponibles en él, su acidez, la actividad microbiana que soporta, su capacidad de aireación, su contenido de agua, etc. Si los nutrientes de un sustrato están fácilmente accesibles para el hongo, la producción será mayor, aunque el riesgo de contaminación también incrementa. Un sustrato selectivo es aquel que satisface las demandas nutricionales de un tipo de hongo específico y no satisface las de otros. Para el caso de *Pleurotus ostreatus*, la paja de gramíneas es un buen ejemplo de lo anterior (17).

Los métodos utilizados en la preparación del sustrato son: la fermentación anaerobia y el tratamiento con agua caliente. Debe realizarse dentro de un recipiente amplio de fermentación (que no sea de hierro), con agua limpia (un poco de cloro no perjudica), donde se sumerge el material a tratar en proporciones de una parte de sustrato por 15-20 partes de agua. El principio bioquímico de la operación se basa en que todos estos materiales al ser sumergidos en agua sufren una fermentación anaerobia por acción de las bacterias lácticas, principalmente cocos, presentes de forma natural. Entre 20 y 30 grados centígrados, la fermentación comienza espontáneamente, y la acción metabólica de estas bacterias elimina los azúcares, impidiendo que posteriormente el desarrollo de competidores de *Pleurotus ostreatus* (*Trichoderma* spp., *Penicillium* spp., etc.) y facilita la acción de las enzimas del hongo (celulasas, polifenoloxidasas, etc.) sobre el sustrato. Los ácidos orgánicos formados (láctico, butírico) van acompañados de peróxido de hidrógeno y bacteriocinas (26).

Al fermentar paja de cereales picada, el pH desciende hasta llegar a valores en torno a 4.5 y tiende a estabilizarse. El final de la operación se detecta cuando se estabiliza el pH en 4.5 o incluso se advierte una ligera subida de 0.1 unidades. La operación suele durar entre cinco y siete días. Durante los 3-4 primeros días el sustrato flota ya que, entre otros metabolitos, la fermentación produce anhídrido carbónico (CO₂). Conviene agitar el sustrato una o dos veces al día para mantenerlo sumergido, sin aire, pero sin presionar demasiado para que todas las partes del material se impregnen y se transformen bien. A partir del cuarto o quinto día de fermentación todo el material se ha hundido y comienza a acercarse el final de la operación destacándose una película flotante de levaduras lácticas por el medio (26). La prolongación anormal del proceso con el sustrato hundido desencadenaría cambios de otro signo, siendo el más destacable la subida del pH por acción de las levaduras lácticas al comenzar a consumir el ácido láctico producido durante la etapa anterior (26).

Complementariamente, el tratamiento con agua caliente, cocido y lavado de la paja, es un procedimiento sencillo y práctico. En este caso la paja se somete a un remojo en agua caliente (70-85

grados centígrados) y limpia, durante 30 a 60 minutos. Se debe realizar un par de lavados o aclarados más con agua caliente, hasta que los líquidos terminen saliendo claros. Este sistema humedece y pasteuriza al mismo tiempo. Durante el remojo, la paja suele tomar tres a cuatro veces su peso en agua. Los lavados arrastran grandes cantidades de materiales solubles que favorecen el desarrollo de microorganismos contaminantes. Existe un efecto de lavado de nutrientes durante la inmersión que puede resultar negativo en rastrojos viejos por pérdida de nutrientes para *Pleurotus ostreatus*, pero puede resultar benéfico en rastrojos recientes porque al disminuir el contenido de azúcares solubles previenen la competencia de otros hongos y da mejores rendimientos (26).

Al pasteurizar por inmersión en agua caliente se debe sumergir el substrato únicamente cuando el agua haya alcanzado la temperatura de pasteurización para provocar un choque térmico que difícilmente soportarán los organismos que se encuentren en el substrato. Las temperaturas inferiores a 55 grados centígrados suelen ser insuficientes para destruir otros organismos y las temperaturas mayores a 85 grados centígrados pueden provocar la ruptura parcial de puentes de hidrógeno del complejo lignina celulosa y contribuir a la solubilización de azúcares simples. Este es un procedimiento aplicable a niveles artesanales y ha sido ampliamente recomendado y puede considerarse como la forma más sencilla de pasteurización, por los bajos costos de instalación y lo rudimentario que puede ser el acondicionamiento del método (26).

En la producción de *Pleurotus ostreatus* se requieren paja seca y amarilla (de trigo o de cebada), unas tijeras, una bolsa de malla de plástico, una bolsa de polietileno, un frasco de micelio o inóculo, uno o dos recipientes para agua, tanque de gas y quemador (opcionales). En la figura 7 se muestra que la paja debe cortarse en pedazos pequeños (de 2 a 5 cm) y colocarse en bolsas de malla de plástico (17).

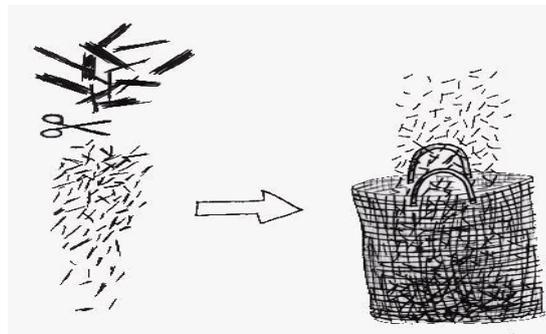


Figura 7. Desmenuzando el substrato (17)

La bolsa con paja se sumerge en agua caliente a 85 grados durante 30 minutos. Lo anterior se puede llevar a cabo en la estufa de la cocina o en un tampo con una fogata en la base o quemador de gas y una polea fijada a un travesaño, como se ilustra en la figura 8 (17).

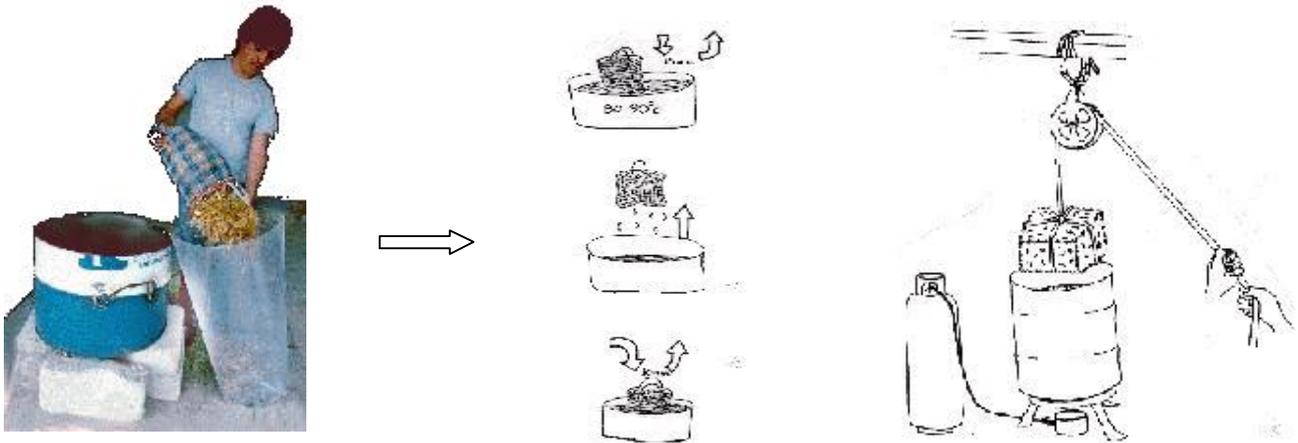


Figura 8. Proceso de pasteurización del sustrato (17)

Después de lavada la paja se deja reposando para que se enfríe y escurra el exceso de agua. Entonces se coloca la paja húmeda sobre una mesa limpia y se mezcla con el contenido de un frasco con micelio activado como se aprecia en la figura 9. La inoculación del sustrato con el micelio se puede llevar a cabo también colocando porciones alternas de sustrato y micelio, hasta cubrir la capacidad deseada de la bolsa (17).

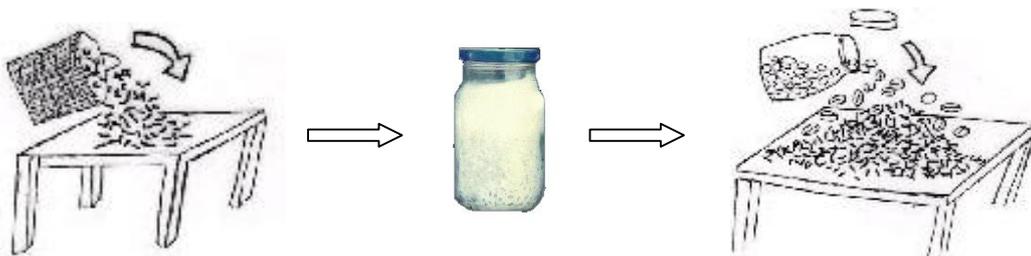


Figura 9. Inoculación del sustrato (17)

La semilla en grano (maicillo o trigo) es la más común en la actualidad porque permite obtener un micelio vigoroso, con buenos puntos de crecimiento por kilogramo de grano y tiene un precio accesible. La tasa de inoculación es la cantidad de semilla que se usa en función de la cantidad de sustrato que se pretende inocular. En el caso de especies de *Pleurotus* se han usado tasas de

inoculación que varían entre 0.8 y 15 por ciento del peso húmedo del sustrato. La definición de este valor depende de las características tanto de la cepa y del inóculo, como del sustrato donde se siembra. Mientras más baja sea la tasa de inoculación, menor será el costo por compra del inóculo, pero mayor el tiempo requerido para que el hongo colonice el sustrato. Además, a mayor tiempo para colonización mayor será el riesgo de contaminación. De lo anterior, la cantidad de semilla utilizada no afecta directamente el rendimiento; sin embargo, el uso de más semilla acelera la colonización del sustrato (26).

Como se observa en la figura 10, posteriormente se coloca la mezcla de paja y micelio en una bolsa de plástico transparente. Esta bolsa se cierra con un amarre propio o con una cuerda delgada (17).

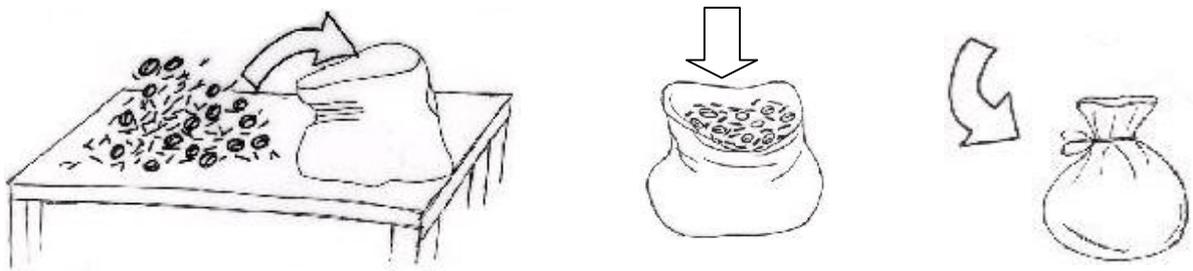


Figura 10. Llenado de bolsas con el sustrato (17)

Luego se apilan las bolsas, una sobre otra. La bolsa o las bolsas se colocan en un lugar oscuro o al menos poco iluminado durante 10 a 15 días, a una temperatura de 24 y 28 grados centígrados. La figura 11 ilustra las condiciones de luz que deben prevalecer en la sala de fructificación durante la incubación, es decir, durante la fase de crecimiento y desarrollo del micelio (17).

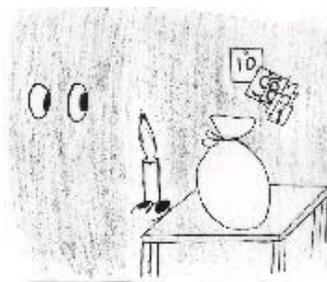


Figura 11. Condiciones de luz en fase de incubación (17)

Como se indica en la figura 12, a los 3 o 5 días se le hacen agujeros a las bolsas, por los cuales emergerán los hongos, en el caso que se elija no retirar las bolsas. Dichas perforaciones sirven también para que no se eleve demasiado la temperatura dentro de las bolsas y los gases puedan salir (17).

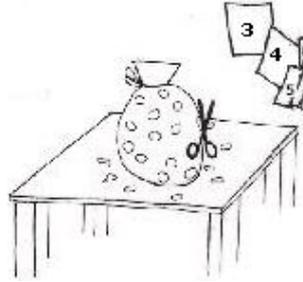


Figura 12. Perforación de bolsas en fase de incubación (17)

Los hongos se producen en racimos, pero de los 10 a 14 días después de la inoculación, se forman pequeñas protuberancias aglomeradas llamadas primordios, como se ve en la figura 13 (17).



Figura 13. Primordios de *Pleurotus ostreatus* (17)

La cosecha se inicia a los 5 ó 6 días después de la aparición de los primordios. En climas cálidos el desarrollo es más rápido. En este evento es muy importante la humedad del ambiente y del substrato, que sin llegar al exceso debe ser abundante. Las bolsas apiladas pueden estar clavadas prácticamente a una estaca lo suficientemente fuerte que las soporte. La temperatura del lugar a donde estén las bolsas no debe exceder de los 30 grados pues el hongo podría sucumbir. Pasado el tiempo de incubación y crecimiento en las bolsas, entonces se colocan las bolsas en un lugar iluminado y ventilado para que en unos 10 días más comiencen a producir. Algunos prefieren remover las bolsas al final de la fase de incubación. Si la sala de fructificación tiene ventanas o ventilas, simplemente deben abrirse (17).

G. Cosecha

La temperatura ambiental se mantiene entre 20 a y 26 grados centígrados, la frecuencia de riego debe incrementarse cuando las fructificaciones se están expandiendo, se sugiere el riego por aspersión de gota fina. El área de producción permanecerá ventilada, se recomienda cambiar el aire de 3 a 4 veces por día porque las altas concentraciones de bióxido de carbono repercuten en un desarrollo anormal de los carpóforos. El corte se hace con una navaja desde la base del pie, cuando el sombrero tiene una consistencia compacta y está totalmente extendido, pero sin tener el margen enrollado hacia arriba (17).

3.1.5.5 Indicadores de producción

A. Eficiencia biológica (EB)

Para expresar el grado de bioconversión de energía a partir de la biodegradación del sustrato, el concepto generalmente aceptado es la eficiencia biológica; que es la relación en porcentaje, entre el peso fresco de hongos producidos y el peso seco de sustrato empleado. 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 (9). La eficiencia biológica depende esencialmente de las características físico-químicas del sustrato a utilizar. Según Salmones et al. (24), la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento. Sin embargo, al cultivar *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café previamente fermentada durante 6 días, se han obtenido eficiencias biológicas hasta de 176 por ciento, y de 97 por ciento de eficiencia biológica cuando se mezcla con bagazo de caña en proporciones de 50% para cada uno (26). La eficiencia biológica está dada por la siguiente ecuación:

$$EB = \frac{Pfc}{Pss} \times 100$$

Donde:

EB: Eficiencia biológica en porcentaje.

Pfc: Peso fresco de carpóforos.

Pss: Peso seco del sustrato.

B. Tasa de producción (TP)

La tasa de producción es la relación en porcentaje, entre la eficiencia biológica y el tiempo requerido para la cosecha, es decir, representa la eficiencia biológica diaria (26). La tasa de producción se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TP = \frac{EB}{T}$$

Donde:

TP: Tasa de producción en porcentaje.

EB: Eficiencia biológica en porcentaje.

T: Los días desde la inoculación hasta la última cosecha.

C. Tasa de productividad (P)

La tasa de productividad es la relación en porcentaje, entre el peso seco de hongos producidos y el peso seco de substrato empleado (26). La tasa de productividad está dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Psc}{Pss} \times 100$$

Donde:

P: Tasa de productividad en porcentaje.

Psc: Peso seco de carpóforos.

Pss: Peso seco del substrato.

3.1.6 Determinación de la composición de substratos

La determinación de la composición de substratos se realiza a través del análisis bromatológico de alimentos. Cuando una muestra de alimento es colocada en horno a una temperatura de 105 grados centígrados hasta obtener peso constante, el agua se evapora y el alimento seco restante se llama *materia seca*. En sus etapas inmaduras las plantas contienen 70-80 por ciento de agua (20-30 por ciento de materia seca). Sin embargo, las semillas no contienen más de 8 al 10 por ciento de agua. La composición nutricional de los alimentos es comúnmente expresada como porcentaje de materia seca (%MS) o como gramos de la fracción por cien gramos de peso seco del alimento (g/100g), en lugar de porcentaje del alimento fresco, porque la cantidad de agua en los alimentos es muy variable y el valor nutritivo es más fácilmente comparado cuando se expresa sobre la base de materia seca (8).

La materia seca de un alimento puede ser dividida en *materia orgánica e inorgánica*. Compuestos que contienen carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N) son clasificados como orgánicos. Los compuestos inorgánicos o minerales son los demás elementos químicos (calcio, fósforo etc.). Cuando una muestra es colocada en un horno y mantenida a 550 grados centígrados por 4 horas la materia orgánica es quemada y la materia restante es la parte mineral, llamada *ceniza*. En las plantas, el contenido de minerales varía entre 1 a 12 por ciento. Los forrajes usualmente contienen más minerales que las semillas o granos. Los subproductos de animales que contienen hueso pueden tener hasta 30 por ciento de minerales, principalmente calcio y fósforo (8).

El nitrógeno se encuentra en las proteínas y otros compuestos, incluidos en la materia orgánica de un alimento. Las proteínas están formadas por compuestos de una o más cadenas de aminoácidos. Hay 20 aminoácidos que se encuentran en proteínas. Parte del nitrógeno en los alimentos se llama nitrógeno no proteico porque el nitrógeno no se encuentra como parte de la estructura de una proteína (amoníaco, urea, aminas, ácidos nucleicos) no tienen valor nutritivo para los animales de estómago sencillo. Sin embargo en los rumiantes, el nitrógeno no proteico puede ser utilizado por las bacterias del rumen para sintetizar aminoácidos y proteínas (8).

El químico danés J.G. Kjeldahl desarrolló un método en 1883 para determinar la cantidad de nitrógeno en un compuesto. En promedio el contenido de nitrógeno en las proteínas es del 16 por ciento. Así, el porcentaje de proteína en un alimento es típicamente calculado como el porcentaje de nitrógeno multiplicado por 6.25 (100/16). Esta medida se llama *proteína cruda*. La palabra cruda se refiere a que no todo el nitrógeno en el alimento está formado de proteína. La proteína cruda en forrajes se encuentra entre menos de 5 por ciento (residuos de cosecha) hasta más de 20 por ciento (leguminosas de buena calidad). Subproductos de origen animal son usualmente muy ricos en proteína, los cuales pueden contener más del 60 por ciento de proteína cruda (8).

Al seguir la técnica analítica global Weende, se asume que la materia orgánica es la resultante de descontar a la materia seca, el contenido de cenizas, es decir $MO(\%) = MS(\%) - \text{Cenizas}(\%)$. Para aproximar la cantidad de carbono y calcular la relación C/N se aplica la expresión $C(\%) = 0.58 \times \text{materia orgánica}(\%)$, (26).

Las cantidades de lípidos y otras sustancias grasosas son determinadas por un método que se llama *extracción con éter*. Los carbohidratos aportan la mayor parte de la energía y se pueden dividir en dos fracciones mayores, los *carbohidratos fibrosos o estructurales* y los *carbohidratos no fibrosos o lábiles*. Dentro de los carbohidratos fibrosos o estructurales se incluyen la celulosa y hemicelulosa, principales componentes de la pared celular de los vegetales (8).

Sobre bases nutritivas, se define como fibra a las sustancias vegetales insolubles no digeridas por las enzimas diastáticas o proteolíticas, nutritivamente inútiles excepto por fermentación microbiana en el tracto digestivo de los rumiantes. El método ideal para cuantificar fibra debe aislar lignina, la celulosa y la hemicelulosa. La *fibra cruda* se determina por digestión secuencial de la muestra con H_2SO_4 y después con NaOH. El residuo insoluble se obtiene por filtración, luego es secado y pesado. Allí se

obtiene el peso de la fibra junto con el de los minerales. Para obtener el contenido de fibra se debe incinerar esta muestra, donde se elimina la fibra, quedando solamente el residuo de las cenizas constituido por los minerales. Por diferencia entre el peso anterior y el de las cenizas se obtiene el de la fibra cruda, la cual es una medida del contenido de celulosa, lignina pero contiene cantidades considerables de proteína vegetal, perdiéndose en cambio, parte de la lignina que se gelatiniza o se disuelve, además que la hemicelulosas es solubilizada y no puede ser detectada. En muchos países, el contenido de fibra cruda es la medida oficial para determinar el contenido de fibra en un alimento. Sin embargo, no es preciso para medir las fracciones fibrosas de las paredes celulares (8).

Un procedimiento más reciente es la determinación de *fibra neutro detergente* (FND), que ofrece una estimación más precisa del total de fibra en el alimento. La fibra neutro detergente incluye los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina), y parcialmente minerales como el sílice y sustancias fenólicas como los taninos. La *celulosa* es prácticamente un polímero lineal de unidades de glucosa unidas entre sí por enlaces $\beta(1\rightarrow4)$. Es el principal componente estructural de las paredes celulares de las plantas, se considera relativamente insoluble en agua y algunos polímeros pueden contener 10,000 unidades de glucosa. Los enlaces hidrógeno entre polímeros paralelos forman microfibrillas fuertes, las cuales proveen la fuerza y rigidez requerida en paredes celulares de plantas primarias y secundarias. Las hemicelulosas son un heterogéneo grupo de sustancias que contienen entre 50 y 200 unidades de azúcar en su columna vertebral (xilosa, manosa y galactosa), mientras la arabinosa, galactosa y ácidos urónicos están presentes en los lados de la cadena. La hemicelulosa por definición es soluble en álcalis diluidos, pero no en agua. Las *hemicelulosas* son polisacáridos matrices que se enlazan junto a las microfibrillas de celulosa y forman enlaces covalentes con la lignina (8).

La *lignina* es un polímero tridimensional no carbohidratado de aproximadamente 40 unidades de fenol con enlaces intramoleculares fuertes, a menudo enlazada covalentemente a hemicelulosa. Contiene unidades de fenil propano derivadas de sipanil, coniferil y alcoholes p-coumarílicos. Es considerada muy inerte, insolubles y resistentes a la digestión, incluso a la del tracto digestivo de rumiantes. Los *carbohidratos no fibrosos o lábiles* son solubles en detergente neutro y se componen de ácidos orgánicos y oligosacáridos (azúcares), almidón, fructosanos, sustancias pécticas (pectinas) y β -glucanos. Estos no son cuantificados por análisis, sino por medio de cálculos, restando la ceniza, proteína cruda, extracto de éter y FND del total. Las pectinas son ricas en ácidos urónicos, solubles en agua caliente y forman geles. La estructura esquelética está formada por cadenas no ramificadas de enlaces, 1,4 de ácido galacturónico. Los lados de la cadena pueden contener ramnosa, arabinosa, xilosa

y fucosa. Los β -glucanos son polímeros de glucosa que contienen ambos enlaces $\beta(1\rightarrow3)$ y $\beta(1\rightarrow4)$ en varias proporciones, dependiendo de la fuente, la cual hace a la molécula menos lineal y más soluble en agua. La figura 14 muestra de manera compacta la composición de los alimentos, mostrando las fracciones y los métodos de cuantificación (8).

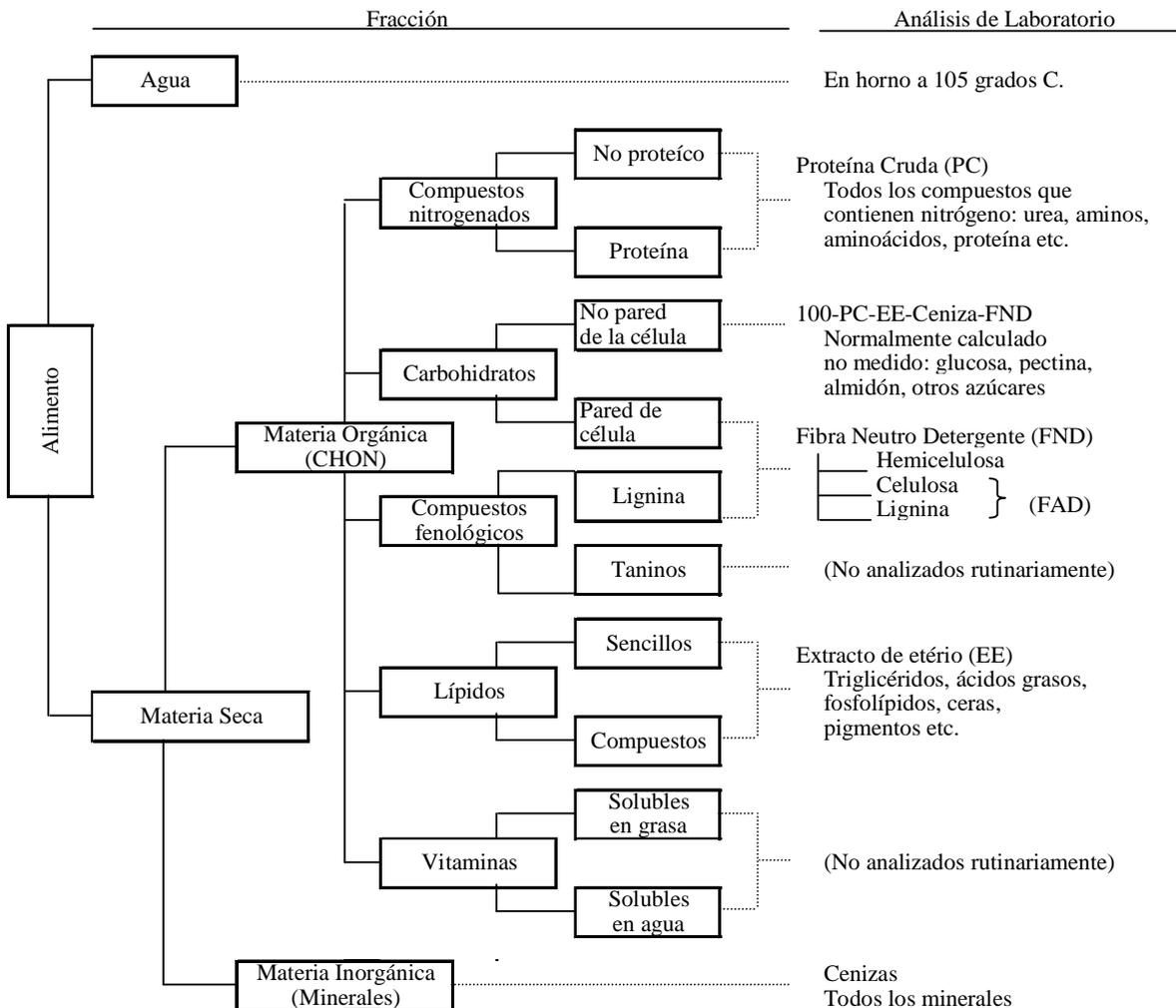


Figura 14. Composición de alimentos y métodos de análisis (8)

3.1.7 Algunas fuentes de aprovisionamiento y composición química

Durante el desarrollo de actividades productivas de la mayoría de cultivos agrícolas e industrias basadas en algunos de esos cultivos, se generan grandes cantidades de materiales que tienen la consideración de subproductos de la actividad central y carecen de importancia económica. Dentro de esos subproductos agrícolas o agroindustriales predominan los de naturaleza lignocelulósica. Los materiales elegibles en la preparación de substratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* deben poseer de partida, el mayor y mejor número posible de propiedades positivas tales como buena disponibilidad en

cantidad y continuidad, conocimiento de sus características fisicoquímicas, regularidad en su composición físico-química, precio ventajoso de adquisición, localización fácil y cercana, y facilidad de transporte y manejo (26). La selección del material lignocelulósico a utilizar para el cultivo de setas debe hacerse en función al lugar geográfico pensando en su disponibilidad, los costos de su transportación y el tratamiento para utilizarlo como sustrato (31).

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales en la nutrición de cualquier organismo. La relación carbono-nitrógeno (C/N) se refiere a la cantidad de carbono respecto a la cantidad de nitrógeno que tiene un material. El sustrato para el cultivo de champiñón es una composta obtenida a través de un proceso fermentativo de materiales lignocelulósicos, activado con fuente de nitrógeno que proporciona al hongo una selectividad química (2 a 3 por ciento de nitrógeno y C/N=16-19) y una selectividad biológica (bacterias, actinomicetos y hongos termófilos). Por analogía con este proceso, se ha intentado producir sustratos para el cultivo de *P. ostreatus*, el cual puede crecer en medios nutritivos con una relación C/N comprendida entre 30 y 300, pero necesita una selectividad biológica (microbiota protectora y no competidora). Por lo indicado anteriormente, se comprende que con una relación C/N tan versátil, amplia gama de producto vegetales o combinaciones de dos o más de ellos, pueden ser utilizados para el cultivo de *P. ostreatus* (26).

Al emplear serrines de madera por su adquisición fácil y económica, pero muy pobres en nitrógeno y alta relación C/N, es frecuente recurrir al uso de salvados de cereales para equilibrar nutritivamente el sustrato (26). El cuadro 2 contiene la composición química y la eficiencia biológica reportada para algunos de los materiales vegetales evaluados en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 2: Composición química y eficiencia biológica de algunos sustratos (% , sms)

Material	Materia orgánica	N	Grasa bruta	Fibra bruta	Extracto libre de N	Cenizas	C/N	EB
Pulpa de café	84.70	0.59	-----	-----	-----	15.30	83.26	175.80
Paja de trigo+broza de encino	93.75	0.86	1.49	-----	17.59	6.25	63.05	91.07
Maguey tequilero	91.10	0.36	2.80	32.40	53.60	8.90	146.80	65.00
Cáscara de cacahuete	92.40	2.44	9.70	26.30	41.20	7.60	22.00	100.00
Jacinto de agua	83.40	1.74	----	18.00	----	16.60	27.80	52.00
Paja de arroz	84.30	0.69	1.90	35.70	42.40	15.70	70.80	79.20
Cascarilla de arroz	82.50	0.63	1.30	48.10	29.20	17.50	75.90	56.10

Fuente: Sánchez y Royse (26).

MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Descripción del Área

La investigación se llevó a cabo en dos fases, la primera consistió en la multiplicación y obtención de micelio de *Pleurotus ostreatus* Ecosur 0112, la cual se realizó en la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. La segunda, consistió en la producción de carpóforos en la Escuela Nacional Central de Agricultura.

La Escuela Nacional Central de Agricultura encuentra ubicada en el municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, a 19 kilómetros de la Ciudad Capital, localizada entre las coordenadas geográficas 14° 31'13" - 14° 33'10", de latitud Norte, y 90° 36'00" - 90° 37'08" de longitud Oeste. La zona de vida de esta región según Holdridge, es bosque húmedo subtropical templado. La altura sobre el nivel del mar es de 1500 metros, la temperatura promedio es de 18 grados centígrados y la precipitación pluvial media es de 936 milímetros por año, distribuida de junio a octubre.

3.2.2. Investigaciones realizadas con el hongo *Pleurotus ostreatus*

El Colegio de la Frontera Sur en México (ECOSUR) ha ejecutado proyectos de investigación sobre la biología y el cultivo de especies de *Pleurotus*. Actualmente, debido a éstas y otras investigaciones y adaptaciones tecnológicas desarrolladas, el interés por cultivarlo se ha difundido en todos los ámbitos del país (26).

Bautista et al. (1), evaluaron la cantidad proteínica de los cuerpos fructíferos de tres cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* (INIREB-8, CDBB-H-896 Y CDBB-H-897), cultivadas en invernadero, temperatura registrada de 22-28 grados centígrados y 75-85 por ciento de humedad relativa, en paja de trigo como sustrato. El contenido de proteína de las setas se calculó determinando el nitrógeno total por el método de Kjeldahl y se usó el factor de conversión de nitrógeno a proteína de 4.38. La concentración de proteína, osciló entre 17.26 y 19.97 g/100g en peso seco. Ellos indican que la determinación de proteína cruda (N×6.25) en los hongos sobreestima el valor de proteína, debido a que solamente entre el 34 y 89 por ciento de este nitrógeno total, proviene de proteína verdadera; esto puede ser explicado parcialmente por el hecho de que los hongos contienen cantidades significativas de nitrógeno no proteico, en sus paredes quitinosas. La quitina es el principal polisacárido nitrogenado que altera el valor de proteína cuando se utiliza 6.25 como factor de conversión de N a proteína.

Con la finalidad de evaluar el potencial de los residuos vitivinícolas como sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, Sánchez et al. (25), analizaron la composición química de cinco mezclas de madera de vid y orujo de uva: 1:0; 2:1, 1:1, 1:2 y 0:1; antes y después del cultivo de dos cepas de *Pleurotus ostreatus* y una de *Pleurotus pulmonarius*. La comparación entre mezclas se realizó en función de la eficiencia biológica (EB) y la tasa de producción (TP). La EB varió de 37.2 a 78.7 por ciento. En general las mezclas con mayor contenido de madera de vid presentaron los valores más altos de EB. La tasa de producción de 0.2 a 4.1 por ciento. En el análisis proximal de los sustratos remanentes, expresados en g/100g en base seca, se obtuvieron valores de proteína (N×4.38) desde 1.32 hasta 10.6 por ciento, siendo los valores más altos en las mezclas con mayor porcentaje de orujo de uva.

En el mismo estudio, no existió diferencia significativa entre mezclas en cuanto a minerales. El contenido de fenoles totales se redujo un 44.4 a 56.8 por ciento en la madera y 9.2 a 18.1 por ciento en el orujo. Los azúcares totales disminuyeron en un rango de 11.53 a 93.79 por ciento, siendo en mayor proporción en las mezclas con un porcentaje más alto de madera de vid, mientras que en el 100 por ciento de orujo, éstos se incrementaron de un 49.4 hasta un 131.8 por ciento. El mejor desarrollo del hongo sobre madera se atribuye a su relación C:N de 88.5, así como su contenido de azúcares totales (231 mg/g), fenoles (47 µg/g) y fibra neutro detergente (80 por ciento). El escaso crecimiento micelial sobre el orujo podría deberse a su mayor porcentaje de grasas (5.7 por ciento). Con estos resultados se establece que es factible utilizar los residuos agroindustriales vitivinícolas para la producción de hongos comestibles, en un período relativamente más corto que los obtenidos en otros sustratos.

Bermúdez et al. (4), evaluaron la influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. florida, expresada en función de la composición aminoacídica. El cultivo se desarrolló sobre residuales cacaoteros en Ecuador. Se mezclaron 2 kilogramos de sustrato húmedo (70 por ciento de humedad), con 200 gramos de inóculo. Con esta mezcla se llenaron bolsas plásticas que se almacenaron en completa oscuridad a una temperatura de 25-28 grados centígrados durante 15 días, las cuales se perforaron al tercer día de haber inoculado el sustrato. El contenido de proteína cruda de los hongos se estimó a partir de los valores de nitrógeno total determinados por el método Kjeldahl, empleando 6.25 como factor de conversión. No se apreciaron variaciones en la concentración de proteínas totales, que mostraron valores de 28.37, 28.68 y 28.89 por ciento, en los cultivos expuestos a 4, 8 y 12 horas de luz, respectivamente. La luz no influyó en la composición aminoacídica de *P. ostreatus*. La metionina constituyó el primer limitante, al representar 47.8 por ciento del requerimiento, respecto al huevo entero. El cuadro 3 muestra los resultados relacionados con el contenido de proteína

cruda en la biomasa de *P. ostreatus*, cultivado en sustrato de cacao comparados con procedimientos similares realizados sobre pulpa de café y con datos de *Agaricus bisporus*.

Cuadro 3: Contenido de proteína cruda y período de exposición a luz

Especie	Contenido de proteína bruta (g%, base seca)
<i>P. ostreatus</i> (4 h de exposición a luz)	28.37
<i>P. ostreatus</i> (4 h de exposición a luz)	28.68
<i>P. ostreatus</i> (4 h de exposición a luz)	28.89
<i>P. ostreatus</i> (cultivado en pulpa de café)	28.90
<i>Agaricus bisporus</i>	26.30

Fuente: Bermúdez et al. (4)

En nuestro país, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha sido la pionera de este campo; por ejemplo, Argueta (1983), realizó un estudio de macromicetos en la Ciudad de Guatemala, Mixco y San Juan Sacatepéquez. Godoy (1997), evaluó sustratos de aserrín de caoba y cedro, fibra de coco y olote de maíz. Arriola (1996), efectuó una evaluación de bolsas de polietileno y celofán para el empaque de micelio secundario de *Pleurotus ostreatus*. En la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía (USAC), se han evaluado diversos sustratos para el cultivo de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus*, entre esas tenemos:

- Girón (13), evaluó subproductos derivados de la agroindustria de palma africana (*Elaeis guineensis*). En el experimento se utilizó un diseño al completo azar, con 7 tratamientos y 7 repeticiones, a razón de 2,300 gramos por cada unidad experimental. Concluyó que los mejores rendimientos en peso y eficiencia biológica se obtienen con fibra de palma africana sin mezclar, con 135.62 por ciento de eficiencia biológica y un peso promedio de 3,119 g de masa fúngica por unidad experimental. La pulpa de café se utilizó como testigo y se observó una eficiencia biológica de 144.57 por ciento y peso total de 3,325 gramos de biomasa fúngica. Las eficiencias biológicas más bajas se obtuvieron con el raquis y las mezclas de cuesco y fibra, y raquis mezclado con cuesco, 78.31, 75.87 y 75.64 respectivamente.
- Tarot (28), evaluó frutos de morro (*Crescentia alata*) y aserrín de pito (*Erythrina berteroana*) y sus mezclas en proporciones de 1:1. La fase de fructificación se llevó a cabo en el municipio de Barberena, departamento de Santa Rosa. Para ello se usaron 4 tratamientos y 8 repeticiones, a razón de 100 gramos de sustrato seco por cada unidad experimental. El aserrín de pito alcanzó una

eficiencia biológica de 98.96 por ciento y una tasa de producción de 1.65 por ciento, similar a los datos obtenidos en pulpa de café (testigo) que fueron 103.54 por y 1.73 respectivamente. Los demás tratamientos obtuvieron valores inferiores. Se encontró que el aserrín de pito es estadísticamente igual al testigo (pulpa de café) y superior al fruto de morro, concluyendo que el aserrín de pito es apto para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* ECS-0112 en condiciones ambientales y de manejo, óptimas.

3.2.3. Material biológico

Nuestro país carece de instituciones privadas o gubernamentales dedicadas a la domesticación, caracterización y conservación de recursos micológicos nativos que puedan ser utilizados con fines de investigación, razón por la cual, la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus* utilizada en el presente estudio, se adquirió en México y es una cepa comercial certificada que se conserva en el cepario micológico del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) de Tapachula, Chiapas, México. Ello garantiza la pureza del material biológico utilizado.

3.2.4. Substratos Utilizados en la Investigación

3.2.4.1 Elección de substratos

En México, la pulpa de café está siendo utilizada como substrato en investigaciones relacionadas con el potencial productivo de especies del género *Pleurotus* debido a que en evaluaciones anteriores sobre diversos substratos, el crecimiento sobre pulpa de café ha alcanzado eficiencias biológicas hasta de 176 por ciento luego de ser sometida a procesos de fermentación (3). En Guatemala, la pulpa de café suele ser abundante en zonas cafetaleras durante el período de cosecha, consecuentemente no es común hallarlo en todas regiones del país ni en todas las épocas del año. Ello obliga a encontrar substratos lignocelulósicos alternos que puedan ser utilizados para el cultivo de *P. ostreatus*.

La propagación de jacaranda en el vivero forestal de la Escuela Nacional Central de Agricultura, produce como subproducto el pericarpio de su fruto, de donde se obtiene la semilla, el cual no tiene en la actualidad un uso específico, al mismo tiempo que posee consistencia leñosa, típica de estructuras con contenido significativo de lignina, celulosa y hemicelulosa (31).

En la actualidad es necesario promover alternativas para la transformación de nuestros recursos naturales con la finalidad de aprovecharlos al máximo. El uso de pasto estrella africana está destinado a

la alimentación de ganado, pero en fases fenológicas avanzadas de su desarrollo vegetativo, el uso como tal se torna ineficaz debido al proceso de lignificación de sus estructuras, lo que hace necesario encontrar otros usos potenciales. El hongo *Pleurotus ostreatus* ha mostrado crecer, en términos de eficiencia biológica aceptables, en varias especies de la familia de la gramíneas, por ejemplo, jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y el zacate *Rynchelitrum repens* (32).

3.2.4.2 Descripción de sustratos

A. Pulpa de café

La pulpa de café representa alrededor de 40 por ciento del peso del fruto fresco. Si se considera un promedio de 12 quintales por hectárea como rendimiento promedio de las plantaciones de Guatemala, se tiene una producción anual de 276 kg/ha (0.4×690 kg) de pulpa de café. En Guatemala se puede conseguir pulpa de café fresca desde noviembre a marzo. La cosecha tarda alrededor de 3 meses y varía según las regiones del país. La pulpa de café deshidratada contiene cerca del 10 por ciento de proteína cruda, 21 por ciento de fibra cruda, 8 por ciento de cenizas y 4 por ciento de extracto libre de nitrógeno. Otros compuestos orgánicos que están presentes en la pulpa de café son los taninos, sustancias pécticas, azúcares reductores y no reductores, cafeína, ácido clorogénico y ácido cafeico (16).

B. Jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia* D.Don)

La jacaranda pertenece a la familia Bignoniaceae. Es una especie arbórea semicaducifolia, de 12-15 metros de altura con copa ancha y ramas erguidas. Tronco de corteza fisurada oscura. Hojas compuestas bipinnadas, de hasta 50 centímetros de longitud, con pinnas de 25 a 30 pares de folíolos pequeños de forma oval-oblonga, apiculados, de color verde-amarillento. Flores en panículas terminales de forma piramidal que aparecen antes que las hojas; su forma es tubular y de color azul-violeta, de 3-5 centímetros de longitud. Florece de febrero a abril. Fruto leñoso, dehiscente, plano en forma de castañuela, botánicamente llamado silícula. Contiene gran cantidad de semillas pequeñas, aladas. El fruto permanece bastante tiempo en el árbol. Se multiplica por semillas. Árbol no demasiado exigente y de crecimiento relativamente rápido. Las heladas le perjudican, sobre todo a los ejemplares jóvenes que llegan a morir. Florece abundantemente en exposición soleada. Esta planta es nativa de Sur América, desde Colombia hasta Argentina, cultivada en regiones tropicales y subtropicales (5).

En Guatemala, la jacaranda se encuentra en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Jutiapa, Quetzaltenango, Retalhuleu,

Sacatepéquez, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán. Se le atribuyen usos medicinales: la infusión y tintura de flores, hojas y corteza se usa por vía oral para el tratamiento de disentería amebiana y otras afecciones gastrointestinales agudas. El estudio de los componentes polares de las hojas condujo al aislamiento de una ciclohexanona (jacaranona), un glucósido fenilpropanoide, un verbascósido (acetósido) y un nuevo éster de glucosa (jacaranosa), mientras que la ausencia de iridoides fue total (5).

C. Pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus* K. Schum (Pilger))

Especie forrajera perenne, originaria del Este de África, tiene hábito de crecimiento postrado, con emisión de estolones de rápido crecimiento que pueden llegar a alcanzar hasta tres metros de longitud; posee hojas pubescentes exfoliadas e hirsutadas en forma de lanza y con lígula pubescente; la inflorescencia es una espiga unilateral verticilada, con dos filas de espiguillas dispuestas a lo largo de una cara de los raquis secundarios (10).

La estrella africana tolera bien el calor, la sequía y los suelos de baja fertilidad, aunque los mejores resultados se obtienen en suelos fértiles y con buen drenaje. Crecen en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1500 metros; observándose los mejores rendimientos en las áreas bajas; crece adecuadamente en lugares con precipitaciones de 900 hasta 2000 milímetros anuales. Para su reproducción se usa el medio vegetativo (estolones), esparciendo el material al voleo sobre el terreno ya preparado y posteriormente se incorporan al suelo ya sea manualmente, con animales o pasando rastra; se requiere aproximadamente 1.5 toneladas de estolones por hectárea, los que deben tener dos meses de recuperación (10).

Constituye un forraje de considerable valor nutricional, con el problema que en estado muy joven puede presentar alta concentración de ácido cianhídrico y muy viejo lo rechazan los animales por muy lignificado. Responde bien a los programas de fertilización nitrogenada; el período de recuperación varía de 25 a 30 días en época lluviosa y de 35 a 40 días en la estación seca. Los datos sobre producción indican valores entre 35 y 45 toneladas de materia verde por hectárea por año. El pasto estrella africana se encuentra distribuida en Baja Verapaz, Alta Verapaz, Chiquimula, Zacapa, El Progreso, Santa Rosa, Jutiapa, Escuintla, San Marcos, Coatepeque y Petén (Pineda 1994). En Costa Rica el análisis de material vegetativo al inicio de la floración reveló 14.80 por ciento de proteína cruda, 26.20 por ciento de fibra cruda, 37.22 por ciento de extracto libre de nitrógeno, 1.93 por ciento de extracto de etereo y 9.67 por ciento de cenizas en la materia seca, sobre una base de 10 por ciento de humedad (10).

4. OBJETIVOS

General

Evaluar el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y el pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), como sustratos, en la producción de carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* ECS-112.

Específicos

Cuantificar la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos a evaluar.

Comparar la duración del ciclo productivo y la tasa de producción de carpóforos del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre los tratamientos a evaluar.

Evaluar el efecto de la mezcla de sustratos sobre la eficiencia biológica y período productivo de *Pleurotus ostreatus*.

Determinar la relación beneficio-costo asociada al sustrato evaluado que presente una eficiencia biológica aceptable, mayor al cien por ciento.

Determinar el efecto de los sustratos sobre la cantidad de proteína cruda en los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*.

5. HIPÓTESIS

1. Con base a la consistencia rígida, típica de estructuras con alto contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* será mayor en aquellos tratamientos donde el pericarpio de jacaranda forme parte del sustrato.
2. El contenido de proteína cruda de los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* será significativamente diferente entre los tratamientos a evaluar.

6. METODOLOGÍA

Diseño Experimental

Para evaluar el pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda minosifolia*), como substratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* Ecosur-112 se utilizó el diseño complemente al azar, con 7 tratamientos y 4 repeticiones, para un total de 28 unidades experimentales. El modelo estadístico lineal para este diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

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

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

Y = Magnitud de la variable de respuesta obtenida en la ij -ésima unidad experimental.

μ = Media general.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ε = Error aleatorio asociado a la j -ésima repetición en el tratamiento i -ésimo.

Tratamientos

Los materiales vegetales evaluados fueron el pericarpio de jacaranda y el pasto estrella africana, utilizando pulpa de café como testigo con fines de comparación. Estos se evaluaron en forma pura y en combinaciones entre sí (mezclas), para un total de 7 tratamientos. Se utilizaron 4 réplicas por tratamiento y se tomó como unidad experimental un contenedor equivalente a 150 gramos de substrato seco. La composición porcentual de los tratamientos se indica en el cuadro 4.

Cuadro 4: Composición porcentual de tratamientos

Tratamientos	Código	Pasto Estrella	Pericarpio de Jaracanda	Pulpa de Café	Proporción
Tratamiento 1	E	100 %	0 %	0 %	1:0:0
Tratamiento 2	J	0 %	100 %	0 %	0:1:0
Tratamiento 3	P	0 %	0 %	100 %	0:0:1
Tratamiento 4	EJ	50 %	50 %	0 %	1:1:0
Tratamiento 5	JP	0 %	50 %	50 %	0:1:1
Tratamiento 6	EP	50 %	0 %	50 %	1:0:1
Tratamiento 7	EJP	$\frac{100}{3}$ %	$\frac{100}{3}$ %	$\frac{100}{3}$ %	1:1:1

Referencia:

E: Pasto Estrella Africana puro.

J: Pericarpio de Jacaranda puro.

P: Pulpa de Café puro.

EJ: Mezcla de Pasto Estrella Africana y Pericarpio de Jacaranda.

JP: Mezcla de Pericarpio de Jacaranda y Pulpa de Café.

EP: Mezcla de Pasto Estrella Africana y Pulpa de Café.

EJP: Mezcla de Pasto Estrella Africana, Pericarpio de Jacaranda y Pulpa de Café.

Para garantizar independencia del error experimental, uno de los supuestos del análisis de varianza del diseño experimental utilizado, la distribución de las unidades experimentales en el espacio físico de la sala de fructificación, se realizó de manera aleatoria. En el cuadro 5 se indica la ubicación de las unidades experimentales.

Cuadro 5: Distribución aleatoria de unidades experimentales

UBICACION	1	2	3	4	5	6	7
1	P	EJ	E	JP	J	EJP	P
2	JP	J	EP	EJP	EP	EJ	E
3	EJ	E	JP	J	E	J	EJP
4	EP	EJP	EJ	P	EP	JP	P

Variables de Respuesta

Para cuantificar la producción de carpóforos y evaluar el efecto de los tratamientos sobre el contenido proteínico de los carpóforos y el crecimiento de *Pleurotus ostreatus*, en los substratos puros y sus mezclas, las variables de respuesta analizadas fueron:

1. La eficiencia biológica (EB), expresada en porcentaje: peso fresco de carpóforos sobre peso seco del substrato multiplicado por cien.
2. El período productivo (T), en días: tiempo desde la inoculación hasta la tercera cosecha.
3. La tasa de producción (TP), expresada en porcentaje: eficiencia biológica sobre el período productivo.
4. El porcentaje de proteína cruda en carpóforos (PC), expresada en gramos por cien gramos de peso seco (g/100g).

Manejo del Cultivo

La investigación se dividió en dos etapas, la primera, la obtención del inóculo o ñsemillaö. Esta fue la parte microbiológica de la investigación y se realizó en el laboratorio de la Subárea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía y en los laboratorios de fitopatología de la Escuela Nacional Central de Agricultura. La segunda fue la producción de carpóforos, la cual se realizó en la Escuela Nacional Central de Agricultura.

Como inóculo se utilizaron granos de sorgo impregnados con micelio *Pleurotus ostreatus* ECS-112. Dicho inóculo o ñsemillaö se obtuvo de la siguiente manera:

- A. La cepa ECS-112 de *Pleurotus ostreatus* obtenido del Cepario Micológico del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), se puso a fructificar para obtener carpóforos y con ello iniciar el proceso de obtención del inóculo. La figura 15 muestra las fructificaciones o carpóforos utilizados para iniciar el proceso de obtención de ñsemillaö.



Figura 15. Fructificaciones utilizadas para obtención del inóculo

- B. Una porción del tejido interno del píleo de *Pleurotus ostreatus*, de aproximadamente 3 milímetros cuadrados, se hizo crecer en medio de cultivo elaborado a base de papa, dextrosa y agar (PDA). El tejido fúngico se extrajo del píleo utilizando pinzas, en la forma que se muestra en la figura 16.

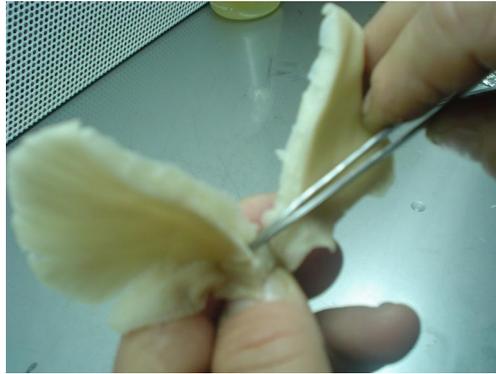


Figura 16. Corte y extracción del tejido del píleo

- C. Para preparar el medio de cultivo se tomaron 40 gramos de PDA disueltos en un litro de agua destilada agregando un centímetro cúbico de ácido láctico. Luego de preparado el medio de cultivo, se envasaron cajas petri, las cuales se esterilizaron en autoclave durante 15 minutos a temperatura de 121 grados centígrados y 15 libras por pulgada cuadrada de presión (15 psi). Ya solidificado el medio de cultivo, en una campana de flujo laminar, se procedió a colocar el tejido del píleo dentro de cajas petri. Estas se trasladaron a una cámara de incubación a 26 grados centígrados. Al quinto día se tomó una de las cajas petri con normal crecimiento del micelio y se inocularon nuevas cajas petri con una porción del medio de cultivo, tomada de la frontera de crecimiento. Este procedimiento se repitió dos veces más.
- D. 12 días después de la última transferencia, cuando el micelio invadió toda la superficie del medio del cultivo contenido en las cajas petri (figura 17), se procedió a la elaboración del inóculo o ñsemillaö.



Figura 17. Estado de crecimiento del micelio del hongo a los 12 días

- E. El substrato intermedio utilizado para preparar la ñsemillaö fue sorgo, el cual se remojó durante 12 horas y luego de coció en agua hirviendo durante 10 minutos, sin llegar al rompimiento del grano. Posteriormente se dejó escurrir durante 10 minutos.
- F. En el interior de una bolsa plástica de 1.75 litros (17 cm de ancho y 24 cm de alto), se colocaron 200 gramos de sorgo preparado de la manera indicada. El sistema bolsa-grano se esterilizó en autoclave a 121 grados centígrados y 15 psi, durante 15 minutos, y luego se inoculó dentro de una cámara de flujo laminar, con 5 porciones de un centímetro cuadrado cada una, del medio de cultivo invadido con micelio de *Pleurotus ostreatus*. Para colocar las porciones del medio de cultivo dentro de las bolsas con grano, se utilizó bisturí esterilizado y se dispusieron en la forma que se muestra en la figura 18.



Figura 18. inoculación de bolsas con grano

- G. Luego se dobló la bolsa, tratando que los granos quedasen suficientemente compactados. Fueron sellados con cinta adhesiva y fueron colocados en cámara de incubación a 26 grados centígrados, donde permanecieron durante 4 semanas, hasta que el micelio colonizó completamente los granos de sorgo.

Para la siembra (inoculación del substrato), incubación y fructificación se utilizó la metodología propuesta por López (17), orientada al cultivo artesanal. En ese sentido, la metodología empleada se caracterizó por ejercer escasa regulación de las condiciones del medio, utilización alta tasa de inoculación (10 por ciento del peso húmedo) y utilizar agua caliente como método de desinfección de los substratos. Para la fase de incubación y fructificación se implementó un ambiente con características caseras, es decir un ambiente techado de 4 x 4 metros, con una ventana de 1.24 metros cuadrados y área de ventilación de 0.38 metros cuadrados, provista de un cedazo metálico de 4 milímetros cuadrados, equivalente aproximadamente a 160 mesh. La ventana fue cubierta con plástico de polietileno negro

para crear un ambiente de total oscuridad durante la fase de incubación (ver apéndice 1). Las condiciones de temperatura, humedad relativa, iluminación y CO₂, fueron las inherentes al microclima generado por la temperatura en el ambiente, el riego y la ventilación a través de la ventana. Tanto en la fase de incubación como en la de fructificación, se registró la temperatura utilizando un termómetro ambiental de pared. En cuanto a la temperatura se tomaron lecturas tres veces al día, de 6:00 a 8:00 h, de 12:00 a 14:00 h y de 18:00 a 20:00 horas. Para el riego se utilizaron tres nebulizadores de alcance mediano de gota fina (aproximadamente 150 micras), a 0.60 m uno del otro, con descarga de 30 litros por hora a 3 bares de presión, conectados directamente a un tubo PVC de 12 milímetros, alimentado por un grifo a través de una manguera de 15 metros de longitud (Ver apéndice 2).

La elaboración de las unidades experimentales y el manejo del cultivo durante la producción de carpóforos, se llevó a cabo así:

- H. Los substratos fueron colectados directamente del campo, en la Escuela Nacional Central de Agricultura. En el caso del pericarpio de jacaranda se tomaron aquellos que presentaban coloración oscura, sin semillas en su interior, en febrero de 2003, producto de la floración en marzo y abril del año anterior. El pasto estrella fue cortado de áreas donde crece naturalmente, cuando su altura oscilaba entre los 0.50 y 0.70 metros de altura, en octubre de 2003. La pulpa de café se tomó de la cosecha de café tipo òpacheö realizada entre los meses de enero y febrero de 2003.
- I. El pericarpio de jacaranda se quebró hasta obtener fracciones de 0.5 a 1.5 centímetros cuadrados y el pasto estrella fue cortado en fragmentos de 1 a 2 centímetros de longitud. Después de 2 semanas de secado natural, bajo la acción directa de los rayos del sol y posterior determinación del porcentaje de humedad, se pesaron 6 kilogramos de peso seco de cada substrato y fueron sumergidos en agua a temperatura ambiente durante 6 días (fermentación). El porcentaje de humedad de los substratos se determinó con un horno a 105 grados centígrados hasta alcanzar peso constante de las muestras (23).
- J. Luego se procedió a la desinfección. Esta se realizó con agua caliente a 85 grados centígrados aproximadamente, durante 30 minutos. Después de la òpasteurizaciónö los materiales se escurrieron y se enfriaron a temperatura ambiente durante 30 minutos. Ya fríos y escurridos los materiales vegetales, se tomó el peso húmedo resultante en cada substrato (alrededor del 70 por ciento), y se pesaron con base al peso húmedo, lo equivalente a 150 gramos de peso seco para cada unidad

experimental, de acuerdo con la cantidad del material vegetal requerida por tratamiento (ver cuadro 4).

- K. Seguidamente, se procedió a la inoculación de tratamientos con la ñsemillaö de *Pleurotus ostreatus* ECS-112 obtenida previamente, proporcionando a cada unidad experimental, 50 gramos de ñsemillaö, lo que equivale al 10 por ciento del peso húmedo por unidad experimental. El porcentaje de humedad del inóculo fue de 46 por ciento.
- L. El procedimiento de inoculación de las unidades experimentales consistió en colocar poco a poco el substrato dentro de una bolsa plástica de 1.75 litros (17 cm de ancho y 24 cm de alto), mientras que el inóculo se distribuía sobre el substrato, capa por capa.
- M. Inmediatamente después de efectuada la inoculación, se tomaron muestras de cada uno de los tratamientos para determinar el porcentaje de fibra neutro detergente, proteína cruda y cenizas. El contenido de fibra neutro detergente se determinó a través del método de Van Soest según manual de procedimientos utilizado por el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia. El porcentaje de proteína cruda en la materia seca de los substratos se determinó a partir de los valores de nitrógeno total determinados por el método Kjeldahl, empleando 6.25 como factor de conversión ($N \times 6.25$), según manual de procedimientos del laboratorio de análisis de suelo, agua y planta de la Escuela Nacional Central de Agricultura. El porcentaje de cenizas en la materia seca de los tratamientos se determinó con mufla a 550 grados centígrados por cuatro horas.
- N. Los tratamientos se incubaron hasta que el micelio invadió todo el substrato de las unidades experimentales (Ver apéndice 3). Como ya se mencionó la ventana se cubrió con plástico de polietileno negro para lograr condiciones de oscuridad total. A los 3 días de iniciada la fase de incubación, se hicieron pequeñas perforaciones a las bolsas para favorecer la ventilación al interior de ellas. La fase de incubación fue de 12 días. Durante este período la temperatura de osciló entre los 23 y 29 grados centígrados para una media de 26 grados centígrados.
- O. Posteriormente a la fase de incubación, se le removieron completamente las bolsas, se retiró el plástico cobertor, se abrieron las ventanas y se inició con el riego. El riego se efectuó cada cuatro horas durante 10 minutos, en horas diurnas, iniciando con el primer riego a las 6:00 horas, para un total de 4 riegos diarios. En promedio la exposición a la luz fue de 12 horas, es decir que no se

utilizó luz artificial por las noches. Al inicio de esta fase, hasta al final de la tercera cosecha la temperatura en la sala de fructificación osciló entre los 20 y 28 grados centígrados, para una media de 24 grados centígrados.

- P. La cosecha inició a los 5 días de retiradas las bolsas, mientras que las subsiguientes cosechas se obtuvieron a intervalos de 8 a 10 días, en las cuales la cosecha de los carpóforos se realizó a los 5 días después del apareamiento de los primordios. Los carpóforos fueron cortados utilizando bisturí esterilizado tratando de no dañar el micelio. Los carpóforos obtenidos en la primera cosecha fueron utilizados para determinar el contenido de proteína cruda. Para ello, los carpóforos se secaron en horno con circulación de aire a 60 grados centígrados (23). El porcentaje de proteína cruda en la materia seca de la biomasa fúngica se determinó a partir de los valores de nitrógeno total determinados por el método Kjeldahl, empleando 4.38 como factor de conversión ($N \times 4.38$), según manual de procedimientos del laboratorio de análisis de suelo, agua y planta de la Escuela Nacional Central de Agricultura.
- Q. El contenido de fibra neutro detergente, proteína cruda y cenizas también se determinó en los substratos remanentes en la forma indicada anteriormente para el caso de los substratos iniciales, excepto para el cálculo de proteína cruda donde se utilizó el factor 4.38, en lugar de 6.25.

Recolección de Datos Experimentales

La toma de datos se inició a partir de la inoculación de las unidades experimentales hasta la tercera cosecha. Para registrar los datos experimentales se utilizó un cuadro de doble entrada, en el cual se anotó la fecha de inoculación, fecha de surgimiento de los primordios, fecha de cosecha, el número y peso de los carpóforos cosechados por unidad experimental. Para obtener el peso de los carpóforos cosechados se empleó una balanza de plato de triple brazo.

Análisis de Datos Experimentales

A las variables de respuesta: eficiencia biológica (EB), período productivo (T), tasa de producción (TP) y contenido de proteína cruda (PC) se les practicó análisis de varianza. Para determinar diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, previa comprobación de la normalidad del error experimental y de la Homocedasticidad de varianzas. La prueba de Scheffé se utilizó para analizar la eficiencia biológica y el período productivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, mediante la comparación de conjuntos de medias (19). Para comparar conjuntos de

medias de tratamientos se estructuraron 8 contrastes lineales de interés, los cuales se detallan en el cuadro 6.

Cuadro 6: Conjuntos de medias de tratamientos en los contrastes de interés.

NC	DESCRIPCIÓN	COEFICIENTES PARA LAS MEDIAS						
		E	EJ	EJP	EP	J	JP	P
C ₁	TRATAMIENTOS CON E CONTRA TRATAMIENTOS SIN E	-3	-3	-3	-3	4	4	4
C ₂	TRATAMIENTOS CON J CONTRA TRATAMIENTOS SIN J	4	-3	-3	4	-3	-3	4
C ₃	TRATAMIENTOS CON P CONTRA TRATAMIENTOS SIN P	4	4	-3	-3	4	-3	-3
C ₄	TRATAMIENTOS PUROS CONTRA MEZCLAS DOBLES	1	-1	0	-1	1	-1	1
C ₅	TRATAMIENTOS PUROS CONTRA MEZCLA TRIPLE	1	0	-3	0	1	0	1
C ₆	E Y J CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	1	-2	0	0	1	0	0
C ₇	E Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	1	0	0	-2	0	0	1
C ₈	J Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	0	0	0	0	1	-2	1

Referencia:

Contraste 1: tratamientos que contienen pasto estrella africana contra aquellos que no lo contienen.

Contraste 2: tratamientos que contienen pericarpio de jacaranda contra aquellos que no lo contienen.

Contraste 3: tratamientos que contienen pulpa de café contra aquellos que no la contienen.

Contraste 4: tratamientos formados por un solo material vegetal contra aquellos tratamientos constituidos por las mezclas de cualesquiera dos de estos.

Contraste 5: tratamientos formados por un solo material vegetal contra el tratamiento constituido por la mezcla de los tres materiales vegetales.

Contraste 6: tratamientos formados por pasto estrella africana o pericarpio de jacaranda contra el tratamiento formado por la mezcla de ambos.

Contraste 7: tratamientos formados por pasto estrella africana o pulpa de café contra el tratamiento formado por la mezcla de ambos.

Contraste 8: tratamientos formados por pericarpio de jacaranda o pulpa de café contra el tratamiento formado por la mezcla de ambos.

Adicionalmente al análisis estadístico de las variables de respuesta, se comparó la composición química de los substratos iniciales y remanentes utilizando la prueba t de student para datos pareados. Para analizar los datos de eficiencia biológica del hongo y su relación con la biodegradación del substrato se utilizó análisis de regresión.

Análisis Económico

Dentro de la gama de métodos disponibles para realizar análisis económico de resultados experimentales, el método de presupuestos parciales muestra la dificultad que los ensayos deben conducirse y evaluarse por dos años, en varios sitios experimentales en ambientes relativamente homogéneos, para infundir confianza sobre la validez de los resultados para los agricultores objetivo de la recomendación. Por otro lado, un análisis económico puede circunscribirse a un análisis de costes cuando no existen diferencias significativas en los ingresos entre los tratamientos. Un análisis beneficio-costos proporciona una medida de los costos en que se incurren en la realización de un proyecto, y a su vez comparar dichos costos previstos con los beneficios esperados de la realización de dicho proyecto cuando existen diferencias tanto en los costos como en beneficios totales de las alternativas evaluadas (15).

Los substratos objeto del presente estudio fueron el pericarpio de jacaranda, el pasto estrella y la mezcla de ambos. De estos tres tratamientos, solamente se analizó económicamente la alternativa de utilizar pasto estrella africana como sustrato en la producción artesanal de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, porque sobre ésta, se obtuvo una eficiencia biológica aceptable, mayor al cien por ciento (24).

El análisis económico se llevó a cabo calculando la relación beneficio-costos y determinando el momento de recuperación de la inversión inicial, en función del valor del dinero en el tiempo. Para ello, se calcularon y estimaron los ingresos y costos totales al utilizar 28 contenedores de 150 gramos de peso seco del sustrato (unidades experimentales) y luego se hicieron las proyecciones correspondientes para un escenario de producción de 50 contenedores a razón de 300 gramos de peso seco de sustrato por contenedor, y una eficiencia biológica 107.40 por ciento. Se elaboró una matriz de beneficios y costos totales a partir del período cero hasta al final de la séptima cosecha, considerando un período productivo aproximado de 40 días. Para evaluar el valor tiempo del dinero, tanto en el cálculo de la relación beneficio-costos y la determinación del período de recuperación de la inversión inicial, se aplicó una tasa de descuento del 18 por ciento anual. Dicha tasa se calculó a partir del costo del capital y la tasa de inflación acumulada. La tasa de inflación acumulada utilizada fue de 7.66 por ciento (al mes de agosto de 2004), mientras que el costo del capital propio se calculó a partir de una prima de riesgo del 5 por ciento y una tasa libre de riesgo de 5.25% (tasa de interés promedio ponderada de las operaciones bancarias al mes de agosto de 2004).

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* sobre los tratamientos, se efectuó en varias fases y tardó 85 días desde la siembra de tejido fúngico en cajas petri, hasta obtener la tercera cosecha, estas fueron: crecimiento del micelio en cajas petri 12 días, obtención del inóculo en semilla de sorgo 28 días, incubación 12 días, desarrollo de primordios y fructificación 33 días. Los resultados obtenidos en la investigación de detallan a continuación.

Cuantificación de la Producción de Carpóforos

Para cuantificar la producción, se tomó el peso fresco de los carpóforos en cada cosecha. En total se obtuvieron 4,510 gramos, distribuidos así: 644.40 gramos en pasto estrella (E), 502.50 gramos en la mezcla de pasto estrella y pericarpio de jacaranda (EJ), 620.90 gramos en la mezcla de pasto estrella, pericarpio de jacaranda y pulpa de café (EJP), 828.20 gramos en la mezcla de pasto estrella y pulpa de café (EP), 406.80 gramos en el tratamiento formado por jacaranda (J), 620 gramos en la mezcla de pericarpio de jacaranda y pulpa de café (JP), y 887.20 gramos en el substrato compuesto por pulpa de café (P). El mayor rendimiento en peso fresco se obtuvo en la primera cosecha, y disminuyó en las subsiguientes cosechas. En promedio, en la segunda cosecha se obtuvo el 85.52 por ciento de la producción total obtenida hasta la tercera cosecha. En la figura 19 se muestra el peso, en gramos, registrada en cada cosecha por tratamiento.

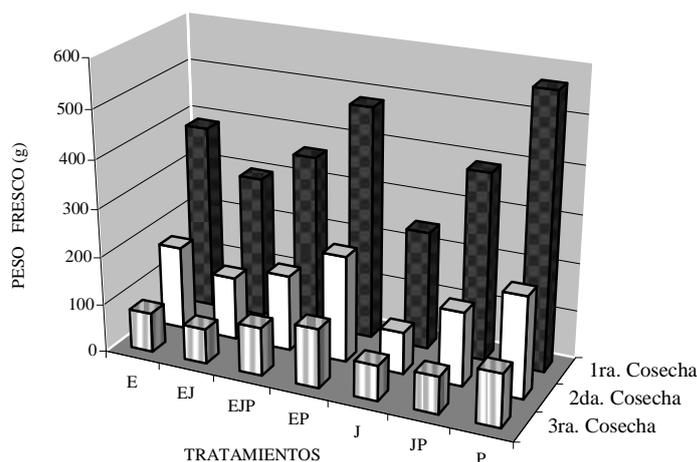


Figura 19. Producción de carpóforos por tratamiento en cada cosecha

Con el rendimiento en peso fresco de carpóforos por unidad experimental (cuadro 25 y apéndice 12) y los 150 gramos de peso seco del substrato, se calculó la eficiencia biológica para cada

tratamiento. El cuadro 7 muestra la eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* obtenida en las cuatro réplicas de cada uno de los tratamientos.

Cuadro 7: Eficiencia biológica (EB), en porcentaje, para tratamientos

COD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Media
		1	2	3	4	
E	Pasto Estrella Africana	123.73	108.00	104.07	93.80	107.40
EJ	Estrella + Jacaranda	82.47	86.93	88.80	76.80	83.75
EJP	Estrella +Jacaranda + Pulpa	120.33	106.60	88.27	98.73	103.48
EP	Estrella + Pulpa	130.87	132.33	139.67	149.27	138.04
J	Pericarpio de Jacaranda	72.60	73.00	64.40	61.20	67.80
JP	Jacaranda + Pulpa de Café	99.53	90.73	111.33	111.73	103.33
P	Pulpa de Café	144.13	163.93	152.60	130.80	147.87

El análisis de varianza para esta variable de respuesta, reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos ya que $Pr>F$ es igual a 0.0001. Por otro lado, la variabilidad experimental debida al manejo fue relativamente baja (9.76 por ciento). El cuadro 8 contiene el resumen del ANDEVA realizado a los datos de eficiencia biológica.

Cuadro 8: Resumen del ANDEVA para eficiencia biológica (EB)

FUENTE DE VARIACIÓN	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Tratamientos	6	18941.243	3156.8738	28.73	0.0001 **
Error experimental	21	2307.608	109.8861		
Total	27	21248.851			
$\alpha=0.05$		C.V= 9.7621			

Así mismo, la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a un nivel de significación de 0.05, permitió identificar 4 grupos. Estos se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9: Resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan

TRAT	MEDIA (EB)	GRUPO DUNCAN
P	147.87	A
EP	138.04	A
E	107.40	B
EJP	103.48	B
JP	103.33	B
EJ	83.75	C
J	67.80	D

En el cuadro anterior se observa que la mayor eficiencia biológica se presentó en el tratamiento constituido por pulpa de café (P) y en la mezcla de pulpa de café con pasto estrella (EP), con 147.87 y 138.04 por ciento respectivamente, las cuales formaron el primer grupo. Los tratamientos E, EJP, y JP con eficiencias biológicas de 107.40, 103.48 y 103.33 por ciento respectivamente, formaron el segundo grupo. La mezcla de pasto estrella africana y jacaranda (EJ), con una eficiencia biológica de 83.75 por ciento y el tratamiento constituido por pericarpio de jacaranda (J), con eficiencia biológica de 67.80 por ciento se ubicaron en el tercero y cuarto grupos respectivamente.

Sobre la base que según Salmenes et al. (24), la calidad productiva de un substrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 100 por ciento, existe diferencia significativa relevante entre la eficiencia biológica obtenida en el tratamiento constituido por pasto estrella africana (107.40 por ciento), y la obtenida sobre los tratamientos EJ y J, de 83.75 y 67.80 por ciento respectivamente. La eficiencia biológica promedio obtenida en este estudio para *Pleurotus ostreatus* ECS-0112, sobre pulpa de café (147.87%) fue similar al reportado por Girón (13), de 144.57 por ciento.

De acuerdo con el análisis de regresión (Ver Apéndice 7), el porcentaje de fibra neutro detergente (FND) presente en los substratos iniciales no siempre garantiza una eficiencia biológica igualmente mayor, o al contrario. Por ejemplo, el pasto estrella africana y el pericarpio de jacaranda presentaron mayor contenido inicial de fibra neutro detergente (74.11 y 73.72 por ciento respectivamente) que la pulpa de café (62.29 por ciento), pero la eficiencia biológica del hongo sobre éstos substratos no fue superior a la obtenida sobre pulpa de café (Ver cuadro 23 del apéndice 6).

Ahora bien, los resultados de eficiencia biológica se relacionan directamente con el consumo de fibra neutro detergente (FND), expresado como porcentaje respecto al contenido de FND presente en los substratos iniciales. Es decir, que las diferencias entre los tratamientos evaluados en cuanto a eficiencia biológica, pudieron deberse al grado de disponibilidad de FND en el substrato; de manera que a mayor eficiencia biológica mayor consumo de FND y a menor eficiencia biológica menor consumo de FND. Por ejemplo, la eficiencia biológica del hongo sobre pulpa de café y el pericarpio de jacaranda fueron 147.87 y 67.80 por ciento respectivamente, mientras que el consumo de FND fue de 79.07 y 45.87 por ciento respectivamente.

Asimismo, a partir de la primera derivada del modelo lineal obtenido a través del análisis de regresión (Ver apéndice 7), la razón de 2.40 gramos de peso fresco de carpóforos producidos, por gramo

de fibra neutro detergente consumida, es constante en los tratamientos evaluados y constituye una aproximación de la tasa de bioconversión del material lignocelulósico por la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus*.

La figura 20 muestra el gráfico de dispersión y el modelo de regresión lineal para eficiencia biológica y el porcentaje de fibra neutro detergente consumido por *Pleurotus ostreatus*.

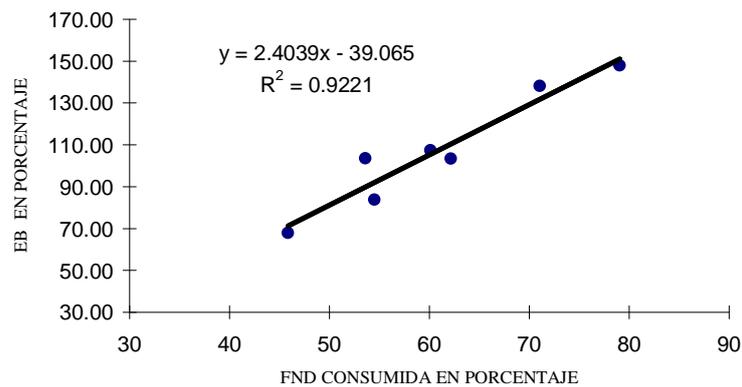


Figura 20. Relación entre el porcentaje de FND consumido y eficiencia biológica

El consumo de FND observado sobre pulpa de café (79.07 por ciento), coincide con lo citado por Sánchez y Royse (26), en el sentido que después de cosechar los hongos, el contenido de celulosa y la lignina del substrato se reduce en un 80%. Si se toma en cuenta que el análisis rutinario de FND, además de celulosa y lignina, también contiene hemicelulosa, parte del contenido de minerales como sílice y sustancias fenólicas como taninos (8); es probable que las diferencias en la composición de la FND relativa a los substratos, pudieran haber repercutido en la tasa de su consumo, aspectos que podrán analizarse en futuras investigaciones.

Según Sánchez y Royse (26), el género *Pleurotus* puede crecer en medios nutritivos con una relación C/N comprendida entre 30 y 300. Basado en lo anterior, el escaso aprovechamiento por el hongo *Pleurotus ostreatus* ECS-0112, de la fibra neutro detergente contenida en los tratamientos J (73.72%) y EJ (74.82) y la consecuente merma en el rendimiento de carpóforos en estos tratamientos pudo deberse a que la relación carbono-nitrógeno en ambos tratamientos sobrepasan el límite superior del rango indicado por Sánchez y Royse (26), las cuales son de 326.64 en el caso del pericarpio de jacaranda (J), y de 314.39 en el caso de la mezcla formada por el pericarpio de jacaranda y pasto estrella

(EJ). En el cuadro 10 se indica la composición química de los sustratos y la relación carbono-nitrógeno (C/N) para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 10: Composición química de sustratos y relación C/N en los tratamientos.

COD	TRAT	Porcentaje (g/100 g de peso seco)					Relación C/N
		Cenizas	%MO	%C	%PC	%N	
E	Estrella	1.98	98.02	56.85	1.90	0.30	187.01
EJ	Estrella + Jacaranda	1.13	98.87	57.34	1.14	0.18	314.39
EJP	Estrella + Jacaranda + pulpa	2.72	97.28	56.42	2.13	0.34	165.56
EP	Estrella + pulpa	3.39	96.61	56.03	3.19	0.51	109.78
J	Jacaranda	0.88	99.12	57.49	1.10	0.18	326.65
JP	Jacaranda + pulpa	3.25	96.75	56.12	2.28	0.36	153.82
P	Pulpa	5.26	94.74	54.95	4.33	0.69	79.31

Con relación a la composición de los sustratos antes y después del crecimiento del hongo, el sustrato remanente mostró una disminución significativa de la fibra neutro detergente y en el contenido de cenizas, mientras que el contenido de proteína mostró un aumento significativo a un nivel de significación de 0.05 (ver cuadro 22 y del apéndice 6, y apéndice 8).

Crecimiento de Carpóforos

Período productivo

Por otra parte, debido a los problemas del desarrollo de plagas en contenedores con mayor tiempo en la sala de fructificación y el número máximo de ciclos productivos anuales, un aspecto importante para la selección de sustratos apropiados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, es la cinética de fructificación. En este sentido, en promedio la primera cosecha se registró desde los 5 a los 8 días después del período de incubación, la segunda cosecha desde los 9 a los 13 días después de la primera, y la tercera cosecha desde los 8 a los 9 días después de la segunda. En total el período productivo fue de 45 días, 12 días para el período de incubación y 33 días para fructificación. El cuadro 11 muestra el período productivo registrado en cada una de las réplicas de cada tratamiento.

Cuadro 11: Período productivo (T) en días, para tratamientos

COD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Media
		1	2	3	4	
E	Pasto Estrella Africana	40	40	37	41	39.50
EJ	Estrella + Jacaranda	41	40	41	42	41.00
EJP	Estrella +Jacaranda + Pulpa	39	42	45	41	41.75
EP	Estrella + Pulpa	41	39	39	37	39.00
J	Pericarpio de Jacaranda	38	38	37	38	37.75
JP	Jacaranda + Pulpa de Café	39	38	45	41	40.75
P	Pulpa de Café	33	34	36	34	34.25

El análisis de varianza para esta variable de respuesta, reveló diferencias altamente significativas entre tratamientos porque $Pr>F$ es igual a 0.0002. Por otro lado, la variabilidad experimental debida al manejo fue relativamente baja (4.73 por ciento). El cuadro 12 contiene el resumen del ANDEVA realizado a los datos de período productivo.

Cuadro 12: Resumen del ANDEVA para el período productivo (T)

FUENTE DE VARIACIÓN	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Tratamientos	6	155.4286	25.9048	7.56	0.0002 **
Error experimental	21	72.0000	3.4286		
Total	27	227.4286			
$\alpha=0.05$		C.V= 4.7304			

Así mismo, la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a un nivel de significación de 0.05, permitió identificar 3 grupos. Estos se muestran en el cuadro 13.

Cuadro 13: Resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan

TRAT	MEDIA (T)	GRUPO DUNCAN
EJP	41.75	A
EJ	41.00	A
JP	40.75	A
E	39.50	A B
EP	39.00	A B
J	37.75	B
P	34.25	C

En el cuadro anterior se observa que el período productivo de *Pleurotus ostreatus* fue menor sobre el substrato formado por pulpa de café (P) con 34.25 días, seguido por el substrato formado por pericarpio

de jacaranda (J) con una media de 37.75 días, mientras que los tratamientos con período productivo más prolongado fueron JP, EJ Y EJP con 40.75, 41.00 y 41.75 días respectivamente. Cabe señalar que aún cuando sobre el pericarpio de jacaranda (J), mostró un período productivo igual al de los tratamientos EP y E, la eficiencia biológica de estos fue significativamente mayor. Para el tratamiento J, tanto la eficiencia biológica como el período productivo son significativamente menores al de los tratamientos JP, EJ Y EJP. Así mismo al comparar el tratamiento P con los demás tratamientos, vemos que la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en el tratamiento P es significativamente mayor que en los otros, mientras que el período productivo fue significante menor.

De acuerdo con las observaciones anteriores y los resultados del análisis de regresión practicado al período productivo y eficiencia biológica se deduce que, si bien es cierto que la colonización rápida y completa del sustrato por el micelio es un requisito clave para obtener buen rendimiento (26), no existe relación funcional lineal entre estas variables de respuesta (Ver apéndice 9). Lo cual corrobora que la rapidez de crecimiento micelial ofrece poca utilidad para hacer inferencias sobre la productividad del hongo, y que en el tratamiento J, la mayor cantidad de biomasa fúngica producida fue en forma de micelio. Esto coincide con lo indicado por Salmones et al. (24), quienes demostraron que la velocidad del crecimiento micelial favorece la formación de primordios en menor tiempo y consecuentemente acorta el período productivo, pero que el crecimiento de los primordios y posterior transformación en carpóforos plenamente desarrollados depende del grado de compatibilidad hongo-sustrato, que le permite al hongo desarrollar su potencial bioquímico y fisiológico para degradar satisfactoriamente el sustrato sobre el cual crece.

Tasa de producción

La tasa de producción (TP) se determinó al dividir la eficiencia biológica por el período productivo (T), que comprende número de días transcurridos de la siembra o inoculación del sustrato hasta alcanzar la tercera cosecha (26). En este sentido la tasa de producción nos indica la eficiencia biológica diaria. Las tasas de producción en las unidades experimentales oscilaron entre 1.61 y 4.82 por ciento. La tasa de producción en cada una de las unidades experimentales se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14: Tasa de producción, en porcentaje, de *P. ostreatus* en cada tratamiento.

COD	TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Media
		1	2	3	4	
E	Pasto Estrella Africana	3.09	2.70	2.81	2.29	2.72
EJ	Estrella + Jacaranda	2.01	2.17	2.17	1.83	2.05
EJP	Estrella + Jacaranda + Pulpa	3.09	2.54	1.96	2.41	2.50
EP	Estrella + Pulpa	3.19	3.39	3.58	4.03	3.55
J	Pericarpio de Jacaranda	1.91	1.92	1.74	1.61	1.80
JP	Jacaranda + Pulpa de Café	2.55	2.39	2.47	2.73	2.54
P	Pulpa de Café	4.37	4.82	4.24	3.85	4.32

El análisis de varianza realizado a los datos de tasa de producción reveló que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos porque $Pr > F$ es igual a 0.0001. Así mismo, la variabilidad experimental debida al manejo fue relativamente baja (11.25 por ciento). El cuadro 15 contiene el resumen del ANDEVA realizado a los datos de tasa de producción.

Cuadro 15: Resumen del ANDEVA para la tasa de producción (TP) en porcentaje.

FUENTE DE VARIACIÓN	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Tratamientos	6	18.4513	3.0752	31.44	0.0001 **
Error experimental	21	2.0543	0.0978		
Total	27	20.5056			
$\alpha=0.05$		C.V= 11.2476			

La prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a un nivel de significación de 0.05, permitió identificar 5 grupos. Estos se muestran en el cuadro 16. En el se aprecia que la cepa ECS-112 de *Pleurotus ostreatus* presentó las mayores tasas de producción en los substratos P y EP con 4.33 y 3.55 por ciento de eficiencia biológica por día respectivamente, y menor tasa de producción sobre el substrato J con 1.80 por ciento. Los promedios de tasa de producción en los substratos evaluados oscilaron entre 1.80 y 4.32 por ciento y el obtenido sobre el tratamiento EP es similar al reportado por Benites et. al (3), sobre pulpa de café correspondiente a 3.31 por ciento. Aún cuando ellos evaluaron el crecimiento de la misma cepa de *P. ostreatus* y solo llegaron hasta la segunda cosecha, la tasa de producción registrada en esta investigación para el tratamiento constituido por pulpa de café fue superior al reportado por ellos. Esta diferencia pudo deberse a que comentan haber tenido problemas en la producción de carpóforos debido a la aparición de hongos contaminantes, como *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichoderma*, contrario a lo que se dio en el presente estudio, pues no hubo presencia de

tales contaminantes. La ausencia de hongos competidores tanto en la fase de incubación como en la de fructificación significa que la selectividad biológica conferida a los substratos a raíz del proceso de fermentación fue óptima (26).

Cuadro 16: Resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan

TRAT	MEDIA (TP)	GRUPO DUNCAN					
P	4.32	A	B	C	E		
EP	3.55						
E	2.72						
JP	2.54						
EJP	2.50						
EJ	2.05					D	E
J	1.80					D	

Efecto de la mezcla de substratos

Los resultados obtenidos a través de la prueba de Scheffé, al contrastar conjuntos de medias de tratamientos para eficiencia biológica y período productivo se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17: Valores críticos y estimación de contrastes con la prueba de Scheffé.

NC	DESCRIPCION	COEFICIENTES							C=0 si $ C < S$			C=0 si $ C < S$		
		E	EJ	EJP	EP	J	JP	P	C	S	EB	C	S	T
C ₁	CON E CONTRA SIN E	-3	-3	-3	-3	4	4	4	-34.01	188.62	ns	-32.75	33.33	ns
C ₂	CON J CONTRA SIN J	4	-3	-3	4	-3	-3	4	486.16	188.62	*	-32.75	33.33	ns
C ₃	CON P CONTRA SIN P	4	4	-3	-3	4	-3	-3	-426.36	188.62	*	5.75	33.33	ns
C ₄	PUROS CONTRA M. DOBLES	1	-1	0	-1	1	-1	1	-6.05	50.41	ns	-9.25	8.91	*
C ₅	PUROS CONTRA M. TRIPLE	1	0	-3	0	1	0	1	12.63	71.29	ns	-13.75	12.60	*
C ₆	E Y J CONTRA M. DE AMBOS	1	-2	0	0	1	0	0	-0.30	50.41	ns	-4.75	8.91	ns
C ₇	E Y P CONTRA M. DE AMBOS	1	0	0	-2	0	0	1	-20.81	50.41	ns	-4.25	8.91	ns
C ₈	J Y P CONTRA M. DE AMBOS	0	0	0	0	1	-2	1	9.01	50.41	ns	-9.50	8.91	*

Referencia:

C= Valor para el contraste, y $|C|$ = Valor absoluto del contraste

S= Valor crítico del contraste.

Si C=0, no existe diferencia significativa entre los conjuntos de medias de los contrastes ($\alpha=0.05$)

(*) Hay diferencia significativa. (ns)=No hay diferencia significativa.

En el cuadro anterior se observa que para eficiencia biológica, y a un nivel de significación de 0.05, los contrastes C₂ y C₃ son diferentes a cero, con valores para los contrastes de 486.16 y 6426.36

respectivamente, lo cual revela que la eficiencia biológica fue mayor en los tratamientos donde la pulpa de café formó parte del sustrato, mientras que la eficiencia biológica fue menor en los sustratos donde el pericarpio de jacaranda formó parte del sustrato. Así mismo, los demás contrastes son iguales a cero, por ello, las medias de los tratamientos formados por un solo sustrato, tomadas como grupo, no difieren significativamente de las medias de los tratamientos formados por mezclas, consecuentemente, y al menos para los sustratos evaluados en el presente estudio, no hay evidencia que la mezcla de sustratos mejore de manera significativa la eficiencia biológica del hongo.

Al realizar el análisis comparativo entre grupos mediante el empleo de contrastes, se observa que el período productivo en los sustratos formados por un solo material vegetal, tomado como grupo, fue significativamente inferior al del tratamiento formado por la mezcla de los tres sustratos (C₅), puesto que el valor para este contraste es 13.75 y su valor crítico es 12.60. Del mismo modo, se observa que el período productivo en los sustratos con un solo material vegetal, tomado como grupo, fue significativamente inferior al de los tratamientos formados por mezcla de dos materiales vegetales, tomados como grupo (C₄), particularmente al mezclar pericarpio de jacaranda con pulpa de café (C₈).

Estos resultados muestran que el período productivo fue sensible a la mezcla de sustratos, de manera que uso de combinaciones de materiales vegetales, lo prolonga significativamente, al compararse con los sustratos donde estos se utilizan separadamente.

Con base a lo anterior, la hipótesis planteada, en cuanto a esperar mayor eficiencia biológica en los tratamientos donde el pericarpio de jacaranda formara parte del sustrato es falsa. El hecho que no se registrara efecto aditivo en la eficiencia biológica de *P. ostreatus* al realizar mezclas de materiales vegetales, sugiere que en ninguno de los casos se logró equilibrar nutritivamente el sustrato. Al menos para los materiales evaluados en este estudio, la mezcla de sustrato generó cierto grado de dificultad al hongo para biodegradarlo, debida en parte a la heterogeneidad fisicoquímica de éste.

Contenido proteico de carpóforos

Se cuantificó el contenido de proteína cruda (PC) en los carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, calculado a partir de los valores de nitrógeno total, determinado por el método Kjeldahl, empleando 4.38 como factor de conversión. La corrección de la proteína $N \times 4.38$ en lugar de $N \times 6.25$, es consecuencia del nitrógeno (N) no proteico contenido en la pared celular quitinosa de los hongos (1), el cual es digerido y detectado en el método Kjeldahl. En el cuadro 18, se muestran los resultados relacionados

con el contenido de proteína cruda en la biomasa fúngica obtenida en cada uno de los tratamientos, expresado en gramos por cien gramos de peso seco (g/100g).

Cuadro 18: Proteína cruda de carpóforos para cada tratamiento en g/100g.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				Media
	1	2	3	4	
Pasto Estrella Africana	20.78	20.57	20.68	20.84	20.72
Estrella + Jacaranda	18.97	18.38	19.45	19.40	19.05
Estrella +Jacaranda + Pulpa	20.73	21.63	20.78	20.14	20.82
Estrella + Pulpa	21.90	20.94	21.05	20.30	21.05
Pericarpio de Jacaranda	19.29	19.93	19.77	19.40	19.60
Jacaranda + Pulpa de Café	21.42	21.69	21.05	20.73	21.22
Pulpa de Café	21.47	21.63	21.31	21.26	21.42

El análisis de varianza, reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos ya que $Pr>F$ es igual a 0.0001. El cuadro 19 contiene el resumen del ANDEVA realizado a los datos de proteína cruda.

Cuadro 19: Resumen del ANDEVA para proteína cruda (PC)

FUENTE DE VARIACIÓN	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr>F
Tratamientos	6	18.842	3.1403333	16.11	0.0001 **
Error experimental	21	4.093	0.1949048		
Total	27	22.935			
$\alpha=0.05$		C.V= 2.148			

Así mismo, la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, a un nivel de significación de 0.05, permitió identificar 2 grupos. Estos se muestran en el cuadro 20.

Cuadro 20: Resultados la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan

TRAT	MEDIA (PC)	GRUPO DUNCAN
P	21.42	A
JP	21.22	A
EP	21.05	A
EJP	20.82	A
E	20.72	A
J	19.60	B
EJ	19.05	B

En el primer grupo, las medias de los tratamientos P, JP, EP, EJP y E, son estadísticamente iguales, en los cuales el contenido de proteína cruda osciló entre los 20.72 y 21.42 g/100g. El cuadro 20 muestra que el contenido de proteína cruda fue menor en el tratamiento constituido por la mezcla de pasto estrella con pericarpio de jacaranda (EJ) y en el formado por pericarpio de jacaranda (J), con valores de 19.05 y 19.60 g/100g, respectivamente, los cuales forman el segundo grupo.

El menor contenido de proteína cruda en carpóforos de los tratamientos J y EJ pudo deberse a la elevada relación carbono-nitrógeno de los sustratos iniciales, 326.65 y 314.39 respectivamente, derivada de un menor contenido de nitrógeno con relación a los demás sustratos evaluados, dado que el contenido de proteína en los carpóforos de *Pleurotus ostreatus* se relaciona significativamente con el contenido de nitrógeno del sustrato (6). Tal relación se confirmó a través del análisis de regresión efectuado al contenido de proteína cruda de los carpóforos y a la relación carbono-nitrógeno, en el cual, $Pr > F$ es igual a 0.0009 y el coeficiente de determinación es 0.90 (Ver apéndice 11).

El contenido de proteína cruda encontrada en los carpóforos de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus* (19.05-21.42 g/100g), es similar al reportado por Bautista et. al (1) en setas de tres cepas de *Pleurotus ostreatus* cultivadas en paja de trigo. En dicho estudio el porcentaje de proteína cruda ($N \times 4.38$) osciló entre 17.26 y 19.97 gramos por cien gramos (g/100g) de materia seca. Las diferencias son admisibles debido a que el valor nutritivo de los hongos es muy variable aún entre las mismas especies, diferencias que generalmente son inducidas por factores ambientales, el tipo de sustrato sobre cual crecen y/o factores inherentes a las características propias del material genético de la cepa (1).

La hipótesis planteada con relación al efecto de los sustratos sobre el contenido de proteína cruda en los carpóforos, es verdadera para el caso del tratamiento formado por pasto estrella con relación al tratamiento constituido por pericarpio de jacaranda y el tratamiento formado por la mezcla de pericarpio de jacaranda y pasto estrella africana, ya que efectivamente, el porcentaje de proteína cruda fijado en los carpóforos fue significativamente diferente.

El género *Pleurotus* ha sido evaluado desde el punto de vista nutritivo. En el presente estudio no se evaluó la calidad de la proteína de las setas de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus*, sin embargo Bautista et al. (1) indican que la proteína de las setas de *Pleurotus ostreatus* tienen alto valor nutritivo con puntajes químicos de aminoácidos por arriba del 70 por ciento y contienen todos los aminoácidos

esenciales, lo que ayuda a complementar en forma adecuada la proteína de los cereales o granos como el arroz, trigo, maíz y frijol.

Análisis Económico

Al realizar el análisis beneficio-costo de la utilización de pasto estrella africana como sustrato para la producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus*, sobre la base de un nivel productivo de 28 contenedores con 150 gramos de peso seco de sustrato, la relación beneficio-costo es de 0.56. Dicho valor indica que a este nivel productivo, no es rentable el proyecto porque se pierden 0.44 centavos por cada quetzal invertido. Lo anterior es debido a que los beneficios que se obtienen a lo largo del año, a partir de los sucesivos ciclos productivos, no permite recuperar la inversión inicial (ver apéndice 13). Al realizar una proyección de los costos y beneficios para un nivel productivo de 50 contenedores con 300 gramos de sustrato seco (ver apéndice 14), se obtiene una relación beneficio costo de 1.31, lo cual significa que se recupera cada quetzal invertido y se obtienen 31 centavos de ganancia por cada uno. Como se puede observar en el cuadro 21, el costo unitario asciende a Q20.34 y el capital inicial se recupera en la tercera cosecha. Ello indica que la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* sobre pasto estrella africana, con un período productivo de 40 días, para un precio de venta de Q27.00 por bolsa de 12 onzas de peso fresco de hongos, resulta rentable a un nivel de producción de 50 contenedores con 300 gramos de sustrato seco.

Cuadro 21: Valor actual acumulado en los sucesivos ciclos productivos

Período	Costo	Beneficio	Benef. Neto	valor actual	VA acum.
Período 0	1,214.63	0.00	-1,214.63	-1,214.63	
Período 1	788.50	1,277.22	488.72	479.19	-735.44
Período 2	788.50	1,277.22	488.72	469.85	-265.58
Período 3	788.50	1,277.22	488.72	460.70	195.11
Período 4	788.50	1,277.22	488.72	451.72	646.83
Período 5	788.50	1,277.22	488.72	442.91	1,089.74
Período 6	788.50	1,277.22	488.72	434.28	1,524.02
Período 7	788.50	1,277.22	488.72	425.82	1,949.84
TOTALES	6,734.14	8,940.54	2,206.40	1,949.84	
Costo unitario		Q20.34			

8. CONCLUSIONES

La eficiencia biológica del hongo *Pleurotus ostreatus* sobre pasto estrella africana (E), pericarpio de jacaranda (J) y su correspondiente mezcla (EJ) en relación 1:1, son 107.40, 67.80 y 83.75 por ciento respectivamente, las cuales son significativamente menores a las obtenidas sobre el testigo (147.87 por ciento).

El período productivo (T) de *Pleurotus ostreatus* sobre pasto estrella africana, pericarpio de jacaranda y en el substrato formado por la mezcla de ambos son de 39.50, 37.75 y 41 días respectivamente, los cuales son significativamente mayores al registrado sobre el testigo (34.25 días).

La tasa de producción (TP) de *Pleurotus ostreatus* obtenido sobre pasto estrella africana, pericarpio de jacaranda y en el substrato formado por la mezcla de ambos son de 2.72, 1.8 y 2.05 por ciento respectivamente, las cuales son significativamente menores al registrado sobre el testigo correspondiente a 4.32 por ciento.

La mezcla de substratos no ofrece efectos favorables para el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus*, dado que no mejora la eficiencia biológica y prolonga significativamente el período productivo del hongo.

La relación beneficio-costos asociada al proceso de producción de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales de producción, utilizando pasto estrella africana como substratos corresponde a 1.31.

El contenido de proteína cruda de la cepa ECS-0112 de *Pleurotus ostreatus* fue sensible al tipo de substrato utilizado para su cultivo, de tal forma que el contenido de proteína cruda de los carpóforos producidos sobre pericarpio de jacaranda (J) y la mezcla de pasto estrella africana con pericarpio de jacaranda (EJ) con 19.60 y 19.05 g/100g de peso seco respectivamente, fueron significativamente menores al encontrado en aquellos producidos sobre pasto estrella africana (20.72 g/100g) y el testigo (21.42 g/100g).

9. RECOMENDACIONES

En regiones donde sea factible el cultivo de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones artesanales de producción, similares a las del presente estudio y en circunstancias de disponibilidad, se recomienda utilizar como sustrato el pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) para producir carpóforos de la cepa ECS-0112.

No utilizar como sustratos en el cultivo artesanal de *Pleurotus ostreatus*, el pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) o combinado con pasto estrella africana en proporción 1:1, dado que la eficiencia biológica sobre estos sustratos es menor al cien por ciento y disminuye significativamente el contenido de proteína cruda en los carpóforos.

Evaluar el pericarpio de jacaranda y el pasto estrella africana utilizando aditivos como salvados de trigo o arroz como fuentes de nitrógeno para equilibrar nutritivamente el sustrato (26), con el fin de reducir la relación carbono-nitrógeno, mejorar la selectividad química del sustrato e incrementar el consumo de FND por el hongo, y con ello optimizar la bioconversión de FND a proteína de fúngica, para aprovecharlos en aquellas zonas del país donde sean abundantes y/o espontáneos.

Evaluar la digestibilidad del sustrato remanente del proceso productivo de *Pleurotus ostreatus* con el fin de determinar el potencial del sustrato degradado para ser reciclado y su proteína recuperada en alimentación animal o como suplemento en la dieta para rumiantes.

Dado el contenido de proteína bruta (21.42 g/100g) y el valor biológico de la proteína de *Pleurotus ostreatus*, aunado a la facilidad y el tiempo para obtener proteína a través del cultivo de estos hongos, es recomendable promover su cultivo y el consumo de setas de *Pleurotus ostreatus*, como una alternativa para mejorar la calidad de la dieta consumida por la población que basa su alimentación en cereales y granos, siempre que se instituyan los mecanismos apropiados para brindar capacitación relacionada con la técnica del cultivo y haya accesibilidad de adquisición del inóculo para asegurar una producción constante.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Bautista Justo, M; Alanís Guzmán, MG; González De Mejía, E. 1999. Calidad proteica de tres cepas mexicanas de setas de *Pleurotus ostreatus* (en línea). México DF, Archivos Latinoamericanos de Nutrición 49(1):81-85. Consultado 5 ene. 2004. Disponible en http://www.slam.org.mx/alam_acervo.asp?Vol_numero=49,1.
2. Belt, P. 1998. Mushroom field guide: *Pleurotus* spp. (en línea). Nueva Zelanda. Consultado 18 mar. 2000. Disponible en <http://plug.con.nz/mush/index.htm>.
3. Benites Camilo, FA; Huertas Palacios, G; Sánchez Vásquez, JE. 1998. Evaluación de 18 cepas de *Pleurotus djamor* (en línea). Soconusco, Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiguagua. Consultado 29 sep. 2000. Disponible en <http://www.unach.mx/unach/publica/quehacer/ago98/art03.html>.
4. Bermúdez Savón, RC; Morris Quevedo, HJ; Donoso Fernández, C; Martínez Manrique, CE; Ramos Sevilla, EI. 2003. Influencia de la luz en la calidad proteica de *Pleurotus ostreatus* var. florida (en línea). Cuba. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas 22(4):226-231. Consultado 19 dic. 2003. Disponible en http://bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol22_4_03/ibi02403.pdf.
5. Cáceres, A. 1996. Plantas de uso medicinal en Guatemala. Guatemala, Editorial Universitaria. 402 p.
6. Cardona Urrea, LF. 2001. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (en línea). Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Crónica Forestal y del Medio Ambiente 16(6): 99-119. Consultado 21 jul. 2004. Disponible en <http://www.colforest.com.co/revista/vol16/Articulo6FernandoCardona.pdf>.
7. Cardillo, FM. 1991. Generalized life cycle of the club fungi (en línea). New York, US, Manhattan College. Consultado 8 ene. 2000. Disponible en <http://home.manhattan.edu/~francescardillo/plants/fungi/blcycle1.html>.
8. Danelón, JL. 2001. Comprendiendo a los carbohidratos (en línea). Buenos Aires, Argentina, Portal Veterinaria. (Sección Bovinos. Artículo 65). Consultado 19 feb. 2004. Disponible en <http://www.portalveterinaria.com/sections.php?op=viewarticle&artid=65>.
9. Duque, J. 1999. ¿Cómo se cultiva el champiñón ostra? (en línea). Chile. Consultado 13 abr. 2000. Disponible en <http://geocities.com/RainForest/Andes/1930/cultivo.html>.
10. FAO, IT. 1999. Departamento de agricultura; división de producción y sanidad animal; producción animal; descripción de especies: pasto estrella africana (en línea). Roma. Consultado 13 sep. 1999. Disponible en <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afri/ espanol/Document/tfeed8/Data/225.HTM>.
11. Fernández López, S. 2001. El análisis económico-financiero (en línea). España. 5campus.com, Análisis financiero. Consultado 6 sep. 2004. Disponible en <http://www.5campus.com/leccion/analfin.html>.
12. Fogel, R. 1997. Hechos increíbles de los hongos: qué es un hongo (en línea). Trad. por Anthony Santana. Michigan, US. Consultado 20 jun. 2000. Disponible en <http://141.211.110.91/kidpage/spanish/KingfactSP.htm>.

13. Girón de León, DF. 2000. Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* en subproductos lignocelulósicos derivados de la agroindustria de palma africana (*Elaeis guineensis*). Tesis Ing Agr. Guatemala, USAC. 53 p.
14. Guzmán, G. 1997. Los hogos y el hombre: biodiversidad e impacto ecológicos, social y económico (en línea). Xalapa, México. Consultado 9 feb. 2000. Disponible en <http://www.udlap.mx/~aleph/alephzero11/hongos.htm>.
15. INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 1997. Análisis beneficio-costos (en línea). Lima, Perú. Consultado 14 de sep. 2004. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/web/metodologias/attach/lib604/cap3-6.htm>.
16. Ixcot González, CA. 1995. Transformación de pulpa de café en compost, utilizando coqueta roja (*Eisenia foetida*). Tesis Ing Agr. Guatemala, USAC. p. 20.
17. López R, A. 1995. Cultivo de setas: alternativa alimenticia de la economía familiar (en línea). Veracruz, México, Universidad Veracruzana, Centro de Genética Forestal. Consultado 17 feb. 2000. Disponible en <http://www.uv.mx/institutos/forest/hongos/setas.html>.
18. Mendivil, J. 1996. Basidiomicetes: setas y hongos de Aragón (en línea). Aragón, España, Aragonesasi. Consultado 28 mayo 2000. Disponible en <http://www.aragonesasi.com/natural/hongo/index.htm>.
19. Montgomery, DC. 1996. Diseño y análisis de experimentos. México, D. F., MX, Iberoamérica. 589 p.
20. Pineda, J. 1998. Setas: una tradición milenaria (en línea). La Mancha, España, El Bosque Ulili. Consultado 14 ago 2000. Disponible en <http://www.ctv.es/USERS/jpineda/introduc.htm>.
21. Reyes Castañeda, P. 1990. Bioestadística aplicada: agronomía, biología y química. 2 ed. México, D. F., MX, Trillas. 216 p.
22. Romero Luengo, A. 1998. Generalidades: partes de una seta (en línea). Guadalajara, México. Consultado 19 ene. 2000. Disponible en <http://albendiego.webcindario.com/p50.htm>.
23. Ruegger, MJS, Tornisielo, SMT, Ramos Bononi, VL, Capelari, M. 2001. Cultivation of the edible mushroom *Oudemansiella canariï* (Jungh.) Höhn., in lignocellulosic substrates (en línea). Brasil. Brazilian Journal of Microbiology 32(3):211-214. Consultado 11 ago. 2003. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-83822001000300009&Ing=en&nrm=iso.
24. Salmons D; Gaytan, R; Pérez, R; Guzmán, G. 1997. Interacción entre crecimiento micelial y productividad (en línea). Bilbao, España. Revista Iberoamericana de Micología 14:173-176. Consultado 9 oct. 1999. Disponible en <http://www.reviberoammicol.com/1997-14/173176.pdf>.
25. Sanchez, A; Ysunza, F; Beltrán, M; Esqueda M. 2001. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre residuos vitivinícolas y su manejo postcosecha (en línea). Hermosillo, Sonora, México, Centro de Investigaciones en Alimentación y Desarrollo, AC. Boletín 10(6): 27-28. Consultado 10 oct. 2003. Disponible en <http://www.ciad.mx/boletin/nov-dic-01/Boletin1.pdf>.

26. Sánchez, JE; Royse, D. 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. México, D. F., MX, Noriega Editores. 290 p.
27. SEP (Secretaría de Educación Pública, MX). 1990. Administración de empresas agropecuarias. 2 ed. México, D.F, MX, Trillas. 112 p.
28. Tarot Gálvez, ME. 2002. Evaluación del fruto de morro (*Crescentia alata*) y madera de pito (*Erythrina berteroana*), como substratos en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Tesis Ing Agr. Guatemala, USAC. 51p.
29. Tomo Molina, R. 1996. Lecciones hipertextuales de botánica; los hongos; generalidades (en línea). España. Consultado 14 jul. 1999. Disponible en <http://www.unex.es/botanica/hongos0.htm>.
30. UM (Universidad de Matanzas, CU). 1998. Transferencias de tecnologías: producción de hongos del tipo *Pleurotus ostreatus* (en línea). Cuba. Consultado 10 feb. 2000. Disponible en <http://www.cicei.ulpgc.es/unesco/redisa/umcc/Relaciones%20Internacionales/IaumTra.htm>.
31. Valencia Del Toro, G; Garin Aguilar, ME. 2001. Aspectos generales del cultivo de setas comestibles de *Pleurotus ostreatus* (en línea). México, DF, MX, Guyunusa. Consultado 12 feb. 2004. Disponible en http://www.gyunusa.com/articulos_plerotus.htm.
32. Villaseñor Ibarra, L; Rodríguez Alcantar, O; Arias García, A. 1997. Como cultivar hongos comestibles: una experiencia Huichola. El Informador, Guadalajara, MX, oct. 23:5.
33. Volk, T. 1998. Tom Volkø fungi; introduction to the kingdon fungi: classification of fungi. Wisconsin, US, University of Wisconsin-La Crosse. Consultado 24 nov. 1999. Disponible en <http://www.wisc.edu/botany/fungi/volkmyco.html>.
34. Wood, M; Stevens, F. 1996. Fungi of the San Francisco bay área: *Pleurotus ostreatus* (en línea). San Francisco, California, US. Consultado 8 ene. 2000. Disponible en http://www.mykoweb.com/CAF/species/Pleurotus_ostreatus.html.

11. APENDICES

APENDICE 1

CONDICIONES DE AIREACIÓN E ILUMINACIÓN EN EL PERIODO DE INCUBACIÓN Y FASE DE FRUCTIFICACIÓN DE *Pleurotus ostreatus*



Figura 21 – Período de incubación



Figura 22 – Fase de Fructificación

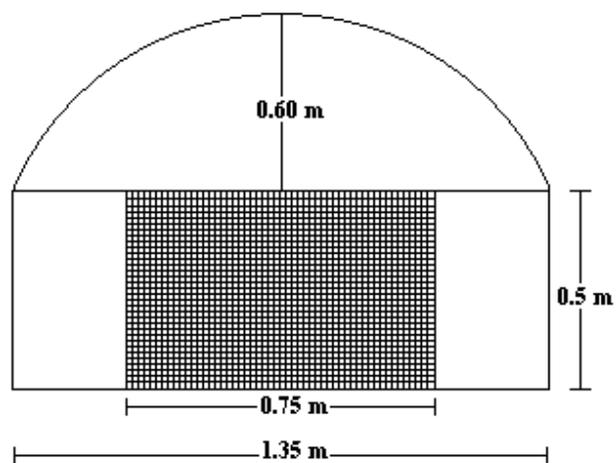
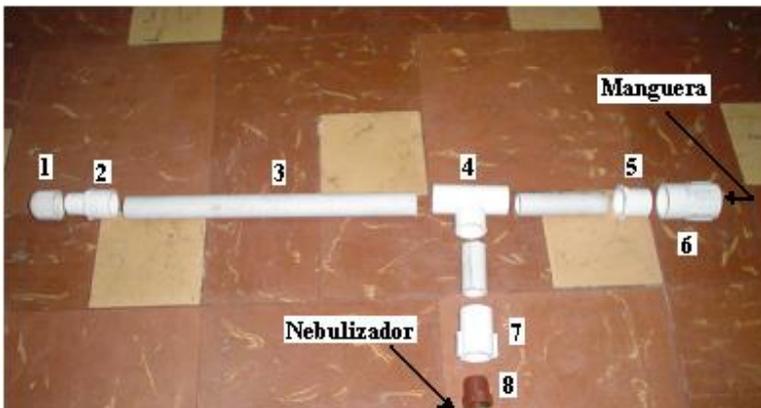


Figura 23 – Dimensiones del área de ventilación y aireación en fase de fructificación

APENDICE 2

INSTALACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL RIEGO EN LA FASE DE FRUCTIFICACIÓN DE *Pleurotus ostreatus*



1. Tapón PVC roscado 12 mm
2. Adaptador macho PVC 12 mm
3. Tubo PVC 12 mm
4. Tee PVC 12 mm
5. Reducidor PVC de 18 mm a 12 mm
6. Adaptador hembra PVC de 18 mm
7. Adaptador hembra PVC de 12 mm
8. Reducidor IPS de 12 mm a 9 mm

Figura 24 ðAö. Conexión de tubería y accesorios para riego



Figura 25 ðAö. Emisor de riego



Figura 26 ðAö. Montaje de accesorios y aplicación de riego.

APENDICE 3

PROCESO DE INVASIÓN DEL MICELIO DURANTE EL PERÍODO DE INCUBACIÓN



Figura 27 òAö. Invasión del micelio dos días después de la inoculación.



Figura 28 òAö. Invasión del micelio cinco días después de la inoculación.



Figura 29 òAö. Invasión del micelio ocho días después de la inoculación.



Figura 30 òAö. Invasión del micelio al final de la Fase de incubación (12 días).

APENDICE 4

PROGRAMAS FUENTE Y SALIDAS DEL SAS DE LA PRUEBA DE HOMOCEASTICIDAD DE BARTLETT'S PRACTICADO A LAS VARIABLES DE RESPUESTA

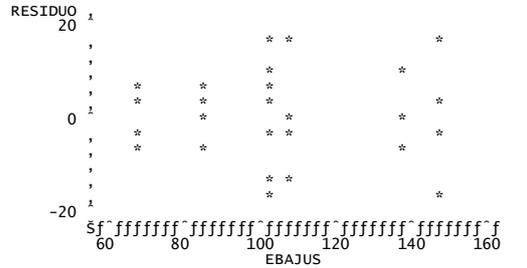
```

OPTIONS NODATE;
OPTIONS NONUMBER;
OPTIONS LS=66;
OPTIONS PS=77;
TITLE1 "PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS";
TITLE2 "PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB)";
DATA HOVAREB;
INPUT TRAT $ EB;
CARDS;
E      123.73
E      108.00
E      104.07
E      93.80
EJ     82.47
EJ     86.93
.
.
.
P      144.13
P      163.93
P      152.60
P      130.80
;
PROC SUMMARY NWAY;
CLASS TRAT;
VAR EB;
OUTPUT OUT=EBVAR VAR=VARIANCE N=NUM;
RUN;
DATA _NULL_;
SET EBVAR END=YOZ;
LOGVARI=LOG(VARIANCE);
N=NUM-1;
SLOGVAR+LOGVARI*N;
TOTN+N;
NVAR=N*VARIANCE;
SNVAR+NVAR;
A+1;
SFRACT+1/N;
IF YOZ THEN DO;
M=TOTN*LOG(SNVAR/TOTN)-SLOGVAR;
C=1+(1/(3*(A-1)))*(SFRACT-1/TOTN);
CHISQ=M/C;
PROBCHI=PROBCHI(CHISQ,(A-1));
ALPHA=1-PROBCHI;
FILE PRINT;
PUT 'BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=' CHISQ ' ALPHA=' ALPHA '.';
PUT 'Prob > CHI-SQUARE      ' ALPHA '.';
END;
RUN;
    
```

<p style="text-align: center;">PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB)</p> <p style="text-align: center;">BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=4.1943265972 ALPHA=0.6503973591 Prob > CHI-SQUARE 0.6503973591</p>	<p style="text-align: center;">PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA TASA DE PRODUCCIÓN (TP)</p> <p style="text-align: center;">BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=7.0755977713 ALPHA=0.3139125457 Prob > CHI-SQUARE 0.3139125457</p>
<p style="text-align: center;">PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA PERIODO PRODUCTIVO (T)</p> <p style="text-align: center;">BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=10.076054314 ALPHA=0.1214855297 Prob > CHI-SQUARE 0.1214855297</p>	<p style="text-align: center;">PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA PROTEINA CRUDA (PC)</p> <p style="text-align: center;">BARTLETT'S TEST: CHI-SQUARE=9.0487567902 ALPHA=0.1708545349 Prob > CHI-SQUARE 0.1708545349</p>

APENDICE 5

PROGRAMAS FUENTE Y SALIDAS DEL SAS DEL ANDEVA PRACTICADO A LAS VARIABLES DE RESPUESTA

<pre> OPTIONS NODATE NONUMBER LS=66 PS=77; TITLE1 "ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB)"; TITLE2 "Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO"; DATA ANOVAEB; INPUT TRAT \$ @@; DO i=1 to 4; INPUT EB @@; OUTPUT; END; CARDS; E 123.73 108.00 104.07 93.80 EJ 82.47 86.93 88.80 76.80 EJP 120.33 106.60 88.27 98.73 EP 130.87 132.33 139.67 149.27 J 72.60 73.00 64.40 61.20 JP 99.53 90.73 111.33 111.73 P 144.13 163.93 152.60 130.80 ; PROC GLM; CLASS TRAT; MODEL EB=TRAT; MEANS TRAT/DUNCAN; OUTPUT OUT=RES R=RESIDUO P=EBAJUS; RUN; PROC UNIVARIATE NORMAL DATA=RES; VAR RESIDUO; RUN; PROC PLOT DATA=RES HPERCENT=80 VPERCENT=30; PLOT RESIDUO*EBAJUS='*'; RUN; </pre>	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB) Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO</p> <p style="text-align: center;">General Linear Models Procedure</p> <p>Dependent Variable: EB</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Source</th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>F Value</th> <th>Pr > F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>6</td> <td>18941.2438214</td> <td>28.73</td> <td>0.0001</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>21</td> <td>2307.6086750</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Corrected Total</td> <td>27</td> <td>21248.8524964</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>R-Square</th> <th>C.V.</th> <th>EB Mean</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.891401</td> <td>9.762175</td> <td>107.380357</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Source</th> <th>DF</th> <th>Type I SS</th> <th>F Value</th> <th>Pr > F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TRAT</td> <td>6</td> <td>18941.2438214</td> <td>28.73</td> <td>0.0001</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Source</th> <th>DF</th> <th>Type III SS</th> <th>F Value</th> <th>Pr > F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TRAT</td> <td>6</td> <td>18941.2438214</td> <td>28.73</td> <td>0.0001</td> </tr> </tbody> </table>	Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F	Model	6	18941.2438214	28.73	0.0001	Error	21	2307.6086750			Corrected Total	27	21248.8524964				R-Square	C.V.	EB Mean		0.891401	9.762175	107.380357	Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F	TRAT	6	18941.2438214	28.73	0.0001	Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F	TRAT	6	18941.2438214	28.73	0.0001																																														
Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F																																																																																											
Model	6	18941.2438214	28.73	0.0001																																																																																											
Error	21	2307.6086750																																																																																													
Corrected Total	27	21248.8524964																																																																																													
	R-Square	C.V.	EB Mean																																																																																												
	0.891401	9.762175	107.380357																																																																																												
Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F																																																																																											
TRAT	6	18941.2438214	28.73	0.0001																																																																																											
Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F																																																																																											
TRAT	6	18941.2438214	28.73	0.0001																																																																																											
<p style="text-align: center;">ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB) Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO</p> <p style="text-align: center;">General Linear Models Procedure</p> <p style="text-align: center;">Duncan's Multiple Range Test for variable: EB</p> <p>NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate</p> <p style="text-align: center;">Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 109.8861</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Number of Means</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Critical Range</td> <td>15.41</td> <td>16.18</td> <td>16.67</td> <td>17.02</td> <td>17.27</td> <td>17.46</td> </tr> </tbody> </table> <p>Means with the same letter are not significantly different.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Duncan Grouping</th> <th>Mean</th> <th>N</th> <th>TRAT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>147.865</td> <td>4</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>138.035</td> <td>4</td> <td>EP</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>107.400</td> <td>4</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>103.483</td> <td>4</td> <td>EJP</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>103.330</td> <td>4</td> <td>JP</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>83.750</td> <td>4</td> <td>EJ</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>67.800</td> <td>4</td> <td>J</td> </tr> </tbody> </table>	Number of Means	2	3	4	5	6	7	Critical Range	15.41	16.18	16.67	17.02	17.27	17.46	Duncan Grouping	Mean	N	TRAT	A	147.865	4	P	A	138.035	4	EP	B	107.400	4	E	B	103.483	4	EJP	B	103.330	4	JP	C	83.750	4	EJ	D	67.800	4	J	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB) Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO</p> <p style="text-align: center;">Univariate Procedure Variable=RESIDUO</p> <p style="text-align: center;">Moments</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>28</th> <th>Sum Wgts</th> <th>28</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>28</td> <td>Sum</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mean</td> <td>0</td> <td>Variance</td> <td>85.46699</td> </tr> <tr> <td>Std Dev</td> <td>9.244836</td> <td>Kurtosis</td> <td>-0.49665</td> </tr> <tr> <td>Skewness</td> <td>0.095084</td> <td>CSS</td> <td>2307.609</td> </tr> <tr> <td>USS</td> <td>2307.609</td> <td>Std Mean</td> <td>1.74711</td> </tr> <tr> <td>CV</td> <td>.</td> <td>Pr> T </td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>T:Mean=0</td> <td>0</td> <td>Num > 0</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Num ^= 0</td> <td>28</td> <td>Pr>= M </td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>M(Sign)</td> <td>0</td> <td>Pr>= S </td> <td>0.9470</td> </tr> <tr> <td>Sgn Rank</td> <td>-3</td> <td>Pr<W</td> <td>0.5547</td> </tr> <tr> <td>w:Normal</td> <td>0.967805</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		28	Sum Wgts	28	N	28	Sum	0	Mean	0	Variance	85.46699	Std Dev	9.244836	Kurtosis	-0.49665	Skewness	0.095084	CSS	2307.609	USS	2307.609	Std Mean	1.74711	CV	.	Pr> T	1.0000	T:Mean=0	0	Num > 0	14	Num ^= 0	28	Pr>= M	1.0000	M(Sign)	0	Pr>= S	0.9470	Sgn Rank	-3	Pr<W	0.5547	w:Normal	0.967805		
Number of Means	2	3	4	5	6	7																																																																																									
Critical Range	15.41	16.18	16.67	17.02	17.27	17.46																																																																																									
Duncan Grouping	Mean	N	TRAT																																																																																												
A	147.865	4	P																																																																																												
A	138.035	4	EP																																																																																												
B	107.400	4	E																																																																																												
B	103.483	4	EJP																																																																																												
B	103.330	4	JP																																																																																												
C	83.750	4	EJ																																																																																												
D	67.800	4	J																																																																																												
	28	Sum Wgts	28																																																																																												
N	28	Sum	0																																																																																												
Mean	0	Variance	85.46699																																																																																												
Std Dev	9.244836	Kurtosis	-0.49665																																																																																												
Skewness	0.095084	CSS	2307.609																																																																																												
USS	2307.609	Std Mean	1.74711																																																																																												
CV	.	Pr> T	1.0000																																																																																												
T:Mean=0	0	Num > 0	14																																																																																												
Num ^= 0	28	Pr>= M	1.0000																																																																																												
M(Sign)	0	Pr>= S	0.9470																																																																																												
Sgn Rank	-3	Pr<W	0.5547																																																																																												
w:Normal	0.967805																																																																																														
<p style="text-align: center;">ANALISIS DE VARIANZA PARA EFICIENCIA BIOLÓGICA (EB) Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO</p> <p style="text-align: center;">Plot of RESIDUO*EBAJUS. Symbol used is '*'. RESIDUO</p>  <p style="text-align: center;">EBAJUS</p>																																																																																															

```

OPTIONS NODATE NONUMBER LS=66 PS=77;
TITLE1 "ANALISIS DE VARIANZA PARA PERIODO PRODUCTIVO (T)";
TITLE2 "Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO";
DATA ANOVAT;
INPUT TRAT $ @@;
DO i=1 to 4;
INPUT T @@;
OUTPUT;
END;
CARDS;
E 40 40 37 41
EJ 41 40 41 42
EJP 39 42 45 41
EP 41 39 39 37
J 38 38 37 38
JP 39 38 45 41
P 33 34 36 34
;
PROC GLM;
CLASS TRAT;
MODEL T=TRAT;
MEANS TRAT/DUNCAN;
OUTPUT OUT=RES R=RESIDUO P=TAJUS;
RUN;
PROC UNIVARIATE NORMAL DATA=RES;
VAR RESIDUO;
RUN;
PROC PLOT DATA=RES HPERCENT=80 VPERCENT=30;
PLOT RESIDUO*TAJUS='*';
RUN;
    
```

ANALISIS DE VARIANZA PARA PERIODO PRODUCTIVO (T)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: T

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	6	155.42857143	7.56	0.0002
Error	21	72.00000000		
Corrected Total	27	227.42857143		

	R-Square	C.V.	T Mean
	0.683417	4.730468	39.1428571

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	155.42857143	7.56	0.0002

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	155.42857143	7.56	0.0002

ANALISIS DE VARIANZA PARA PERIODO PRODUCTIVO (T)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: T

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 3.428571

Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	2.723	2.859	2.945	3.006	3.051	3.085

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	41.750	4	EJP
A	41.000	4	EJ
A	40.750	4	JP
A	39.500	4	E
B	39.000	4	EP
B	37.750	4	J
C	34.250	4	P

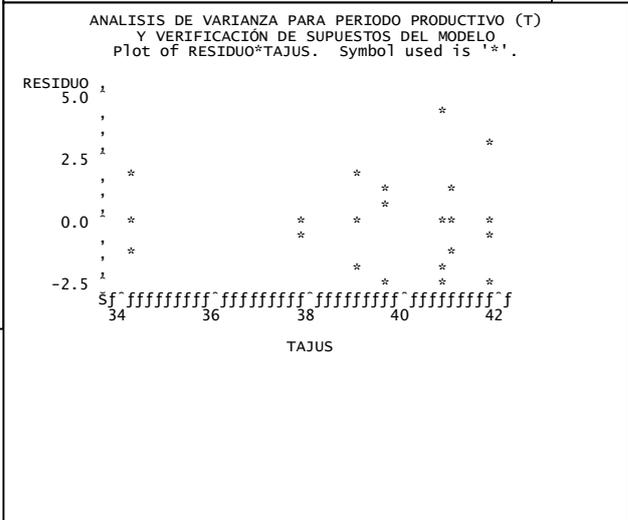
ANALISIS DE VARIANZA PARA PERIODO PRODUCTIVO (T)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

Univariate Procedure

Variable=RESIDUO

Moments

	28	Sum Wgts	28
N	0	Sum	0
Mean	1.632993	Variance	2.666667
Std Dev	0.501478	Kurtosis	0.879597
Skewness	72	CSS	72
USS	0	Std Mean	0.308607
CV	0	Pr> T	1.0000
T:Mean=0	24	Num ^= 0	13
Num ^= 0	1	Pr>= M	0.8388
M(Sign)	1.5	Pr>= S	0.9668
Sgn Rank	0.947177	Pr<W	0.1886
W:Normal			



```

OPTIONS NODATE NONUMBER LS=66 PS=77;
TITLE1 "ANALISIS DE VARIANZA PARA TASA DE PRODUCCIÓN (TP)";
TITLE2 "Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO";
DATA ANOVATP;
INPUT TRAT $ @@;
DO i=1 to 4;
INPUT TP @@;
OUTPUT;
END;
CARDS;
E 3.09 2.70 2.81 2.29
EJ 2.01 2.17 2.17 1.83
EJP 3.09 2.54 1.96 2.41
EP 3.19 3.39 3.58 4.03
J 1.91 1.92 1.74 1.61
JP 2.55 2.39 2.47 2.73
P 4.37 4.82 4.24 3.85
;
PROC GLM;
CLASS TRAT;
MODEL TP=TRAT;
MEANS TRAT/DUNCAN;
OUTPUT OUT=RES R=RESIDUO P=TPAJUS;
RUN;
PROC UNIVARIATE NORMAL DATA=RES;
VAR RESIDUO;
RUN;
PROC PLOT DATA=RES HPERCENT=80 VPERCENT=30;
PLOT RESIDUO*TPAJUS='*';
RUN;
    
```

ANALISIS DE VARIANZA PARA TASA DE PRODUCCIÓN (TP)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: TP

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	6	18.45133571	31.44	0.0001
Error	21	2.05425000		
Corrected Total	27	20.50558571		

	R-Square	C.V.	TP Mean
	0.899820	11.24762	2.78071429

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	18.45133571	31.44	0.0001

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	18.45133571	31.44	0.0001

ANALISIS DE VARIANZA PARA TASA DE PRODUCCIÓN (TP)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: TP

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 0.097821

Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	.4599	.4828	.4975	.5077	.5153	.5211

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	4.3200	4	P
B	3.5475	4	EP
C	2.7225	4	E
C	2.5350	4	JP
C	2.5000	4	EJP
D	2.0450	4	EJ
D	1.7950	4	J

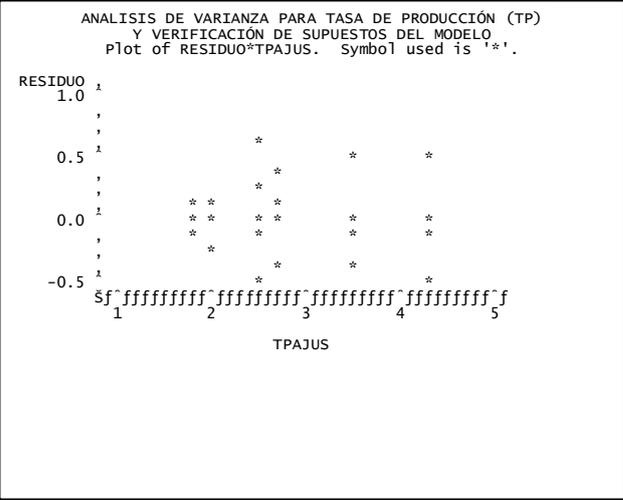
ANALISIS DE VARIANZA PARA TASA DE PRODUCCIÓN (TP)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

Univariate Procedure

Variable=RESIDUO

Moments

	N	Sum Wgts	
Mean	28	0	0.076083
Std Dev	0.275832	Variance	0.217661
Skewness	0.180919	Kurtosis	2.05425
USS	2.05425	CSS	0.052127
CV	-	Std Mean	1.0000
T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000
Num ^= 0	28	Num > 0	1.0000
M(Sign)	0	Pr>= M	0.9294
Sgn Rank	-4	Pr>= S	0.4448
W:Normal	0.963106	Pr<W	



```

OPTIONS NODATE NONUMBER LS=66 PS=77;
TITLE1 "ANALISIS DE VARIANZA PARA PROTEINA CRUDA (PC)";
TITLE2 "Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO";
DATA ANOVAPC;
INPUT TRAT $ @@;
DO i=1 to 4;
INPUT PC @@;
OUTPUT;
END;
CARDS;
E 20.78 20.57 20.68 20.84
EJ 18.97 18.38 19.45 19.40
EJP 20.73 21.63 20.78 20.14
EP 21.90 20.94 21.05 20.30
J 19.29 19.93 19.77 19.40
JP 21.42 21.69 21.05 20.73
P 21.47 21.63 21.31 21.26
;
PROC GLM;
CLASS TRAT;
MODEL PC=TRAT;
MEANS TRAT/DUNCAN;
OUTPUT OUT=RES R=RESIDUO P=PCAJUS;
RUN;
PROC UNIVARIATE NORMAL DATA=RES;
VAR RESIDUO;
RUN;
PROC PLOT DATA=RES HPERCENT=80 VPERCENT=30;
PLOT RESIDUO*PCAJUS='*';
RUN;
    
```

ANALISIS DE VARIANZA PARA PROTEINA CRUDA (PC)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: PC

Source	DF	Sum of Squares	F Value	Pr > F
Model	6	18.84183571	16.11	0.0001
Error	21	4.09317500		
Corrected Total	27	22.93501071		

	R-Square	C.V.	PC Mean
	0.821532	2.148032	20.5532143

Source	DF	Type I SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	18.84183571	16.11	0.0001

Source	DF	Type III SS	F Value	Pr > F
TRAT	6	18.84183571	16.11	0.0001

ANALISIS DE VARIANZA PARA PROTEINA CRUDA (PC)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

General Linear Models Procedure

Duncan's Multiple Range Test for variable: PC

NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 21 MSE= 0.194913

Number of Means	2	3	4	5	6	7
Critical Range	.6492	.6816	.7022	.7167	.7274	.7356

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	TRAT
A	21.4175	4	P
A	21.2225	4	JP
A	21.0475	4	EP
A	20.8200	4	EJP
A	20.7175	4	E
B	19.5975	4	J
B	19.0500	4	EJ

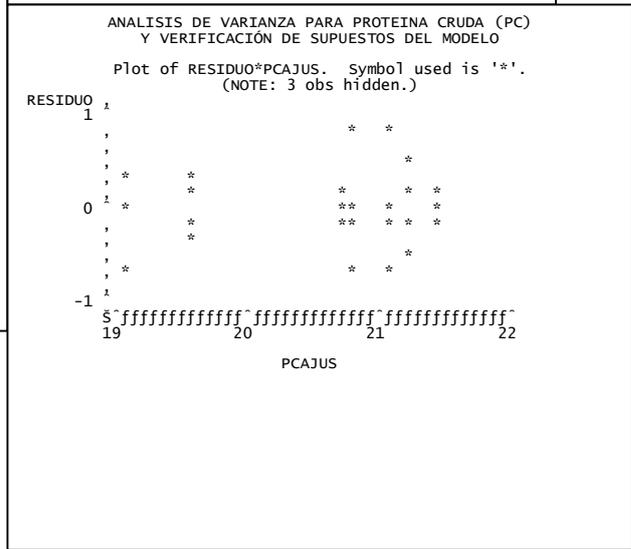
ANALISIS DE VARIANZA PARA PROTEINA CRUDA (PC)
Y VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS DEL MODELO

Univariate Procedure

Variable=RESIDUO

Moments

	28	Sum Wgts	28
N	0	Sum	0
Mean	0.389357	Variance	0.151599
Std Dev	0.146144	Kurtosis	0.386195
Skewness	4.093175	CSS	4.093175
USS	.	Std Mean	0.073582
CV	0	Pr> T	1.0000
T:Mean=0	28	Num ^= 0	13
Num ^= 0	-1	Pr>= M	0.8506
M(Sign)	0	Pr>= S	1.0000
Sgn Rank	0.961595	Pr<W	0.4126
W:Normal			



APENDICE 6

COMPOSICIÓN DE TRATAMIENTOS INICIALES, SUBSTRATOS REMANENTES Y CONSUMO DEL SUSTRATO

CUADRO 22 òAö: Composición de los tratamientos, antes y después del cultivo (g/100g)

COD	Tratamiento	Substratos iniciales			Substratos finales		
		FND	Cenizas	Proteína	FND	Cenizas	Proteína
E	Estrella	74.11	1.98	1.90	40.46	0.86	6.82
EJ	Estrella + Jacaranda	74.82	1.13	1.14	42.39	0.87	6.61
EJP	Estrella + Jacaranda + pulpa	62.24	2.72	2.13	39.25	2.23	7.30
EP	Estrella + pulpa	68.58	3.39	3.19	34.32	1.79	8.84
J	Jacaranda	73.72	0.88	1.10	48.11	0.83	7.94
JP	Jacaranda + pulpa	76.82	3.25	2.28	39.44	2.77	8.26
P	Pulpa	62.29	5.26	4.33	26.07	2.69	9.75

CUADRO 23 òAö: Consumo de FND y EB del *Pleurotus ostreatus* por tratamiento

TRAT	% de FND en sustrato		Peso seco del Sustrato		FND (g)		consumo %	Eficiencia biológica (%)
	Inicial	final	inicial (g)	final (g)	Inicial	final		
J	73.72	48.11	177.00	146.80	130.48	70.63	45.87	67.80
EJ	74.82	42.39	177.00	142.10	132.43	60.24	54.52	83.75
JP	76.82	39.44	177.00	130.40	135.97	51.43	62.18	103.33
EJP	62.24	39.25	177.00	130.20	110.16	51.10	53.61	103.48
E	74.11	40.46	177.00	129.30	131.17	52.31	60.12	107.40
EP	68.58	34.32	177.00	102.30	121.39	35.11	71.08	138.04
P	62.29	26.07	177.00	88.50	110.25	23.07	79.07	147.87

APENDICE 7

SALIDAS SAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN A FIBRA NEUTRO DETERGENTE Y EFICIENCIA BIOLÓGICA DE *Pleurotus ostreatus*

<pre> OPTIONS NODATE NONUMBER NODATE LS=80 PS=60; TITLE1 "ANALISIS DE REGRESION PARA EL PORCENTAJE DE FND INICIAL"; TITLE2 "EN LOS SUBSTRATOS Y EFICIENCIA BIOLÓGICA"; DATA REG1; INPUT TRAT \$ X Y; CARDS; E 74.11 107.40 EJ 74.82 83.75 EJP 62.24 103.48 EP 68.58 138.04 J 73.72 67.80 JP 76.82 103.33 P 62.29 147.87 ; PROC PLOT DATA=REG1 HPERCENT=60 VPERCENT=40; PLOT Y*X='*'; RUN; PROC REG DATA=REG1; MODEL Y=X/ SPEC; OUTPUT OUT=RES R=RES; RUN; PROC UNIVARIATE DATA=RES NORMAL; VAR RES; RUN; </pre>	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL PORCENTAJE DE FND INICIAL EN LOS SUBSTRATOS Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p style="text-align: center;">Plot of Y*X. Symbol used is '*'.</p>
---	---

<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL PORCENTAJE DE FND INICIAL EN LOS SUBSTRATOS Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p>Model: MODEL1 Dependent Variable: Y</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">Analysis of Variance</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Source</th> <th style="text-align: center;">DF</th> <th style="text-align: center;">Sum of Squares</th> <th style="text-align: center;">Mean Square</th> <th style="text-align: center;">F Value</th> <th style="text-align: center;">Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1705.01220</td> <td style="text-align: center;">1705.01220</td> <td style="text-align: center;">2.813</td> <td style="text-align: center;">0.1544</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">3031.02968</td> <td style="text-align: center;">606.20594</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Total</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">4736.04189</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Root MSE</th> <td style="text-align: center;">24.62125</td> <th style="text-align: left;">R-square</th> <td style="text-align: center;">0.3600</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Dep Mean</th> <td style="text-align: center;">107.38143</td> <th style="text-align: left;">Adj R-sq</th> <td style="text-align: center;">0.2320</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">C.V.</th> <td style="text-align: center;">22.92878</td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Parameter Estimates</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Variable</th> <th style="text-align: center;">DF</th> <th style="text-align: center;">Parameter Estimate</th> <th style="text-align: center;">Standard Error</th> <th style="text-align: center;">T for H0: Parameter=0</th> <th style="text-align: center;">Prob > T </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTERCEP</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">302.746751</td> <td style="text-align: center;">116.86250330</td> <td style="text-align: center;">2.591</td> <td style="text-align: center;">0.0488</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-2.776315</td> <td style="text-align: center;">1.65544628</td> <td style="text-align: center;">-1.677</td> <td style="text-align: center;">0.1544</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dependent Variable: Y</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Test of First and Second Moment Specification</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">DF:</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">Chisq value:</th> <th style="text-align: center;">3.3068</th> <th style="text-align: center;">Prob>Chisq:</th> <th style="text-align: center;">0.1914</th> </tr> </thead> </table>	Analysis of Variance						Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	1	1705.01220	1705.01220	2.813	0.1544	Error	5	3031.02968	606.20594			C Total	6	4736.04189				Root MSE	24.62125	R-square	0.3600	Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.2320	C.V.	22.92878			Parameter Estimates					Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T	INTERCEP	1	302.746751	116.86250330	2.591	0.0488	X	1	-2.776315	1.65544628	-1.677	0.1544	Test of First and Second Moment Specification				DF:	2	Chisq value:	3.3068	Prob>Chisq:	0.1914	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL PORCENTAJE DE FND INICIAL EN LOS SUBSTRATOS Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p style="text-align: center;">Univariate Procedure</p> <p style="text-align: center;">Variable=RES Residual</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Moments</th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">N</th> <td style="text-align: center;">7</td> <th style="text-align: left;">Sum Wgts</th> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Mean</th> <td style="text-align: center;">0</td> <th style="text-align: left;">Sum</th> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Std Dev</th> <td style="text-align: center;">22.47602</td> <th style="text-align: left;">Variance</th> <td style="text-align: center;">505.1716</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Skewness</th> <td style="text-align: center;">-0.43342</td> <th style="text-align: left;">Kurtosis</th> <td style="text-align: center;">-1.85595</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">USS</th> <td style="text-align: center;">3031.03</td> <th style="text-align: left;">CSS</th> <td style="text-align: center;">3031.03</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">CV</th> <td style="text-align: center;">.</td> <th style="text-align: left;">Std Mean</th> <td style="text-align: center;">8.495138</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">T:Mean=0</th> <td style="text-align: center;">0</td> <th style="text-align: left;">Pr> T </th> <td style="text-align: center;">1.0000</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Num ^= 0</th> <td style="text-align: center;">7</td> <th style="text-align: left;">Num > 0</th> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">M(Sign)</th> <td style="text-align: center;">0.5</td> <th style="text-align: left;">Pr>= M </th> <td style="text-align: center;">1.0000</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">Sgn Rank</th> <td style="text-align: center;">-1</td> <th style="text-align: left;">Pr>= S </th> <td style="text-align: center;">0.9375</td> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">W:Normal</th> <td style="text-align: center;">0.88547</td> <th style="text-align: left;">Pr<W</th> <td style="text-align: center;">0.2616</td> </tr> </thead> </table>	Moments				N	7	Sum Wgts	7	Mean	0	Sum	0	Std Dev	22.47602	Variance	505.1716	Skewness	-0.43342	Kurtosis	-1.85595	USS	3031.03	CSS	3031.03	CV	.	Std Mean	8.495138	T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000	Num ^= 0	7	Num > 0	4	M(Sign)	0.5	Pr>= M	1.0000	Sgn Rank	-1	Pr>= S	0.9375	W:Normal	0.88547	Pr<W	0.2616
Analysis of Variance																																																																																																																												
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																							
Model	1	1705.01220	1705.01220	2.813	0.1544																																																																																																																							
Error	5	3031.02968	606.20594																																																																																																																									
C Total	6	4736.04189																																																																																																																										
Root MSE	24.62125	R-square	0.3600																																																																																																																									
Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.2320																																																																																																																									
C.V.	22.92878																																																																																																																											
Parameter Estimates																																																																																																																												
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T																																																																																																																							
INTERCEP	1	302.746751	116.86250330	2.591	0.0488																																																																																																																							
X	1	-2.776315	1.65544628	-1.677	0.1544																																																																																																																							
Test of First and Second Moment Specification																																																																																																																												
DF:	2	Chisq value:	3.3068	Prob>Chisq:	0.1914																																																																																																																							
Moments																																																																																																																												
N	7	Sum Wgts	7																																																																																																																									
Mean	0	Sum	0																																																																																																																									
Std Dev	22.47602	Variance	505.1716																																																																																																																									
Skewness	-0.43342	Kurtosis	-1.85595																																																																																																																									
USS	3031.03	CSS	3031.03																																																																																																																									
CV	.	Std Mean	8.495138																																																																																																																									
T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000																																																																																																																									
Num ^= 0	7	Num > 0	4																																																																																																																									
M(Sign)	0.5	Pr>= M	1.0000																																																																																																																									
Sgn Rank	-1	Pr>= S	0.9375																																																																																																																									
W:Normal	0.88547	Pr<W	0.2616																																																																																																																									

<pre> OPTIONS NODATE NONUMBER NODATE LS=80 PS=60; TITLE1 "ANALISIS DE REGRESION PARA EL CONSUMO DE FND"; TITLE2 " Y EFICIENCIA BIOLÓGICA"; DATA REG1; INPUT TRAT \$ X Y; CARDS; E 60.12 107.40 EJ 54.52 83.75 EJP 53.61 103.48 EP 71.08 138.04 J 45.87 67.80 JP 62.18 103.33 P 79.07 147.87 ; PROC PLOT DATA=REG1 HPERCENT=60 VPERCENT=40; PLOT Y*X='*'; RUN; PROC REG DATA=REG1; MODEL Y=X/ SPEC; OUTPUT OUT= RES R=RES; RUN; PROC UNIVARIATE DATA=RES NORMAL; VAR RES; RUN; </pre>	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL CONSUMO DE FND Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p style="text-align: center;">Plot of Y*X. Symbol used is '*'. Y</p> <p style="text-align: center;">X</p>																																																																																																																						
<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL CONSUMO DE FND Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p>Model: MODEL1 Dependent Variable: Y</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">Analysis of Variance</th> </tr> <tr> <th>Source</th> <th>DF</th> <th>Sum of Squares</th> <th>Mean Square</th> <th>F Value</th> <th>Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td>1</td> <td>4366.91121</td> <td>4366.91121</td> <td>59.151</td> <td>0.0006</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>5</td> <td>369.13067</td> <td>73.82613</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Total</td> <td>6</td> <td>4736.04189</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td>Root MSE</td> <td>8.59221</td> <td>R-square</td> <td>0.9221</td> </tr> <tr> <td>Dep Mean</td> <td>107.38143</td> <td>Adj R-sq</td> <td>0.9065</td> </tr> <tr> <td>C.V.</td> <td>8.00158</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">Parameter Estimates</th> </tr> <tr> <th>Variable</th> <th>DF</th> <th>Parameter Estimate</th> <th>Standard Error</th> <th>T for H0: Parameter=0</th> <th>Prob > T </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTERCEP</td> <td>1</td> <td>-39.059072</td> <td>19.31549810</td> <td>-2.022</td> <td>0.0991</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>1</td> <td>2.403760</td> <td>0.31254245</td> <td>7.691</td> <td>0.0006</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dependent Variable: Y Test of First and Second Moment Specification DF: 2 Chisq Value: 1.5675 Prob>Chisq: 0.4567</p>	Analysis of Variance						Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	1	4366.91121	4366.91121	59.151	0.0006	Error	5	369.13067	73.82613			C Total	6	4736.04189				Root MSE	8.59221	R-square	0.9221	Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.9065	C.V.	8.00158			Parameter Estimates						Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T	INTERCEP	1	-39.059072	19.31549810	-2.022	0.0991	X	1	2.403760	0.31254245	7.691	0.0006	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA EL CONSUMO DE FND Y EFICIENCIA BIOLÓGICA</p> <p style="text-align: center;">Univariate Procedure</p> <p style="text-align: center;">Variable=RES Residual</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Moments</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N</td> <td>7</td> <td>Sum Wgts</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Mean</td> <td>0</td> <td>Sum</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Std Dev</td> <td>7.843582</td> <td>Variance</td> <td>61.52178</td> </tr> <tr> <td>Skewness</td> <td>0.880954</td> <td>Kurtosis</td> <td>0.005721</td> </tr> <tr> <td>USS</td> <td>369.1307</td> <td>CS</td> <td>369.1307</td> </tr> <tr> <td>CV</td> <td>.</td> <td>Std Mean</td> <td>2.964595</td> </tr> <tr> <td>T:Mean=0</td> <td>0</td> <td>Pr> T </td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Num ^= 0</td> <td>7</td> <td>Num > 0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>M(Sign)</td> <td>-0.5</td> <td>Pr>= M </td> <td>1.0000</td> </tr> <tr> <td>Sgn Rank</td> <td>-2</td> <td>Pr>= S </td> <td>0.8125</td> </tr> <tr> <td>W:Normal</td> <td>0.920459</td> <td>Pr<W</td> <td>0.4907</td> </tr> </tbody> </table>	Moments								N	7	Sum Wgts	7	Mean	0	Sum	0	Std Dev	7.843582	Variance	61.52178	Skewness	0.880954	Kurtosis	0.005721	USS	369.1307	CS	369.1307	CV	.	Std Mean	2.964595	T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000	Num ^= 0	7	Num > 0	3	M(Sign)	-0.5	Pr>= M	1.0000	Sgn Rank	-2	Pr>= S	0.8125	W:Normal	0.920459	Pr<W	0.4907
Analysis of Variance																																																																																																																							
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																																		
Model	1	4366.91121	4366.91121	59.151	0.0006																																																																																																																		
Error	5	369.13067	73.82613																																																																																																																				
C Total	6	4736.04189																																																																																																																					
Root MSE	8.59221	R-square	0.9221																																																																																																																				
Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.9065																																																																																																																				
C.V.	8.00158																																																																																																																						
Parameter Estimates																																																																																																																							
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T																																																																																																																		
INTERCEP	1	-39.059072	19.31549810	-2.022	0.0991																																																																																																																		
X	1	2.403760	0.31254245	7.691	0.0006																																																																																																																		
Moments																																																																																																																							
N	7	Sum Wgts	7																																																																																																																				
Mean	0	Sum	0																																																																																																																				
Std Dev	7.843582	Variance	61.52178																																																																																																																				
Skewness	0.880954	Kurtosis	0.005721																																																																																																																				
USS	369.1307	CS	369.1307																																																																																																																				
CV	.	Std Mean	2.964595																																																																																																																				
T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000																																																																																																																				
Num ^= 0	7	Num > 0	3																																																																																																																				
M(Sign)	-0.5	Pr>= M	1.0000																																																																																																																				
Sgn Rank	-2	Pr>= S	0.8125																																																																																																																				
W:Normal	0.920459	Pr<W	0.4907																																																																																																																				

APENDICE 8

PROGRAMA FUENTE Y SALIDAS DE SAS DE LA PRUEBA T PARA MEDIAS RELACIONADAS PRACTICA A LA COMPOSICIÓN DE SUSTRATOS INICIALES Y REMANENTES DE CADA TRATAMIENTO

```

OPTIONS NODATE NONUMBER LINESIZE=110;
title1 "PRUEBA T PARA PORCENTAJE DE FIBRA NEUTRO DETERGENTE";
title2 "EN SUBSTRATOS INICIALES Y REMANENTES";
title3 " ";
title4 'PAIRED-COMPARISONS T TEST';
data FND;
input antes despues;
diff=antes-despues;
cards;
74.11      40.46
74.82      42.39
62.24      39.25
68.58      34.32
73.72      48.11
76.82      39.44
62.29      26.07
;
proc means mean stderr t prt;
var diff;
run;
Proc univariate normal;
var diff;
run;
    
```

PRUEBA T PARA PORCENTAJE DE FIBRA NEUTRO DETERGENTE EN SUBSTRATOS INICIALES Y REMANENTES

PAIRED-COMPARISONS T TEST
Analysis Variable : DIFF

Mean	Std Error	T	Prob> T
31.7914286	2.0498286	15.5093107	0.0001

N	7	Sum Wgts	7
Std Dev	5.423337	Variance	29.41258
W:Normal	0.87491	Pr<W	0.2121

PRUEBA T PARA PORCENTAJE DE CENIZAS EN SUBSTRATOS INICIALES Y REMANENTES

PAIRED-COMPARISONS T TEST
Analysis Variable : DIFF

Mean	Std Error	T	Prob> T
0.9385714	0.3378322	2.7782176	0.0321

N	7	Sum Wgts	7
Std Dev	0.89382	Variance	0.798914
W:Normal	0.890318	Pr<W	0.2873

PRUEBA T PARA PORCENTAJE DE PROTEINA EN SUBSTRATOS INICIALES Y REMANENTES

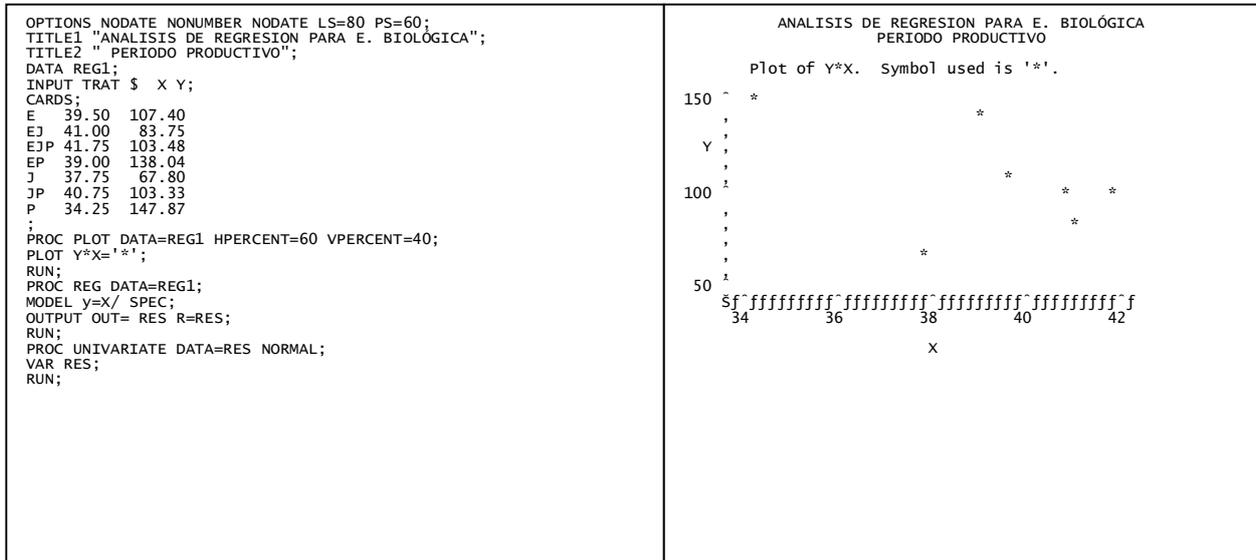
PAIRED-COMPARISONS T TEST
Analysis Variable : DIFF

Mean	Std Error	T	Prob> T
-5.6357143	0.2376558	-23.7137686	0.0001

N	7	Sum Wgts	7
Std Dev	0.628778	Variance	0.395362
W:Normal	0.917441	Pr<W	0.4671

APENDICE 9

SALIDAS SAS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN A TIEMPO PRODUCTIVO Y EFICIENCIA BIOLÓGICA



<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA E. BIOLÓGICA PERIODO PRODUCTIVO</p> <p style="text-align: center;">Model: MODEL1 Dependent Variable: Y</p> <p style="text-align: center;">Analysis of Variance</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Source</th> <th style="text-align: center;">DF</th> <th style="text-align: center;">Sum of Squares</th> <th style="text-align: center;">Mean Square</th> <th style="text-align: center;">F Value</th> <th style="text-align: center;">Prob>F</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Model</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1112.51724</td> <td style="text-align: center;">1112.51724</td> <td style="text-align: center;">1.535</td> <td style="text-align: center;">0.2703</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">3623.52465</td> <td style="text-align: center;">724.70493</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>C Total</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">4736.04189</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">Root MSE</td> <td style="text-align: center;">26.92034</td> <td style="text-align: right;">R-square</td> <td style="text-align: center;">0.2349</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Dep Mean</td> <td style="text-align: center;">107.38143</td> <td style="text-align: right;">Adj R-sq</td> <td style="text-align: center;">0.0819</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">C.V.</td> <td style="text-align: center;">25.06983</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Parameter Estimates</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Variable</th> <th style="text-align: center;">DF</th> <th style="text-align: center;">Parameter Estimate</th> <th style="text-align: center;">Standard Error</th> <th style="text-align: center;">T for H0: Parameter=0</th> <th style="text-align: center;">Prob > T </th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INTERCEP</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">316.826654</td> <td style="text-align: center;">169.34914183</td> <td style="text-align: center;">1.871</td> <td style="text-align: center;">0.1203</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">-5.350790</td> <td style="text-align: center;">4.31862183</td> <td style="text-align: center;">-1.239</td> <td style="text-align: center;">0.2703</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dependent Variable: Y</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">Test of First and Second Moment Specification</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">DF:</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: right;">Chisq Value:</td> <td style="text-align: center;">2.0239</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">Prob>Chisq:</td> <td style="text-align: center;">0.3635</td> </tr> </tbody> </table>	Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F	Model	1	1112.51724	1112.51724	1.535	0.2703	Error	5	3623.52465	724.70493			C Total	6	4736.04189				Root MSE	26.92034	R-square	0.2349	Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.0819	C.V.	25.06983			Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T	INTERCEP	1	316.826654	169.34914183	1.871	0.1203	X	1	-5.350790	4.31862183	-1.239	0.2703	Test of First and Second Moment Specification				DF:	2	Chisq Value:	2.0239			Prob>Chisq:	0.3635	<p style="text-align: center;">ANALISIS DE REGRESION PARA E. BIOLÓGICA PERIODO PRODUCTIVO</p> <p style="text-align: center;">Univariate Procedure</p> <p style="text-align: center;">Variable=RES Residual</p> <p style="text-align: center;">Moments</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">N</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: right;">Sum Wgts</td> <td style="text-align: center;">7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Mean</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: right;">Sum</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Std Dev</td> <td style="text-align: center;">24.5748</td> <td style="text-align: right;">Variance</td> <td style="text-align: center;">603.9208</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Skewness</td> <td style="text-align: center;">-1.19264</td> <td style="text-align: right;">Kurtosis</td> <td style="text-align: center;">1.995998</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">USS</td> <td style="text-align: center;">3623.525</td> <td style="text-align: right;">CSS</td> <td style="text-align: center;">3623.525</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">CV</td> <td style="text-align: center;">.</td> <td style="text-align: right;">Std Mean</td> <td style="text-align: center;">9.288401</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">T:Mean=0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: right;">Pr> T </td> <td style="text-align: center;">1.0000</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Num ^= 0</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td style="text-align: right;">Num > 0</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">M(Sign)</td> <td style="text-align: center;">1.5</td> <td style="text-align: right;">Pr>= M </td> <td style="text-align: center;">0.4531</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Sgn Rank</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: right;">Pr>= S </td> <td style="text-align: center;">0.6875</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">W:Normal</td> <td style="text-align: center;">0.916492</td> <td style="text-align: right;">Pr<W</td> <td style="text-align: center;">0.4598</td> </tr> </tbody> </table>	N	7	Sum Wgts	7	Mean	0	Sum	0	Std Dev	24.5748	Variance	603.9208	Skewness	-1.19264	Kurtosis	1.995998	USS	3623.525	CSS	3623.525	CV	.	Std Mean	9.288401	T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000	Num ^= 0	7	Num > 0	5	M(Sign)	1.5	Pr>= M	0.4531	Sgn Rank	3	Pr>= S	0.6875	W:Normal	0.916492	Pr<W	0.4598
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F																																																																																																										
Model	1	1112.51724	1112.51724	1.535	0.2703																																																																																																										
Error	5	3623.52465	724.70493																																																																																																												
C Total	6	4736.04189																																																																																																													
Root MSE	26.92034	R-square	0.2349																																																																																																												
Dep Mean	107.38143	Adj R-sq	0.0819																																																																																																												
C.V.	25.06983																																																																																																														
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T																																																																																																										
INTERCEP	1	316.826654	169.34914183	1.871	0.1203																																																																																																										
X	1	-5.350790	4.31862183	-1.239	0.2703																																																																																																										
Test of First and Second Moment Specification																																																																																																															
DF:	2	Chisq Value:	2.0239																																																																																																												
		Prob>Chisq:	0.3635																																																																																																												
N	7	Sum Wgts	7																																																																																																												
Mean	0	Sum	0																																																																																																												
Std Dev	24.5748	Variance	603.9208																																																																																																												
Skewness	-1.19264	Kurtosis	1.995998																																																																																																												
USS	3623.525	CSS	3623.525																																																																																																												
CV	.	Std Mean	9.288401																																																																																																												
T:Mean=0	0	Pr> T	1.0000																																																																																																												
Num ^= 0	7	Num > 0	5																																																																																																												
M(Sign)	1.5	Pr>= M	0.4531																																																																																																												
Sgn Rank	3	Pr>= S	0.6875																																																																																																												
W:Normal	0.916492	Pr<W	0.4598																																																																																																												

APENDICE 10

ESTIMACIÓN DE CONTRASTES PARA EFICIECIA BIOLÓGICA Y PERIODO PRODUCTIVO USANDO EL METODO DE SCHEFFE

a) Para Eficiencia Biológica (EB)

NC	DESCRIPCION	E	EJ	EJP	EP	J	JP	P	ESTADÍSTICOS			C=0 si $ C < S$
		107.40	87.75	103.48	138.04	67.80	103.33	147.87	C	S _c	S	$\alpha = 0.05$
C ₁	TRAT. CON E CONTRA TRAT. SIN E	-3	-3	-3	-3	4	4	4	-34.01	48.03	188.62	ns
C ₂	TRAT. CON J CONTRA TRAT. SIN J	4	-3	-3	4	-3	-3	4	486.16	48.03	188.62	*
C ₃	TRAT. CON P CONTRA TRAT. SIN P	4	4	-3	-3	4	-3	-3	-426.36	48.03	188.62	*
C ₄	TRAT. PUROS CONTRA MEZCLAS DOBLES	1	-1	0	-1	1	-1	1	-6.05	12.84	50.41	ns
C ₅	TRAT. PUROS CONTRA MEZCLA TRIPLE	1	0	-3	0	1	0	1	12.63	18.16	71.29	ns
C ₆	E Y J CONTRA LA COMBINACION DE AMBOS	1	-2	0	0	1	0	0	-0.30	12.84	50.41	ns
C ₇	E Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	1	0	0	-2	0	0	1	-20.81	12.84	50.41	ns
C ₈	J Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	0	0	0	0	1	-2	1	9.01	12.84	50.41	ns
Número de tratamientos (a)		7				F _{α, a-1, N-a}		2.57		ns: no significante		
Número de observaciones (N)		28				Cuadrado medio del error (CMe)		109.87		*: hay significancia		

b) Para Período Productivo (T)

NC	DESCRIPCION	E	EJ	EJP	EP	J	JP	P	ESTADÍSTICOS			C=0 si $ C < S$
		39.50	41.00	41.75	39.00	37.75	40.75	34.25	C	S _c	S	$\alpha = 0.05$
C ₁	TRAT. CON E CONTRA TRAT. SIN E	-3	-3	-3	-3	4	4	4	-32.75	8.49	33.33	ns
C ₂	TRAT. CON J CONTRA TRAT. SIN J	4	-3	-3	4	-3	-3	4	-32.75	8.49	33.33	ns
C ₃	TRAT. CON P CONTRA TRAT. SIN P	4	4	-3	-3	4	-3	-3	5.75	8.49	33.33	ns
C ₄	TRAT. PUROS CONTRA MEZCLAS DOBLES	1	-1	0	-1	1	-1	1	-9.25	2.27	8.91	*
C ₅	TRAT. PUROS CONTRA MEZCLA TRIPLE	1	0	-3	0	1	0	1	-13.75	3.21	12.60	*
C ₆	E Y J CONTRA LA COMBINACION DE AMBOS	1	-2	0	0	1	0	0	-4.75	2.27	8.91	ns
C ₇	E Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	1	0	0	-2	0	0	1	-4.25	2.27	8.91	ns
C ₈	J Y P CONTRA LA COMBINACIÓN DE AMBOS	0	0	0	0	1	-2	1	-9.50	2.27	8.91	*
Número de tratamientos (a)		7				F _{α, a-1, N-a}		2.57		ns: no significante		
Número de observaciones (N)		28				Cuadrado medio del error (CMe)		3.43		*: hay significancia		

APENDICE 12

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CARPÓFOROS Y RENDIMIENTO DE BIOMASA FUNGICA DE *Pleurotus ostreatus* ECS-0112 PARA TRATAMIENTOS

CUADRO 24 ñAö: Composición química promedio de carpóforos de *P. ostreatus* ECS-0112

Código	Descripción	Humedad %	Proteína cruda (g/100g)	Cenizas g/100g
P	Pulpa de Café	88.80	21.42	7.92
J	Pericarpio de Jacaranda	88.26	19.60	7.19
E	Pasto Estrella Africana	88.66	20.72	8.24
JP	Jacaranda + Pulpa	90.75	21.22	7.52
EP	Estrella + Pulpa	90.89	21.05	7.60
EJ	Estrella + Jacaranda	90.25	19.05	7.76
EJP	Estrella + Jacaranda + Pulpa	91.20	20.82	7.36

CUADRO 25 ñAö: Rendimiento en base húmeda, en gramos, por unidad experimental

Código	Descripción	REPETICIÓN				MEDIA
		1	2	3	4	
P	Pulpa de Café	216.20	245.90	228.90	196.20	221.80
J	Pericarpio de Jacaranda	108.90	109.50	96.60	91.80	101.70
E	Pasto Estrella Africana	185.60	162.00	156.10	140.70	161.10
JP	Jacaranda + Pulpa	149.30	136.10	167.00	167.60	155.00
EP	Estrella + Pulpa	196.30	198.50	209.50	223.90	207.05
EJ	Estrella + Jacaranda	123.70	130.40	133.20	115.20	125.63
EJP	Estrella + Jacaranda + Pulpa	180.50	159.90	132.40	148.10	155.23

CUADRO 26 ñAö: Rendimiento total por tratamiento en base húmeda y seca

Código	Descripción	Humedad %	Rend (g) base hum	Rend (g) base seca
P	Pulpa de Café	88.80	887.20	99.37
J	Pericarpio de Jacaranda	88.26	406.80	47.76
E	Pasto Estrella Africana	88.66	644.40	73.07
JP	Jacaranda + Pulpa	90.75	620.00	57.35
EP	Estrella + Pulpa	90.89	828.20	75.45
EJ	Estrella + Jacaranda	90.25	502.50	48.99
EJP	Estrella + Jacaranda + Pulpa	91.20	620.90	54.64
Promedio		89.83	644.29	65.23

APENDICE 13

CALCULO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS POR COSECHA Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO UTILIZANDO PASTO ESTRELLA AFRICANA COMO SUBSTRATO (28 CONTENEDORES DE 150 GRAMOS DE PESO SECO)

A) CALCULO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS POR COSECHA

Para acondicionamiento de la sala de fructificación

1 mesón de madera (0.60x1.75x0.85 m)	i	aco	Q350.00
6 vigetas de 2.5"x4"x18"	i	aco	Q48.75 15 pies tablares
Alambre de amarre	i	aco	Q2.50 0.5 libras
Base metálica	i	aco	Q30.00
Cedazo	i	aco	Q4.00 1 yarda
Jornales para acondicionamiento	i	aco	Q15.00 0.5 jornales
1 martillo	i	aco	Q12.00 c/u
Total costo para acondicionamiento			Q462.25

Para el sistema de riego

1 Pomo de pegamento para PVC de 25 g	i	rie	11.00
4 Tee de PVC de 1/2 "	i	rie	7.00
1 Tapón PVC con rosca de 1/2"	i	rie	4.75
1 Adaptador macho PVC de 1/2"	i	rie	1.25
1 Reducidor hembra 3/4" a 1/2"	i	rie	3.00
4 Adaptadores hembra de 1/2"	i	rie	8.00
2 Codos PVC de 1/2" de 45 grados	i	rie	3.00
4 Reducidores IPS de 1/2" a 3/8"	i	rie	8.80
4 Microaspersores rondo	i	rie	49.08
1 Manguera plástica de 15 metros	i	rie	38.00
1 Adaptador hembra de 3/4"	i	rie	2.50
1 Tubo PVC de 1/2 de 6 metros	i	rie	15.00
Mano de obra para compra e instalación	i	rie	45.00 1.5 jornales
Total costos para sistema de riego			196.38

Costos del agua para riego

Descarga de emisores	v	agua	30 lph
Número de emisores	v	agua	4
Tiempo de riego	v	agua	0.25 horas
Número de riegos	v	agua	4 riegos/día
Período productivo	v	agua	40 días
Fase de incubación	v	agua	12 días
m3 de agua para riego	v	agua	Q3.36 m3
Total costos por consumo de agua para riego	v	agua	Q50.40

Cálculo de la depreciación de sala de fructificación

Precio	Q16,000.00
vida útil	15 años
Monto de depreciación por cosecha	Q152.38

Consolidado de costos de producción e inversión

Depreciación de sala de fructificación	f dep	152.38
1 machete	i hym	Q30.00
Mano de obra para corte y acarreo de substrato	v mo	Q10.00 1/3 jornal
Nylon de polietileno (2 yardas)	i hym	Q5.00
Mano de obra secado y picado del substrato	v mo	Q30.00 1 jornal
2 botes plásticos de 20 litros	i hym	Q30.00
Costo del agua para rehidratación	v agua	Q0.22
Costo del agua para fermentar	v agua	Q1.34
Lavado del material previo a la siembra	v agua	Q1.67
Mano de obra para fermentación y lavado	v mo	Q10.00 1/3 jornal
1 bote de lámina para pasteurizar (30 litros)	i hym	Q15.00
Leña para pasteurizar	v insu	Q16.00 1/5 de carga
Encalado	v insu	Q7.00 1/5 de bolsa
Jabón detergente	v insu	Q1.25 0.5 de bolsa
Agua para limpieza	v agua	Q1.50 1/10 m3
Alcohol	v insu	Q4.85 250 cc
Cloro	v insu	Q1.50 250 cc
Acondicionamiento de la sala de incub y fruct	i acon	Q462.25
Sistema de riego	i sder	Q196.38
Inóculo	v ino	Q46.20
Bolsas plásticas de 2.25 litros	v insu	Q0.91
Mascarrillas	i hym	Q3.00 c/u
Guantes	i hym	Q15.00 c/par
Mano de obra para inoculación	v mo	Q10.00 1/3 jornal
Costos por consumo de agua para riego	v agua	Q50.40
Mano de obra para aplicación de riego	v mo	Q30.00 1 jornales
Balanza de reloj	i hym	Q325.00
Navaja	i hym	Q30.00
Costo de bolsas para empaque	v insu	Q0.33
Jornales para cosecha	v mo	Q20.00 2/3 jornales
Jornales para venta de producto	v mo	Q45.00 1.5 jornales
COSTOS TOTALES		Q1,552.18

Referencia:

i: inversión, f: costos fijos, v: costos variables.
 aco: acondicionamiento de la sala de fructificación
 dep: depreciación de la sala de fructificación
 hym: herramientas, materiales y enseres
 agua: consumo de agua
 insu: insumos varios
 ino: inoculación del substrato
 sder: sistema de riego
 mo: mano de obra

CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO

Tasa libre de riesgo
Prima de riesgo
Costo de capital propio

5.25 %
5.00 %
10.25 %

Tasa de inflación acumulada

7.64 %

Tasa de descuento anual
Tasa de descuento por período

Resultados
18
1.99%

BENEFICIOS NETOS DESCONTADOS

COSTO TOTAL DESCONTADO
INGRESO TOTAL DESCONTADO
BENEFICIOS NETOS DESCONTADOS

Período 0	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7
1,111.63	453.56	444.72	436.05	427.55	419.22	411.05	403.04
0.00	350.65	343.82	337.12	330.55	324.10	317.79	311.59
-1,111.63	-102.91	-100.90	-98.94	-97.01	-95.12	-93.26	-91.45

RELACION BENEFICIO COSTO

0.56

si el resultado un valor inferior a uno (1) indica que obtendrá pérdidas reales, si es mayor que uno obtendrá ganancias

Período	Costo	Beneficio	Benef. Neto	valor actual	VA acum.
Período 0	1,111.63	0.00	-1,111.63	-1,111.63	
Período 1	462.58	357.62	-104.96	-102.91	-1,214.54
Período 2	462.58	357.62	-104.96	-100.90	-1,315.44
Período 3	462.58	357.62	-104.96	-98.94	-1,414.38
Período 4	462.58	357.62	-104.96	-97.01	-1,511.39
Período 5	462.58	357.62	-104.96	-95.12	-1,606.51
Período 6	462.58	357.62	-104.96	-93.26	-1,699.78
Período 7	462.58	357.62	-104.96	-91.45	-1,791.22
TOTALES	4,349.67	2,503.35	-1,846.32	-1,791.22	
Costo unitario		Q46.91			

APENDICE 14

CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS POR COSECHA Y RELACIÓN BENEFICIO-COSTO UTILIZANDO PASTO ESTRELLA AFRICANA COMO SUBSTRATO (50 CONTENEDORES DE 300 GRAMOS DE PESO SECO)

A) CÁLCULO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS POR COSECHA

Para acondicionamiento de la sala de fructificación

1 mesón de madera (0.60x1.75x0.85 m)	i	aco	Q350.00
6 vigetas de 2.5"x4"x18"	i	aco	Q48.75 15 pies tablares
Alambre de amarre	i	aco	Q2.50 0.5 libras
Base metálica	i	aco	Q30.00
Cedazo	i	aco	Q4.00 1 yarda
Jornales para acondicionamiento	i	aco	Q15.00 0.5 jornales
1 martillo	i	aco	Q12.00 c/u
Total costo para acondicionamiento			Q462.25

Para el sistema de riego

1 Pomo de pegamento para PVC de 25 g	i	rie	11.00
4 Tee de PVC de 1/2 "	i	rie	7.00
1 Tapón PVC con rosca de 1/2"	i	rie	4.75
1 adaptador macho PVC de 1/2"	i	rie	1.25
1 Reducidor hembra 3/4" a 1/2"	i	rie	3.00
4 adaptadores hembra de 1/2"	i	rie	8.00
2 codos PVC de 1/2" de 45 grados	i	rie	3.00
4 Reducidores IPS de 1/2" a 3/8"	i	rie	8.80
4 Microaspersores rondo	i	rie	49.08
1 Manguera plástica de 15 metros	i	rie	38.00
1 Adaptador hembra de 3/4"	i	rie	2.50
1 Tubo PVC de 1/2 de 6 metros	i	rie	15.00
Mano de obra para compra e instalación	i	rie	45.00 1.5 jornales
Total costos para sistema de riego			196.38

Costos del agua para riego

Descarga de emisores	v	agua	30 lph
Número de emisores	v	agua	4
Tiempo de riego	v	agua	0.25 horas
Número de riegos	v	agua	4 riegos/día
Período productivo	v	agua	40 días
Fase de incubación	v	agua	12 días
m3 de agua para riego	v	agua	Q3.36 m3
Total costos por consumo de agua para riego	v	agua	Q50.40

Cálculo de la depreciación de sala de fructificación

Precio			Q16,000.00
--------	--	--	------------

vida útil	15 años
Monto de depreciación por cosecha	Q152.38

Consolidado de costos de producción e inversión

Depreciación de sala de fructificación	f	dep	152.38
1 machete	i	hym	Q30.00
Mano de obra para corte y acarreo de substrato	v	mo	Q30.00 1 jornales
Nylon de polietileno (6 yardas)	i	hym	Q15.00
Mano de obra secado y picado del substrato	v	mo	Q90.00 3 jornales
6 botes plásticos de 20 litros	i	hym	Q90.00
Costo del agua para rehidratación	v	agua	Q0.79
Costo del agua para fermentar	v	agua	Q4.77
Lavado del material previo a la siembra	v	agua	Q5.97
Mano de obra para fermentación y lavado	v	mo	Q30.00 1 jornal
2 botes de lámina para pasteurizar (30 litros)	i	hym	Q30.00
Leña para pasteurizar	v	insu	Q30.00 0.50 de carga
Encalado	v	insu	Q7.00 1/5 de bolsa
Jabón detergente	v	insu	Q1.25 0.5 de bolsa
Agua para limpieza	v	agua	Q1.50 1/10 m ³
Alcohol	v	insu	Q4.85 250 cc
Cloro	v	insu	Q1.50 250 cc
Acondicionamiento de la sala de incub y fruct	i	acon	Q462.25
Sistema de riego	i	sder	Q196.38
Inóculo	v	ino	Q165.00
Bolsas plásticas de 2.25 litros	v	insu	Q1.63
Mascarrillas	i	hym	Q6.00 2 unidades
Guantes	i	hym	Q30.00 2 pares
Mano de obra para inoculación	v	mo	Q30.00 1 jornal
Costos por consumo de agua para riego	v	agua	Q50.40
Mano de obra para aplicación de riego	v	mo	Q30.00 1 jornal
Balanza de reloj	i	hym	Q325.00
Navaja	i	hym	Q30.00
Costo de bolsas para empaque	v	insu	Q1.18
Jornales para cosecha	v	mo	Q60.00 2 jornales
Jornales para venta de producto	v	mo	Q60.00 2 jornales
COSTOS TOTALES			Q1,972.84

Referencia:

i: inversión, f: costos fijos, v: costos variables.
 aco: acondicionamiento de la sala de fructificación
 dep: depreciación de la sala de fructificación
 hym: herramientas, materiales y enseres
 agua: consumo de agua
 insu: insumos varios
 ino: inoculación del substrato
 sder: sistema de riego
 mo: mano de obra

CÁLCULO DE LA TASA DE DESCUENTO

Tasa libre de riesgo
Prima de riesgo
Costo de capital propio

5.25	%
5.00	%
10.25	%

Tasa de inflación acumulada

7.64 %

Tasa de descuento anual
Tasa de descuento por período

<u>Resultados</u>
18
1.99%

BENEFICIOS NETOS DESCONTADOS

COSTO TOTAL DESCONTADO
INGRESO TOTAL DESCONTADO
BENEFICIOS NETOS DESCONTADOS

<u>Período 0</u>	<u>Período 1</u>	<u>Período 2</u>	<u>Período 3</u>	<u>Período 4</u>	<u>Período 5</u>	<u>Período 6</u>	<u>Período 7</u>
1,214.63	773.13	758.06	743.29	728.80	714.60	700.67	687.01
0.00	1,252.33	1,227.92	1,203.99	1,180.52	1,157.51	1,134.95	1,112.83
-1,214.63	479.19	469.85	460.70	451.72	442.91	434.28	425.82

RELACION BENEFICIO COSTO

1.31

si el resultado un valor inferior a uno (1) indica que obtendrá pérdidas reales, si es mayor que uno obtendrá ganancias

Período	Costo	Beneficio	Benef. Neto	valor actual	VA acum.
<u>Período 0</u>	1,214.63	0.00	-1,214.63	-1,214.63	
<u>Período 1</u>	788.50	1,277.22	488.72	479.19	-735.44
<u>Período 2</u>	788.50	1,277.22	488.72	469.85	-265.58
<u>Período 3</u>	788.50	1,277.22	488.72	460.70	195.11
<u>Período 4</u>	788.50	1,277.22	488.72	451.72	646.83
<u>Período 5</u>	788.50	1,277.22	488.72	442.91	1,089.74
<u>Período 6</u>	788.50	1,277.22	488.72	434.28	1,524.02
<u>Período 7</u>	788.50	1,277.22	488.72	425.82	1,949.84
TOTALES	6,734.14	8,940.54	2,206.40	1,949.84	
Costo unitario		Q20.34			

APENDICE 15

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CUADRO 27 ñAö: Calendario de actividades

ACTIVIDAD	oct-03	nov-03	dic-03		ene-04	feb-04		mar-04		abr-04		may-04	jun-04
	1a - 4a	1a - 4a	1a - 3a	4a	1a - 4a	1a - 2a	3a - 4a	1a - 2a	3a - 4a	1a - 3a	4a	1a - 4a	1a - 4a
	sem.	sem.	sem.	sem.	Sem	Sem	Sem		sem.	sem	sem	Sem	Sem
Fructificación de la cepa ECS-112													
Obtención de micelio													
Preparación de substratos													
Inoculación e Incubación													
Cosecha													
Recolección de datos													
Análisis de datos experimentales													
Análisis de laboratorio													
Elaboración del informe de tesis													