

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**Producción de Pleurotus ostreatus ECS 0110
utilizando como sustratos los mantillos de
Quercus acatenangensis (Encino);
Enterolobium cyclocarpum (Conacaste); y
Liquidambar styraciflua (Liquidambar)**

TESIS

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

POR

FAUSTO ALEJANDRO FAJARDO MONTES

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, septiembre del 2001

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA
RECTOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|----------------------|---|
| DECANO | Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada |
| VOCAL PRIMERO | Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello |
| VOCAL SEGUNDO | Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle |
| VOCAL TERCERO | Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa |
| VOCAL CUARTO | Prof. Abelardo Caal Ich |
| VOCAL QUINTO | Br. José Baldomero Sandoval Arriaza |

Guatemala, septiembre del 2001.

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 vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

PRODUCCIÓN DE Pleurotus ostreatus ECS 0110 UTILIZANDO COMO SUSTRATOS LOS MANTILLOS DE Quercus acatenangensis (ENCINO); Enterolobium cyclocarpum (CONACASTE); Y Liquidambar styraciflua (LIQUIDAMBAR)

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, sin otro particular me suscribo a ustedes, como su atento y seguro servidor.

Atentamente,



Fausto Alejandro Fajardo Montes

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Guía infaltable en la conclusión de obras importantes, pilar de sueños grandiosos y logros inmensamente fabulosos..... A ti el amigo que nunca falla.

MIS PADRES: José Francisco Fajardo Estupinián y
María del Carmen Montes Vela de Fajardo
Que con sus sabios consejos y apoyo incondicional supieron dirigirme sin presionarme, al camino correcto del saber.....Que con amor y comprensión supieron aceptar mis gustos y decisiones.....Muchísimas gracias..... los quiero mucho.

MI ESPOSA: Nilse Zucel Rodríguez Hernández de Fajardo
Que el infinito amor que ha vertido en mi persona..... ha sido y será por siempre alguien en quien confíe, ame y respete..... Para ti mi amor.

MIS HIJOS: Joshua Alejandro, Jesse Alexander y a los futuros
Que con su existencia incrementan mis ganas de vivir y hacer bien las cosas..... Con todo mi amor para ustedes.

MIS HERMANOS: Francisco José y Victor Hugo
Por la amistad, apoyo y cariño, que siempre nos hemos brindado.

MIS ABUELOS: Julia Erica Vela de Betancourt
Faustina Estupinian García (†)
Juan Francisco Fajardo Navas
Por el cariño que siempre me han dado.

**MIS TIOS Y TIAS,
PRIMAS Y PRIMOS:** Por su aprecio y cariño.

MIS SUEGROS: Luis Rene Rodríguez y
Hilda Esperanza Hernández Sosa
Por hacerme parte de su vida aceptándome.

**A LA FAMILIA
RODRÍGUEZ
HERNÁNDEZ:** Que me brindaron su amistad.

**FACULTAD DE
AGRONOMIA:** Por ser grande entre las grande, forjadora de hombres y mujeres con verdadera preparación profesional.

**UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA:** Por seguir proveyendo al País de verdaderos profesionales.

**MI PATRIA
GUATEMALA:** Por permitirme ser profeta en mi Tierra, al dejarme triunfar.

AGRADECIMIENTOS

Al mejor asesor de tesis, mi asesor: Lic. Q. B. ROMEO ALFONSO PEREZ MORALES, que con su profesionalismo irradia responsabilidad, ganas de hacer bien las cosas, compromiso, buenas intenciones y patriotismo.

Al Lic. Químico-Farmacéutico Julio Chinchilla, que con su pragmatismo y alegría, adiciona gusto por lo que uno sabe y hace. Sugiriendo gratitud al Creador.

A la Licda en Antropología Adelaida Herrera, que con su dinamismo inyecta juventud en todos los que la conocemos.

A los ingenieros agrónomos: Adalberto Rodríguez, Boris Méndez, Edil Rodríguez, Edwin Cano, Gilberto Alvarado, Mario Méndez, Maxdelio Herrera, Pedro Armira Atz, Waldemar Nufio, Walter Tello, Willian Escobar y al Dr Luis Mejía; por haber contribuido de forma sustancial en mi formación académica.

A todos los muchachos de la Subarea de Ciencias Químicas de la Facultad de Agronomía.

A todo el equipo de la Sede Operativa de UNEPROCH (Unidad Ejecutora del Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables de la Cuenca Alta del Río Chixoy) Aguacatán, Huehuetenango.

A mis amigos: Alfredo Cabrera, Amed Juárez, Aura Huertas, Carlos Cruz, Daniel Orellana, Edgar Dávila, Estuardo López, Francisco Fajardo, Gerardo Caceres, Gerson Elias, Jacobo Bolvito, Juan Carlos Cifuentes, Lucrecia Pocon, Luis Felipe León, Luis Macz, Manuel Galicia, Manuel Henry, Mario Nuñez, Marvin Barahona, Mynor Velásquez, Nery Palacios, Oscar Monterroso, Oswald Navas, Ricardo Cano, Selvin Piox y William Sanchez; agradeciéndoles todas esa gratas experiencias vividas a lo largo de la carrera y en la vida misma.

Y a todas esas personas que no haya nombrado y que de igual manera contribuyeron a culminar esta meta

INDICE GENERAL

| | | |
|-----------|---|------|
| | INDICE GENERAL | vi |
| | INDICE DE CUADROS | viii |
| | INDICE DE FIGURAS | viii |
| | TITULO | ix |
| | RESUMEN | ix |
| 1 | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 | DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 3 | MARCO TEORICO | 5 |
| 3.1 | MARCO CONCEPTUAL | 5 |
| 3.1.1 | Generalidades sobre el efecto de los incendios en el bosque | 5 |
| 3.1.2 | Generalidades sobre la producción del mantillo | 6 |
| 3.1.3 | Generalidades sobre las especies forestales | 6 |
| 3.1.3.1 | Encino, <i>Quercus acatenangensis</i> L. | 7 |
| 3.1.3.2 | Conacaste, <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb | 9 |
| 3.1.3.3 | Liquidambar, <i>Liquidambar styraciflua</i> L. | 10 |
| 3.1.4 | Generalidades sobre los hongos | 11 |
| 3.1.4.1 | Generalidades sobre los macromicetos | 12 |
| 3.1.4.1.1 | Descripción de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 13 |
| 3.1.4.1.2 | Cualidades nutritivas de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 14 |
| 3.1.4.1.3 | Requerimientos ambientales de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 15 |
| 3.1.4.1.4 | Plagas y enfermedades de de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 16 |
| 3.1.5 | Generalidades sobre la producción de de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 17 |
| 3.1.5.1 | Preparación del inóculo | 18 |
| 3.1.5.1.1 | Preparación del Primario | 18 |
| 3.1.5.1.2 | Preparación del secundario | 19 |
| 3.1.5.2 | Preparación del sustrato | 19 |
| 3.1.5.3 | Siembra e incubación | 20 |
| 3.1.5.4 | Fructificación | 20 |
| 3.1.6 | Generalidades sobre el análisis económico financiero | 22 |
| 3.1.6.1 | Relación beneficio-costos | 22 |
| 3.1.7 | Generalidades sobre los indicadores bióticos | 23 |
| 3.1.7.1 | Eficiencia biológica | 23 |
| 3.1.7.2 | Biodegradación del sustrato por una cepa | 23 |
| 3.2 | MARCO REFERENCIAL | 24 |
| 3.2.1 | Localización de la áreas de trabajo | 24 |
| 4 | OBJETIVOS | 25 |
| 4.1 | GENERAL | 25 |
| 4.2 | ESPECIFICOS | 25 |
| 5 | HIPÓTESIS | 26 |
| 6 | MATERIALES Y METODOS | 27 |
| 6.1 | MATERIAL EXPERIMENTAL | 27 |
| 6.2 | DISEÑO EXPERIMENTAL | 27 |
| 6.3 | TRATAMIENTOS | 28 |
| 6.3.1 | Distribución de los tratamientos | 28 |
| 6.4 | MANEJO DEL EXPERIMENTO | 28 |
| 6.4.1 | Preparación del inóculo | 28 |
| 6.4.1.1 | Preparación del Primario | 28 |
| 6.4.1.2 | Preparación del secundario | 29 |
| 6.4.2 | Preparación del sustrato | 29 |
| 6.4.3 | Siembra e Incubación | 29 |

| | | |
|-------|--|----|
| 6.4.4 | Fructificación | 30 |
| 6.4.5 | Variables de estudio | 30 |
| 6.4.6 | Análisis estadístico | 30 |
| 6.4.7 | Análisis económico financiero | 31 |
| 6.4.8 | Análisis de la eficiencia biológica | 31 |
| 6.4.9 | Análisis de la biodegradación del sustrato | 31 |
| 7 | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 32 |
| 7.1 | DURACIÓN DE LA COSECHA | 32 |
| 7.2 | NÚMERO DE CARPÓFOROS POR SUSTRATO ENSAYADO | 33 |
| 7.3 | RELACIÓN BENEFICIO/COSTO | 34 |
| 7.4 | EFICIENCIA BIOLÓGICA | 36 |
| 7.5 | BIODEGRADACIÓN DE LOS SUSTRATOS | 38 |
| 8 | CONCLUSIONES | 40 |
| 9 | RECOMENDACIONES | 41 |
| 10 | BIBLIOGRAFÍA | 42 |
| 11 | ANEXO | 44 |

INDICE DE CUADROS

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Análisis Cromatográfico de setas desecadas de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 16 |
| 2 | Condiciones ideales para el desarrollo de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 22 |
| 3 | Tiempo esperado en días para obtener cosecha de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 32 |
| 4 | Número de los carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 33 |
| 5 | Tabla de ANDEVA de la variable número de carpóforos | 33 |
| 6 | Costos de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en quetzales, en cada uno de los sustratos ensayados | 35 |
| 7 | Peso total de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en libra y ganancias en quetzales obtenidas en cada uno de los sustratos ensayados | 35 |
| 8 | Valores de la relación beneficio/costo y porcentaje de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 36 |
| 9 | Eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 37 |
| 10 | Tabla de ANDEVA de la eficiencia biológica de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 38 |
| 11 | Biodegradación de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos Ensayados | 38 |
| 12 | Tabla de ANDEVA de la biodegradación de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 39 |
| 13A | Cronograma de actividades | 44 |
| 14A | Número real de carpóforos de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 44 |
| 15A | Resultado de la tabla de la prueba de Tukey ensayada al número de carpóforos | 44 |
| 16A | Gastos fijos incurridos en el experimento | 45 |
| 17A | Gastos variables incurridos en el experimento | 45 |
| 18A | Eficiencia biológica real de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 46 |
| 19A | Resultado de la tabla de la prueba de Tukey ensayada a la eficiencia biológica | 46 |
| 20A | Biodegradación real de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq en cada uno de los sustratos ensayados | 46 |
| 21A | Resultado de la tabla de la prueba de Tukey ensayada a la Biodegradación | 46 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Importancia bioquímica de la actividad metabólica de los macromicetos | 13 |
| 2 | Cuerpo fructífero típico de un hongo macromiceto | 13 |
| 3 | Fotografía ilustrativa de un espécimen de de <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq | 14 |
| 4 | Distribución espacial de los tratamientos | 29 |
| 5 | Resultados de la prueba de Tukey ensayada al número de carpóforos | 34 |
| 6 | Resultados de la prueba de Tukey ensayada a la eficiencia biológica | 37 |
| 7 | Resultados de la prueba de Tukey ensayada a la biodegradación | 39 |

Producción de Pleurotus ostreatus ECS 0110 utilizando como sustratos los mantillos de Quercus acatenangensis (Encino); Enterolobium cyclocarpum (Conacaste); y Liquidambar styraciflua (Liquidambar)

Production of Pleurotus ostreatus ECS 0110 utilizing as substrates the litters of Quercus acatenangensis (Encino); Enterolobium cyclocarpum (Conacaste); and Liquidambar styraciflua (Liquidambar)

RESUMEN

El hongo ostra, Pleurotus ostreatus, al igual que otros hongos saprófitos comestibles, es ligno-celulósico; es decir, que crece y fructifica a expensas de la lignina, la celulosa y otros componentes de la madera, razón por la cual en un principio se considero ideal para ser producido y cultivado en los sustratos de los mantillos de Quercus acatenangensis (Encino); Enterolobium cyclocarpum (Conacaste); y Liquidambar styraciflua (Liquidambar). Con el fin de obtener y descubrir sustratos alternos a la pulpa de café, y en cierta forma contribuir a la disminución, aunque de una forma mínima, del acumulo de materiales altamente combustibles del bosque.

Luego de realizada la investigación, se puede concluir que solo el mantillo de Quercus acatenangensis (Encino), permite el crecimiento de Pleurotus ostreatus, pero su producción no es rentable (ya que se obtiene una perdida de 16 centavos por cada quetzal que se invierta), aunque sí útil en la producción artesanal de autoconsumo. También se puede concluir que el sustrato compuesto por la pulpa de café (Coffea arabica), sigue siendo el mejor sustrato para el cultivo y producción de Pleurotus ostreatus, debido a que se obtuvo, una relación beneficio/costo de 2.19, resultado de la producción de 113 carpóforos, que presentaron un peso total de 668.6 g producidos por 400 g de pulpa de Café (Coffea arabica) procesada.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más graves que afectan los bosques es la ocurrencia de los incendios, debido a que parte del follaje, de manera natural o por prácticas silvícolas, se acumula en el piso forestal, convirtiéndose en la época seca en un material sumamente inflamable, denominado "mantillo", el cual está compuesto por hojarasca, ramas, frutos, flores, corteza y semillas.

El mantillo puede ser retirado del piso forestal por medio de las prácticas silvícolas de prevención de incendios forestales, tales como la elaboración de rondas cortafuego, las peligrosas quemas prescritas, o bien recolectarse y utilizarse como material para aboneras; sin embargo, debido a su contenido de lignina, la cual permanece en elevadas concentraciones al final del proceso, hace que la actividad sea desincentivada y por tanto, no justifica la inversión realizada.

El hongo ostra, ***Pleurotus ostreatus***, al igual que algunos otros hongos saprofitos comestibles, es lignocelulósico, es decir, que crece y fructifica a expensas de la lignina, celulosa y otros compuestos presentes en este material, razón por la cual se creyó que al inocular el micelio de este hongo, permitiría degradar de una mejor manera el mantillo, produciendo a su vez un alimento vegetal de reconocida calidad nutricional, haciendo más rentable la inversión de recolectar y procesar los mantillos de ***Quercus acatenangensis*** (Encino); ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar). Sin embargo, sólo se pudieron tener resultados positivos, con relación a poder producir al hongo mencionado en el primero de estos mantillos; teniendo valores bajos en producción, peso y cantidad de carpóforos; variables que son superadas o incrementadas al ser ensayadas en la pulpa de Café (***Coffea arabica***).

Aunque la cantidad de lignina y celulosa presentes en los mantillos es mayor que en otros sustratos, parece ser que su biodisponibilidad no es adecuada si el material no ha tenido un lapso mínimo prudencial de degradación de un año, tiempo en el cual, pudieran modificarse químicamente, desapareciendo sustancias inhibitorias, y ser de ésta manera, accesibles al ataque micelial de ***Pleurotus ostreatus***. Lo anteriormente indicado parece explicar por que la producción

de este hongo comestible, cultivado en trozos de troncos de encino, roble, abeto y pinos; requiere del paso de un año después de haber sido inoculado, para obtener cosechas (24).

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La acumulación del mantillo en el piso forestal adiciona ciertos problemas en el bosque, ya que provee a plagas y enfermedades de un sustrato alternativo, que permite el desarrollo de estos en las fases larvaria o inmaduras, en el caso de los insectos y otros artrópodos y como un medio de propagación de fitopatógenos, tales como hongos, bacterias, virus, nematodos, etc (3). Además de ser un banco gigantesco de semillas de malezas, esporas de hongos y otras estructuras especializadas de propagación (3, 25).

Cabe mencionar que además de la desventaja anterior, el mantillo es en un gran alto porcentaje (por no decir totalmente) material combustible, el cual proporciona un medio de origen y propagación de incendios forestales; por lo que dentro de las prácticas silvícolas, se han desarrollado diversas actividades de prevención y mitigación de incendios, las cuales contribuyen a la eliminación o disminución de la disponibilidad del mantillo y de esta manera evitar que se extienda el fuego y cause mayores daños en lo referente a lo ambiental y en lo económico (26).

Dado que el bosque produce a largo plazo (20 a 30 años, para el caso de Guatemala), el empresario forestal siempre busca alternativas de uso para obtener capital a corto plazo, mientras se llega el período de tala (26), que es cuando se obtienen las ganancias; últimamente se han estado utilizando el mantillo para la elaboración de aboneras tipo aéreas o subterráneas, pero los resultados hasta ahora obtenidos no son muy alentadores, debido a los contenidos de lignina y celulosas (20); aunque si satisfactorios, ya que aumenta el nivel de humedad en el piso forestal, la disponibilidad del sustrato y la disminución de la erosión (3).

Al producir ***Pleurotus ostreatus***, se obtiene un alimento vegetal de una buena calidad nutricional, que bien puede ser usado para el consumo interno de la finca, o bien como fuente de capital alterna, al introducirlo en el mercado nacional o internacional (según la cantidad y calidad obtenida); aunado a eso, también se genera un material orgánico deslignificado y degradado en un alto porcentaje después de haber sido usado como sustrato de este hongo, este material puede ser suministrado al suelo en forma directa o utilizarlo como sustrato para la producción de abonos más

degradados (como el lombricompost, el compost y otros), que puede ser mejor aprovechado por las plantas (4).

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Generalidades sobre el efecto de los incendios en el bosque

El bosque está integrado en su mayor parte por materiales combustibles: matorrales, arbustos, humus, tocones y lo que denominamos mantillo, por lo que su existencia está permanentemente amenazada por el fuego. De hecho, los incendios forestales son un fenómeno de origen tan remoto, que cabe razonablemente admitir, sea anterior al hombre, puesto que si aun hoy que las extensiones boscosas han quedado tan alarmantemente reducidas, las estadísticas señalan incendios debidos a causas naturales (rayos y volcanes), el suceso habría de ser forzosamente más frecuente cuando la cubierta vegetal ocupaba de modo continuo la superficie terrestre. En todo caso las imprudencias y la ambición humana a lo largo de la historia han dejado sobradas pruebas del empleo del fuego como herramienta para colonizar terrenos, ampliar zonas agrícolas, tácticas de guerra y hasta como fuerza de presión en el desalojo de terrenos. El uso y el abuso que de él ha hecho y ha influido considerablemente en la actual distribución, composición y estado de los bosques (26).

El paso del fuego, coloca a las plantas en situaciones extremas, tanto que sólo sobreviven al suceso aquellos individuos que cuentan con mecanismos de defensa más perfectos y sólo cuando se trata de incendios de baja intensidad y que avanzan con rapidez. Al alimentarse el fuego en un bosque, produce efectos caloríficos que alcanzan a la flora y fauna del entorno, originando productos minerales residuales, propiciando una serie de cambios físicos, químicos y biológicos. El calor radiante, que incide sobre los tallos de las plantas, según su intensidad y el tiempo de acción, produce lesiones en los tejidos vegetales y en los peores casos causa hasta la muerte de los mismos (26).

La resistencia del árbol depende de sus propios mecanismos de defensa (capa cortical, altura de la ramificación, etc.), de otras circunstancias (temperatura inicial de la vegetación, inflamabilidad de las hojas, faja de materia orgánica circundante, etc.) y de factores ambientales (temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, índices de precipitación pluvial, etc.). Al ser

menor el grosor de la corteza en las raíces y la humedad de los materiales acumulados en el suelo, el efecto del calor es difícilmente contrarrestado, por lo que resultan afectados particularmente los ejemplares pertenecientes a especies con raíces superficiales. De igual manera, las cepas sufren alteraciones que pueden ser fatales, salvo que la naturaleza, porosidad y contenido de agua de los horizontes superiores del terreno originen el aislamiento (26).

Por otro lado, al ser consumido el material leñoso, reduce el volumen útil de madera aprovechable y los subproductos y productos que podrían haberse obtenido a partir del mismo se reducen disminuyendo considerablemente las ganancias. Además que los efectos van a repercutir en la estructura y desarrollo del bosque en su totalidad, suponiendo una pérdida del crecimiento de los árboles, una probable modificación del sotobosque, ocasionando una restauración lenta, el trastorno de los planes de ordenación forestal, el empobrecimiento de la capa vegetal inferior, la degradación de las condiciones de germinación natural, la eliminación total de las plántulas y el deterioro del ecosistema, propiciando la aparición de plagas y enfermedades (26).

La destrucción de la cubierta vegetal supone asimismo cambios trascendentes en el microclima que antes generaba, disminuyendo la capacidad del bosque a mediar las temperaturas, impidiendo la moderación de la insolación de la irradiación térmica y de la absorción fónica, su influencia en la velocidad del viento, así como la manutención de la humedad relativa. Impidiendo con esto una mayor tasa de infiltración y promoviendo que los residuos orgánicos tarden mas en descomponerse y se reconstruya así el suelo (26).

Los efectos de los incendios en los suelos se traducen en una sensible pérdida de la humedad, ocasionado por la destrucción del mantillo, que a su vez modifica la estructura coloidal de este y la compactación de las tierras; modifica además, la capacidad de los suelos para retener el agua y su composición mineralógica, así como facilitar una erosión sin barreras (26).

3.1.2 Generalidades sobre la producción del mantillo

El mantillo, está principalmente compuesto en un 80 por ciento de hojarasca, un 10 por ciento de ramas y tallos, y el restante 10 por ciento lo componen una diversa cantidad de estructuras como frutos, flores, corteza y estructuras de protección de yemas (3).

A todo esto, hay que agregar la cantidad de excretas arrojadas por los animales que en esos hábitats conviven y la perturbación ocasionada por la presencia del hombre; factores que intervienen en la cantidad y la degradación del mismo, pudiendo ser causa importante en la incorporación de la materia orgánica al suelo (3).

La senescencia de las hojas es un proceso normal en la mayoría de las especies vegetales, que se acentúa aún más en las especies de hoja ancha, en donde el proceso se repite en una fecha determinada y en un tiempo mas o menos constante, por periodos anuales o bianuales, según la especie. Por lo general, en las áreas geográficas que no cuentan con un período de otoño definido, las especies caducifolias, eliminan gran parte de su follaje en períodos de tiempo mas o menos constantes, de diferentes duraciones en tiempo; aunque presentan en otros períodos del año este mismo proceso sus niveles son muy reducidos (3).

Con frecuencia, la producción de restos vegetales en un bosque estable, es sorprendentemente constante; se han encontrado en bosques de climas templados valores desde 2.8 hasta 3.2 toneladas métricas/ha/año; en cambio, la caída de ramas o tallos junto con la corteza eran de 0.6 a 0.8 toneladas métricas/ha/año. Aunque hay que hacer notar, que estos datos varían según: la especie en estudio, el clima, la precipitación, la fauna, etc. Pero, a todos se les puede enmarcar entre las 0.5, toneladas métricas/ha/año en bosques árticos y alpinos, y las 8.5 toneladas métricas/ha/año en bosques tropicales como los del Congo (3).

3.1.3 Generalidades sobre las Especies Forestales

3.1.3.1 Encino, *Quercus acatenangensis* L.

El encino es una especie que pertenece a la familia *Fagaceae*, que también se conoce como Roble. Es un árbol grande de unos 35 m de altura y alcanza hasta un metro de diámetro o más. La corteza es lisa de color blanco grisáceo. La copa es densa y redondeada, las hojas son simples, alternas, dentadas. Los frutos son bellotas grandes, solitarias, cilíndricas o globosas, siendo la cáscara dura y gruesa. Crece en bosques húmedos o muy húmedos, entre los 900 a 2000 msnm; en general es muy común. Se encuentra naturalmente desde el sur de México, Guatemala, El Salvador y Honduras (30).

El genero Quercus, esta ampliamente distribuido en Guatemala, por lo que es fácil observar a alguna de sus especies en cualquier parte; pero especificando la mayoría de esta están circunscritas en una faja ancha que atraviesa el país de este a oeste, desde El Salvador hasta Chiapas, en la región conocida como meseta central y altiplano; correspondiendo a la zona de vida del Bosque húmedo Subtropical Cálido, Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, Bosque Húmedo Subtropical Templado, ocupando un área aproximada de 53,144 km², que corresponden al 48.8 por ciento de la totalidad del país (31).

El mantillo de esta especie está compuesto por un 90 por ciento de hojas y el resto son semillas, frutos, ramillas, etc. presentado una sensación de acolchonamiento del piso forestal y albergando una rica fauna dentro del mismo (el autor).

En cuanto a su madera, si existe una diferencia clara entre su albura y duramen, cuando está seca. El duramen es café y la albura es de color amarillo cremoso. No presenta ni olor, ni sabor característico. El hilo es recto a entrecruzado, su textura es mediana y tiene bajo brillo con un vetado pronunciado (2).

La madera de encino presenta entre sus propiedades físicas, una gravedad específica de 0.87 a 1.06 g/cc (extremadamente pesada); una contracción tangencial total¹ del 17.84 por ciento, y una contracción radial total² de 6.48 por ciento; la relación contracción tangencial/radial³ es de 2.02 y su relación volumétrica⁴ esta alrededor de los 16.7 a 19.5 por ciento. El punto de saturación⁵ de la fibra es de 46.5 por ciento, de humedad. Al medir sus propiedades mecánicas tiene un esfuerzo al límite proporcional⁶ de 985 kg/cm², un esfuerzo máximo⁷ de 314 kg/cm², y un módulo

¹ Resistencia de una pieza de madera, ante el esfuerzo que realiza al desecarse en forma tangencial hasta alcanzar un contenido de humedad menor o igual al 8 por ciento

² Resistencia de una pieza de madera, ante el esfuerzo que realiza al desecarse en forma radial hasta alcanzar un contenido de humedad menor o igual al 8 por ciento

³ Relación entre la contracción tangencial total y la contracción radial total; mostrándonos el rango de contracción que se produce en la madera ante el proceso de secado.

⁴ Se refiere a la relación existente al volumen perdido al final del secamiento.

⁵ Es la máxima cantidad de humedad que puede contener la fibra de la madera, sin que se produzca su pudrición.

⁶ Es el máximo peso que puede soportar una pieza de madera sin destruirse, teniendo contacto permanente con una superficie lisa y horizontal en todo lo largo de su extensión

⁷ Se refiere al peso máximo que puede soportar una pieza de madera teniendo sus puntos de apoyo en sus extremos

de elasticidad⁸ de 208×10^3 kg/cm². Su esfuerzo lateral ⁹soporta 1,113 kg y en los extremos¹⁰ es de 1,147 kg (2).

La madera es difícil de trabajar con maquinaria para carpintería, principalmente por su alta densidad. Las superficies tangenciales pueden producir un acabado liso, en cambio, las caras radiales presentan una tendencia a rajarse. El engomado es satisfactorio si la madera está seca (2). La utilización de esta madera en Guatemala, es muy variada aunque se usa principalmente como: la leña, madera para construcción, durmientes, postes y ebanistería (31).

3.1.3.2 Conacaste, *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb

También conocido con el nombre de Guanacaste, esta especie pertenece a la familia *Mimosaceae*. Es un árbol grande de hasta 30 m de altura y hasta de un metro de diámetro o más. La copa es grande y su corteza es grisácea con muchas lentícelas; sus hojas son bipinadas, flores blancas y frutos café oscuro en forma de orejas. Esta especie crece por debajo de los 1000 msnm tanto en bosque húmedo como en bosque seco (30).

Se encuentra naturalmente desde el sur de México, Belice, Centro América, norte de Sur América y en las Antillas, en Jamaica y Cuba (30). Para el caso específico de Guatemala, podemos encontrar a esta especie forestal ampliamente distribuida, aunque conformando manchones reducidos (rodales para sombra de ganado); geográficamente se encuentra en el área oriental, en la costa sur y en la franja transversal del norte; ocupando las zonas de vida del Monte Espinoso Subtropical, Bosque Seco Subtropical y el Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido, según Thornwhite; teniendo un área espacial de 46,509 km², que corresponde al 42.71 por ciento del territorio nacional (31).

El mantillo que produce un rodal de conacaste, es esencialmente orejas de conacaste; es decir, los frutos de este, correspondiéndole un 85 por ciento, mientras que el resto lo componen las hojas y ramillas que ocasionalmente caen. Al caminar sobre el mantillo puede ocasionar resbalones

⁸ Capacidad de doblar una pieza de madera en formas circulares u ovoides, pudiendo recuperar su forma inicial

⁹ Peso máximo que puede soportar sobre sus laterales, estando sobre una superficie lisa y horizontal

¹⁰ Peso máximo que puede soportar sobre sus extremos, estando sobre un solo punto de apoyo en el centro de la misma

o bien mucho ruido, difiriendo la época, en el área de oriente, se utiliza como complemento alimenticio del ganado (el autor).

Con lo que respecta a la madera, si se puede diferenciar entre el duramen y la albura; el duramen es café, algunas veces con rayas o líneas más oscuras; la albura es blanca amarillenta; sin presentar olor ni sabor característico; el hilo de la madera va de inclinado a entrecruzado, presentando una textura gruesa, con brillo mediano y veteado pronunciado (2).

Entre sus propiedades físicas reportadas están: una gravedad específica de 0.35 g/cm^3 (liviana) su contracción radial total es del 2 por ciento, siendo la contracción tangencial total del 5.2 por ciento; en cuanto a su relación contracción tangencial/radial presenta un valor de 2.6, y su contracción volumétrica total es de 7.2 por ciento (2).

En lo que respecta a las propiedades mecánicas: el esfuerzo máximo es de 371.78 kg/cm^2 , con un módulo de elasticidad de 39.6 kg/cm^2 . Soporta esfuerzos laterales de 159 kg y en los extremos de 172 kg (2).

Es fácil de trabajar con herramientas manuales y con máquinas; adquiere buen acabado. Ocasionalmente las zonas de madera de tensión producen rasgamiento y grano mechudo. El polvo de aserrín causa alergia nasal y es tóxico para los peces. Es moderadamente resistente al biodeterioro y al ataque de termitas de madera seca (2). En Guatemala se usa principalmente en la ebanistería y en la construcción (31).

3.1.3.3 Liquidambar, *Liquidambar styraciflua* L.

Se conoce también con los nombres de Liquidambo y Bálsamo Blanco; pertenece a la familia *Hamamelidaceae*. Es un árbol de mediano a grande de hasta 50 m de altura, con diámetros de hasta 1.5 m. Ocasionalmente presenta gambas o contrafuertes en la base del tronco. El fuste es recto cilíndrico; la copa es triangular, semidensa y alta. La corteza es de color gris, profundamente fisurada en árboles mayores; las hojas son de color verde tierno cuando son jóvenes y rojizas al caer, de forma palmeada y borde aserrado. Crece en elevaciones medias a altas hasta los 1,900 msnm, asociado con *Pinus* y *Quercus*, tanto en faldas de laderas como en planicies de montañas (30).

Se encuentra naturalmente desde el sudeste de los Estados Unidos, pasando por México y Centro América hasta Nicaragua (30). En Guatemala ocupa un área mas o menos reducida, siendo en las partes altas de la Sierra Madre y Chuacús y alrededores de Coban, en las zonas de vida del Bosque Muy Húmedo Subtropical Frío y el Bosque Pluvial Montano Bajo; ocupa un área aproximada de 3,304 km², que corresponden al 2.94 por ciento de la república de Guatemala (31).

La madera es de color blanco rosáceo a castaño rojizo, la albura es ligeramente más pálida que el duramen. No presenta ni olor, ni sabor característico, el hilo es recto a irregular, textura fina, brillo de bajo a mediano con un vetado suave (2).

Tiene una gravedad específica de 0.48 g/cm³ (moderadamente pesada). Tiene una relación contracción tangencial/radial alta, lo que implica que es de variabilidad dimensional, con problemas para el secado. Su madera es de mediana resistencia al choque y dura (2).

Es moderadamente fácil de aserrar, requiriendo cuidado para lograr un buen acabado. Es fácil de taladrar y tornear y difícil de escoplear. Por lo cual requiere de mucho cuidado para evitar defectos. Es resistente a la extracción de clavos y tornillos. Es fácil de doblar y su descortezado se realiza preferentemente con sistemas de rotación. Teniendo un acabado fino (2). En las áreas aledañas a las cumbres de ambas sierras guatemaltecas, se utiliza en postes y tendales (31).

3.1.4 Generalidades sobre los hongos

Son organismos que forman un grupo diferente de los reinos vegetal o animal, son eucariotes, heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila (1). Según Piatkin y Krivoshein (25), abarcan más de mil especies reunidas en 20 clases; entre estos se distinguen los hongos sin pared celular Myxomicota y los hongos verdaderos o Eumycota (8). Su forma de reproducción puede ser asexual o sexual. Con base a su tamaño y forma de crecimiento se distinguen los hongos microscópicos y los hongos macroscópicos. Dentro de estos últimos están considerados los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc (8).

En función de su forma de nutrición, los hongos se dividen en tres grandes grupos (13): los saprofitos, que se alimentan de la materia orgánica muerta, los parásitos, que se alimentan de

materia orgánica viva, y los simbiontes (micorrizicos), que subsisten sólo en relación de mutua ayuda con otros organismos (4).

Para el presente trabajo, son los primeros los que interesan, ya que estos se nutren a través de su pared celular y tienen la capacidad de producir enzimas para degradar las moléculas de gran tamaño, como la celulosa, la lignina y la hemicelulosa, que no pueden ser absorbidas hacia el interior de la célula. La figura 1 ilustra el proceso de degradación de las macromoléculas presentes en la madera(4).

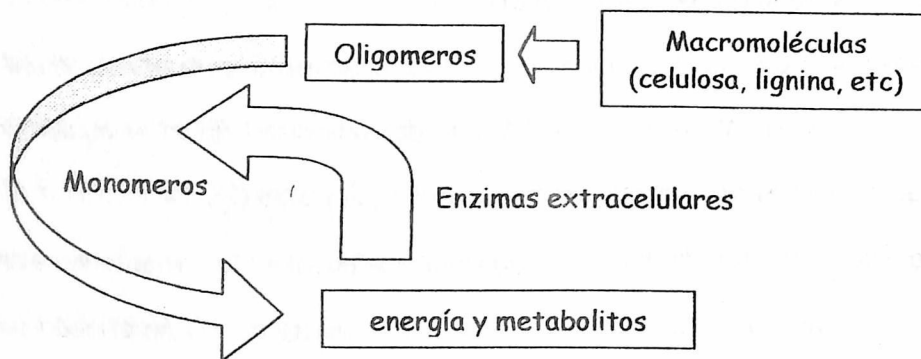


Figura 1 Importancia bioquímica de la actividad metabólica de los macromicetos.

3.1.4.1 Generalidades sobre los Macromicetos

Los hongos macroscópicos o macromicetos tienen la misma forma de crecimiento vegetativo en forma de hifas y micelio que los hongos microscópicos, sin embargo tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero visible, aéreo (carpóforo), que es propiamente lo que identifican como "hongo". El cuerpo fructífero se compone de las siguientes partes (13): micelio primario, micelio secundario, pileo o sombrero, contexto o carne, estípite o tallo, el himenio y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales (ver figura 2).



Figura 2. Cuerpo fructífero típico de un hongo macromiceto

La lignina, celulosa y otras macromoléculas normalmente presentes en las formas vegetales y sus deshechos, tienen una estructura química compleja que les permite permanecer a la intemperie por largos períodos de tiempo sin ser degradados o sufrir mayores transformaciones (4).

De allí, la importancia de los macromicetos, ya que pueden revalorizar un deshecho orgánico. A fin de cuentas, el fenómeno bioquímico de degradación se traduce en que las células de los macromicetos al crecer y desarrollarse sobre sustratos que contienen esas macromoléculas producen proteínas, enzimas, etc., para satisfacer su propia necesidad de crecimiento y supervivencia. Estos compuestos de manufactura biológica y de alto valor pueden ser aprovechados posteriormente para distintos fines (4).

3.1.4.1.1 Descripción de *Pleurotus ostreatus* Jacq.

Pleurotus ostreatus es conocido vulgarmente con el nombre de oreja de coche, hongo ostra (en México), orejón, orejuela u orejeta (en España), es un *basidiomiceto* de la familia *Agaricaceae*, con carpóforo o cuerpo de fructificación en forma clásica de seta. De consistencia carnosa, su pie es rudimentario y excéntrico, limitándose a la zona de inserción en la madera donde se desarrolla. Las láminas bajo el sombrero son muy carnosas, anchas, espaciadas, desiguales y de color que varían desde blanco neto hasta el blanco marfil y café grisáceo, (ver figura 3) (24).

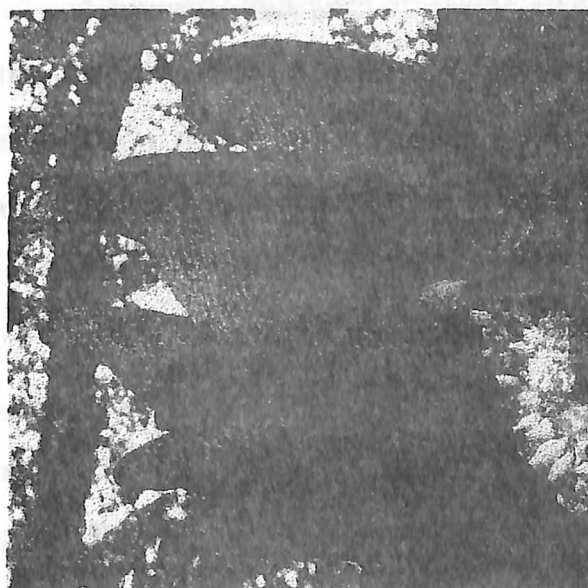


Figura 3. fotografía ilustrativa de un espécimen de *Pleurotus ostreatus*

Su sombrero es convexo o casi plano en forma generalmente de ostra o abanico, con un diámetro aproximado de 6 a 15 cm (4). La superficie del sombrero es suave, lisa y de color variable; marrón acharolado oscuro de joven que va palideciendo a medida que crece, hasta llegar a un pardo grisáceo o de colores beige. Su borde se festonea y aplanan cuando deja de crecer. La carne es blanca, gruesa, tierna cuando es joven y con olor y sabor agradable. Es decir, sus propiedades organolépticas son elevadas (24).

Como se pudo apreciar en la fotografía 3, en la naturaleza podemos encontrar a este hongo, creciendo perfectamente en los troncos de especies arbóreas tales como: el encino, roble abeto y hasta en pinos. Por lo que inicialmente fue cultivado en trozos de troncos de las mencionadas especies, presentando el único inconveniente de que el tiempo para la cosecha era largo, ya que se iniciaba la producción comercial luego de pasado un año, por la difícil degradación de la madera, pero con la ventaja de tener un mayor número de cosechas anuales, media vez el micelio hubiese estado extendido por toda la superficie del tronco (24).

Por lo general, se cultivaba en la intemperie en su fase de producción de carpóforos y su fase micelar, se daba bajo la superficie de la tierra, previamente desinfectada; los agujeros eran lo suficientemente grandes para cubrir en su totalidad cada pastel y se distribuían al azar (24).

3.1.4.1.2 Cualidades Nutritivas de *Pleurotus ostreatus* Jacq.

El mayor interés en el valor nutritivo de los hongos es la cantidad y calidad de la proteína. El contenido en proteína en promedio es de 3.5 a 4 por ciento en peso fresco y de 30 a 50 por ciento en peso seco (4). En comparación con el contenido de proteínas de otros alimentos, el de los hongos en términos generales, es más elevada que la mayoría de frutas y vegetales; sin embargo, es inferior al de la carne, pescado, huevos y lácteos (19).

La digestibilidad de la proteína de los hongos es un factor muy importante para determinar su valor dietético. Numerosos estudios en ratas y humanos muestran que entre el 71 y el 90 por ciento de la proteína de los hongos puede ser digerida, mientras que la de la carne puede serlo en un 99 por ciento (4); lo que significa que la proteína presente en los hongos está biodisponible para

los humanos. En el cuadro 1 se muestra un análisis obtenido por cromatografía de gases, a partir de setas desecadas a la intemperie por un mes.

Cuadro 1: Análisis Cromatográfico de setas desecadas de *Pleurotus ostreatus* Jacq.

| REGLÓN | ASPECTO | % |
|--------------------------------|------------------|-------|
| COMPOSICIÓN | HUMEDAD | 8.5 |
| | MATERIA SECA | 91.5 |
| | TOTAL | 100 |
| COMPOSICION DE LA MATERIA SECA | Fibra Bruta | 20.97 |
| | Proteína Bruta | 30.92 |
| | Grasa Bruta | 1.32 |
| | Cenizas | 18.07 |
| | Calcio | 1.82 |
| | Fósforo | 1.20 |
| PESO SECO | Proteína Cruda | 20.5 |
| | Grasa Cruda | 1.9 |
| | Fibra Cruda | 8.1 |
| | Cenizas | 8.0 |
| HUMEDAD | | 82.3 |
| AMINOACIDOS NO SULFURADOS | Lisina | 2.02 |
| | Alanina | 2.62 |
| | Valina | 1.48 |
| | Isoleucina | 1.02 |
| | Glicina | 0.97 |
| | Leucina | 2.48 |
| | Treonina | 1.16 |
| | Prolina | 3.17 |
| | Serina | 1.28 |
| | Acido Aspartico | 2.24 |
| AMINOACIDOS SULFURADOS | Metionina | 0.38 |
| | Acido Glurtamico | 5.92 |
| | Cistina | 0.96 |

Fuente: Orensanz y Navarro 1979 (24); Chang y Miles 1987 (7); Sánchez 1992(4).

3.1.4.1.3 Requerimientos ambientales de *Pleurotus ostreatus* Jacq.

El crecimiento de este hongo está supeditado a ciertos factores como son: la temperatura, la humedad del ambiente, la humedad del sustrato, el pH, la concentración de CO₂/O₂, y la luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores dependen del tipo de desarrollo que se pretende para dicho hongo, si es para crecimiento del micelio o para propiciar la fructificación (4).

El micelio de *Pleurotus ostreatus* crece bien en un amplio rango de temperaturas que van desde arriba de 10°C hasta 40°C como limite superior; sin embargo, la temperatura más adecuada oscila alrededor de los 20°C a 30°C. Es de hacer notar que la observancia de una

temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento obtenido (4).

Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo de un hongo. La falta de humedad ambiental inhibe la fructificación; Chang y Hayes reportaron en 1989 (6) que una humedad que se encuentre entre los 80 y 85 por ciento es una garantía para el adecuado desarrollo de *Pleurotus ostreatus*.

Kaufert en 1935 (17) comprobó que el suministro de la luz era necesario para promover la fructificación de *Pleurotus ostreatus*, requiriendo como todos los hongos luz de longitudes de onda corta (cargadas hacia el espectro azul), que puede ser proporcionada con lámparas fluorescentes, ya que son ricas en luz azul. La intensidad de la luz que se debe de aportar a los hongos debe ser la suficiente para poder leer material impreso, aproximadamente 150 a 200 lux (4).

La concentración de CO₂ es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus*. Una concentración relativamente alta, de 20 a 25 por ciento, es útil para propiciar el crecimiento del micelio. Sin embargo, concentraciones superiores a los 0.6 por ciento inhiben la formación de primordios (18). Debido a esto, cuando se desea producir hongos de manera comercial, es necesario implementar un buen sistema de ventilación en la sala de fructificación, de tal manera que se retire constantemente el CO₂ formado, por la respiración del hongo. Una ventilación deficiente se manifiesta con deformaciones en el cuerpo fructífero. Esto puede ser desde un ligero alargamiento del estípite, la no formación del pileo o ambas cosas (4).

3.1.4.1.4 Plagas y Enfermedades de *Pleurotus ostreatus* Jacq.

Además de las plagas y las enfermedades, pueden presentarse problemas por contaminación; las cuales son, el resultado de una mala pasteurización o de deficiencias en el manejo o en la siembra del material en proceso. Durante la incubación son muy frecuentes las contaminaciones, que pueden deberse a diferencias en la limpieza de los locales de incubación o a orificios por donde puede entrar el aire y sus microbios, los insectos y otros animales (4).

Las contaminaciones disminuyen notablemente si los cuartos de incubación, siembra y fructificación son lavados, limpiados y desinfectado con alcohol, cloro u otro. Para ello es necesario crear un programa de limpieza (4).

En el caso de los insectos, la mejor manera es evitarla, aislando las salas de incubación y fructificación. Sin embargo, para el caso de la sala de fructificación, esto es más difícil porque el hongo requiere de ventilación abundante, lo que hace complicado mantener el área libre de insectos, roedores y otros animales (4).

La problemática se acentúa cuando los hongos están a la intemperie, ya que se pueden observar hasta pájaros y el número de insectos aumenta. Es necesario recordar que entre más pasteles en fructificación se tengan mayor será el número de insectos y animales que se presente (4).

Entre las plagas que presenta el cultivo de ***Pleurotus***, están los caracoles y babosas, cochinillas de la humedad, varios lepidópteros (en sus fases larvarias), diversos dípteros (24).

Para el caso de las enfermedades, el problema principal lo presenta el efecto de la deficiencia de ventilación, o sean las altas concentraciones de CO₂, las variaciones en la humedad relativa, el exceso o falta de iluminación. Todos los anteriores ejercen efectos adversos a la producción de ***Pleurotus***, por ejemplo, el exceso de CO₂ en la atmósfera que rodea a los hongos produce estípites más largos; la falta de humedad reduce el rendimiento y afecta el desarrollo de los carpóforos deformándolos; la iluminación produce variaciones en la pigmentación de los carpóforos; a la vez, la excesiva humedad hace que los cuerpos fructíferos presenten un aspecto blando, aguado y amarillento (4).

3.1.5 Generalidades sobre la Producción de Pleurotus

El cultivo de *Pleurotus* con fines comerciales, requiere de un proceso relativamente sencillo, con una tecnología no sofisticada, que involucra el mantenimiento de las condiciones climáticas favorables para el desarrollo del hongo. La humedad, la ventilación la temperatura y el pH del sustrato, son los factores primordiales que se deben vigilar para optimizar la producción. Los materiales que se recomiendan para crecimiento del hongo son variados. Se señalan como muy

propicios la pulpa del café, la mazorca del cacao, entre otros. La problemática derivada del cultivo intensivo del hongo se restringe básicamente a la presencia de insectos y a las contaminaciones. El descuido en las condiciones de cultivo propicia la aparición de deformaciones en el crecimiento (4).

Según Sánchez la producción de los hongos se produce en cuatro etapas fundamentales, que son: preparación del inóculo, preparación del sustrato, siembra e Incubación y fructificación.

3.1.5.1 Preparación del Inóculo

Esta fase se desarrolla a nivel de laboratorio bajo una serie de cuidados. Se refiere a la siembra y propagación del micelio del hongo a partir de un tubo inclinado que contenga la cepa original en buenas condiciones fisiológicas. La otra opción es a partir del micelio en el contexto del carpóforo fresco. La siembra se hace en una caja Petri, ya sea en agar extracto malta, agar papa dextrosa, agar de Sabouraud, etc. Se incuba en oscuridad a 28°C durante 8 días aproximadamente. Pasado éste período, el hongo se resiembra en un sustrato intermedio (granos de maíz, sorgo, arroz, etc.) en cantidad suficiente para que una vez desarrollado su micelio, la mezcla grano hongo se utiliza como semilla en la siembra del sustrato definitivo. Se busca en éste caso la fructificación rápida y económica que optimice la fructificación (16).

3.1.5.1.1 Preparación del Primario

El grano elegido para el sustrato intermedio se limpia, se rehidrata en agua limpia (durante 15 horas para el caso del sorgo, o 24 para el maíz), se deja después escurrir para eliminar el exceso de agua, se pesa en porciones de 200 gramos y se mete dentro de bolsas de polipapel (28). Posteriormente se esteriliza a 121°C durante 30 minutos, se deja enfriar para luego inocularlo en condiciones de asepsia rigurosa con micelio proveniente de un centímetro cuadrado de hongo, que se ha cultivado previamente en caja Petri. Una vez inoculada, cada porción de 200 gramos debidamente embolsada se incuba durante 10 a 15 días a 28°C en oscuridad. A cada porción se le denomina "Primario" (4).

El sorgo es un grano que crece muy bien en climas cálidos, por lo que es barato y es fácil de conseguir, inclusive es fácil de cultivar. Pleurotus crece muy bien en él, su tamaño es pequeño,

por lo que facilita la diseminación del inóculo. De preferencia se debe utilizar el sorgo forrajero por su bajo costo (4).

3.1.5.1.2 Preparación de Secundarios

Del primero, se debe de tomar de 8 a 10 porciones de grano para ser resembrados en el mismo número de bolsas que contengan el sustrato intermedio estéril. Esta nueva porción, se incuba bajo las mismas condiciones que los primarios. Una vez crecido el hongo, a estos segundos paquetes les llamamos "Secundarios". Tiene las ventajas de: abaratar costos, debido al ahorro en agar y otros medios sintéticos; una propagación más rápida por ya estar adaptado al grano; y un mayor número de inoculaciones (4).

Antiguamente se empleaban frascos de vidrio para tal efecto, pero esa metodología, ha sido reemplazada exitosamente con bolsas de polipapel (28), las que con ciertos cuidados, soportan muy bien las condiciones de esterilización y los riesgos y problemas de manipulación y volumen que presentaban los frascos de vidrio (4).

3.1.5.2 Preparación del Sustrato

Esta parte comprende la fermentación (en el caso de la pulpa de café, del bagazo de caña, etc.) el secado y la fracturación o quiebra (en el caso de la cáscara de cacao u olote de maíz), la hidratación y escurrimiento, la pasteurización y finalmente el enfriamiento y (si se trata de una mezcla) el mezclado de los materiales que servirán como soporte para el crecimiento y fructificación del hongo (4).

La pulpa de café ha sido reportada como uno de los sustratos más apropiados para la producción de *Pleurotus* (9, 14, 15, 16, 20, 21, 22, 27 y 28). Puede ser utilizada en fresco; sin embargo se recomienda fermentarla durante 5 días, lo cual se hace apilándola en montones de aproximadamente 1 metro de diámetro por unos 50 a 60 cm de altura. Se tapa el montón así preparado con plástico o costales de ixtle y debe voltearse diariamente. Con la pulpa fermentada se ha alcanzado rendimientos biológicos bastante elevados. La pulpa puede ser deshidratada al sol inmediatamente después de sacarla del pulpero (hasta un 8 por ciento de humedad). Así se puede conservar hasta por 2 años (4).

Para usar la pulpa que se ha secado, se sumerge durante una hora para rehidratarla y se pasteuriza después durante 40 minutos a 85°C. La pulpa fermentada se pone directamente a pasteurizar sin remojar (4).

3.1.5.3 Siembra e Incubación

Esta se refiere al momento de inocular el sustrato con el hongo y al período de espera o reposo que se debe dar al sustrato inoculado para permitir el adecuado desarrollo del micelio. La siembra se realiza agregando y distribuyendo en capas alternas los 200 gramos de un secundario en 4 a 7 Kg de sustrato. El sustrato debe de estar debidamente pasteurizado y enfriado a temperatura ambiente. La mezcla sustrato-secundario se acomoda dentro de una bolsa de polietileno (se recomiendan tamaños de 40X60, 50X60, 40X50 y 50X70 cm). Al terminar la siembra, la bolsa se cierra por medio de un nudo teniendo cuidado de eliminar el aire interior. (4).

El enfriado del sustrato y la siembra se realizan con estricto cuidado y asepsia para evitar las contaminaciones. La incubación de las bolsas ya inoculadas se realizan en un local especial para tal fin; la sala de incubación donde se colocan los pasteles a 28°C durante 10 a 15 días, según el sustrato. Durante la incubación, dos días después de haber efectuado la siembra, se hacen unas 80 perforaciones perfectamente distribuidas (con una aguja o navaja estéril sobre toda la superficie de la bolsa de polietileno que se ha sembrado. Esto es para permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo (4).

3.1.5.4 Fructificación

Después de la incubación, cuando ya ha crecido bien el micelio y ha formado una superficie blanco algodonosa que cubre totalmente el sustrato, es el momento de eliminar la bolsa de polietileno y pasar la masa hongó-sustrato formada a la sala de fructificación (4).

La sala de fructificación debe ser un área amplia, dedicada exclusivamente a la fructificación del hongo. Ahí se deben mantener condiciones bien controladas de humedad, tanto del sustrato como del aire, de ventilación, de temperatura, así como de iluminación. Para el caso de *Pleurotus ostreatus* se requieren de las condiciones presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Condiciones ideales para el desarrollo de *Pleurotus ostreatus* Jacq

| | |
|----------------------|--|
| Humedad del Sustrato | 50% |
| PH del Sustrato | 6.5 a 7.0 |
| Humedad Relativa | 85 a 90% |
| Temperatura | 26 a 28°C |
| Luz | Suficiente para leer |
| Ventilación | 4 a 6 veces el volumen de la sala por hora |

Fuente: Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste 1993 (4).

La ventilación tiene como objetivo eliminar el CO₂ generado por la respiración del hongo y renovarlo por aire puro (6 y 7). Una ventilación insuficiente propicia la acumulación de CO₂ y el exceso de ventilación promueve el desecamiento del sustrato. Una acumulación aun muy baja de CO₂ puede inhibir el desarrollo de los cuerpos fructíferos o propiciar el crecimiento deforme de estos. Se recomienda mantener una ventilación en el cuarto de fructificación, de tal manera que el volumen del aire en dicho cuarto sea renovado de 4 a 6 veces cada hora. Este dato permite calcular la capacidad del extractor a usar (4).

Otro aspecto importante es el riego. Generalmente, aunque solo sea en algunas horas del día, es necesario aplicar riegos en el cuarto de fructificación para aumentar la humedad y evitar el desecamiento del sustrato. Los riegos deben de hacerse de preferencia de pulverización al ambiente. También se puede efectuar riegos directos hacia el sustrato, sin embargo el chorro debe ser suave para no dañar los cuerpos fructíferos. Es siempre recomendable guiarse por un higrómetro o por higrotermógrafo para saber cuando es necesario regar. Una humedad inferior al 80 por ciento será negativa para la formación de los carpóforos (4).

Dos días después de haber llevado los pasteles a la sala de fructificación y de haber eliminado la bolsa de polietileno, empiezan a aparecer los primordios, es decir, los primeros cuerpos fructíferos. Cuatro días después, los primordios se han desarrollado bien, cubren la totalidad de la superficie del pastel y estarán en madurez comercial, listos para ser cosechados (4).

Para cosechar se debe de esperar que los carpóforos alcancen el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del pileo comience a enrizarse hacia arriba. la cosecha se hace cortando el estípote con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato (4).

3.1.6 Generalidades sobre el Análisis Económico Financiero

3.1.6.1 Relación beneficios- costos

Esta es la relación que se obtiene cuando el valor actual de la corriente de beneficios se divide por el valor actual de la corriente de costos. Puede variar, de acuerdo a la tasa de interés elegida. Cuanto más elevada sea dicha tasa menor será la relación beneficios-costos resultantes y, si se elige lo bastante elevada, se forzará a descender a menos de uno la relación beneficios-costos (10).

El criterio formal de selección para la medida de la relación beneficios-costos del valor del proyecto es aceptar todos los proyectos independientes con una relación beneficios-costos de uno o mayor, cuando las corrientes de costos y beneficios se actualizan al costo de del capital (10).

Un aspecto conveniente del uso de este indicador económico es que se puede utilizar de manera directa para indicar cuánto podrían elevarse los costos sin hacer que el proyecto carezca de atractivo económico. En la práctica, es probablemente más común no computar la relación beneficios-costos, utilizando los costos y beneficios bruto, sino comparar el valor actual del beneficio neto con el valor actual del costo de la inversión mas el costo de operación y mantenimiento. Más específicamente, la relación se computa tomando el valor actual del beneficio bruto menos el costo asociado y comparándola después con el valor actual del costo económico del proyecto. El costo asociado, es el valor de los bienes y servicios además de los incluidos en los costos del proyecto necesarios para hacer que los productos o servicios inmediatos del proyecto estén disponibles para la utilización y venta. El costo económico del proyecto es la suma de los costos de instalación, de operación y mantenimiento, de reemplazo y de los costos inducidos. El costo inducido lo constituyen los efectos desfavorables no compensados ocasionados por la construcción y operación del proyecto (10).

$$\text{Rel. B/C} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

En donde: Rel. B/C es la relación beneficios-costos; Bt son los beneficios obtenidos por la venta de *Pleurotus ostreatus* cada año; Ct son los Costos de Producción cada año; n es el número de años; i es la tasa de interés y t puede ser 1,2...,n.

También, se obtendrá para un mejor análisis de los datos económicos el uso del porcentaje de producción que confronta la eficiencia biológica contra el tiempo de cosecha (10).

$$\%PR = \%EB/t$$

Donde: %PR, es el porcentaje de producción; %EB, es la eficiencia biológica; y t, es el tiempo.

3.1.7 Generalidades sobre los Indicadores Bióticos

3.1.7.1 Eficiencia Biológica

Consiste en la producción de cuerpos fructíferos, es decir, la bioconversión de la energía y biodegradación del sustrato. Se expresa en porcentajes y la fórmula para obtenerla es la siguiente: Es la relación entre la cosecha de hongos frescos y el peso seco del sustrato (9, 23).

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

Donde: EB, es la eficiencia biológica.

3.1.7.2 Biodegradación del Sustrato por una Cepa

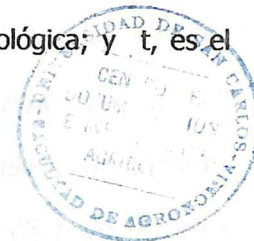
Es el porcentaje de la pérdida de peso del sustrato en base seca. Se expresa de la siguiente manera:

$$Bd = \frac{\text{g de sustrato seco inicial} - \text{g de sustrato seco final}}{\text{g de sustrato seco inicial}} \times 100$$

Donde: Bd, es la biodegradación del Sustrato

De los términos anteriores, el más utilizado es el de la eficiencia biológica, debido a la utilización universal. La EB, depende básicamente del tipo de sustrato a utilizar, en el caso particular de *Pleurotus ostreatus*, la EB esta alrededor del 100 por ciento (9, 23).

La importancia que tiene el obtener el dato de la biodegradación, provee a grandes rasgos y sin requerir de un análisis profundo, una idea general de la facilidad que tendrán las plantas de absorber los nutrientes contenidos en los sustratos, los cuales por su composición lignificada



dificultaban tal labor, después de que fueron usados por estos hongos lignocelulosicos para su desarrollo y fructificación. Eliminando en gran medida esa cantidad de lignina y celulosa de la cual se alimentaron (9 y 23).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización de las áreas de trabajo

La fase de producción del inoculo se realizó en los laboratorios de química de la Subarea de Ciencias Químicas, que se localizan en el salón B-15 interior, del segundo nivel del edificio T-8 de la Facultad de Agronomía de la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, situados en la parte sur de la zona 12 del municipio de Guatemala, y según el INSIVUMEH, se localizan geográficamente en las coordenadas: $14^{\circ}35'11''$ de latitud norte y $90^{\circ}35'58''$ de longitud oeste y a una elevación aproximada de 1502 msnm. Se llega a esta por medio de la ruta departamental 14 en el desvío hacia la Avenida Petapa a unos cuatro kilómetros al sur del Trébol (12).

La fase de producción de carpóforos se efectuó en la casa que se localiza en la 3ra calle 8-13 zona 12, colonia Ciudad Real I, en el municipio de Villa Nueva, y según el IGN, se localiza geográficamente en las coordenadas: $14^{\circ}33'18''$ de latitud norte y $90^{\circ}32'21''$ de longitud oeste y a una elevación aproximada de 1410 msnm. Se llega a esta por medio de la ruta departamental 14 en el desvío. Hacia la Avenida Petapa a unos ocho kilómetros al sur del Trébol (11).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

4.1.1 Producir ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110 utilizando como sustrato los mantillos de ***Quercus acatenangensis*** (Encino), ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar).

4.2 ESPECIFICOS

4.2.1 Determinar la eficiencia biológica de ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110 en cada uno de los sustratos producidos en los mantillos de ***Quercus acatenangensis*** (Encino); ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar).

4.2.2 Determinar la rentabilidad que ofrece producir ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110 en cada uno de los mantillos de ***Quercus acatenangensis*** (Encino), ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar), utilizados como sustratos.

5. HIPOTESIS

- 5.1** La eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* ECS 0110 en los mantillos de *Quercus acatenangensis* (Encino); *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste) y *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar), no será menor del 100 por ciento.
- 5.2** Es rentable producir *Pleurotus ostreatus* ECS 0110 en cada uno de los mantillos de *Quercus acatenangensis* (Encino); *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste) y *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar), utilizados como sustratos.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

Se utilizó para la elaboración del sustrato, los mantillos de las siguientes especies forestales:

- ***Quercus acatenangensis*** (Encino);
- ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y
- ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar).

Además, de la pulpa de café como el testigo. Usando la cepa de ***Pleurotus ostreatus*** ESC 0110, para la siembra.

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la realización del experimento se usó un diseño al completo azar, con cuatro repeticiones.

El modelo a usado fue el siguiente:

$$Y_{i\tau} = \mu + T_i + E_{i\tau}$$

i = fueron los tratamientos formados por: el sustrato compuesto con mantillo de ***Quercus acatenangensis*** (Encino); el sustrato compuesto con mantillo de ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y el sustrato compuesto con mantillo de ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidambar). Teniendo como testigo al sustrato compuesto con mantillo de ***Coffea arabica*** (Café).

τ = son las cuatro repeticiones a ensayar.

En donde:

$Y_{i\tau}$ = variable respuesta de la rentabilidad costos contra ganancias, eficiencia biológica de ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110 en cada uno de los sustratos y la biodegradación de los sustratos a través del cultivo y producción de ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110

μ = efecto de la media general

T_i = efecto del i -ésimo sustrato en la producción de ***Pleurotus ostreatus*** ESC 0110

$E_{i\tau}$ = efecto del error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental

En total, fueron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo compuesta por una bolsa de sustrato conteniendo 100 g de cada uno de los mantillos en forma separada, y el testigo empleado fue el sustrato de pulpa de café.

6.3 TRATAMIENTOS

- A Sustrato compuesto con mantillo de *Quercus acatenangensis* (Encino);
- B Sustrato compuesto con mantillo de *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste) y
- C Sustrato compuesto con mantillo de *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar).
- D Sustrato compuesto con mantillo de *Coffea arabica* (Café).

6.3.1 Distribución de los tratamientos

En la figura 4 se puede apreciar la forma en que se distribuyeron los tratamientos y repeticiones aleatoriamente.

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | A | D | C |
| C | D | B | A |
| A | B | C | C |
| B | D | B | A |

Figura 4. Distribución espacial de los tratamientos

6.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.4.1 Preparación del Inóculo

Esta fase se desarrolló al nivel de laboratorio bajo una serie de cuidados. Se sembró y propago el micelio del hongo a partir de un tubo inclinado que contenía la cepa original en buenas condiciones fisiológicas. Luego se incubó en oscuridad a 28°C durante 8 días. Pasado éste período, el hongo se resembró en un sustrato intermedio, compuesto por porciones de 200 g de sorgo, 15 días después el micelio estaba completamente desarrollado; esta mezcla grano hongo se utilizó como semilla, en dos diferentes ocasiones cada una separada. Primero para originar el secundario y luego en la siembra del sustrato definitivo.

6.4.1.1 Preparación del Primario

El grano de sorgo elegido para el sustrato intermedio se limpió y rehidrató en agua limpia durante 15 horas, se dejó escurrir para eliminar el exceso de agua, y se pesaron porciones de 200 gramos, metiéndolo dentro de bolsas de polipapel. Posteriormente se esterilizó a 121°C durante 30

minutos y luego, se dejó enfriar para inocularlo en condiciones de asepsia rigurosa con micelio que provenía de 1 centímetro cuadrado de hongo, que se había cultivado previamente en una caja de Petri. Una vez inoculada, cada porción de 200 gramos, debidamente embolsada se incubó durante 15 días a 28°C en oscuridad.

6.4.1.2 Preparación de Secundarios

Del primero o primario, se tomó 8 porciones de grano que fueron resembrados en 20 bolsas que contenían el sustrato intermedio estéril (sorgo autoclaveado). Esta nueva porción, se incubó bajo las mismas condiciones que los primarios.

6.4.2 Preparación del Sustrato

Esta parte comprendió la fermentación (en el caso de la pulpa de café), la cual se fermentó durante 5 días, apilándola en montones de aproximadamente 1 metro de diámetro por unos 50 a 60 cm de altura. Luego, se tapó el montón preparado con plástico, volteándola diariamente. La pulpa fermentada se puso directamente a pasteurizar sin remojar. Para el caso de los mantillos recolectados, como ya habían sufrido la degradación natural efectuada por un invierno, sólo se procedió a hidratarlos después de haberlos embolsado en porciones de 100 g (peso seco); posteriormente se autoclavearon (esterilizaron) y enfriaron a temperatura ambiente.

6.4.3 Siembra e Incubación

En ésta parte se inoculó el sustrato con el hongo. La siembra se realizó agregando y distribuyendo en capas alternas, 20 gramos de un secundario en 100. g de cada uno de los sustratos ensayados. La mezcla sustrato-secundario se acomodó dentro de una bolsa de polietileno de 15X20 cm, la cual al terminar la siembra, fue cerrada por medio de un nudo y una banda de masking tape, teniendo el cuidado de eliminar el aire interior. Cada sustrato debió de estar debidamente pasteurizado y enfriado a temperatura ambiente antes de iniciar la siembra. El enfriado del sustrato y la siembra se realizó con estricto cuidado y asepsia para evitar las contaminaciones. La incubación de las bolsas ya inoculadas, se realizó en un local especial para tal fin; la sala de incubación donde se colocaron los pasteles tenía unos 28°C aproximadamente, durando este proceso 15 días, dos días después de haber efectuado la siembra, se hicieron unas 80

perforaciones perfectamente distribuidas, con una aguja estéril sobre toda la superficie de la bolsa de polietileno en que se había sembrado. Esto con el fin de permitir un mejor intercambio gaseoso y un mejor crecimiento del hongo.

6.4.4 Fructificación

Después de la incubación, en el micelio se había formado una superficie blanco algodonosa que cubría totalmente el sustrato, entonces se eliminó la bolsa de polietileno y se pasó la masa hongo-sustrato, a la sala de fructificación. En esta sala, se aseguró una adecuada ventilación y humedad.

Doce (para el caso de la pulpa de café) Hasta veinte (en el caso particular del encino) días después, los primordios se habían desarrollado bien y cubrían en un gran porcentaje la totalidad de la superficie del pastel, teniendo ya madurez comercial (instantes antes de iniciar el enrizamiento del pileo), y estando listos para ser cosechados.

Para la cosecha se espero que los carpóforos alcanzaran el mayor tamaño posible, sin permitir que el borde del pileo comenzara a enrizarse hacia arriba. La cosecha se hizo cortando el estípite con un cuchillo, justo a la base del tallo, en la unión con el sustrato.

6.4.5 Variables de Estudio

- Tiempo en días para obtener cosecha
- Número de carpóforos por sustrato ensayado
- Relación beneficios-costos
- Eficiencia biológica de ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110 en cada uno de los sustratos
- Biodegradación de los sustratos a través del cultivo y producción de ***Pleurotus ostreatus*** ECS 0110

Para lograr la adecuada toma de datos de las variables de estudio, se utilizó una regla graduada en centímetros, balanza, calculadora, lápices, tablas de toma de datos y papel.

6.4.6 Análisis Estadístico

Al final se hizo un análisis de varianza (andeva) y una prueba de Tukey con un grado de exigencia del 1%, con el fin de obtener mayores instrumentos de juicio y valoración, sobre los

diferentes resultados obtenidos. Debido a que no se contó con datos para los sustratos B y C fue necesario ensayar una transformación de las variables, con el fin de no afectar el análisis de varianza (ANDEVA).

6.4.7 Análisis Económico Financiero

Se hizo un análisis de la rentabilidad del cultivo y producción de este hongo, confrontando los valores de las ganancias obtenidas a través de la venta del mismo y los costos que ocasiono su cultivo y producción, en otras palabras, se compararon los costos contra los beneficios.

6.4.8 Análisis de la Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* Jacq

Se cuantificaron los gramos de *Pleurotus ostreatus* frescos producidos en los sustratos de los mantillos de *Quercus acatenangensis* (Encino) y *Coffea arabica* (Café).; expresando los resultados en porcentajes.

6.4.9 Análisis de la Biodegradación del Sustrato

Se realizó un análisis extra sobre el porcentaje de sustrato que se convirtió en el producto (*Pleurotus ostreatus*), haciéndolo en cada uno de los sustratos de los mantillos de *Quercus acatenangensis* (Encino) y *Coffea arabica* (Café). Por lo que se confrontara cuantos gramos de los diferentes mantillos se requieren para producir cierta cantidad del hongo en gramos.

7. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de finalizado el experimento, se evidenció que *Pleurotus ostreatus*, no creció en los mantillos de *Enterolobium cyclocarpum* (Conacaste) y *Liquidambar styraciflua* (Liquidambar); probablemente por contener éstos sustancias que de alguna manera inhiben su desarrollo; o bien las altas concentraciones en que se encuentra (especialmente) la lignina, hacen imposible o difícil el esperado desarrollo. En el sustrato formado por el mantillo de *Quercus acatenangensis* (Encino) y *Coffea arabica* (Café), si hubo el crecimiento del mencionado hongo comestible.

7.1 DURACIÓN DE LA COSECHA

Los sustratos de *Quercus acatenangensis* (Encino) y *Coffea arabica* (Café), presentaron desarrollo micelar y luego producción, variando en unos ocho días uno del otro (ver cuadro 3); no así, los restantes mantillos estudiados, por lo que al analizarlos se decidió hacer para el caso de esta variable un simple análisis comparativo. Los tratamientos y repeticiones conformados por los mantillos de conacaste y liquidambar se mantuvieron hasta el final de la cosecha, con el fin de observar si presentaban algún desarrollo micelar; sin embargo éste no se dio.

Cuadro 3: Tiempo esperado en días para obtener cosecha de *Pleurotus ostreatus*, en cada uno de los sustratos ensayados

| Sustrato Ensayado | Tiempo en Días |
|---|-----------------------------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 20 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | No hubo crecimiento micelar |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámba) | No hubo crecimiento micelar |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 12 |

Fuente: El Autor

Por la reducción de datos y la homogeneidad que estos presentaron, se puede inferir que existe una diferencia evidente de ocho días menos, al producir *Pleurotus ostreatus* en la pulpa de café, en comparación con el encino; por lo que es probable que aunque la disponibilidad de lignina y celulosa es mayor en el encino debido a su constitución celular de Colenquima (células vegetales estructurales que poseen entre 85 y 95 por ciento de lignina, según Piatkin (25)); por

ende, presenta una menor concentración de proteínas, aminoácidos y minerales, provocando que el hongo tarde más tiempo en sintetizar estos sillares estructurales a partir de lignina y celulosa, en tanto que al estar éstos presentes en la pulpa de café, el hongo los absorbe, ahorrándose el trabajo de síntesis (18 y 19).

7.2 NÚMERO DE CARPÓFOROS POR SUSTRATO

En los cuadros 4 y 5 se puede apreciar una diferencia muy marcada entre el encino y la pulpa de café, pudiendo ser hasta el doble del número de carpóforos producidos; aunque este incremento es menor del 100 por ciento, por lo que desde el punto de vista económico, no es rentable. Al mostrar la significancia en el cuadro de ANDEVA, se infiere y ratifica la diferencia existente entre uno y otro.

Cuadro 4: Numero de Carpóforos modificados de *Pleurotus ostreatus* por Sustrato Ensayado

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ | \bar{x} |
|---|------|------|------|------|-------|-----------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 3.87 | 3.61 | 4.00 | 3.61 | 15.09 | 3.77 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 5.39 | 5.57 | 5.20 | 5.48 | 21.64 | 5.41 |
| Total | | | | | 44.76 | |

Fuente: El Autor

Cuadro 5: Tabla de ANDEVA de la Variable del Número de Carpóforos

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F Calculada | F Tabulada |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|------------|
| Tratamientos | 3 | 56.83 | 18.95 | 354.73 | 5.04 |
| Error Experimental | 12 | 0.64 | 0.05 | ----- | ** |
| Total | 15 | 57.48 | ----- | ----- | ----- |

Fuente: El Autor

Por razones estadísticas, los valores de los sustratos fueron modificados por la formula $\sqrt{x+1}$ ¹¹, por lo que los ceros ahora fueron sustituidos por unos, realizando dichas modificaciones en la eficiencia biológica y en la biodegradación (ver cuadros 14A, 15A y 16A).

¹¹ BARRIENTOS G., M; ALVAREZ C., V. 1982. Algunas transformaciones necesarias para el análisis de varianza. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Boletín Biométrico. V 1. N. 1. p. 9-14.

Analizando la Fig. 5 se confirma la superioridad de la pulpa de café sobre los mantillos utilizados y también, evidencia la superioridad a la vez de *Quercus* sobre éstos (ver Cuadro 15A). El CV (Coeficiente de Variación) es de 8.28 por ciento, por lo que se rechaza la posibilidad de un mal manejo del experimento.

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | a | | |
| A | | b | |
| B | | | c |
| C | | | c |

Figura 5: Resultados de la prueba de Tukey ensayada con el número de carpóforos

7.3 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Los costos de producción resumidos en el cuadro 6, (para verlos en una forma más desarrollada ver cuadros 16A y 17A), son difíciles de cuantificarlos con exactitud, en especial lo que se refiere a gastos de servicio eléctrico, agua (debido a que éstos pueden variar de un lugar a otro). A continuación se esbozan los gastos y costos incurridos en el experimento.

La energía eléctrica fue el rubro más difícil de cuantificar(ver cuadro 17A); mientras que para el caso del agua utilizada en este experimento, es de pozo por lo que la tarifa es igual no importando el consumo. La mano de obra (MO), se dispuso por las horas de trabajo efectuadas (ver cuadro 17A), según el área en que se recolecto y las características del material. Los materiales y equipo utilizado (ME), van desde las bolsas de polipapel, sorgo, etc (ver cuadro 16A), por lo que en términos generales pueden ser considerados como gastos fijos. El transporte y recolección de los sustratos (TR) son en sí, específicamente el costo de flete y el costo de llegar al lugar donde éstos se encontraban (ver cuadro 17A). Por lo que los costes totales difieren uno con otro por las distancias y condiciones diferentes con que éstos se encuentran en el país (pudiendo nombrar a estos: gastos variables).

Cuadro 6: Costos de Producción de *Pleurotus ostreatus* en quetzales en cada uno de los sustratos ensayados

| Sustrato Ensayado | Luz | Agua | MO | ME | TR | Σ |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 9.16 | 15.00 | 283.02 | 433.50 | 20.00 | 760.68 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 10.39 | 15.00 | 320.76 | 433.50 | 60.00 | 839.65 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 11.00 | 15.00 | 339.63 | 433.50 | 100.00 | 899.13 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 9.47 | 15.00 | 292.46 | 433.50 | 30.00 | 780.43 |

Fuente: El Autor

Como se puede apreciar en el cuadro 7, en la columna 3, ese es el dato de lo realmente producido en quetzales, mientras que la cuarta columna hace referencia a la ganancia después de haber procesado 30 kg de cada uno de los sustratos. La primera columna presenta los pesos en libras de lo realmente producido, es decir lo que produjeron 400 gramos de cada uno de los sustratos ensayados y luego la columna 2, lo producido si hubiesen sido 30 kg de sustrato procesado. Notando que en ambos datos las diferencias son tan evidentes uno del otro que se requiere de un análisis muy elaborado, para determinar cual es el mejor.

En cuanto a lo referente a las ganancias y a los costos de producción, se tomó en cuenta como si se hubiesen producido procesado 30 kg de cada uno de los mantillos utilizados, ya que con el fin de asegurar la disponibilidad de cada uno de los sustratos, se recolectó un aproximado de ese peso y eso tuvo un costo, que naturalmente si no se incluye, ni siquiera en el café se tendrían valores positivos (que es la forma en que producen actualmente el hongo para la comercialización). Además de ello se contó con las instalaciones para dicho fin, por ello se incluyó de igual forma el costo de utilizarlas en su totalidad.

Cuadro 7: Peso Total de *Pleurotus ostreatus* en libras y ganancias obtenidas en quetzales en cada uno de los sustratos ensayados.

| Sustrato Ensayado | P T lbs r | P T lbs s | Ganancias r | Ganancias s |
|--|-----------|-----------|-------------|-------------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 0.4993 | 37.45 | 8.49 | 636.65 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar). | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 1.3405 | 100.53 | 22.79 | 1709.14 |

Fuente: El Autor

El precio promedio de una libra de *Pleurotus ostreatus*, según el mercado nacional está a Q.17.00, aunque algunos lugares pueden pagar hasta Q.25.00 por libra, pero con fines de asegurar ganancias aunque el mercado este bajo, se utilizó el precio promedio.

Al observar los valores de la relación beneficio-costos que presentaron los sustratos (ver cuadro 8), se infiere palpablemente que en el caso de la pulpa de café (*Coffea arabica*) se obtienen 2.19 quetzales por cada quetzal invertido, mientras que para *Quercus acatenangensis* (Encino), se está perdiendo un aproximado 16 centavos por cada quetzal invertido.

Por otro lado, el porcentaje de producción hace referencia a la eficiencia con lo que se produce el producto esperado, enmarcándolo dentro del tiempo, por lo que un porcentaje alto indica una producción rápida, como es el caso de la pulpa de Café (*Coffea arabica*); mientras un porcentaje bajo evidencia un proceso productivo lento, que en este experimento lo presentó *Quercus acatenangensis* (Encino).

Cuadro 8: Valores de la Relación Beneficios/Costos y porcentaje de Producción de *Pleurotus*

| Sustrato Ensayado | Rel B/C | %PR |
|--|---------|-------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 0.84 | 2.83 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 0 | 0 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 0 | 0 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 2.19 | 12.70 |

Fuente: El Autor

7.4 EFICIENCIA BIOLÓGICA

Lo importante de esta variable, es que indica que tan eficiente es un organismo, en este caso *Pleurotus ostreatus* en aprovechar los nutrientes contenidos en los sustratos ensayados; al notar los datos del cuadro 9, se ve como el sustrato D supera en más del doble al sustrato A, que fue el único mantillo capaz de producir al hongo en mención. Sugiriendo que existen barreras u obstáculos, que impiden la extracción y aprovechamiento de los nutrientes contenidos en éste y en los otros.

Cuadro 9: Eficiencia Biológica modificada de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos ensayados

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ | \bar{x} |
|--|-------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 7.84 | 7.09 | 8.40 | 6.94 | 30.27 | 7.57 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 12.35 | 12.34 | 12.18 | 12.63 | 49.50 | 12.38 |
| Total | | | | | 87.77 | |

Fuente: El Autor

La significancia mostrada en el cuadro 10 de ANDEVA, solo ratifica la diferencia marcada entre uno y otro, suministrando un juicio de valor sobre las mejores condiciones que presenta la pulpa de Café (*Coffea arabica*), en comparación con el resto de los sustratos; también se ve que el coeficiente de variación es bajo, ya que se encuentra en un 6.43 por ciento; por lo que no se puede pensar que existió un mal manejo del experimento a la hora de la realización, por lo que en términos generales se dice que existió un adecuado control del error experimental.

Cuadro 10: Tabla de ANDEVA de la Eficiencia Biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos ensayados

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F Calculada | F Tabulada |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|------------|
| Tratamientos | 3 | 368.16 | 122.72 | 985.71 | 5.04 |
| Error Experimental | 12 | 1.49 | 0.13 | ----- | ** |
| Total | 15 | 369.65 | ----- | ----- | ----- |

Fuente: El Autor

Analizando la figura 6 y el cuadro 19A, de nuevo se confirma la alta biodisponibilidad de los nutrientes en la pulpa de café en comparación con los mantillos utilizados y a la vez, evidencia una mayor biodisponibilidad de nutrientes en *Quercus* situación que no se presenta en el resto de los sustratos ensayados.

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | a | | |
| A | | b | |
| B | | | c |
| C | | | c |

Figura 6. Resultados de la prueba de Tukey ensayada con la eficiencia biológica

7.5 BIODEGRADACION DE LOS SUSTRATOS

Esta variable se puede tomar como una variable complementaria de la eficiencia biológica, ya que ilustra lo que ésta sugirió. A grandes rasgos expresa la forma en que se degradó el sustrato o bien lo que *Pleurotus ostreatus* extrajo de cada uno de ellos (ver Cuadro 20A), con el fin de desarrollarse, y a la vez, la biodisponibilidad con que se encuentran para el hongo en particular; en la pulpa de Café (*Coffea arabica*), se dieron los mejores resultados de biodegradación, y por ende, se dieron también los valores más altos de producción (ver cuadros 7, 11, 14A y 20A). Lo anterior, debido a que el hongo encuentra los nutrientes necesarios para su adecuado desarrollo y a la vez es capaz de aprovecharlos.

Cuadro 11: Biodegradación de *Pleurotus ostreatus* expresado en disminución de peso en gramos en cada uno de los sustratos ensayados

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ | \bar{x} |
|--|------|------|------|------|----------|-----------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 4.54 | 3.66 | 5.17 | 3.48 | 16.85 | 4.21 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 6.20 | 6.18 | 5.64 | 6.75 | 24.77 | 6.19 |
| Total | | | | | 49.62 | |

Fuente: El Autor

Al igual que en los cuadros de ANDEVA anteriores, en el cuadro 12, se obtiene de nuevo significancia, mostrando la superioridad en calidad que presenta la pulpa de Café (*Coffea arabica*) sobre los mantillos de las especies forestales ensayados, en el cultivo y producción de *Pleurotus ostreatus*.

Cuadro 12: Tabla de ANDEVA de la Biodegradación realizada por *Pleurotus ostreatus* en los sustratos ensayados

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F Calculada | F Tabulada |
|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|------------|
| Tratamientos | 3 | 78.48 | 26.16 | 126.48 | 5.04 |
| Error Experimental | 12 | 2.48 | 19.4706 | ----- | ** |
| Total | 15 | 80.97 | ----- | ----- | ----- |

Fuente: El Autor

Al analizar la figura 7 se confirman las aseveraciones antes externadas y a la vez confirma las conducta de las anteriores pruebas de Tukey (ver cuadro 21A).

| | | | |
|---|---|---|---|
| D | a | | |
| A | | b | |
| B | | | c |
| C | | | c |

Figura 7. Resultados de la prueba de Tukey ensayada en la variable de la Biodegradación

8. CONCLUSIONES

- 8.1 No se pudo cultivar ***Pleurotus ostreatus*** en los mantillos de ***Enterolobium cyclocarpum*** (Conacaste) y ***Liquidambar styraciflua*** (Liquidámbar).
- 8.2 El mejor rendimiento presentado en los tres sustratos lo obtuvo el encino, pero éste es significativamente inferior en rendimiento a la pulpa de café.
- 8.3 La eficiencia biológica no superó el 100 por ciento en ninguno de los mantillos de las especies forestales ensayadas.
- 8.4 La relación beneficio/costo en la pulpa de Café (***Coffea arabica***) es de 2.19, por lo que su rentabilidad es considerablemente buena. La relación beneficio/costo es negativa en ***Quercus acatenangensis*** (Encino), ya que por cada quetzal invertido se pierden 16 centavos, por lo que no es rentable.
- 8.5 La biodegradación sufrida por los sustratos de ***Quercus acatenangensis*** (Encino) fue de entre 11.1 y 25.7 por ciento; y la pulpa de Café (***Coffea arabica***) se encuentra alrededor de los 30.8 y 44.6 por ciento; evidenciando así, la fácil disponibilidad de nutrientes que encuentra ***Pleurotus ostreatus*** en el sustrato compuesto por la pulpa de Café (***Coffea arabica***).

9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Seguir empleando la pulpa de Café (*Coffea arabica*) como sustrato de *Pleurotus ostreatus*.
- 9.2 Hacer un ensayo en otras especies del genero *Quercus*, con el fin de buscar un nuevo y mejor sustrato de *Pleurotus ostreatus*.
- 9.3 Realizar ensayos similares en las especies forestales utilizadas variando las condiciones proporcionadas.
- 9.4 Someter a degradación artificial o natural por un período mayor a un año a los mantillos utilizados, con el fin de obtener mejores resultados.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. ATLAS, R.; BARTA, R. 1981. Microbial ecology fundamentals and applications. Colorado, E.E.U.U., Addison-Wesley Pub. p. 33.
 2. BENITEZ, P.; MONTESINOS, J. 1988. Catálogo de cien especies forestales de honduras: distribución , propiedades y usos. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 236 p.
 3. BURGES, A. 1967. La descomposición de la materia orgánica en el suelo. *Phytopatology* (Inglaterra). 16:558-573.
 4. CENTRO DE INVESTIGACIONES ECOLOGICAS DEL SURESTE. 1993. Producción de hongos comestibles. Cómplado por José Sánchez. Tapachula, México. p. 8-74.
 5. CHANG, S. 1993. Mushroom biology the impact on mushroom production and mushroom products. In: First International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. (1., 1993, Hong Kong, China). Conferencia. Hong Kong. The Chinese University Press. 450 p.
 6. ----- ; HAYES, T. 1989. Tropical mushroom. Biological nature and cultivation methods. 3 ed. Hong Kong, The Chinese University Press. p. 12-17.
 7. ----- ; MILES, P. 1989. Edible mushroom and their cultivation. Costa Rica, CRC Press. p. 27- 40.
 8. DEACON, J. 1988. Introducción a la micología moderna. México, Limusa. 350 p.
 9. DE LEON, R., *et al.* 1983. Coffee by products and citronella bagasse as substrate for *Pleurotus* productions. *Mushroom News Tropics* (E.E.U.U.). 4 (1):13-16.
 10. GITTINGER, J. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. 2 ed. Madrid, España, Ed. Tecno. p. 369-392.
 11. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Tomo 1. p. 421.
 12. GUATEMALA. INSTITUTO DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA, E HIDROLOGIA. Tarjetas de registro climáticos de la estación central del INSIVUMEH, de los años de 1937 a 1990. Guatemala.
- Sin publicar
13. ✓ GUZMAN, G. 1990. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. 2 ed. México, Limusa, 194 p.
 14. ----- ; MARTINEZ-CARRERA, D. 1985. Planta productiva de hongos comestibles sobre pulpa de café. *Ciencia y Desarrollo* (Mex). 11 (65): 41- 42.
 15. ----- ; MARTINEZ-CARRERA, D. 1987. El cultivo de hongos comestibles sobre pulpa de café en México. In: Simposio Internacional sobre la Utilización Integral de Subproductos del Café. (3., 1986, Guatemala). Memoria. Guatemala, ANACAFE. p. 68-75.

16. ----- ; SALMONES, D. 1990. El cultivo de los hongos comestibles de México. In: Recopilación de los Trabajos Publicados y Presentados en Congresos y Tesis de 1966 a 1989. Xalapa, México, Instituto de Ecología. 539 p.
17. KAUFERT, F. 1935. The production of sexual spores by *Pleurotus corticatus*. Mycology (E.E.U.U.) 27: 333-340.
18. KURTZMAN, R.; ZADRAZIL, F. 1989. Physiological and taxonomic considerations for cultivation of *Pleurotus* mushroom. In: Tropical mushroom biological nature and cultivation methods. Chang S. y Quimio T. (Eds.). Hong Kong. The Chinese University Press. p 299-348.
19. MANNING, K. 1985. Food value and chemical composition. In: The biology and Technology of the Cultivated Mushroom. Estados Unidos, KTM Press. p 221- 230.
20. MARTINEZ, D. et al. 1984. Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 19: 207- 219.
21. ----- ; et al. 1985. The effect of fermentation of coffee pulpe in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in Mexico. Mushroom Newsletter Tropics (E.E.U.U.). 6 (1): 21- 288.
22. -----; et al. 1988. Cultivo de diversas cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café y paja de cebada. Rev. Mex. Mic. 4: 153-160.
23. MULLER, J. 1988. Genetic potencial of *Pleurotus ostreatus*. Relevance to the disposal of agro-wastes. Mycology Neotropical Applied. (E.E.U.U.) 1:29-44.
24. ORENSANZ, J.; NAVARRO, C. 1979. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre madera. Hojas Divulgadoras (España) no.3-79:1-20.
25. PIATKIN, K.; KRIVOSHEIN, Y. 1980. Microbiología. México. Ed. Mir. p. 518-520.
26. RICO, F. s. f. Los incendios forestales. Guatemala, USAID. V. 3, p. 362-368.
27. SOTO, C. 1986. La producción de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en la región de Xalapa-coatepec, Veracruz; durante 1985-1986. Rev. Mex. Mic. 2: 437-441.
28. ----- ; ARIAS, A.; FAUSTO, S. 1991. Elaboración del inóculo en bolsa de polipapel para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. (4., 1991, México). Memorias. Tlaxcala, México, s.e. p. 94.
29. ----- ; et al. 1987. La pulpa de café secada al sol como una forma de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Rev. Mex. Mic. 3: 133-136.
30. STANDLEY, P.; STEYEMARCK, J. 1946. Flora of Guatemala. Chicago, E.E.U.U., Field Museum of Natural History, Fieldiana Botany. V 24, pte 3, no 2, p. 354-357.
31. VALLE, C. 1982. Vademécum forestal. 2 ed. Guatemala. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. 289 p.

Vº. Bº.

Miriam De La Roca

11. ANEXO

Cuadro 13A: Cronograma de actividades

| MES | ENERO | | | | FEBRERO | | | | MARZO | | | | ABRIL | | | |
|-------------------------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
| Número de Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Preparación del Inóculo | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación del Primario | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Preparación del Secundario | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Preparación del Sustrato | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| Siembra e Incubación | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Fructificación y Cosecha | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| Análisis de Resultados | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |
| Elaboración del Informe Final | | | | | | | | | | | | | | | | ■ |

Fuente El Autor

Cuadro 14A: Numero de Carpóforos Real de *Pleurotus ostreatus* por Sustrato Ensayado

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ |
|--|----|----|-----|----|-----|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 14 | 12 | 15 | 12 | 53 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 28 | 30 | 26 | 29 | 113 |
| Total | | | | | 166 |

Fuente: El Autor

Cuadro 15A: Resultado de la tabla de la prueba de Tukey ensayada al número de carpóforos

| | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| | | 1.00 | 1.00 | 3.76 | 5.41 |
| D | 5.41 | ** | ** | ** | ---- |
| A | 3.76 | ** | ** | ---- | |
| B | 1.00 | ---- | ---- | | |
| C | 1.00 | ---- | | | |

Fuente: El Autor

Cuadro 16A: Gastos fijos incurridos en el experimento

| | | REGLON | CANTIDADES | QUETZALES |
|--------------|---------------------|-------------------------|------------|-----------|
| GASTOS FIJOS | MATERIALES Y EQUIPO | Alcohol Etilico (galón) | 1 | 65.00 |
| | | Bata de Laboratorio | 1 | 70.00 |
| | | Beacker de 500 mL | 1 | 38.50 |
| | | Bolsas de Polipapel | 100 | 10.00 |
| | | Cajas de Petri | 7 | 57.00 |
| | | Cofia para Cabello | 3 | 9.00 |
| | | Cubetas Plásticas | 4 | 34.00 |
| | | Erlenmeyer de 500 mL | 1 | 35.00 |
| | | Escalpelos | 1 | 22.50 |
| | | Guates de Cirujano | 1 | 12.00 |
| | | Hojas de Escalpelo | 2 | 15.00 |
| | | Maicillo (libras) | 30 | 45.00 |
| | | Mascarilla Deshechable | 3 | 7.50 |
| | | Papel Kraft | 16 | 4.00 |
| | | Rollo de Algodón | 1 | 9.00 |
| | | Agua | | 15.00 |

Fuente: El Autor.

Cuadro 17A: Gastos Variables incurridos en el experimento

| | | REGLON | ESPECIE | CANTIDAD | QUETZALES | |
|------------------|------------------------------------|--------|-------------|-------------|-----------|--------|
| GASTOS VARIABLES | HORAS DE TRABAJO | | Encino | 60 | 283.02 | |
| | | | Conacaste | 68 | 320.76 | |
| | | | Liquidambar | 72 | 339.63 | |
| | | | Cafe | 62 | 292.46 | |
| | GASTOS DE RECOLECCION Y TRANSPORTE | | | Encino | | 20.00 |
| | | | | Conacaste | | 60.00 |
| | | | | Liquidambar | | 100.00 |
| | | | | Cafe | | 30.00 |
| | ENERGIA ELECTRICA | | | Encino | 6.0 KWH | 10.39 |
| | | | | Conacaste | 6.8 KWH | 11.00 |
| | | | | Liquidambar | 7.2 KWH | 9.16 |
| | | | | Cafe | 6.2 KWH | 9.47 |

Fuente: El Autor

Cuadro 18A: Eficiencia Biológica Real de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos ensayados

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ |
|--|-------|-------|-------|-------|--------------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 60.5 | 49.3 | 69.6 | 47.3 | 226.7 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 151.5 | 151.3 | 147.3 | 158.5 | 608.6 |
| Total | | | | | 835.3 |

Fuente: El Autor

Cuadro 19A: Tabla de resultados de la prueba de Tukey ensayada a la eficiencia biológica

| | | | | | |
|---|-------|------|------|------|-------|
| | | 1.0 | 1.0 | 7.57 | 12.38 |
| D | 12.38 | ** | ** | ** | ---- |
| A | 7.57 | ** | ** | ---- | |
| B | 1.00 | ---- | ---- | | |
| C | 1.00 | ---- | | | |

Fuente: El Autor

Cuadro 20A: Biodegradación Real de *Pleurotus ostreatus* expresado en disminución de peso en gramos en cada uno de los sustratos ensayados,

| Sustrato Ensayado | I | II | III | IV | Σ |
|--|------|------|------|------|--------------|
| A <i>Quercus acatenangensis</i> (Encino) | 19.6 | 12.4 | 25.7 | 11.1 | 68.8 |
| B <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Conacaste) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D <i>Coffea arabica</i> (Café) | 37.5 | 37.2 | 30.8 | 44.6 | 150.1 |
| Total | | | | | 218.9 |

Fuente: El Autor

Cuadro 21A: Tabla de la prueba de Tukey ensayada a la biodegradación

| | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|
| | | 1.00 | 1.00 | 4.21 | 6.19 |
| D | 6.19 | ** | ** | ** | ---- |
| A | 4.21 | ** | ** | ---- | |
| B | 1.00 | ---- | ---- | | |
| C | 1.00 | ---- | | | |

Fuente: El Autor.



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "PRODUCCION DE pleurotus ostreatus ECS 0110 UTILIZANDO COMO
SUSTRATO LOS MANTILLOS DE Quercus acatenangensis (Encino
(Enterolobium cyclocarpum (conacaste) y liquidambar Styraci-
flua (liquidambar))"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FAUSTO ALEJANDRO FAJARDO MONTES

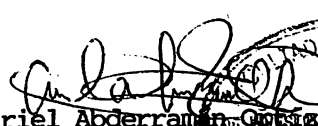
CARNET No: 9310155

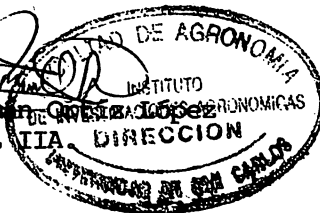
HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Licda. Olga Leticia Mena Marinelli
Lic. Julio Gerardo Chinchilla Vettorazzi

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha
cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Lic. Romeo Alfonso Pérez Morales
A S E S O R

Lic. Romeo Alfonso Pérez Morales
QUIMICO-BIOLOGO
COLLEGIADO 868


Dr. Ariel Abderramán López
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



APARTADO POSTAL 1445 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: llusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prr.