



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL HONGO
Lentinula edodes “SHIITAKE” PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DEL RESIDUO DE
LA INDUSTRIA MADERERA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

TESIS DE GRADO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

CRISTIAN GABRIEL GARCÍA LOMBEIDA

PAÚL MARTÍN MERCHÁN CEVALLOS

RIOBAMBA - ECUADOR

2011

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida y la satisfacción de seguir superándome día a día.

A mi Padre quien en vida me enseñó muchas cosas, me ha dado su gran ejemplo y desde su partida, me bendice y protege desde el cielo; a mi Mamita por brindarme siempre el amor, la comprensión y la confianza para llegar a culminar mis estudios en la Universidad. Reto cumplido Papitos.

A mis hermanos quienes de igual forma me han apoyado en todo sentido y a toda mi familia quienes son la alegría y la razón de mi vida.

A todos mis amigos con quienes compartí infinidad de cosas durante mi vida Politécnica, mil gracias a todos por brindarme su amistad.

CRISTIAN G.

DEDICATORIA

A mi Señor de la Justicia, a ti hermanita mía por librarme de todo peligro y enfermedad, por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis amados Padres quienes forjaron mi progreso día a día con su amor, paciencia y sacrificio.

A mi único hermano con quien comparto mis penas, alegrías y anhelados sueños; eres la persona que más confío en el mundo.

A mis adorados tíos por su alojamiento con responsabilidad, paciencia y comprensión, durante mi vida politécnica, a mis sobrinitos y a toda mi familia, gracias mil.

A todas mis verdaderas amistades que estuvieron conmigo en las buenas y principalmente en las malas.

A todas aquellas personas recordadas que estuvieron y que están a mi lado; en definitiva, gracias totales a todos mis seres queridos.

PAÚL M.

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a Dios, por bendecirme y guiar mis pasos todos los días, para culminar una de las etapas más importantes de mi vida, a mis padres y hermanos que con su ejemplo y apoyo incondicional me han formado como un hombre de bien.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de la cual me siento orgulloso por ser parte de la misma, a los Docentes de la Escuela de Ciencias Químicas quienes colaboraron con sus conocimientos para llegar a culminar mi carrera Universitaria y a quienes me apoyaron con el desarrollo de esta investigación.

De manera especial a un gran amigo el Dr. Javier Osvaldo Curra por su valiosa colaboración y asesoramiento en la dirección de la presente Tesis.

A la Dra. Nancy Cecilia Veloz, por sus lecciones y gran aporte durante mi carrera Universitaria y en especial, para esta investigación.

A la Dra. Susana del Pilar Abdo López Miembro del Tribunal por todo su apoyo y colaboración para la culminación de esta tesis.

CRISTIAN G

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero y fraterno agradecimiento primeramente a ti mi inigualable e incomparable Señor de la Justicia, a ti hermanita de mi vida que te encuentras en el supremo cielo junto a nuestro Señor celestial guiando cada paso de mi existencia, posteriormente a mis viejitos del alma por su ilimitado apoyo que me brindaron desde el primer día de mi vida, hasta el día de hoy que estoy cumpliendo uno de nuestros anhelados sueños.

A ti prestigiosa Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y de manera exclusiva, a los Docentes de la Escuela de Ciencias Químicas de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, quienes han depositado en mí, todas sus valiosas cátedras y conocimientos; de manera muy especial a mi amigo el Dr. Javier Osvaldo Curra por su apoyo incondicional tanto en lo científico como en lo económico, a la Dra. Nancy Cecilia Veloz por forjar en mi esa confianza esos valores éticos, morales y espirituales, que uno necesita y necesitará, para seguir por el camino del bien, principalmente en estos momentos al impartir y compartir, sus conocimientos en este proyecto politécnico final, a la Dra. Susana del Pilar Abdo por su apoyo durante la vida politécnica primeramente como amiga y después como maestra y más aún, en este momento como colaboradora de la ejecución de esta investigación.

PAÚL M.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación “EVALUACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL HONGO *Lentinula edodes* “SHIITAKE” PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DEL RESIDUOS DE LA INDUSTRIA MADERERA EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”, de responsabilidad del Sr. egresado Cristian Gabriel García Lombeida y el Sr. Egresado Paúl Martín Merchán Cevallos ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|--|-------|-------|
| Dra. Yolanda Díaz H. DECANA FACULTAD DE CIENCIAS | ----- | ----- |
| Dr. José Antonio Vanegas C. DIRECTOR ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS | ----- | ----- |
| Dra. Nancy Cecilia Veloz DIRECTOR DE TESIS | ----- | ----- |
| Dra. Susana del Pilar Abdo L. MIEMBRO DEL TRIBUNAL | ----- | ----- |
| Sr. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DE DOCUMENTACIÓN | ----- | ----- |
| NOTA DE TESIS ESCRITA | ----- | |

Yo, Cristian Gabriel García Lombeida, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CRISTIAN GABRIEL GARCÍA LOMBEIDA

Yo, Paúl Martín Merchán Cevallos, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PAÚL MARTÍN MERCHÁN CEVALLOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|-------------------|--|
| A | Vitamina A |
| ADEVA | Análisis de Varianzas |
| ATP | Adenosín trifosfato |
| B12 | Vitamina B12 |
| B2 | Vitamina B2 |
| C | Concentración del inóculo |
| C | Vitamina C |
| CESTTA | Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental |
| cm | Centímetro |
| CO | Monóxido de Carbono |
| Cos | Coseno |
| DE | Cambio de color |
| D2 | Vitamina D2 |
| DNA | Ácido desoxirribonucleico |
| Dpto. | Departamento |
| E | Unidades lux |
| E | Vitamina E |
| E.E. | Extracto Etéreo |
| E.L.N. | Elementos Libres de Nitrógeno |
| E.R. | Elasticidad Rotura |
| ESPOCH | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo |
| FDA | Fibra detergente ácida |
| FDN | Fibra detergente neutra |
| °C | Grados Celsius |
| g | Gramos |
| h | Altura |
| H ₂ O | Agua |
| Ha | Hectáreas |
| HR | Humedad relativa |
| [H ⁺] | Concentración de Hidrógeno |
| I | Vatios |
| I.N.I.AP. | Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias |
| I.N.TE.CH. | Instituto Nacional Tecnológico Chascomús |
| I.I.B. | Instituto de Investigaciones Biotecnológicas |
| Kg | Kilogramos |
| Km | Kilómetros |
| mdr | Mecanismo de resistencia |
| m.s.n.m. | Metros sobre el nivel del mar |
| m ² | Metro cuadrado |
| m ³ | Metro cúbico |
| mg | Miligramos |
| mm Hg | Milímetros de mercurio |
| Nd | No determinado |
| nm | Nanómetros |

| | |
|----------------|--|
| Nº | Número |
| NW | Newton |
| PDA | Potato dextrosa agar |
| ppm | Partes por millón |
| % | Por ciento |
| R | Réplicas |
| r ² | Área |
| T/R | Relación tangencial – contracción radial |
| VAN SOEST | Análisis Lignocelulósico |

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|--------|
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | |
| ÍNDICE DE DIAGRAMAS | |
| ÍNDICE DE CUADROS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| INTRODUCCIÓN..... | - 22 - |
| JUSTIFICACIÓN..... | - 25 - |
| OBJETIVOS..... | - 28 - |
| OBJETIVO GENERAL..... | - 28 - |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | - 28 - |
| CAPÍTULO I..... | - 29 - |
| 1. MARCO TEÓRICO..... | - 29 - |
| 1.1 GENERALIDADES..... | - 29 - |
| 1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS..... | - 31 - |
| 1.3 HONGOS MACROMICETOS..... | - 34 - |
| 1.4 ASCOMYCETES..... | - 34 - |
| 1.5 BASIDIOMYCETES..... | - 35 - |
| 1.6 ORDEN AGARICALES..... | - 36 - |
| 1.7 CICLO BIOLÓGICO..... | - 36 - |
| 1.8 MACROHONGOS O SETAS CULTIVADAS..... | - 37 - |
| 1.9 APLICACIONES..... | - 37 - |
| 1.10 <i>Lentinula edodes</i> “SHIITAKE”..... | - 38 - |
| 1.11 HISTORIA..... | - 39 - |
| 1.12 CLASIFICACIÓN..... | - 41 - |
| 1.13 MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN..... | - 41 - |
| 1.14 CICLO DE VIDA DE LOS HONGOS MACROMICETOS..... | - 44 - |
| 1.15 VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN..... | - 45 - |
| 1.16 PROPIEDADES MEDICINALES..... | - 47 - |
| 1.17 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CRECIMIENTO..... | - 48 - |
| A. Fuente de carbono:..... | - 48 - |
| B. Fuente de nitrógeno:..... | - 49 - |
| C. Fuente de sulfuro:..... | - 49 - |
| D. Fuente de fósforo:..... | - 50 - |
| E. Fuente de potasio:..... | - 50 - |
| F. Fuente de magnesio:..... | - 50 - |

| | | |
|---------|--|--------|
| 1.18 | REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA EL CRECIMIENTO..... | - 51 - |
| | A. Concentración ión hidrógeno: | - 51 - |
| | B. Temperatura: | - 52 - |
| | C. Humedad:..... | - 53 - |
| | D. Luz:..... | - 53 - |
| | E. Aireación:..... | - 54 - |
| 1.19 | CULTIVO | - 54 - |
| 1.20 | SEMILLAS | - 55 - |
| 1.21 | TRONCOS | - 56 - |
| 1.22 | TRONCOS ARTIFICIALES | - 57 - |
| 1.23 | METABOLITOS | - 59 - |
| 1.24 | SUSTRATOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE SHIITAKE | - 60 - |
| 1.25 | COMPOSICIÓN MADERAS | - 64 - |
| 1.26 | FACTORES DE CALIDAD..... | - 64 - |
| 1.27 | RESIDUOS AGROINDUSTRIALES MADEREROS | - 66 - |
| 1.27.1 | EUCALIPTO..... | - 66 - |
| 1.27.2 | CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA | - 67 - |
| 1.27.3 | CARACTERÍSTICAS..... | - 67 - |
| 1.27.4 | HÁBITAT | - 68 - |
| 1.27.5 | CLIMA | - 68 - |
| 1.27.6 | USOS TRADICIONALES..... | - 69 - |
| 1.28 | CHUNCHO..... | - 69 - |
| 1.28.1 | IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE | - 70 - |
| 1.28.2 | DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL | - 70 - |
| 1.28.3 | CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA MADERA..... | - 70 - |
| 1.28.4 | DESCRIPCIÓN ANATÓMICA | - 71 - |
| 1.28.5 | PROPIEDADES FÍSICAS | - 71 - |
| 1.28.6 | RESISTENCIA MECÁNICA | - 72 - |
| 1.28.7 | CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | - 72 - |
| 1.28.8 | USOS TRADICIONALES..... | - 73 - |
| 1.29 | PINO PÁTULA | - 73 - |
| 1.29.1 | NOMBRE COMÚN..... | - 73 - |
| 1.29.2 | CULTIVOS Y USOS | - 74 - |
| 1.29.3 | CARACTERÍSTICAS..... | - 75 - |
| 1.29.4 | HÁBITAT | - 75 - |
| 1.29.5 | EL CULTIVO DEL PINO PÁTULA..... | - 76 - |
| 1.29.6 | USOS DEL PINO PÁTULA..... | - 76 - |
| 1.29.7 | USOS TRADICIONALES..... | - 77 - |
| 1.29.8 | COMPONENTES | - 77 - |
| 1.29.9 | PROPIEDADES MEDICINALES DEL PINO..... | - 78 - |
| | Una planta para las enfermedades del pecho. | - 78 - |
| | Entre las numerosas aplicaciones, se destacan las siguientes:..... | - 79 - |
| 1.29.10 | OTRAS APLICACIONES | - 79 - |

| | |
|---|---------|
| Usos industriales | - 79 - |
| 1.29.11 OTRAS ESPECIES DE PINO | - 80 - |
| 1.29.12 DISTRIBUCIÓN DE LOS PINOS | - 81 - |
| 1.30 PINO RADIATA | - 81 - |
| 1.30.1 CARACTERÍSTICAS..... | - 81 - |
| 1.30.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT | - 82 - |
| 1.30.3 USOS TRADICIONALES..... | - 82 - |
| 1.31 LAUREL..... | - 83 - |
| 1.31.1 NOMBRE COMÚN | - 83 - |
| 1.31.2 DESCRIPCIÓN..... | - 83 - |
| 1.31.3 CULTIVO | - 84 - |
| 1.31.4 USOS TRADICIONALES..... | - 84 - |
| Culinario | - 84 - |
| Medicinal..... | - 85 - |
| 1.31.5 OTROS USOS..... | - 85 - |
| 1.32 CHANUL..... | - 85 - |
| 1.32.1 CARACTERÍSTICAS..... | - 86 - |
| CAPÍTULO II..... | - 88 - |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | - 88 - |
| 2.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN | - 88 - |
| 2.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO .. | - 88 - |
| 2.1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA | - 89 - |
| 2.1.3 EXTENCIÓN TERRITORIAL..... | - 89 - |
| 2.1.4 ALTITUD..... | - 89 - |
| 2.1.5 LÍMITES | - 89 - |
| 2.1.6 CLIMA | - 90 - |
| 2.1.7 DIVISIÓN POLÍTICA | - 90 - |
| 2.1.8 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA | - 91 - |
| 2.1.9 TRABAJO DE LABORATORIO | - 91 - |
| 2.1.10 MATERIALES UTILIZADOS | - 93 - |
| 2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL | - 93 - |
| 2.2.1 VARIABLES DE CONTROL | - 93 - |
| 2.2.2 RESPUESTAS EXPERIMENTALES | - 94 - |
| 2.2.3 ANÁLISIS DE DATOS | - 94 - |
| 2.2.4 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO | - 95 - |
| 2.2.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PLANTEADO..... | - 96 - |
| 2.2.6 TOMA DE MUESTRAS Y CARACTERIZACIÓN DEL SUSTRATO | - 97 - |
| 2.2.7 MUESTREOS DEL SUSTRATO..... | - 97 - |
| 2.2.8 MÉTODOS..... | - 99 - |
| CAPÍTULO III | - 100 - |
| 3 PARTE EXPERIMENTAL | - 100 - |
| 3.1 REACTIVACIÓN DEL MICELIO <i>L. edodes</i> “SHIITAKE” | - 100 - |

| | | |
|--------|---|---------|
| 3.1.1 | PREPARACIÓN DEL PDA | - 100 - |
| 3.1.2 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 100 - |
| 3.1.3 | PROCEDIMIENTO | - 101 - |
| 3.2 | INOCULACIÓN EN AGAR PDA | - 102 - |
| 3.2.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 102 - |
| 3.2.2 | PROCEDIMIENTO | - 102 - |
| 3.3 | INOCULACIÓN EN AGAR SABOURAUD | - 102 - |
| 3.3.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 103 - |
| 3.3.2 | PROCEDIMIENTO | - 103 - |
| 3.4 | PREPARACIÓN DE INÓCULOS | - 104 - |
| 3.4.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 104 - |
| 3.4.2 | PROCEDIMIENTO | - 105 - |
| 3.5 | REPIQUE DE SEMILLA EN LOS INÓCULOS | - 106 - |
| 3.5.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 106 - |
| 3.6 | PASTEURIZACIÓN DEL SUSTRATO (RESIDUO MADERERO) | - 107 - |
| 3.6.2 | PROCEDIMIENTO | - 108 - |
| 3.7 | DETERMINACIÓN DEL BLANCO DE HONGOS (SEMILLA) | - 109 - |
| 3.7.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 109 - |
| 3.7.2 | PROCEDIMIENTO | - 110 - |
| 3.8 | SIEMBRA DEL HONGO | - 110 - |
| 3.8.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 110 - |
| 3.8.2 | PROCEDIMIENTO | - 110 - |
| 3.9 | INVASIÓN MICELIAR DEL SUSTRATO Y PRODUCCIÓN | - 112 - |
| 3.9.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 112 - |
| 3.9.2 | PROCEDIMIENTO | - 112 - |
| 3.10 | COSECHA Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL HONGO | - 113 - |
| 3.10.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 113 - |
| 3.10.2 | PROCEDIMIENTO | - 114 - |
| 3.11 | VARIABLES | - 114 - |
| 3.11.1 | MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS | - 115 - |
| 3.11.2 | PROCEDIMIENTO | - 115 - |
| | CAPÍTULO IV | - 117 - |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | - 117 - |
| 4.1 | CARACTERIZACIÓN LIGNOCELULÓSICA INICIAL Y FINAL DEL SUSTRATO..... | - 117 - |
| 4.2 | DESARROLLO MICELIAR VERSUS EFICIENCIA BIOLÓGICA | - 120 - |
| 4.3 | TIEMPO DE DESARROLLO MICELIAR DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS | - 122 - |
| 4.4 | SUSTRATOS ÓPTIMOS PARA LA DEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS MADEREROS..... | - 123 - |
| 4.5 | BIOMASA | - 129 - |
| 4.6 | COMPARACIÓN ENTRE RÉPLICAS | - 129 - |
| 4.7 | INFORMACIÓN RELACIONADA AL CULTIVO DE OTROS HONGOS (<i>ostreatus</i>) EN RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA | - 130 - |

| | | |
|------|---|---------|
| 4.8 | ANÁLISIS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS..... | - 131 - |
| 4.9 | ANÁLISIS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE <i>Lentinula edodes</i> EN EL TRATAMIENTO CONTROL..... | - 133 - |
| 4.10 | ANÁLISIS DEL TIEMPO DE INVASIÓN DEL MICELIO DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS..... | - 134 - |
| 4.11 | ANÁLISIS DEL TIEMPO DE PIGMENTACIÓN DE LOS BLOQUES DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS | - 137 - |
| 4.12 | ANÁLISIS DEL NÚMERO DE HONGOS PRODUCIDOS DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS..... | - 138 - |
| 4.13 | ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE CARPÓFOROS DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS | - 140 - |
| 4.15 | ANÁLISIS DEL PESO FRESCO DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS | - 142 - |
| 4.16 | ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS | - 142 - |
| 4.17 | ANÁLISIS DEL TIEMPO TOTAL DEL CULTIVO DE <i>Lentinula edodes</i> EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS | - 144 - |
| 4.18 | ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL CULTIVO DE <i>Lentinula edodes</i> EN DIFERENTES RESIDUOS | - 145 - |
| | CAPÍTULO V | - 146 - |
| 5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | - 146 - |
| 5.1 | CONCLUSIONES | - 146 - |
| 5.2 | RECOMENDACIONES..... | - 147 - |
| | CAPÍTULO VI..... | - 149 - |
| 6. | RESUMEN | - 149 - |
| | SUMMARY | - 151 - |
| | CAPÍTULO VII..... | - 152 - |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | - 152 - |
| 7.1 | BIBLIOGRAFÍA IMPRESA | - 152 - |
| 7.2 | BIBLIOGRAFIA DE INTERNET | - 156 - |
| | CAPÍTULO VIII | - 157 - |
| 8. | ANEXOS | - 157 - |
| 8.1 | ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS | - 157 - |
| | FOTOGRAFIA A y B: RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA | - 157 - |
| | FOTOGRAFÍA C y D: ESTERILIZACION DE SUSTRATOS | - 158 - |
| | FOTOGRAFÍA E: ESTERILIZACIÓN DE FRASCOS PARA INOCULAR LA SEMILLA | - 158 - |
| | FOTOGRAFÍAS F, G, H e I: PREPARACION DEL SUSTRATO PARA LA SEMILLA- | - 159 - |
| | FOTOGRAFÍA J: SEMILLA DE TRIGO CON SHIITAKE EN MEDIO DE CULTIVO | - 159 - |
| | FOTOGRAFÍA K, y L: CRECIMIENTO MICELIAR DE LA SEMILLA EN CONDICIONES Y EQUIPO ADECUADO | - 160 - |

| | |
|---|---------|
| FOTOGRAFÍAS M, N, Ñ y O: SEMILLA DE SHIITAKE CON SUSTRATOS DIFERENTES | - 160 - |
| FOTOGRAFÍAS P, Q, R y S: CRECIMIENTO MICELIAR EN EL SUSTRATO.. | - 161 - |
| FOTOGRAFÍAS T, U, V y W: APARICIÓN DE PRIMORDIOS..... | - 161 - |
| FOTOGRAFÍAS X, Y: CRECIMIENTO DE SHIITAKE EN SUSTRATO DE EUCALIPTO | - 162 - |
| FOTOGRAFÍAS Z1 Y Z2: CRECIMIENTO DE <i>P. OSTREATUS</i> EN SUSTRATO DE EUCALIPTO | - 162 - |
| FOTOGRAFÍA Z3 y Z4: DISPOSICIÓN FINAL DEL RESIDUO MADERERO BASURAL EN SAN FRANCISCO DE POLÓN..... | - 162 - |
| 8.3 ANEXO N° 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL LABORATORIO CESTTA..... | 163 |
| 8.4 ANEXO N° 3: RESULTADOS DE AMINOÁCIDOS DEL LABORATORIO INIAP..... | - 164 - |
| 8.5 ANEXO N° 4: RESULTADOS DE MINERALES TOTALES Y PROXIMAL DEL LABORATORIO INIAP | - 165 - |
| 8.6 ANEXO N° 5: RESULTADOS VAN SOEST DEL LABORATORIO INIAP | - 166 - |
| 8.7 ANEXO N° 6: GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR CANTÓN POR m ³ | - 167 - |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------|---|-----|
| TABLA N° 1: | Características de las principales clases de hongos | 33 |
| TABLA N° 2: | Producción mundial de <i>L. edodes</i> peso fresco expresado en toneladas..... | 40 |
| TABLA N° 3: | Clasificación taxonómica..... | 41 |
| TABLA N° 4: | Composición de aminoácidos esenciales del <i>L. edodes</i> | 46 |
| TABLA N° 5: | Clasificación de cepas por temperaturas..... | 52 |
| TABLA N° 6: | Producción enzimática de los macromicetos | 62 |
| TABLA N° 7: | Composición lignocelulósica de las maderas..... | 64 |
| TABLA N° 8: | Clasificación determinada por el diámetro y por peso..... | 65 |
| TABLA N° 9: | Variables de control..... | 93 |
| TABLA N° 10: | Distribución de las muestras..... | 95 |
| TABLA N° 11: | Métodos de Análisis..... | 99 |
| TABLA N° 12: | Resultados del avance miceliar del análisis Van Soest..... | 118 |
| TABLA N° 13: | Resultado del análisis Van Soest expresados en porcentajes..... | 119 |
| TABLA N° 14: | Eficiencia biológica del <i>L. edodes</i> expresado en kilos y en porcentajes..... | 121 |
| TABLA N° 15: | Eficiencia biológica del <i>P. ostreatus</i> expresado en kilos y en porcentajes | 122 |
| TABLA N° 16: | Cantidad de industrias en la provincia de Chimborazo y residuos generados expresados en metros cúbicos..... | 122 |
| TABLA N° 17: | Disposición general del residuo maderero en la provincia de Chimborazo..... | 126 |
| TABLA N° 18: | Utilización del residuo maderero por Cantón..... | 128 |
| TABLA N° 19: | Cambios morfológicos del micelio en fase vegetativa después de 70 días..... | 131 |
| TABLA N° 20: | Tratamientos que presentaron fase vegetativa y reproductiva | 132 |
| TABLA N° 21: | Porcentaje de Carbono y Nitrógeno total de los residuos utilizados..... | 135 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|--------------|---|----|
| FIGURA N° 1: | Los cinco reinos..... | 30 |
| FIGURA N° 2: | Morfología de un hongo macromiceto..... | 42 |
| FIGURA N° 3: | Ciclo de vida de un Basidiomycete..... | 45 |
| FIGURA N° 4: | Macro localización de la provincia de Chimborazo..... | 91 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|---------------|--|-----|
| GRÁFICO N° 1: | Resultados Van Soest expresado en porcentajes..... | 119 |
| GRÁFICO N° 2: | Degradación del Eucalipto por proyección..... | 124 |
| GRÁFICO N° 3: | Degradación del Laurel por proyección..... | 124 |
| GRÁFICO N° 4: | Degradación del Pino por proyección..... | 125 |
| GRÁFICO N° 5: | Porcentaje Total de Biorremediación en la provincia de Chimborazo..... | 125 |
| GRÁFICO N° 6: | Aprovechamiento Total de los Sustratos en la provincia de Chimborazo..... | 127 |
| GRÁFICO N° 7 | Tiempo promedio de invasión del micelio de <i>Lentinula edodes</i> | 136 |
| GRÁFICO N° 8 | Cantidad promedio de hongos cosechados de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento analizado..... | 139 |
| GRÁFICO N° 9 | Tamaño promedio de los Carpóforos producidos de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento..... | 141 |
| GRÁFICO N° 10 | Porcentaje de eficiencia biológica de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento..... | 143 |
| GRÁFICO N° 11 | Tiempo promedio total de cultivo de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento analizado | 144 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | | |
|-------------------|---|-----|
| FOTOGRAFÍA N° 1: | Cultivo de Shiitake..... | 38 |
| FOTOGRAFÍA N° 2: | Aspecto del Shiitake..... | 43 |
| FOTOGRAFÍA N° 3: | Eucalipto..... | 66 |
| FOTOGRAFÍA N° 4: | Pino..... | 74 |
| FOTOGRAFÍA N° 5: | Esterilización de los diferentes sustratos..... | 92 |
| FOTOGRAFÍA N° 6: | Esterilización de los diferentes sustratos..... | 92 |
| FOTOGRAFÍA N° 7: | Toma de muestras en aserraderos..... | 98 |
| FOTOGRAFÍA N° 8: | Toma de muestras en aserraderos..... | 98 |
| FOTOGRAFÍA N° 9: | Esterilización del sustrato..... | 101 |
| FOTOGRAFÍA N° 10: | Preparación de los inóculos..... | 104 |
| FOTOGRAFÍA N° 11: | Disposición de las botellas para la incubación..... | 105 |
| FOTOGRAFÍA N° 12: | Preparación del inóculo con agar PDA..... | 105 |
| FOTOGRAFÍA N° 13: | Preparación del inóculo con agar SABOUROUD.... | 107 |
| FOTOGRAFÍA N° 14: | Pasteurización de los sustratos..... | 108 |
| FOTOGRAFÍA N° 15: | Pasteurización de los sustratos..... | 109 |
| FOTOGRAFÍA N° 16: | Siembra del hongo inoculado en trigo sobre diferen- tes sustratos..... | 111 |
| FOTOGRAFÍA N° 17: | Invasión miceliar del sustrato..... | 113 |
| FOTOGRAFÍA N° 18: | Producción de <i>L. edodes</i> Shiitake en eucalipto..... | 114 |
| FOTOGRAFÍA N° 19: | Producción de <i>P. ostreatus</i> Gírgolas en eucalipto..... | 115 |
| FOTOGRAFÍA N° 20: | Producción de <i>P. ostreatus</i> Gírgolas en eucalipto..... | 116 |
| FOTOGRAFÍA N° 21: | <i>Lentinula edodes</i> cultivado en Roble..... | 133 |
| FOTOGRAFÍA N° 22: | Formación de cuerpos fructíferos de <i>Lentinula edodes</i> | 138 |

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

| | | |
|----------------|---|----|
| DIAGRAMA N° 1: | Diagrama de flujo de los procesos planteados..... | 96 |
|----------------|---|----|

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|--------------|--|-----|
| CUADRO N° 1: | Total de residuos generados por año en toneladas | 126 |
|--------------|--|-----|

INTRODUCCIÓN

El reino Fungi, o reino de los hongos, comprende un grupo de organismos muy versátiles y diversos en su morfología, fisiología, ciclos de vida y ecología y de acuerdo a esto, se han estimado que existen más de 1.500.000 especies de hongos; sin embargo, solamente han sido definidas alrededor de 69.000 especies, en donde el 14% aproximadamente de las especies descritas son consideradas macroscópicas y de éstas, se estima que el 7% son comestibles, el 4% son medicinales y el 2% son tóxicas.

De los hongos comestibles descritos hasta el momento, se ha reportado que solamente una pequeña proporción de éstos, ha sido utilizada con fines alimenticios por el hombre, ya que poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales, y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, contando además con leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales).

Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne y/o pescados), bajo contenido de calorías y carbohidratos. Otra parte de estos hongos ha sido utilizada a nivel medicinal ya que se caracterizan por tener conocidas y reportadas propiedades medicinales, como producir retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras. (32)

Tal es el caso, que en los países orientales, los hongos son utilizados como alimento en su dieta diaria, llevando consigo un gran consumo, que actualmente, no es sólo para estos países, sino para el mundo entero.

En Latinoamérica estos hongos son apetecidos por su excelente sabor en platos de comida gourmet, y se ha observado que este producto moviliza cientos de millones de dólares y promueve la creación de varios puestos de trabajo para la población.

Según lo anterior, la gran demanda mundial generada por estos productos alimenticios, ha impulsado el estudio en Latinoamérica de nuevas formas de cultivos o de producciones a nivel industrial, con el fin de satisfacer el consumo. Indicando que el mercado de la producción de hongos comestibles es muy amplio y que a nivel de experimentación y cultivo, todavía queda mucho por explorar.

En esta región del mundo y especialmente en Ecuador, existe un gran potencial para el cultivo de especies comestibles de hongos, por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas e industrias. Debido a esto, un gran punto que se está explorando en la actualidad, es el aprovechamiento de residuos agroindustriales provenientes de la industria maderera, los cuales pueden ser enfocados en cultivos de hongos comestibles.

Uno de los hongos comestibles que se ha estudiado y cultivado durante los últimos años en Ecuador por pocas empresas, es *L. edodes* (Shiitake), debido a su calidad nutricional y medicinal. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o rico en fibra como troncos, ramas y bagazos. Para su cultivo se pueden utilizar otro tipo de materiales que contengan una composición similar a los residuos que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentran los residuos de la industria maderera, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin ningún tratamiento previo, y contribuyen de esta manera al daño del ecosistema (40)

En la provincia de Chimborazo, se generan mensualmente entre 30 y 40 Tn de residuos agroindustriales provenientes de la actividad de los aserraderos. Bajo esta premisa y alarmante necesidad de hallar una solución, es que nos planteamos el presente tema de investigación aprovechando los beneficios del cultivo del hongo *L. edodes* “Shiitake”.

La innovación de la presente investigación radicó en el uso de hongos para aprovechar los residuos provenientes de la industria maderera; por consiguiente, se logró acelerar los periodos de remediación gracias a las características propias del hongo.

Debido a que el hongo *L. edodes* “Shiitake” posee la capacidad de desarrollarse sobre residuos agrícolas y forestales de bajo costo, además de que sus inóculos puedan ser producidos masivamente mediante técnicas convencionales de uso industrial, es que elegimos realizar un aprovechamiento de los residuos agroindustriales y demostrar además los beneficios de la biorremediación por medio del uso de este hongo como un método de limpieza de basurales a cielo abierto; el que además, constituye una alternativa viable, económica y segura.

JUSTIFICACIÓN

La generación de desechos como producto de la actividad humana, tiene a nivel mundial características críticas, no sólo por su cantidad sino también por su calidad, la cual cada vez resulta más perjudicial para el ambiente.

Latinoamérica en general no es la excepción, pues presenta una dinámica de generación de desechos tal que los mismos se producen a un ritmo mayor que el de la producción de soluciones de manejo ambientalmente adecuadas. Se sabe que existen problemas con la generación de desechos: agrícolas, domésticos, industriales y comerciales.

Los desechos agrícolas que se destacan tradicionalmente en Latinoamérica son los de café, banano y, caña de azúcar. Existe también en los últimos años generación de otros que surgen como consecuencia de las políticas de diversificación agrícola existentes en varios países; entre estos desechos se pueden mencionar los provenientes de la industrialización y comercialización de flores, productos alimenticios, madereros, tabaco y cervecería entre otros. (38)

Uno de los problemas ocasionados por el mal manejo de desechos es la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Una de las causas del mencionado mal manejo es la falta de planificación de las actividades urbanas e industriales y la ausencia de acciones correctivas y preventivas que enfrenten el problema de manera integral.

En general los cuerpos de agua de Latinoamérica están afectados en su calidad por aportes puntuales y no puntuales de materias que van desde sedimentos, aguas negras, desechos industriales y agropecuarios hasta agroquímicos. (40)

Ante la problemática planteada, existen esfuerzos tendientes a contribuir a la solución de los problemas involucrados. Uno de los procedimientos abordados para dicho fin, es el uso de los desechos sólidos no peligrosos, o materiales orgánicos, como materia prima para producir compost y/o hongos comestibles.

Lo anterior tiene como objetivo, no sólo contribuir a la solución de los problemas acarreados por los desechos, sino también a generar productos útiles de alto valor agregado y proteínico como es, el cultivo de hongos comestibles y las lombrices de tierra, así como productos que aporten nutrientes a los suelos, como en el caso del compost.

En la actualidad los hongos comestibles se vienen incorporando de manera cada vez más amplia tanto a la dieta humana como animal, ya que de hecho constituye una alternativa para satisfacer las necesidades nutricionales en los países subdesarrollados.

La afirmación anterior se da por razones como:

- ✓ Los bajos costos de producción,
- ✓ El empleo de tecnologías sencillas en el proceso productivo y,
- ✓ Características y propiedades de los hongos.

En la ciudad de Riobamba y en toda la provincia de Chimborazo, se utilizan en mayores proporciones las siguientes maderas: Eucalipto, Pino y Laurel aunque también y en menores proporciones, el Chanul, Chunchu, Ciprés, Manzano, Colorado, Chonta, Guayacán, Bálsamo, Sandy, Capirona, Caoba, Teca, etc.

Al descubrir la gran cantidad de maderas que se trabajan en la provincia y las tan marcadas diferencias en sus usos y derivados, decidimos comenzar previamente con un censo de industrias que nos brindara real magnitud de la problemática y, recoger a manera de encuesta en cada aserradero e industria, la información que nos permita indicar la cantidad, el destino y la frecuencia en la forma de disponer de los residuos de la industria maderera.

Realizando el trabajo de campo (Censo de industrias como nuevo objetivo específico) pudimos averiguar y cuantificar la cantidad de industrias que generan el residuo motivo de la investigación (Tabla N° 16)

Los desechos que generan la actividad agroindustrial en nuestro país producen deterioro de la calidad de los suelos y de carga orgánica en las aguas, además de la introducción de agentes anti fisiológicos en estas últimas como el resultado de un desequilibrio ecológico.

Los hongos desempeñan un papel importante en la degradación de materiales lignocelulósicos que son los únicos organismos que descomponen y metabolizan eficientemente la lignina permitiendo su uso directo en la alimentación animal. (40)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar, caracterizar y aprovechar el hongo *Lentinula edodes* “Shiitake” para la disposición final del residuo de la industria maderera en la Provincia de Chimborazo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar el material lignocelulósico inicial y final de los diferentes residuos madereros.
2. Hallar el rendimiento miceliar del hongo *L. edodes* “Shiitake” determinando el porcentaje de eficiencia biológica en los diferentes tratamientos.
3. Evaluar el tiempo de desarrollo miceliar del *L. edodes* “Shiitake” en los diferentes tratamientos con residuos madereros.
4. Determinar en qué tipo de sustrato se puede aplicar el inóculo del hongo *L. edodes* “Shiitake”, para biorremediar los residuos provenientes de la actividad maderera.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES

En una época de la historia, cuando el conocimiento biológico estaba limitado a lo que podía ver el ojo humano, el mundo viviente estaba dividido en dos reinos: vegetal y animal. Lineo en su publicación “Species Plantarum” en 1753, clasificó a los hongos en el reino vegetal, debido a que éstos presentan pared celular.

Con el desarrollo del lente óptico, y el posterior avance del microscopio electrónico, se logró una mayor distinción a nivel subcelular de los organismos clasificándolos en Eucariota y Procariota, siendo la forma Procariota la más primitiva desde el punto vista evolutivo. (26)

Los hongos empezaron a separarse del reino vegetal por su composición química, la cual es diferente entre las paredes celulares de los hongos y la de los vegetales, pues la ausencia de clorofila y de cloroplastos, los obliga a desarrollar una digestión extracelular por medio de la secreción de enzimas hidrolíticas y la posterior absorción del alimento predigerido a través de su pared celular y membrana plasmática.

Estas características unidas a los análisis filogenéticos, los llevaron a formar parte del reino Micetos o Fungi. (33)(40)

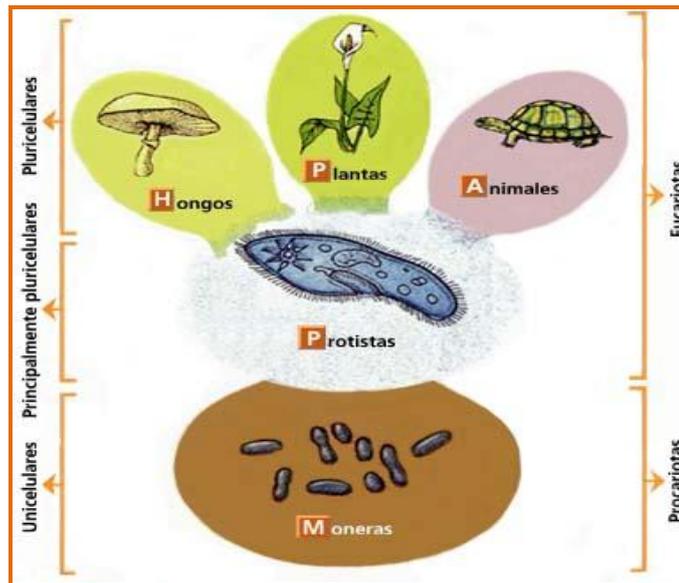


FIGURA N° 1: LOS CINCO REINOS

Fuente: Kendrick 1985.

Dentro del reino de los hongos, éstos son descritos como organismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos, que carecen de clorofila; por lo tanto, son heterótrofos, es decir, obtienen sus alimentos por absorción y el componente principal de sus paredes celulares es la melanina.

El tallo o cuerpo vegetativo en los hongos filamentosos, está constituido por filamentos delgados llamados hifas, las que presentan crecimiento apical y en conjunto integran el micelio.

Los hongos se dividen en microscópicos y macroscópicos. En el caso de los hongos macroscópicos, el micelio está representado por la masa de apariencia algodonosa y por lo regular blanquecina que forman un cuerpo de reproducción.

Dentro de los hongos macroscópicos se encuentran los Ascomicetos y Basidiomicetos, los cuales presentan una reproducción asexual y/o sexual.

Los hongos macroscópicos son también llamados hongos Macromicetos y presentan distribución cosmopolita debido a que pueden desarrollarse en cualquier tipo de clima y se encuentran distribuidos por toda la biosfera, existiendo variedad de géneros que pueden crecer entre los 4°C y los 60°C, desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000 m.s.n.m. y, en diferentes tipos de sustratos. (18)(34)

Las setas son macro hongos con órganos reproductores, productores de esporas, característicos de la clase de los Basidiomicetos y algunos géneros están clasificados dentro de los Ascomicetos.

De las aproximadamente 16.000 especies de la clase de los Basidiomicetos, se ha sugerido que más de 10.000 especies producen basidiocarpos (estructura multicelular, sobre la que se dispone el himenio productor de esporas) de tamaño y textura adecuada para ser considerados como una fuente de alimento. (26)

1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS

Tradicionalmente los hongos fueron clasificados con base en sus características citológicas y morfológicas como son el ciclo de vida, las características estructurales de los gametos, los esporocarpos y las esporas.

Recientemente, las investigaciones en las áreas de bioquímica, genética y biología molecular, han suministrado información importante que modifica el sistema de clasificación, con el objeto de ampliar el conocimiento del origen y evolución de los organismos existentes.

El Reino Fungi abarca cinco divisiones: Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota y Deuteromycota.

Los Deuteromicetos se diferencian de las otras cuatro por no poseer sexualidad y por reproducirse en formas asexuales por medio de conidios.

En los Chytridiomicetes la sexualidad involucra la fusión de gametos móviles y en los Zygomycetos la reproducción sexual se realiza por la fusión de los gametangios y por la posterior formación de una zigospora de pared celular gruesa.

En los Ascomycetos las cepas compatibles se reúnen de diferentes formas, realizando una fusión de núcleos compatibles (cariogamia) y una posterior división nuclear reduccional (meiosis) en la célula asca madre.

Dentro del asca (estructura en forma de bolsa) las meiosporas sufren de divisiones ecuacionales (mitosis), formándose así las ascosporas. (7)

En los Basidiomicetos las cepas compatibles son reunidas por medio de la somatogamia (fusión de células vegetativas que no están sexualmente diferenciadas) con la formación de hifas dicarióticas.

La cariogamia y posterior meiosis se presenta en una célula en forma de mazo llamado basidio.

Después de la meiosis, los núcleos haploides salen a través de unos cortos pedúnculos en el basidio (esterigmas) y entran a la espora en desarrollo, las cuales se les conoce como basidiosporas.

Los basidios se encuentran localizados en capas himeniales fértiles que forman parte del basidiocarpo o comúnmente llamada seta. (26)(33)

TABLA N° 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES CLASES DE HONGOS

| División | Plasmogamia | Cariogamia | Meiosis | Tipo de cruce |
|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|
| Chytridiomycota | Fusión | En el cigoto | Cigótica | -- |
| Zygomycota | Copulación Gametangial | Zigospora | Cigótica | Unifactorial |
| Ascomycota | Copulación Gametangial | Precedida por dicarionfase y cariogamia | Meiosporas dentro de asco | Unifactorial |
| Basidiomycota | Somatogamia Espermatización | Dicarionfase y cariogamia | Meiosporas dentro de basidio | Unifactorial y bifactorial |

Fuente: Miles & Chang. 1997

1.3 HONGOS MACROMICETOS

Los hongos macromicetos están formados por largas hifas ramificadas que se reúnen en cordones y cuerpos de reproducción visible y medible en centímetros. Son saprófitos ya que crecen en materia descompuesta absorbiendo la materia orgánica, en simbiosis con plantas formando micorrizas o, como parásitos sobre árboles. Algunos son comestibles, otros venenosos e incluso pueden producir efectos psicoactivos y hasta la muerte. Suelen crecer en la humedad que proporciona la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz. (32)

1.4 ASCOMYCETES

Los Ascomycetes pueden ser encontrados en gran variedad de hábitats: suelos, aguas, coprófilos (en excrementos de herbívoros), saprobios de animales y plantas, parásitos incluyendo al hombre. Se encuentran miembros microscópicos y macroscópicos, por lo general son epígeos, sin embargo, existen miembros enteramente hipógeos. (18)

Estos hongos pueden ser unicelulares o estar formados por un micelio con hifas de paredes quitinosas, con septos transversales incompletos (presentando un poro central).

Las hifas, pueden ser uni o multinucleadas, homocarióticas o dicarióticas ramificadas. La principal característica de estos hongos es que como producto de su reproducción sexual, se forman unos sacos o bolsas llamados ascos los cuales, contienen en su interior a las esporas de origen sexual (ascosporas).

Los cuerpos productores de ascos se denominan ascocarpos. No existen células flageladas a ningún nivel.

Algunas especies se asocian con ciertas algas formando líquenes, conocidas como ascolíquenes. (18)

En la gran mayoría de las especies se forman cuerpos fructíferos macroscópicos ó microscópicos que contienen uno o muchos ascocarpos, sin embargo algunas especies, no forman cuerpos fructíferos ni ascocarpos y los ascos quedan al descubierto y diseminados en el micelio. (32)

1.5 BASIDIOMYCETES

Las esporas que dan nombre al grupo, son las basidiosporas producidas exógenamente en órganos especiales, llamados basidios.

En los Basidiomycetes superiores se producen cuatro basidiosporas típicamente y los basidios se encuentran en líneas aserradas o en las laminillas de los grandes basiocarpos carnosos.

Los Basidiomycetes inferiores tienen un ciclo vital más complicado y su lugar en la clasificación no es muy seguro.

Un buen número de especies de Agaricales (hongos con laminillas) pueden desarrollarse en cultivos artificiales. (35)

Una actividad muy importante de los basidiomicetos es, *la descomposición de la madera*, papel y otros derivados de productos naturales. Estos basidiomicetos, por lo tanto, son capaces de producir celulasas o enzimas capaces de catabolizar la lignina y utilizarla como fuentes de carbono y energía.

La descomposición de la lignina en la naturaleza es difícil y es realizada por un reducido grupo de hongos basidiomicetos, que producen la llamada podredumbre de la madera.

Existen dos tipos de podredumbre la marrón, en la que solamente se degrada la celulosa pero no la lignina y la blanca, en la que ambos polímeros son degradados eficientemente. (35)

1.6 ORDEN AGARICALES

Los hongos del orden Agaricales, son hongos que se caracterizan por tener esporas color café chocolate, presentar anillos diferentes a partir de un velo parcial y laminillas o agallas libres. Lo integran especies comestibles, venenosas y mortales. (13)

Son de gran importancia económica para el hombre por sus diferentes usos, en la alimentación, medicina, agricultura, industria, etc.

Pueden ser saprófitos, parásitos o micorrízicos.

1.7 CICLO BIOLÓGICO

La forma de reproducción de los hongos, es a través de las esporas. Los hongos superiores poseen en el himenio unas células madres que son las encargadas de producir las esporas y en el caso de los Basidiomicetes, estas células son llamadas Basidios mientras que en los Ascomicetes son llamadas Ascos.

Las esporas son lanzadas por el himenio al exterior y si se depositan en lugares húmedos y de condiciones favorables, darán origen al micelio y éste, crecerá bajo tierra dando origen a una seta con Basidios o Ascos en su himenio, los cuales producirán las esporas que luego serán expulsadas al exterior y así sucesivamente formando el ciclo de reproducción del hongo.

1.8 MACROHONGOS O SETAS CULTIVADAS

Las setas han sido consumidas por el hombre como parte de la dieta normal por miles de años y en los últimos tiempos, han aumentado las cantidades abarcando un gran número de especies.

Los cultivos en los años 80 y 90, corresponden a la dramática aceleración en la producción mundial total de setas. Llevando consigo, a comercializarse las “Seis grandes setas”: Agaricus, Pleurotus, Lentinula, Auricularia, Volvariella y Flammulina. (27)

Dentro de las más importantes, está el *L. edodes* “Shiitake”, el cual es el tercer hongo cultivado en el mundo, pertenece al Reino Fungi, a la familia Tricholomataceae.

El *L. edodes* “Shiitake” es un hongo tradicional de Japón, Corea y China, es apreciado tanto por su sabor, como por sus beneficios sobre la salud.

Ha sido cultivado en las regiones montañosas de Asia por más de mil años mediante técnicas tradicionales y solo en los últimos treinta años, se comenzó el estudio de técnicas superiores de cultivo para lograr rendimientos adecuados para su comercialización al mundo occidental. (27)

1.9 APLICACIONES

El cultivo de hongos comestibles comenzó en Estados Unidos en 1880, seguido por Canadá en 1912, mientras que en América Latina estos cultivos se iniciaron en México en 1933. Colombia fue el segundo país de América del Sur en realizar este tipo de cultivos en 1950. (12)(13)

Las tecnologías tradicionales emplean hongos en diversos campos, tales como la industria alimenticia, por ejemplo para darle aroma a algunos alimentos, la industria

farmacéutica para la producción de antibióticos y en la producción de bioquímicos por ejemplo el ácido cítrico, etc.

1.10 *Lentinula edodes* “SHIITAKE”



FOTOGRAFÍA N° 1: CULTIVO DE SHIITAKE (SUSTRATO DE ASERRÍN DE SAUCE)

El *L. edodes*, conocido comúnmente con el nombre de “Shiitake”, es un hongo que pertenecía a una variedad regional de Asia oriental. Hoy en día, es cultivada como una seta y considerada un alimento gourmet y tradicional en todo el mundo, especialmente por su exquisito sabor como por sus beneficios sobre la salud. (12)

El nombre de Shiitake es tomado del idioma japonés, donde “Shii” es un tipo de árbol (El Roble, *Quercus* sp.), donde crece naturalmente y “take” significa hongo. También se le conoce como “hongo negro del bosque” o “Shiang-gu” del chino hongo con aroma.

Actualmente el Shiitake figura entre los más populares de los hongos y ocupa el segundo lugar en la producción mundial de hongos. (12)(13)

1.11 HISTORIA

El cultivo de *L. edodes* “Shiitake” tiene sus orígenes en las regiones montañosas de China 1000 años atrás, en las provincias hoy en día conocidas como Llung-Chyan, Ching-Yuan y Jung-Ning (30), para después desarrollarse en Japón 500 años más tarde.

Este primitivo semi-cultivo, dependía de la suerte debido a que básicamente el método consistía en hacer pequeñas ranuras en los troncos derribados y esperar a que el viento transportara consigo las esporas de *L. edodes* para colonizar la madera.

Este método, carente de control de las condiciones climáticas y de otros elementos naturales, limitaba considerablemente el éxito del cultivo. Solo después de 60 años, el Dr. Mori de Kiryu, desarrolló el método en donde el micelio del Shiitake, crece en un sustrato de madera como semillas, para después ser inoculado directamente en los troncos de producción. (30)

Históricamente el señor Wu San Kwung fue conocido como el que originó el cultivo del hongo *L. edodes*. Él nació durante la dinastía Sung (960-1127) en Qingyuang, al suroeste de Zhejiang: Condado nombrado oficialmente en 1994 como “la ciudad del hongo *L. edodes*”. (37)

La producción de *L. edodes* en Qingyuang ha crecido de 2.765 toneladas de hongo fresco en 1986, a 42.202 en 1993 y llegó a 106.599 en 1997.

A nivel mundial la producción del hongo *L. edodes* aumentó en 277.5% entre 1985 y 1997.

La producción que inicialmente se limitaba a Asia ya ha comenzado en USA, Australia, Canadá, Brasil, Latinoamérica y en otros países de Europa. (12)

TABLA N° 2: PRODUCCIÓN MUNDIAL DE *L. edodes* PESO FRESCO, EXPRESADO EN TONELADAS.

| País | 1985 | | 1991 | | 1994 | | 1997 | |
|---------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | volumen | % | volumen | % | volumen | % | volumen | % |
| China | 35 | 13.9 | 266 | 57.4 | 438.2 | 71 | 537.6 | 71.1 |
| Japón | 159.1 | 63.3 | 149.2 | 32.2 | 132.5 | 21.5 | 115.3 | 16.5 |
| Corea | 16.4 | 6.5 | 12 | 2.6 | 15.4 | 2.5 | 11.9 | 1.7 |
| Taiwán | 34.3 | 13.6 | 25.8 | 5.6 | 19.6 | 3.3 | 18.9 | 2.7 |
| Otros | 6.6 | 2.6 | 10.2 | 2.2 | 11.9 | 1.9 | 14 | 2 |
| Total | 251.4 | 100 | 463.2 | 100 | 617.6 | 100 | 697.7 | 100 |

FUENTE: OEI 2003.

Nota: Con relación a los datos de producción del hongo *Lentinula edodes* “Shiitake” en la República del Ecuador, pudimos averiguar que solo existe un productor en la ciudad de Aloag pero, no hemos podido acceder a la información y/o rendimientos del cultivo, por diferentes motivos (Políticas de la empresa, datos confidenciales, etc.)

1.12 CLASIFICACIÓN

El hongo Shiitake taxonómicamente (33) se encuentra clasificado de la siguiente manera:

TABLA N° 3: CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

| | |
|----------------|------------------|
| REINO | Fungi |
| PHYLLUM | Basidiomycota |
| CLASE | Basidiomycetes |
| ORDEN | Agaricales |
| FAMILIA | Tricholomataceae |
| GENERO | Lentinula |
| ESPECIE | Edodes |

FUENTE: MILES & CHANG. 1997

1.13 MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN

Las principales partes que componen un hongo macromiceto (33) son:

- **Mucílago:** Membrana exterior que recubre el sombrero y el pie. Fundamental para determinar la especie, tanto por su estructura como por su color. La cutícula puede ser lisa, rugosa, seca, viscosa, presentar restos en forma de escama, verrugas, estrías y también puede estar fuertemente adherida al sombrero, o ser fácilmente separable.
- **Píleo:** La parte más ancha de la seta. Situado encima del pie, puede presentar una amplia gama de colores y tiene la forma de un paraguas, aunque con muy diferentes diseños: esféricos, acopados, cónicos, acampanados, ramificados.
- **Himenóforo:** Parte inferior del sombrero, sostiene al himenio, donde se encuentran las esporas de origen sexual.
- **Pie:** Sostiene el píleo, puede ser recto o curvado y comúnmente cilíndrico.
- **Anillo:** Parte residual procedente del velo y situado bajo el sombrero cuando éste se expande, tiene como misión proteger el himenio y facilitar la maduración de las esporas.
- **Volva:** Parte subterránea y membranosa que rodea la base del pie de algunas especies en forma de círculos, cónica o libres, de pie esférico.

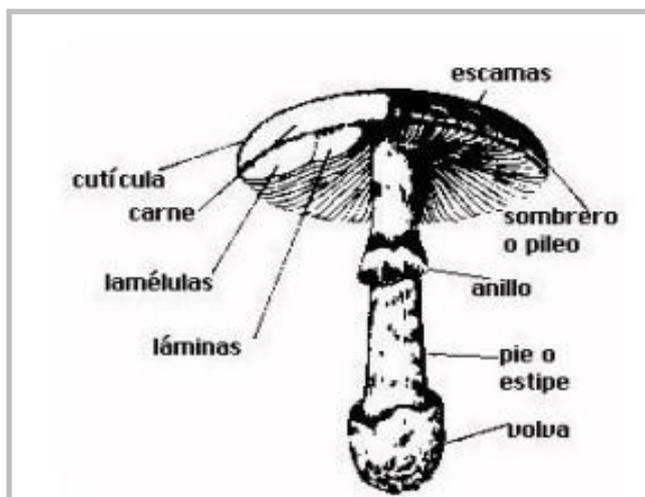


FIGURA N° 2: MORFOLOGÍA DE UN HONGO MACROMICETO

Respecto al Shiitake, este tipo de hongo, se caracteriza por tener un sombrero de 5 a 15 cm de diámetro, semiesférico. Inicialmente presenta un color café oscuro casi negro pero con el tiempo su color cambia a café claro. (13)

La forma del sombrero en algunas ocasiones puede ser irregular, sin embargo, normalmente el hongo al principio debe estar un poco enrollado a medida que se desarrolla debe ser encorvado y finalmente cuando alcanza la madurez su sombrero se vuelve aplanado.

Otro indicador importante del desarrollo del hongo, son las manchas o pelusa que aparece irregularmente en el sombrero, inicialmente son puntos de color blanco pero pueden llegar a tomarse de color café cuando el hongo se está deteriorando.

FOTOGRAFÍA N° 2: ASPECTO DEL SHIITAKE



1.14 CICLO DE VIDA DE LOS HONGOS MACROMICETOS

Los hongos se reproducen por esporas, éstas son lanzadas al exterior al abrirse el píleo para la propagación de la especie.

La espora es transportada por el viento y depositada en un lugar favorable y en condiciones adecuadas, permitiendo que la espora germine, formando un largo filamento de células vivas, denominado hifa.

La hifa crece a partir de su extremo apical permitiéndole deslizarse hacia delante. El material vegetal encontrado en su camino es descompuesto por medio de enzimas liberadas hacia el exterior de la hifa. Los nutrientes liberados son absorbidos y utilizados para sustentar el crecimiento y la fructificación. (41)

De esta manera, cualquier alimento encontrado es eficientemente recogido y la colonia se expande para localizar nuevas fuentes de alimento. (33)

La reiterada ramificación y el crecimiento de las hifas forman la extensa red de células llamada micelio que es la parte vegetativa del organismo fúngico; es decir, el cuerpo viviente del hongo. A la intemperie, los micelios de las setas pueden observarse a menudo creciendo bajo la corteza suelta que queda sobre los árboles caídos o dentro de pilas de hojas o de broza del bosque, donde aparece como un crecimiento piloso de color blanco. (41)

En el caso de los Basidiomycetes los cuerpos fructíferos contienen en la zona himeneal láminas, poros o tubos, en donde se encuentran los basidios. Los basidios son células especializadas en forma de bolsa, en cuyo extremo se desarrollan exteriormente 4 esporas o basidiosporas.

En la mayoría de las setas se forman cientos de miles de basidios que producirán millones de esporas que son liberadas una vez que han madurado y posteriormente serán esparcidas por el viento. (40)

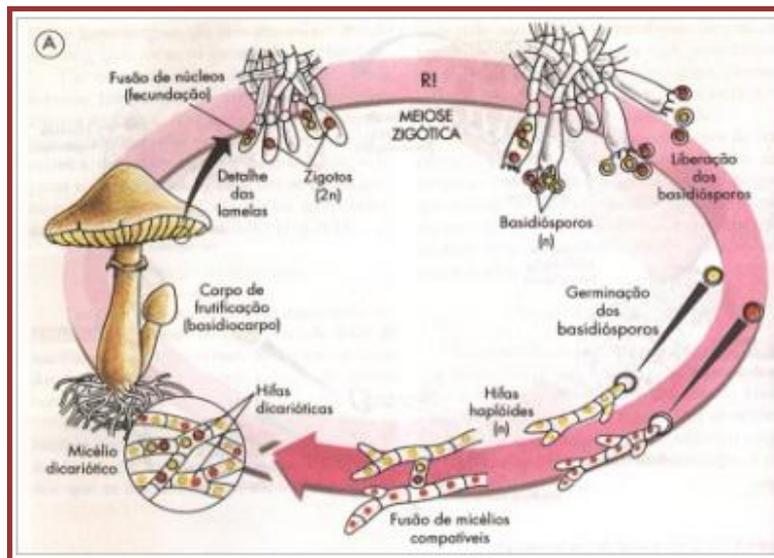


FIGURA Nº 3: CICLO DE VIDA DE UM BASIDIOMYCETE

1.15 VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN

El valor nutricional contenido en 100 gramos es (34):

- 2-5% (35) calorías.
- 13-18% de proteínas.
- Menos de 1 g. de colesterol.
- 7.3 g. de carbohidratos.
- 6-15% (8 g.) de fibra.
- 7.8 mg. de tiamina (53% mdr).
- 5.0 mg. de riboflavina (29% mdr).

- 5.5 mg. de niacina (27.5%).
- Alto contenido en vitamina D2 (200 iu – 50%), B2 y B12.

El contenido de agua en los hongos es del 85 al 90% y el carbón total es del 40 al 50% del peso seco. El contenido de nitrógeno varía en los reportes publicados entre 2.27 y 5.13% y un análisis de aminoácidos esenciales, revela que todos están presentes en altas concentraciones. (Anexo N° 8.4)

Con relación al contenido de grasas, se encuentran en mayor porcentaje los ácidos grasos no saturados, debido a la presencia principalmente del ácido linoléico. El *L. edodes* es una buena fuente de vitaminas, así como de minerales, donde sus cantidades dependen de la edad de la muestra fresca. (39)

TABLA N° 4: COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DEL *L. edodes*.

| Aminoácidos | <i>L. edodes</i> |
|--------------------|-------------------------|
| Leucina | 348 |
| Isoleucina | 218 |
| Valina | 261 |
| Triptófano | Nd |

| | |
|--|-------------|
| Treonina | 261 |
| Fenilalanina | 261 |
| Metionina | 87 |
| Histidina | 87 |
| Lisina | 174 |
| Arginina | 348 |
| Total de aminoácidos esenciales | 2045 |

FUENTE: CRISAN. 1978

1.16 PROPIEDADES MEDICINALES

- ANTI-CÁNCER: Este tipo de hongo posee Lentinan que es un agente anti-cáncer. También antioxidantes, posee vitaminas A, E, C, y selenio.
- ANTI-INFECCIONES VÍRICAS: El hongo Shiitake estimula la producción en el organismo de interferón, el cual tiene efectos antiviral.
- HORMONA DEL CRECIMIENTO: Se ha experimentado recientemente que invierte algunos de los factores que causan envejecimiento en el ser humano.

- **REDUCCIÓN DEL COLESTEROL:** Esto es gracias a la Eritadenina y también a la parte fibrosa de hongos que tienen quitina, sus propiedades son aumentadas por el Lentinan.
- **REDUCCIÓN DE LA PRESIÓN ARTERIAL.**
- **PREVENCIÓN DE TROMBOSIS:** Investigadores de Bangkok y Hawai han demostrado experimentalmente que el Shiitake, previene la trombosis en las arterias coronarias.
- **BAJO NIVEL DE AZÚCAR EN SANGRE:** Los niveles bajos de hidrato de carbono y la lisina, previenen la formación de azúcar en la sangre. (6)

1.17 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CRECIMIENTO

Los requerimientos nutricionales del micelio son relativamente simples y por ser un organismo heterótrofo, necesita de una fuente externa de carbono orgánico.

Tanto la presión del oxígeno como el pH, ejercen efectos sobre los procesos metabólicos y, por ende, sobre la capacidad de las setas de emplear ciertas sustancias para sus necesidades nutricionales. (26)

A. Fuente de carbono:

Las setas emplean una variedad de compuestos orgánicos para sus requerimientos de carbono. Tales compuestos proporcionan tanto el carbono estructural, como la energía para los procesos metabólicos.

Entre estas fuentes están los monosacáridos, polisacáridos, ácidos orgánicos, aminoácidos, alcoholes y productos naturales, tales como la celulosa y la lignina. Los compuestos vegetales constituyen el principal sustrato para los hongos en la naturaleza, en especial la pared celular debido a que están compuestas por celulosa, hemicelulosa y lignina. Las enzimas extracelulares excretadas por las hifas degradan estos polisacáridos insolubles hasta unidades solubles, que son llevados a las células y utilizados en las diferentes vías metabólicas de glicólisis, ciclo de krebs (ciclo del ácido cítrico o ciclo de los ácidos tricarbóxicos) y vía de las pentosas, con el fin de obtener energía y sintetizar las estructuras fungales.

B. Fuente de nitrógeno:

El suministro de nitrógeno es necesario para la síntesis de todos los compuestos que contienen nitrógeno como las proteínas, purinas, pirimidinas y para el componente de la pared celular melanina, la cual está compuesta de unidades enlazadas de β (1-4) N-acetilglucosamina. Las fuentes que suministran el nitrógeno son las sales de nitrato, sales del ión de amonio y compuestos con contenido de nitrógeno orgánico, como los aminoácidos.

C. Fuente de sulfuro:

El sulfuro se utiliza en mayor parte en forma de sulfatos y se hallan normalmente en el medio fungal como sulfato de magnesio. Éste es un elemento constitutivo de los aminoácidos cisteína y metionina, presentándose de igual forma en las vitaminas tiamina y biotina.

D. Fuente de fósforo:

El fósforo está presente en el trifosfato de adenosina (ATP), ácidos nucleicos y fosfolípidos de las membranas, siendo un compuesto energético que participa en la síntesis de proteína y en el movimiento de materiales a través de las membranas. El fósforo se encuentra en el medio en forma de fosfato de potasio, en una concentración de alrededor de 0.0004 M.

E. Fuente de potasio:

El fosfato de potasio proporciona tanto el potasio como el fósforo. El potasio es el elemento metálico de requerimiento nutricional más abundante en los hongos, debido a que tiene la función de cofactor (componente no proteico, termoestable y de bajo peso molecular) en algunos sistemas de enzimas y sus requerimientos se suplen por el medio de cultivo cuando se halla en una concentración de 0,0001 a 0,0004M.

F. Fuente de magnesio:

El magnesio se encuentra comúnmente en forma de sulfato de magnesio y todos los hongos necesitan de este microelemento puesto que los sistemas enzimáticos, incluyendo los involucrados en el metabolismo del trifosfato de adenosina (ATP), son activados por el magnesio a una concentración de 0,0001M.

1.18 REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA EL CRECIMIENTO

El crecimiento y el desarrollo se ven afectados no sólo por los factores nutricionales, sino también, por los factores físicos; los cuales están relacionados con tres parámetros:

- 1) el mínimo es el valor debajo del cual no ocurre el crecimiento,
- 2) el máximo es el valor por encima del cual el crecimiento no ocurre, y
- 3) el óptimo en el cual se produce el mayor crecimiento.

Los valores de los factores físicos también están influenciados por otras condiciones que afectan el crecimiento, como: la nutrición, condiciones climáticas, las características genéticas de la cepa del hongo y la fase de crecimiento del micelio (26).

A. Concentración ión hidrógeno:

Una unidad de diferencia en pH significa una diferencia de 10 veces en la concentración del ión hidrógeno [H⁺]. El hongo *L. edodes* crece dentro un rango de pH de 3,0 a 6,0 con un óptimo de 4,5 a 5,5 en la fase vegetativa, y de 3,5 a 4,5 para la formación de los primeros primordios de la fase reproductiva. (14) Sin embargo, existen variaciones que pueden afectar el rango y el valor óptimo, el cual es, de acuerdo con la información bibliográfica (7), un rango relativamente amplio cuando el hongo crece en nutrientes fácilmente solubles. Sobre la actividad enzimática, la disociación de moléculas en iones se ve afectada por el pH así como la permeabilidad de las membranas puede presentar un desequilibrio en la fuerza motriz de protones que interviene en el transporte de nutrientes a través de ésta. (23)

En las diferentes etapas de la investigación (Incubación y cultivo) se controló el pH de los sustratos con el agregado de Sulfato de Calcio (Yeso) en la proporción de 5 % del peso del sustrato. Esto además, facilita el desarrollo miceliar desde el punto de vista físico. El control y determinación del pH en ambas etapas, se logra con la utilización de un pH metro (24)

B. Temperatura:

La temperatura es uno de los factores más estudiados, no sólo por su importancia sobre el crecimiento y desarrollo, sino también por ser relativamente fácil de estudiar en los laboratorios. El papel de la temperatura está relacionado con la actividad enzimática, la cual generalmente aumenta a medida que lo hace la temperatura. Pero este aumento cesa cuando se llega al valor máximo, debido a que las proteínas se pueden desnaturizar por las altas temperaturas, interrumpiendo así, el crecimiento del hongo. La temperatura óptima del crecimiento vegetativo de *L. edodes* es de 25°C. Por debajo de 5°C o por encima de 35°C, el crecimiento del micelio se detiene, y en temperaturas más elevadas, como 45°C en medio líquido, el micelio muere después de 40 minutos. (8)

Las cepas de *L. edodes* se pueden clasificar en base a la temperatura de fructificación. (5)(30)

TABLA N° 5: CLASIFICACIÓN DE CEPAS POR TEMPERATURA

| Cepa | Temperatura |
|----------------------------|-------------|
| Cepas de temperatura baja | 10 °C |
| Cepas de temperatura media | 10 – 15 °C |
| Cepas de temperatura alta | 20 – 30 °C |

FUENTE: QUIMIO 1990

C. Humedad:

La humedad es un factor importante en las diferentes etapas del desarrollo del hongo, razón por la cual, es necesario controlar los niveles óptimos de humedad considerando la humedad del sustrato y la humedad relativa de la atmósfera en la cual crece el hongo. Por lo general se maneja una humedad relativa del ambiente del 50 al 75% en la fase vegetativa del *L. edodes* y del 80 al 95% en la etapa de fructificación (8). Estos rangos permiten el buen desarrollo del hongo en sus diferentes etapas con poca pérdida del contenido de humedad del sustrato debido a la evaporación.

D. Luz:

El hongo *L. edodes* es un organismo fototrófico, lo cual explica la necesidad de la luz para su desarrollo, en especial en la fase reproductiva de su ciclo vital, en donde impulsa el origen de los primordios y está relacionada con el posicionamiento del estípite y el píleo.

La cantidad de luz se mide en unidades lux (36):

Donde: $E = (I/r^2) \times \cos 2$

E: Unidades lux.

r^2 : Área.

I: Vatios.

En la etapa de pigmentación la incidencia de luz debe ser de 50 unidades lux aproximadamente, e incrementa a 100 unidades lux en la etapa de fructificación. (30)

E. Aireación:

La aireación cumple un papel importante porque mantiene la relación de oxígeno - dióxido de carbono, los cuales determinan la velocidad de desarrollo del micelio y la generación de características físicas no deseadas en los basidiocarpos como por ejemplo la formación de estípites largos o de la deformación de los hongos. (39)

1.19 CULTIVO

Entre los diversos procesos controlados de aprovechamiento de desechos agrícolas y forestales del mundo, ninguno es comparable al del cultivo de hongos comestibles.

El valor global mundial del cultivo de hongos, fue estimado en 1994 en algo menos de 16 billones de dólares por año.

Esta cifra ubica a la producción de hongos comestibles en un nivel comparable con el de la industria del café (si bien ambos mercados tienen características y comportamientos propios, y muy distintos).

En la naturaleza el hongo *L. edodes* crece como un organismo saprófito dentro de maderas de hojas anchas de la familia Fagaceae, siendo el sustrato colonizado con mayor frecuencia el de los géneros *Quercus* sp. (Roble).

1.20 SEMILLAS

Las semillas del *L. edodes*, pueden obtenerse sobre diferentes sustratos. Generalmente se utilizan granos de trigo, granos de cebadas y algunas virutas de aserrín de diferentes especies de madera. La disponibilidad del material determina el sustrato para la preparación de las semillas del hongo. (39)

Todos los materiales deben esterilizarse antes de la inoculación con el hongo y su posterior inoculación, se debe realizar bajo cabina de flujo laminar y con las normas de bioseguridad necesarias para trabajar en un laboratorio; todo lo anterior, es para evitar la contaminación del cultivo por partículas o esporas de otros hongos suspendidas en el aire. (30)

Es necesario considerar las siguientes características cuando se solicita semilla de laboratorios comerciales:

- Referencia del tipo de sustrato.
- Resistencia a mohos.
- Velocidad de colonización.
- Facilidad de fructificación.
- Sensibilidad al choque térmico.
- Tamaño, forma, color y sabor de la seta.
- Características del hongo en almacenamiento.
- Temperatura de cultivo.

Las semillas deben mantenerse lejos de los rayos directos del sol y de las altas temperaturas.

Para tiempos mayores a un mes, es necesario almacenar las semillas a temperaturas de refrigeración de 4°C a 6°C, y antes de su inoculación se recomienda hacerle una climatización a 21°C durante dos a cinco días. (41)

1.21 TRONCOS

El cultivo de Shiitake sobre troncos de madera, se realiza con una previa selección de árboles, debido a que los rendimientos en la producción dependen de la especie.

Se cortan los troncos sanos, de un metro de largo y 12 a 15 cm de diámetro, en estado de dormancia, preferiblemente en invierno o a principios de la primavera, por dos razones principales, el micelio del Shiitake requiere de carbohidratos para su crecimiento; y los carbohidratos en la madera, se encuentran en mayor concentración en los árboles en latencia.

Además la corteza debe encontrarse intacta, lo que garantiza una mayor protección para evitar organismos competidores. (41) Se inocula la semilla de *L. edodes* en pequeños orificios de 3 cm x 3 cm.

Después del corte e inoculación del tronco, es importante mantener la humedad, sellando los espacios de inoculación con parafina, evitando de esta manera la deshidratación y posterior muerte del micelio del hongo. (30) Los troncos se colocan en una inclinación de 45° (grados) o en forma horizontal, uno sobre otro, y la colonización puede durar entre 6 a 18 meses, dependiendo de la clase de madera, tamaño del tronco, tipo de semilla, cantidad de semilla y las condiciones ambientales como la humedad y la temperatura. (30)

La colonización se presenta en los dos primeros meses y después son trasladados a la zona en donde las condiciones óptimas de crecimiento se presentan una temperatura de 18°C a 27°C, una humedad relativa entre 50 y 70% y una circulación moderada de aire fresco. (39) La producción se realiza en una zona donde la humedad es más alta y la temperatura disminuye. La mayoría de las cosechas se presentan en las épocas de primavera y otoño. El número de cosechas lo determina la especie del sustrato y generalmente se reportan de 5 a 6 cosechas por tronco. (30)

1.22 TRONCOS ARTIFICIALES

Una técnica nueva de cultivo para obtener setas durante la mayor parte del año, se basa en la producción en bandejas, donde un gran conjunto de materiales son utilizados como sustratos. Los materiales más comúnmente utilizados en la producción industrial de Shiitake, son viruta de madera y corteza (13)(31) y se encuentran en estudio los materiales que incluyen paja de trigo, avena, centeno, sorgo, algodón y arroz y, subproductos del algodón y de la industria cervecera (cascarillas de semilla y desperdicios del tamizado), heno, tallos de plantas de maíz, desperdicios del café, bagazo de caña de azúcar (13), productos de la industria papelera (diarios, cartones) entre otros.

El desarrollo de técnicas comerciales para la producción de Shiitake en bolsas, en especial a base de viruta de aserrín, fue desarrollada hace más de 30 años atrás en Japón, Taiwán y China. En donde las fórmulas para las mezclas, varían dependiendo de la disponibilidad de los materiales en las diferentes regiones.

Las concentraciones varían dependiendo de la fórmula, pero siempre utilizándose la mezcla de sustratos en una relación aproximada de 78% de carbohidratos, 20% nitrógeno, 1% azúcar y 1% de estabilizadores de pH.

Después de mezclar los diferentes materiales con una humedad de entre 55 y 68% (depende de la capacidad de absorción del material), el sustrato es empacado en bolsas de polipropileno o polietileno de alta densidad con una capacidad de 2 Kg.

Estas bolsas son esterilizadas en el autoclave a 121°C por una hora (24) o eventualmente a 95°C por cinco a siete horas (25); para a continuación ser inoculadas con la semilla de *L. edodes*.

La invasión del micelio en las bolsas toma de 18 a 100 días (dependiendo del material) con una incubación a 25°C, en donde el sustrato disminuye aproximadamente el 10% de su peso en humedad. A los 40 días de crecimiento del micelio, la superficie colonizada empieza una pigmentación a color café oscuro con la presencia de ciertos exudados y aglomeraciones de micelio, que en el futuro formarán los primordios.

En el momento de la producción, la bolsa es retirada y el sustrato es sometido a una temperatura de 14°C a 16°C, humedad del 95 a 98%, incidencia de luz de aproximadamente 50 unidades lux y una concentración de CO por debajo de 1.200 ppm.

Los primordios aparecen de 7 a 10 días y éstos alcanzan su estado de madurez de 11 a 14 días después de retirada la bolsa (30).

El número de cosechas es aproximadamente 3 a 4 cosechas dependiendo del sustrato utilizado.

El rendimiento del sustrato se evalúa a través del porcentaje de eficiencia biológica (9):

$$\% \text{ Eficiencia biológica} = \frac{\text{Peso fresco de los hongos}}{\text{Peso seco del sustrato}} \times 100$$

1.23 METABOLITOS

Para asegurar el desarrollo (crecimiento y producción), el hongo Shiitake, como todos los microorganismos, utiliza las fuentes de carbono y de energía que encuentra en su entorno, degradándolos con ayuda de enzimas extracelulares apropiadas.

Los productos restantes, absorbidos selectivamente y sometidos a la actividad de enzimas endocelulares, son transformados en moléculas más pequeñas que suministran la energía y los precursores indispensables para la biosíntesis de los aminoácidos, nucleótidos, vitaminas, azúcares y ácidos grasos entre otros; es decir, los metabolitos denominados primarios, constituyen los elementos a partir de los cuales son sintetizadas las moléculas esenciales.

Los intermediarios en la biosíntesis de estos últimos productos y las reacciones catabólicas y anabólicas relacionadas con todas estas transformaciones, se incluyen igualmente entre los metabolitos primarios. (22)

De los metabolitos primarios, se derivan los metabolitos secundarios, que no son indispensables para el crecimiento del hongo, pero, tienen un papel muy importante en el área de la medicina y la investigación. (26)

Las propiedades medicinales de algunos metabolitos exudados por los hongos, han sido reconocidas desde hace mucho tiempo en China, Japón y Corea.

En los últimos años se ha presentado un enorme desarrollo en las actividades relacionadas con productos medicinales derivado de los hongos y en especial del *L. edodes*. (6)(34)

El hongo *L. edodes*, es considerado un producto natural y nutracéutico (nutritivo y farmacéutico) debido a que presenta compuestos que han sido extraídos de la seta y del micelio vegetativo, que posee propiedades tanto medicinales como nutricionales.

Se ha encontrado que los metabolitos de los nutricéuticos pueden exhibir características tales como:

- Antitumorales,
- Moduladores inmunológicos y,
- Propiedades hipocolesterolémicas.

Estos metabolitos, pueden ser refinados hasta un cierto grado, antes de ser incorporados en una cápsula o en una tableta, lo que se consume entonces como suplemento dietético o con propósitos terapéuticos. (26)

El hongo *L. edodes*, es un excelente productor de ergosterol el cual es convertido a vitamina D2 cuando se expone a los rayos ultravioleta. Esta vitamina favorece la absorción de calcio y fósforo en el tracto intestinal, evitando alteraciones en el colon. (28)

1.24 SUSTRATOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE SHIITAKE

El hongo *L. edodes* es un organismo que obtiene sus requerimientos nutricionales de fuentes no vivas, básicamente de elementos lignocelulósicos de las paredes celulares de plantas. El hongo produce enzimas que son excretadas al ambiente convirtiendo estos compuestos insolubles en solubles, y así poder ser llevados a través de la pared celular fungal y la membrana celular, al citoplasma en donde son metabolizados. (7)

La pared celular vegetal está compuesta básicamente de celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales les brindan rigidez y protección a la planta.

La celulosa es un componente fibrilar constituida por un polímero lineal de restos de D-glucosa unidos por enlaces β (1-4) glucosídicos.

Cada molécula presenta una rotación de 180 grados con respecto a las moléculas contiguas, estabilizadas por la formación de puentes de hidrógeno intramoleculares entre OH-3'-O-5 y OH-2-OS-6'. La ausencia de cadenas laterales unidas a la estructura lineal de las cadenas de β (1-4) glucano, permite la formación de agregados moleculares (microfibrillas) estabilizados por puentes de hidrógeno intermoleculares entre OH6-OS3, confiriéndole una estructura cristalina. (10)

Después de la celulosa, el componente presente en mayor proporción, es la hemicelulosa, la cual está compuesta de polisacáridos neutros que presentan una cadena lineal relativamente larga con ramificaciones cortas de varias clases de azúcares como:

- Pentosas: xilosas y arabinosas,
- Hexosas: manosas, glucosas y galactosas y,
- Ácidos urónicos como: el ácido galacturónico y el ácido glucurónico. (23)

La composición de la hemicelulosa varía dependiendo de la especie y se ha determinado que pueden unirse mediante puentes de hidrógeno a las cadenas de β (1-4) glucano de la celulosa, formando una red que limita la separación de las microfibrillas y proporciona mayor rigidez a la pared. (10)

La lignina es un polímero constituido por restos fenilpropanoides derivados casi exclusivamente de los ácidos p-cumárico, coniferílico y sinapílico, unidos entre sí por enlaces éter (C-O-C) o C-C. La composición monomérica, así como el tipo de enlace entre ellos y su organización en la macromolécula varía entre las diferentes especies.

Su presencia en las paredes celulares secundarias, distribuida en los espacios entre la celulosa y la hemicelulosa, desplaza el agua por su carácter hidrofóbico, aumentando tanto, la resistencia química, como la física y la rigidez de las mismas. (7)(10)

La bioconversión de los materiales de desecho de las plantas forma parte de un alimento de alto contenido proteínico para el hongo. Éste al excretar diferentes enzimas específicas, degrada los polisacáridos de alto peso molecular a monómeros más fáciles de asimilar.

TABLA N° 6: PRODUCCIÓN ENZIMÁTICA EXTRACELULAR DE LOS MACROMICETOS

| ACTIVIDAD ENZIMÁTICA | FUNCIÓN | COMPUESTO EN EL SUSTRATO | ACTIVIDAD ENZIMÁTICA |
|---|------------------------------|--------------------------|--|
| Lacasa | Biodegradación de la lignina | Fenoles o lignina | Compuestos aromático de menor peso molecular |
| Endocelulasa Exocelulasa β -Glucosidasa | Degradación de la celulosa | Celulosa | Azúcares |
| Xilanasas | Degradación del xilán | Xilán (Hemicelulosas) | Azúcares |
| Proteasa | Degradación de la proteína | Proteínas | Aminoácidos |
| Fosfatasa | Liberación del ión fosfato | Ésteres de fosfato | Desconocido |

| | | | |
|--------------|------------------------|-------------|---|
| Lipasa | Degradación de lípidos | Desconocido | Desconocido |
| DNAsa | Degradación de DNA | DNA | Azúcares, base de ácido nucléico, fosfatos. |
| RNAsa | Degradación de RNA | RNA | Azúcares, base de ácido nucléico, fosfatos. |
| Laminarinasa | Degradación del glucán | Glucanes | Azúcares |

FUENTE: MILES & CHANG. 1997

Los materiales a base de viruta de madera, pueden ser de las familias Meliaceae, Fagaceae, Myrtaceae y Pinaceae, entre muchos otros.

Sin embargo Quimio (1990), reporta mayores rendimientos en el cultivo de Shiitake sobre maderas duras.

1.25 COMPOSICIÓN MADERAS

TABLA N° 7: COMPOSICIÓN LIGNOCELULÓSICA DE LAS MADERAS

| Especie | Celulosa (%) | Hemicelulosa (%) | Lignina (%) | Cenizas (%) | Extractos (%) | Otros (%) |
|----------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------|
| Madera blanda | 41 | 24 | 27.8 | 2 | 0.4 | 4.8 |
| Madera dura | 39 | 35 | 19.5 | 3.1 | 0.3 | 3.1 |

FUENTE: BALLARD. 1997

1.26 FACTORES DE CALIDAD

En los países en donde los alimentos son abundantes, las personas los seleccionan en función de un número de factores que, en conjunto, determinan la calidad del producto. La calidad se puede definir como un grado de excelencia e incluye aspectos como el sabor, la morfología y el contenido nutricional, además de comprender características específicas que influyen la aceptabilidad por parte del consumidor.

Cuando se selecciona y se consume un alimento, intervienen la vista, el olfato, el gusto, el tacto e incluso el oído; estos sentidos clasifican las propiedades organolépticas en tres categorías: aspecto, textura y sabor. Existen otros factores de calidad que no se ponen de manifiesto en la determinación sensorial, pero son igualmente importantes:

La calidad nutricional, que frecuentemente se determina mediante un análisis químico o instrumental de los nutrientes específicos; la calidad sanitaria, el cual establece los recuentos microbianos, y la vida útil o estabilidad durante el almacenamiento (28)(38)

La estandarización de la calidad del *L. edodes*, fue determinada por el estado de China y Japón por ser los productores y exportadores principales a nivel mundial. Las características morfológicas que debe cumplir este hongo para ser comercializado, considerado de alta calidad, se observan en la forma hemisférica y completa del píleo; el cual debe estar abierto en un 70 a 80%. (36)

TABLA N° 8: CLASIFICACIÓN DETERMINADA POR EL DIÁMETRO Y POR EL PESO

| Hongos tipo exportación | Diámetro del píleo | Peso en gramos del píleo |
|--|---------------------------|---------------------------------|
| Grande (Large) | 6 - 8 cm. | > 35 g. |
| Mediano (Medium) | 4 - 6 cm | 30 - 35 g. |
| Pequeño (Small) | 3.5 - 4 cm | 25 - 30 g. |
| Hongos para el mercado nacional | Diámetro del píleo | Peso en gramos del píleo |
| Hongo nacional | < 3.5 cm | < 25 g. |

Fuente: Ting, 1994

1.27 RESIDUOS AGROINDUSTRIALES MADEREROS

1.27.1 EUCALIPTO

El género *Eucalyptus* engloba un número aproximado de 600 especies. La especie "globulus" fue observada por primera vez en la costa SE de Tasmania en 1792. El eucalipto llegó a Europa tras el viaje del capitán Cook, explorador británico, que viajó a Australia en 1774. En España lo introdujo, también procedente de Australia, el padre Rosendo Salvado en 1846, mediante el envío de semillas a su familia en Tui. (41) Actualmente se considera una de las especies forestales más difundidas del mundo.

Existen cuatro subespecies de *Eucalyptus globulus*:

- *E. globulus*, *E. maidenii*, *E. pseudoglobulus* y *E. bicostata*.

La subespecie más difundida y presente en la Península ibérica es el *Eucalyptus globulus*.

FOTOGRAFÍA N° 3: EUCALIPTO.



1.27.2 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

| | |
|-----------|---------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Myrtales |
| Familia: | Myrtaceae |
| Género: | Eucalyptus |
| Especies | Más de 700 |

1.27.3 CARACTERÍSTICAS

Los eucaliptos son árboles de porte recto pudiendo llegar a medir hasta 80 m de altura, la corteza exterior (ritidoma) es marrón clara con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior, más lisa.

Las hojas jóvenes de los eucaliptos son sésiles, ovaladas y grisáceas, alargándose y tornándose coriáceas y de un color verde azulado brillante de adultas; contienen un aceite esencial, de característico color balsámico, que es un poderoso desinfectante natural. Presenta flores blancas y solitarias con el cáliz y la corona unidos por una especie de tapadera que cubre los estambres y el pistilo (de esta peculiaridad procede su nombre, eukalypto en griego significa "bien cubierto") la cual, al abrirse, libera multitud de estambres de color amarillo.

Los frutos son grandes cápsulas de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas. (41)

1.27.4 HÁBITAT

Los eucaliptos son especies alóctonas -extranjeras-, plantadas para ornamento y para producción de sombra; en latitudes más lluviosas se plantan intensivamente para la obtención de pasta de papel, lo que a menudo se ha hecho a costa de la destrucción de extensas zonas naturales.

En Colombia se encuentran sobre todo en entornos artificiales, aunque existen rodales en el cauce de algunos arroyos y en varios puntos de las riberas de los ríos. (41)

1.27.5 CLIMA

Prefiere los climas húmedos y sin heladas. Se ha implantado, erróneamente, en zonas de menores precipitaciones, en los que sufre fuertes ataques de *Phoracantha* cuando aparecen años de veranos muy secos.

Se presentan frecuentemente daños por heladas por debajo de unos -3°C (especialmente si las heladas se producen cuando el árbol está brotando) y siempre si las temperaturas descienden de -5°C . Si bajan de -6°C a -8°C es posible que el arbolado llegue incluso a morir, especialmente si son prolongadas (no suele soportar más de 10 días de heladas por año). (21)

Si se producen en tiempo de sequía o en periodo de actividad vegetativa (heladas primaverales tardías), las plantas más jóvenes, sufren o mueren, ya que son muy sensibles.

La resistencia a las heladas aumenta recién, al alcanzar los 2 o 3 años de edad. (41)

1.27.6 USOS TRADICIONALES

Los eucaliptos, junto a algunas especies de coníferas, son los principales productores mundiales de pasta de papel, por lo que son intensivamente plantados, sobre todo en países de clima seco donde otros árboles resultan ser mucho menos productivos.

Poseen numerosos productos de interés industrial y medicinal, incluyendo diversos tipos de gomorresinas y de aceites esenciales; entre éstos últimos, se destaca la riqueza de eucaliptol, compuesto tradicionalmente utilizado para descongestionar y desinfectar las vías respiratorias. Los vahos con hojas de eucalipto fueron un remedio popular ampliamente extendido para el tratamiento de las bronquitis y otras enfermedades pulmonares. (41)

Además en la actualidad se encuentran distribuidos por gran parte del mundo y debido a su rápido crecimiento frecuentemente se emplean en repoblaciones forestales, para la industria papelera, maderera o para la obtención de productos químicos, además de su valor ornamental.

1.28 CHUNCHO

El Chuncho es una madera de excelentes propiedades mecánicas que la hacen apropiada para la fabricación de puertas, muebles y otros elementos en la construcción de viviendas. Es resistente ante el ataque de hongos e insectos, lo que junto a un tratamiento adecuado, le confiere mayor confiabilidad y se obtiene productos de mayor durabilidad. Gracias a sus excelentes características la madera no presenta defectos y se pueden obtener acabados de la mejor calidad. (16)

1.28.1 IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIE

Nombre científico: *Cedrelinga catenaeformis* - (Ducke).

Familia: LEG. MIMOSOIDEAE.

Nombre comercial internacional: Tornillo, Cedro Rana.

Otros nombres: Cedrarana (Bra.), Achapo (Col.), Mara Macho, Seique, Chuncho (Per.).

Área de distribución: Bosque húmedo tropical y bosque húmedo subtropical. Provincia de Esmeraldas.

Región y frecuencia: Es considerada como una especie principal en la región de la Amazonía.

Grupo comercial: Es clasificada como especie valiosa.

1.28.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

Copa: Redonda dominante abierta, hojas compuestas, bipinadas.

Tronco: Recto cilíndrico, altura total hasta 40 m.

Corteza: Color pardo oscuro, apariencia rugosa.

1.28.3 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DE LA MADERA

Color albura: Rosado.

Color: Rojizo claro.

Olor: Característico, urticante.

Sabor: No distintivo.

Brillo: De mediano a brillante.

Grano: Recto.
Veteado: Líneas vasculares oscuras.
Textura: Gruesa.

1.28.4 DESCRIPCIÓN ANATÓMICA

Anillos de crecimiento:

Número Promedio: 14 anillos.
Visibilidad: Visibles a simple vista.
Poros y porosidad: Difusa.
Tipo: Solitarios y múltiples radiales.
Forma: Ovalada, la mayoría abiertos.

Parenquina:

Visibilidad: Visible con lupa de 10 x.
Cantidad: Regular.
Tipo: Paratraqueal vasicéntrico.

Radios:

Visibilidad: Visibles con lupa de 10 x.
Contraste: Ausente.
Estratificación: Ausente.

1.28.5 PROPIEDADES FÍSICAS

Contenido de humedad en verde: 83 %
Densidad Básica: 0,44 g/cm³
Densidad al 12% de humedad: 0,55 g/cm³

| | |
|--------------------------|--------|
| Contracción radial: | 3,2 % |
| Contracción tangencial: | 0,55 % |
| Contracción volumétrica: | 9,9 % |
| Relación T/R: | 2,2 |

1.28.6 RESISTENCIA MECÁNICA

| | |
|---------------------------|------------------------------|
| Módulo de elasticidad: | 99 x 1000 Kg/cm ² |
| Módulo de rotura: | 693 Kg/cm ² |
| E.R. compresión paralela: | 693 Kg/cm ² |
| Corte radial: | 87 Kg/cm ² |
| Dureza lateral: | 373 Kg |
| Tenacidad: | 2,88 Kg-m |

1.28.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Operación: Fácil de procesar mecánicamente, buen acabado superficial.

Preservación: Moderadamente permeable en operaciones de preservación.

Durabilidad: Durable, resistente al ataque de hongos e insectos.

Secado: Las operaciones de pre-secado y secado artificial son rápidas, no presentan defectos.

1.28.8 USOS TRADICIONALES

- Construcción.
- Puertas.
- Ventanas.
- Muebles.
- Láminas de enchape.

1.29 PINO PÁTULA

El pino mexicano amarillo o pino Pátula es una especie arbórea de las Pináceas. Pueden llegar de 20 a 40 m de altura, corteza papirácea, escamosa y rojiza. Crece desde los 24° a 18° de latitud norte y entre los 1800 y 2700 m.s.n.m. No soporta grandes períodos de temperaturas tan bajas como -10° C, pero ocasionalmente las resiste y aún más bajas.

Es moderadamente tolerante a la sequía, en este ámbito es superior que *Pinus taeda*. El rango de lluvias va desde los 750 a 2000 mm anuales, y ocurre principalmente en verano pero en el estado de Veracruz en la Sierra Madre Oriental su hábitat es lluvioso todo el año. (20)

1.29.1 NOMBRE COMÚN

El nombre más común es el de Pino llorón, aunque también tiene otros nombres como: pino ocote (México) pino colorado, pino candelabro, pino gelecate (Puerto Rico).

1.29.2 CULTIVOS Y USOS

Se le explota principalmente por su buena calidad de papel que proporciona y se le ha introducido en diversas partes del mundo.

Se ha plantado en grandes altitudes en Ecuador (3500 m), Bolivia, Colombia (3300 m), Kenya, Tanzania, Angola, Zimbabwe, Papúa Nueva Guinea, Hawái (3000 m). En Hawái está reemplazando a los herbazales alpinos nativos. Es cultivado en más bajas altitudes que en su país de origen: Sur de Brasil, Sudáfrica, India, y en las provincias argentinas de Córdoba y San Luis es plantado con fines de forestación para crear bosques artificiales en tierras que anteriormente estaban cubiertas por matorrales.

Ha sido introducido cerca del nivel del mar: Nueva Gales del Sur, Australia, donde se expande naturalmente por el viento y es muy favorecido por las lluvias que son más abundantes en verano. También ha sido introducido en Nueva Zelanda con propósitos comerciales y está totalmente naturalizado. También se le ha introducido en el Reino Unido como ornamental y crece bien. (11)



FOTOGRAFÍA N° 4: PINO

1.29.3 CARACTERÍSTICAS

Árbol perenne de la familia de las pináceas de hasta 40 m de altura, aunque normalmente alcanza los 25. Tallos erectos, con fisuras en la corteza, marrón grisácea en la parte inferior y rojo anaranjada o pardo rojiza, en la parte superior y en las ramas. La ramificación es completa en los ejemplares más jóvenes, presentando una forma piramidal bien definida.

A medida que se va haciendo mayor, va perdiendo las ramas de debajo quedando un tronco muy alto desnudo con unas pocas ramas en la parte superior que le dan un aspecto más desgarrado y con la copa más plana. (10)

Sus hojas son verde-azuladas, de entre 3 y 8 cm de longitud, punzantes y dispuestas en pares. Hojas jóvenes doblemente alargadas y dispuestas en grupos de 3 o 4. Piñas femeninas casi cónicas puntiagudas, pardas o grises, de hasta 6 cm de largo, solitarias o dispuestas en parejas o en tríos sobre cortos pedúnculos. Semillas aladas de hasta 4 mm de longitud de color negro grisáceo. La polinización se lleva a cabo en primavera. Las piñas tardan casi dos años en madurar. (11)

1.29.4 HÁBITAT

Constituye el pino, el árbol más extendido y abundante de las zonas frías tanto de Europa como de Asia. Es un árbol que crece prácticamente en toda Europa pero que alcanza una dimensión especial en los bosques de coníferas del norte de Europa, especialmente en Escandinavia donde forma bosques puros. Otras veces aparece en latitudes dentro de bosques de picea (*Picea abies*) o en bosques de abedules, (*Betula pendula*) junto con otros árboles tan conocidos como el álamo temblón (*Betula pendula*) y arbustos tan conocidos como el serbal silvestre (*Sorbus aucuparia*).

Se extiende más hacia el Este por toda Siberia, formando bosques mixtos con el pino siberiano (*Pinus sibirica*) Es el árbol que debería ocupar la parte más septentrional de Europa hasta donde alcanza el límite de los árboles. Sin embargo, la taiga Escandinava o bosque boreal situado entre los 50° y 70° de Latitud Norte se encuentra en la actualidad colonizada por bosques de abedul.

Se trata de bosques de transición dado que el abedul es una especie colonizadora que se aprovecha de los huecos que quedan después de los incendios. Al tratarse de un árbol de crecimiento rápido y amante de la luz, es capaz de repoblar en un periodo de 60 años las tierras que tendrían que estar ocupadas por pinos silvestres. (17)

1.29.5 EL CULTIVO DEL PINO PÁTULA

Necesita un riego abundante, porque se encuentra adaptado a la montaña, entre los 200 y 2000 metros, con precipitaciones alrededor de los 700 mm anuales. Crece rápido si recibe el aporte hídrico adecuado.

1.29.6 USOS DEL PINO PÁTULA

Producción de madera: El pino es una de las coníferas más utilizadas en silvicultura. Las grandes plantaciones de pinos son explotadas para la producción de madera.

La madera de la parte interna o madera de duramen, es de color marrón o marrón rojizo, incluso rosáceo con vetas. Es una madera que aguanta muy bien los ataques de los hongos y es muy resistente a la putrefacción.

La madera de la parte externa o madera de albura, es amarillenta, tiene un veteado menor y una menor resistencia.

1.29.7 USOS TRADICIONALES

Desde los comienzos el hombre ha utilizado la corteza y las raíces de los pinos, para diferentes finalidades. Así, por ejemplo, con la corteza interna del pino se debe haber utilizado como alimento tal como lo demuestra la existencia de pan elaborado en el norte de Europa con este material. El pan finlandés o "pettu" se ha elaborado tradicionalmente de una manera habitual en época de poca comida disponible. El pino fue utilizado por los romanos por sus virtudes medicinales tal como aparece en las numerosas descripciones de Dioscórides. (19)

1.29.8 COMPONENTES

Ácidos: ascórbico (hojas) abiético (Resina, savia) ascórbico, butírico, cafeico, cáprico, caproico, clorogénico (hojas) ferúlico, protocatecuico (corteza) abiético, pimárico (colofonia)

Taninos (Corteza)

Terpenos: alfa-pineno, beta-pineno, borneol (Hojas, aceite esencial y resina) alfa-felandreno, beta-mirceno (hojas) alfa-terpineno (raíz) canfeno, D-mirceno, limoneno (Resina, savia) D-limoneno, sabineno (hojas) P-cimeno (Aceite esencial, resina) dipenteno (resina)

Terpenoides: Alcanfor (Aceite esencial de las hojas)

Compuestos aromáticos: estragol, anetol, (aceite esencial, resina)

Carotenos (hojas)

Glúcidos: Pinitol: (Hojas, corteza) fructosa, glucosa, sacarosa (corteza) maltosa (Planta)

Escoparol: (Hojas)

Pinocarveol (Aceite esencial de las hojas)

Flavonoides: Luteína (hojas), quercetina (corteza) (19)

1.29.9 PROPIEDADES MEDICINALES DEL PINO

Una planta para las enfermedades del pecho.

El pino ayuda a reducir los espasmos bronquiales, al mismo tiempo que ejerce una función anti infecciosa y astringente. El pino contiene cerca de 40 principios antibacterianos y una cantidad muy elevada de taninos, de manera que los preparados con este árbol ayudan a eliminar los microorganismos y disminuyen las mucosidades de los canales respiratorios. (17)

Una de los componentes más destacados de esta planta, es la esencia de pino que se puede fabricar de todas las partes de la planta.

Sus propiedades antisépticas, mucolíticas y expectorantes, han sido utilizadas en numerosas enfermedades del aparato respiratorio.

Hay que añadir que esta planta constituye un buen antipirético, es decir que es capaz de rebajar la fiebre que acompaña a numerosas enfermedades del pecho.

Entre las numerosas aplicaciones, se destacan las siguientes:

- Bronquitis, Tos, Resfriado, Faringitis, Sinusitis, etc.

Los ácidos cafeico, clorógeno y ascórbico, le confieren propiedades diuréticas capaces de incrementar la producción de orina.

Esta propiedad, unida a sus propiedades antiinflamatorias y antibacterianas, puede aprovecharse para el tratamiento de enfermedades del aparato urinario y de otras anomalías en las que la eliminación de líquidos puede resultar necesaria.

1.29.10 OTRAS APLICACIONES

Usos industriales

A) Oleorresinas: De los pinos y otras coníferas se obtienen oleorresinas, llamadas trementinas.

Del pino se obtiene la trementina común, a partir de la destilación en agua o vapor de agua se obtienen otros productos como:

Aceite esencial de trementina o aguarrás que se utiliza fundamentalmente en la industria de pinturas como disolvente.

Colofonia: La colofonia o pez griega constituye el residuo sólido que estaba disuelto en el aceite esencial de trementina y que queda libre después de la destilación.

Presenta un color pardo o amarillo claro, aunque puede ser incluso transparente. La colofonia presenta muchas aplicaciones en farmacia y en la industria en general:

La goma de los chicles, parte de la composición de los neumáticos, barnices, pinturas, colas, jabones, polvo de escalada, aislante de circuitos eléctricos, crema para las cuerdas de los violines, excipiente de esparadrapos, etc.

Galipodio: El galipodio constituye un tipo de resina que se obtiene por la evaporación espontánea del aceite esencial de trementina endurecida sobre la corteza de los árboles.

B) Brea de pino y carbón vegetal: La brea de pino se obtiene por destilación seca de la madera de los tocones y las raíces de pino.

Esta madera es sometida a calor y a presión, con lo cual se produce carbón vegetal y brea. La brea se utiliza especialmente como aislante.

1.29.11 OTRAS ESPECIES DE PINO

Además del pino Pátula, existen otras especies de pinos con propiedades similares. Entre todos mencionaremos los siguientes:

- Pino blanco: (*Pinus halepensis*)

- Pino piñonero (*Pinus pinea*)

- Pino marítimo (*Pinus pinaster*)

- Pino negro (*Pinus uncinata*)

1.29.12 DISTRIBUCIÓN DE LOS PINOS

Existen aproximadamente unas 120 especies de pinos.

Su distribución incluye la mayor parte del hemisferio norte desde Escandinavia a Alaska y prácticamente hasta el Ecuador, al igual que en algunas regiones como Sumatra.

En África solamente aparecen en el norte.

Sin embargo los pinos más conocidos y utilizados son los situados en el norte de Eurasia y entre ellos el pino rojo. (29)

1.30 PINO RADIATA

1.30.1 CARACTERÍSTICAS

Posee una copa aplanada o abovedada en su madurez, con ramas inferiores extendidas. Tiene el tronco recto con ritidoma grueso de color pardo-rojizo.

Las hojas de agujas de unos 15 cm de longitud agrupadas en tres.

Estróbilos ovoides de 7-14 cm de longitud agrupados en parejas o verticilos de 3-5 con las escamas externas muy prominentes.

Se ha introducido en Europa, Nueva Zelanda, sudoeste de Australia, Chile, Brasil y Sudáfrica. Las mayores plantaciones están en Chile y Nueva Zelanda, donde estas exceden el 80 % de la superficie total de plantación.

Con frecuencia se utiliza como cortavientos.

1.30.2 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Pinus radiata es una especie original de California. Se desarrolla mejor en suelos silíceos y muy profundos. Prefiere climas templados o cálidos, puesto que no soporta las temperaturas muy bajas ni las heladas, y necesita bastante humedad, aunque tolera algo de sequía estival.

1.30.3 USOS TRADICIONALES

Es una especie de gran interés para la industria por la calidad de su madera y su rápido crecimiento, que hace que su cultivo comience a dar beneficios en pocos años.

Su madera se aprovecha para diferentes fines, entre las que destacan la pasta de papel y la fabricación de tableros de partículas. Se cultiva en muchos países para hacer repoblaciones, principalmente por la rapidez de su crecimiento.

En la Península Ibérica se ha introducido sobre todo en la zona norte con el fin de aprovechar su madera para la fabricación de pasta de papel y para labores de apuntalamiento en minas de carbón. Se encuentra en zonas de baja altitud de las Comunidades Autónomas de Asturias, Cantabria, Castilla y León y País Vasco; y excepcionalmente en algunas regiones de Andalucía como Málaga, Cádiz y Sierra Morena.

En Chile fue introducido el año 1888 por don Arturo Junge Sahr en la ciudad de Concepción, a partir de semillas encargadas al vivero alemán G. PORZEL en Erfurt. Al encontrar un rápido crecimiento, se fue popularizando y hoy es uno de los árboles con mayores superficies plantadas en el país, dando origen a una industria de papel y madera de miles de millones de dólares anuales.

1.31 LAUREL

Laurus nobilis, laurel o lauro, es un arbusto siempre verde o árbol de hasta 15 m de alto, perteneciente a la familia de las lauráceas, a la que da nombre. Es originario de la zona Mediterránea y cuyas hojas son utilizadas como condimento en la cocina.

Otros nombres con los que es conocido son: laurel común, del palo, laurel americano paleño o laurel de cocina, el rústico.

1.31.1 NOMBRE COMÚN

Castellano: Árbol de Apolo, aurel, choriu, lauredo, laurel, laurelal, laurel común, laurel de Apolo, laurel de Dafne, laurel del Mediterráneo, laurel hembra, laurel macho, laurel noble, laurel real, lauro, llaurer, llorea, llorel, lloreo, lloreolo, loreda, loreda, lorel, etc.

1.31.2 DESCRIPCIÓN

El laurel común es un árbol dioico siempre verde de 5-10 m de altura, de tronco recto con la corteza gris y la copa densa, oscura. Ramaje erecto. Hojas simples, alternas, lanceoladas u oblongo-lanceoladas, de consistencia algo coriácea, aromáticas, con el borde en ocasiones algo ondulado.

Ápice agudo y base atenuada. Miden unos 3-9 cm de longitud y poseen corto peciolo. El haz es de color verde oscuro lustroso, mientras que el envés es más pálido. Flores dispuestas en umbelas sésiles de 4-6 flores.

La unisexualidad de las flores es debido a un fenómeno de aborto, y prueba de ello es la presencia de 2-4 estaminodios en las flores femeninas. Las flores aparecen en Marzo-Abril y son amarillentas sin interés. El fruto es drupáceo, ovoide, de 1-1,5 cm de longitud, tornándose de color negro en la madurez. Madura a principios de otoño.

1.31.3 CULTIVO

Se puede multiplicar por semillas y por esquejes, tanto de raíz como de tallo (estacas). La multiplicación por semillas es algo lenta. La semilla debe recolectarse en zonas donde existan pies de los dos sexos, debiéndose coger sólo los frutos que están en la planta y no los caídos al suelo, pues suelen estar fermentados.

La semilla limpia germina mejor que la que conserva el pericarpio seco. Los tratamientos de inmersión en agua de la semilla, aumentan y aceleran la germinación. El laurel es una planta poco exigente de los suelos, aunque va mejor en aquellos suelos frescos.

1.31.4 USOS TRADICIONALES

Culinario

Las hojas de laurel son utilizadas como condimento en la gastronomía europea (particularmente en la cocina mediterránea), así como en Norteamérica. Estas se utilizan en sopas, guisos, estofados, carnes, pescados, mariscos y vegetales. Las hojas se utilizan generalmente enteras (a veces como "bouquet garni"), y retiradas antes de servir. También pueden ser trituradas o molidas antes de cocinar para darle un mejor gusto a la comida.

Medicinal

Como planta medicinal, el laurel es un tónico estomacal (estimulante del apetito, digestivo, colagogo y carminativo). El aceite esencial obtenido de los frutos (manteca de laurel) se usaba tradicionalmente para el tratamiento de inflamaciones osteoarticulares y pediculosis. La ingesta de hojas de Laurel en grandes cantidades llega a ser tóxica.

1.31.5 OTROS USOS

La madera de laurel es muy dura y se ha empleado en Andalucía para trabajos de taracea y marquetería, tradición artesanal Árabe que ha sido heredada y mantenida en algunas zonas como el Albaicín de Granada. El árbol de Laurel o sus ramas, también se utilizan para ornamentación.

Advertencias: El laurel es una de las plantas que con más frecuencia producen dermatitis de contacto y fenómenos de fotosensibilización.

Muy importante: No confundir el Laurel (*Laurus nobilis*) con el Laurel-cerezo o Laurel real (*Prunus laurocerasus*). Esta última planta es tóxica por ingestión para las personas.

1.32 CHANUL

Nombre Científico: *Humiriastrum procerum*, Sinónimo: *Saccoglotis procer* (little).
Familia:- Humiriaceae.

1.32.1 CARACTERÍSTICAS

Usos: Traviesas para ferrocarril, pisos, construcciones pesadas que se encuentren a la intemperie, carrocerías y carretería, ebanistería, implementos para el agro, para tornería, estácanos, bases de puentes, construcciones navales, molduras, vigas y soleras.

Densidad:

Verde: 1,08 g/cm³;

Seca al Aire 0,87;

Anhidra: 0,84;

Básica 0,69 g/cm³.

Características externas de la madera de Chanul: La albura es de color rosado, con transición gradual a duramen de color marrón rojizo con manchas oscuras. Olor característico ligeramente avinagrado cuando está fresca, carece de sabor o no se distingue bien.

Brillo de mediano a bajo, Grano recto entrecruzado, de textura fina o mediana, con un estado suave en bandas longitudinales de color marrón.

Características del árbol: Árbol que alcanza una altura de hasta 40 metros y con un diámetro de hasta 1,20 metros, su tronco recto y cilíndrico, con raíces tablares de hasta 2 metros. Su corteza externa es de color café tirando a rojo, con una textura delgada algo escamosa o en placas con lenticelas.

Preservación de la madera: Es fácil de tratar por cualquiera de los sistemas de inmunización, en los procesos de Vacío, Presión e Inmersión; presenta una retención para la albura de 150 a 200 Kg/m³ y para el duramen de 100 a 150 Kg/m³ y una penetración parcial periférica.

Manejo de la madera de Chanul: Es moderadamente difícil de trabajar con máquinas y herramientas comunes, por lo cual es recomendable el uso de herramientas con dientes calzados con carburo tungsteno, pues presenta cristales de sílice, los que mellan las herramientas. Teniendo con frecuencia a astillarse en las orillas, pero en general ofrece un buen acabado.

Durabilidad natural: Es una madera moderadamente resistente al ataque de los hongos e insectos, con una duración en uso exterior de 5 a 10 años, ya que posee un alto contenido de sílice.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

La **provincia de Chimborazo** fue creada el 25 de junio de 1826, conocida como la «provincia de las altas cumbres», debido a que en ella se encuentran algunas de las cumbres más elevadas de la República del Ecuador.

Está situada en la zona central del pasillo interandino y en la cordillera occidental se encuentra el volcán Chimborazo, que da nombre a la provincia con una altura de 6.310 m.s.n.m.

Tiene una población total de 458.581 habitantes, según datos obtenidos en el último Censo de Población y vivienda realizado en el año 2010.

2.1.2 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La cabecera o capital de la provincia es Riobamba y la superficie de la provincia se eleva desde los 195 m.s.n.m. en el sub-trópico de Cumandá, hasta los 6.310 m. en la cumbre del Chimborazo.

2.1.3 EXTENSIÓN TERRITORIAL

La extensión territorial, alcanza los 6.600 Km².

2.1.4 ALTITUD

La capital de la provincia es Riobamba, conocida como «la sultana de los Andes» y se encuentra a una altitud de 2.754 m.s.n.m.

2.1.5 LÍMITES

- Al Norte con la provincia de Tungurahua,
- Al Este con la provincia de Morona Santiago.
- Al Sur con las provincias de Cañar y Guayas y,
- Al Oeste con la provincia de Bolívar.

2.1.6 CLIMA

Se caracteriza por presentar una heterogeneidad climática, así sobre los 4.600 m.s.n.m. es de tipo glacial, y entre los 3.000 y 4.000 m.s.n.m. es de páramo.

Bajando a los 2.000 m.s.n.m. encontramos un clima mesotérmico seco y en las zonas cercanas a la costa predomina, un clima de tipo mesotérmico húmedo y semi-húmedo. La temperatura promedio es de 13°C.

2.1.7 DIVISIÓN POLÍTICA

La provincia de Chimborazo se divide administrativamente en diez cantones y 61 parroquias.

Los cantones de la provincia son:

Riobamba, Alausí, Colta, Cumandá, Chambo, Chunchi, Guamote, Guano, Pallatanga y Penipe.

Las distancias a las tres ciudades principales del Ecuador desde Riobamba son:

- a Quito 180 Km.,
- a Guayaquil 216 Km. y,
- a Cuenca 235 Km.

- Las muestras de los residuos madereros fueron tomadas de diferentes aserraderos localizados en la Provincia de Chimborazo, aunque si bien las mismas fueron todas de la ciudad de Riobamba, también se verificó la utilización de estas maderas en las ciudades de Alausí, Chambo, Guano, Penipe, Cumandá, Chunchi, Guamote y Pallatanga.
- Las muestras del hongo *L. edodes* “Shiitake” fueron aisladas y reproducidas en el laboratorio en que se realiza la tesis para sus análisis respectivos.
- Los análisis físico-químicos del hongo *L. edodes* “SHIITAKE” se realizaron en el laboratorio de Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental “CESTTA” y en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias “INIAP” estación Santa Catalina, Quito. (Anexo N° 2, 3, 4 y 5)
- Los análisis VAN SOEST de los diferentes tipos de residuos madereros se realizaron en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias “INIAP” estación Santa Catalina, Quito. (Anexo N°6)
- Las mismas fueron enviadas, para analizar F.D.N., F.D.A y LIGNINA de los sustratos. (VAN SOEST)



FOTOGRAFÍAS N° 5 Y 6: ESTERILIZACIÓN DE LOS DIFERENTES SUSTRATOS

2.1.10 MATERIALES UTILIZADOS

1. Los sustratos utilizados para la investigación, (aserrín-viruta) fueron: chuncho, eucalipto, pino, laurel y chanul; los mismos fueron recolectados en diferentes aserraderos, existentes en las ciudades pertenecientes a la provincia de Chimborazo.
2. La cepa del hongo *L. edodes* “Shiitake” que se utilizó para este estudio, fue traída desde la República Argentina. Dicha cepa a su vez, proviene del Laboratorio (IIB-INTECH). ubicado en la ciudad de Chascomús, provincia de Buenos Aires, República Argentina.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

2.2.1 VARIABLES DE CONTROL

TABLA N° 9: VARIABLES DE CONTROL

| VARIABLES DEPENDIENTES |
|-------------------------------|
| Cantidad de blanco de hongo |

| VARIABLES INDEPENDIENTES |
|---------------------------------|
|---------------------------------|

| |
|-------------|
| pH |
| Humedad |
| Temperatura |

2.2.2 RESPUESTAS EXPERIMENTALES

En el presente proyecto, la respuesta experimental se midió en función de la reducción de sustratos, utilizando (siembra y cultivo) el hongo *L. edodes* “SHIITAKE” con el fin de minorizar la contaminación generada por la industria maderera.

2.2.3 ANÁLISIS DE DATOS

Se utilizó el análisis de varianzas ADEVA para determinar si existen diferencias significativas en los resultados.

2.2.4 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

- La concentración del inóculo (*L. edodes*) fue de 400 gramos en igual cantidad de cada sustrato elegido, ya que nuestro tema de investigación es el aprovechamiento de los diferentes residuos en función del tiempo; de esta manera, tenemos: **C1, C2, C3, C4, C5.**
- Las réplicas fueron la cantidad de cultivos realizados por cada tipo de residuo maderero o sustrato; las cuales fueron: **R1, R2, R3, R4.**

TABLA N° 10: DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS

| | | | | |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C1: | R1 | R2 | R3 | R4 |
| C2: | R1 | R2 | R3 | R4 |
| C3: | R1 | R2 | R3 | R4 |
| C4: | R1 | R2 | R3 | R4 |
| C5: | R1 | R2 | R3 | R4 |

C1: Eucalipto 4 réplicas de 1 Kg cada una.

C2: Laurel 4 réplicas de 1 Kg cada una.

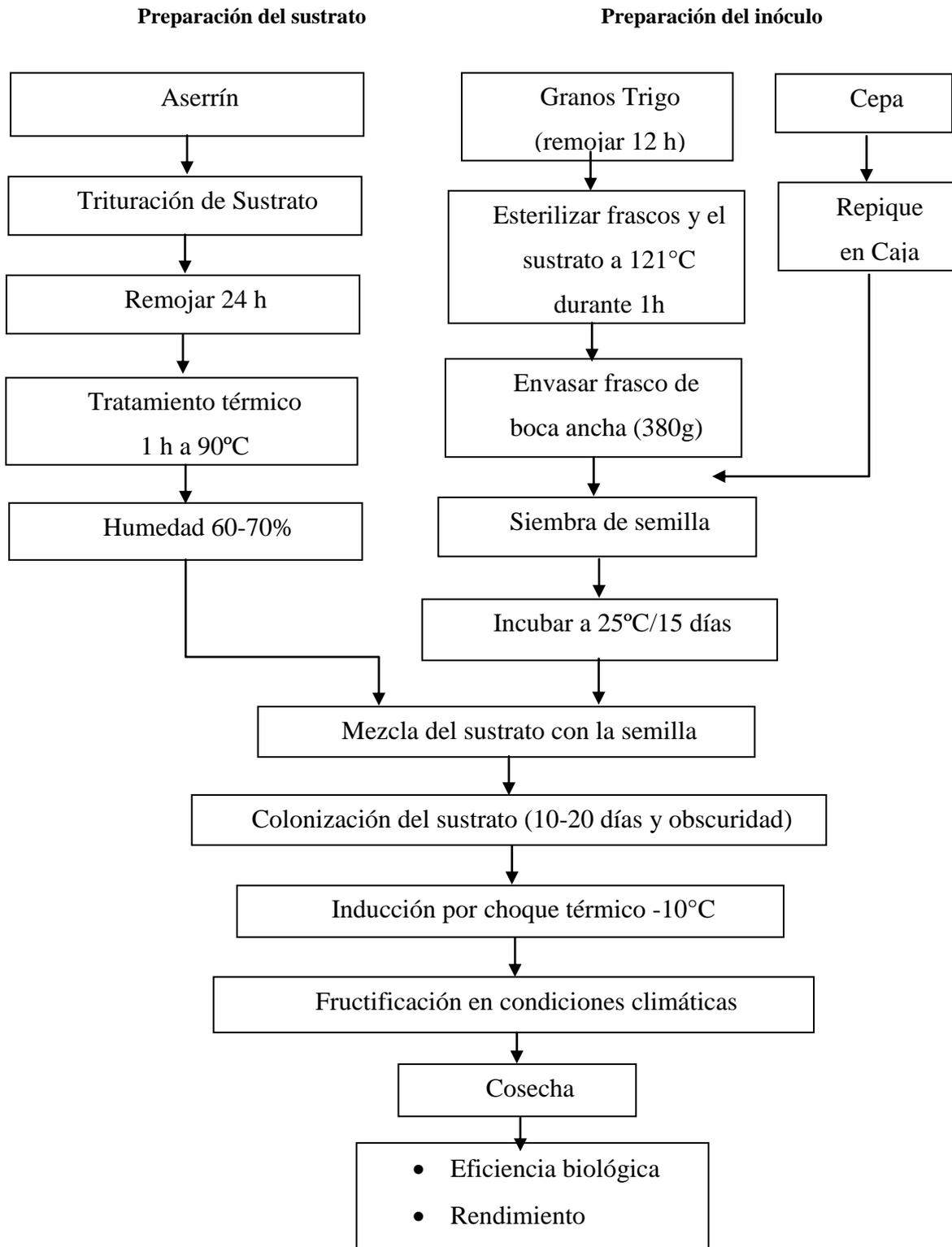
C3. Pino 4 réplicas de 1 Kg cada una.

C4: Chanul 4 réplicas de 1 kg cada una. (Descartadas dificultades avance miceliar)

C5: Chuncho 4 réplicas de 1 Kg cada una. (Descartadas dificultades avance miceliar)

2.2.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PLANTEADO

DIAGRAMA N° 1: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PLANTEADO



2.2.6 TOMA DE MUESTRAS Y CARACTERIZACIÓN DEL SUSTRATO

En la toma de muestras para la caracterización del sustrato, se aplicó un Procedimiento Específico para cada ensayo.

2.2.7 MUESTREOS DEL SUSTRATO

Se realizó el muestreo del sustrato seleccionando cada tipo de madera en los diferentes tipos de aserraderos existentes en la provincia en las cuales fue necesario documentar las características de cada uno de ellos para su respectivo muestreo.

1. Antes de realizar el monitoreo se aseguró que el tipo de residuo maderero sea de un solo tipo de madera tanto debajo como por encima del acopio y se usó una pala para quitar los residuos no deseados o los de mayor tamaño.
2. Se procedió a recoger la muestra en sacos individuales, usando el muestreador más adecuado a las necesidades del ensayo para posteriormente ser trasladados a los laboratorios del Área de Investigaciones y Desarrollo de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH para sus respectivos estudios prácticos.
3. Para la toma de muestras usadas en las pruebas de laboratorio, se recolectaron diferentes proporciones en peso.
4. Las muestras fueron tomadas seleccionando las diferentes réplicas, lo que se evidenció por la invasión del micelio y a su vez la transformación del sustrato en hongo. Las muestras fueron empacadas en fundas ziploc para ser transportadas a los diferentes laboratorios para los correspondientes análisis.



FOTOGRAFÍAS N° 7: TOMA DE MUESTRAS EN ASERRADEROS



FOTOGRAFÍAS N° 8: TOMA DE MUESTRAS EN ASERRADEROS

2.2.8 MÉTODOS

TABLA N° 11: MÉTODOS DE ANÁLISIS

| PARÁMETRO | MÉTODO |
|------------------|--|
| pH | Potenciométrico EPA 9545 D |
| Humedad | Potenciométrico |
| Temperatura | Termómetro calibrado APHA 2550 B, Ed.21 |
| Peso | Gravimétrico |
| Blanco de hongo | Cultivos en agar y método gravimétrico |
| Aminoácidos | Cromatografía de gases |

CAPÍTULO III

3 PARTE EXPERIMENTAL

3.1 REACTIVACIÓN DEL MICELIO *L. edodes* “SHIITAKE”

3.1.1 PREPARACIÓN DEL PDA

Los hongos necesitan nutrientes ricos en carbono, por esta razón se escogió el agar PDA debido a su alto contenido de dextrosa (fuente de C).

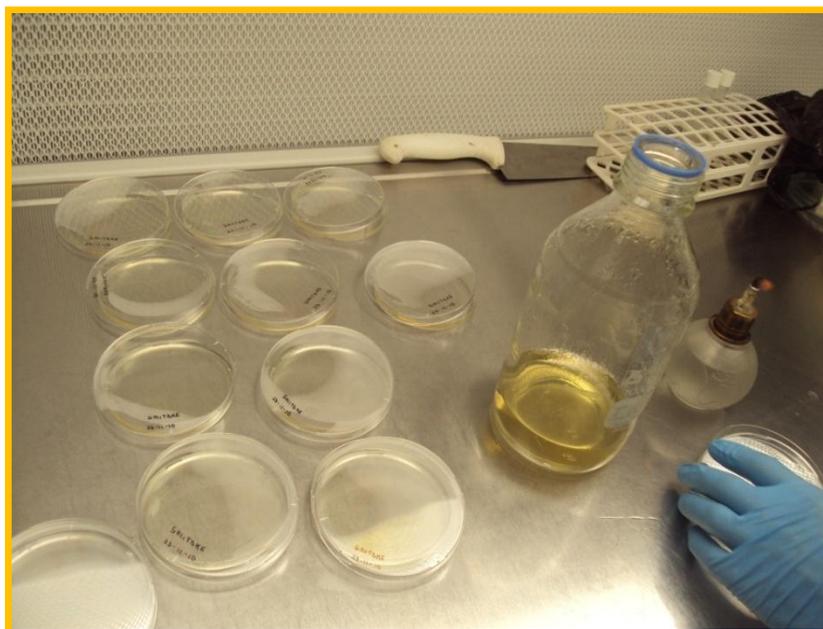
3.1.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Cajas Petri
- Mechero de alcohol
- Erlenmeyer 500 c.c.
- Cinta parafilm
- Balanza digital x 200g. (Ohaus - U.S.A)
- Autoclave (Tuttnauer 2540 MK)
- Cámara de flujo laminar (Streamline EN 1822 1 Class H13)
- Estufa de cultivo (Memmert)

- Agua destilada
- Agar PDA (Difco)
- Cloranfenicol (cápsula)

3.1.3 PROCEDIMIENTO

- a. Preparar 200 ml de agar PDA.
- b. Esterilizar en autoclave por 20 minutos a 121 °C.
- c. Dejar enfriar a temperatura ambiente.
- d. A 45°C añadir cloranfenicol: 1 cápsula/500 ml.
- e. Distribuir el agar en las cajas Petri trabajando en condiciones asépticas.
- f. Sellar las cajas e incubar a 28°C por espacio de 20 días.



FOTOGRAFÍA N° 9: PREPARACIÓN DEL INÓCULO CON AGAR PDA

3.2 INOCULACIÓN EN AGAR PDA

3.2.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Cajas Petri
- Balanza digital
- Espátula
- Aza para inocular
- Cinta parafilm
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Estufa de cultivo
- Inóculos en las cajas con agar
- Agua destilada
- Agar PDA (Difco)

3.2.2 PROCEDIMIENTO

- a. Preparar 500 ml de agar PDA para 20 cajas Petri.
- b. Con una aza inocular el micelio hacia arriba en las cajas con agar.
- c. Incubar a 28°C por espacio de 20 días en ausencia de luz.

3.3 INOCULACIÓN EN AGAR SABOURAUD

3.3.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Cajas Petri
- Balanza digital
- Espátula
- Aza para inocular
- Cinta parafilm
- Autoclave
- Cámara de flujo laminar
- Estufa de cultivo
- Inóculos en las cajas con agar
- Agua destilada
- Agar SABOURAUD (Difco)

3.3.2 PROCEDIMIENTO

- d. Preparar 500 ml de agar SABOURAUD para 20 cajas Petri.
- e. Con una aza inocular el micelio hacia arriba en las cajas con agar.
- f. Incubar a 28°C por espacio de 20 días en ausencia de luz.



FOTOGRAFÍA N° 10: PREPARACIÓN DEL INÓCULO CON AGAR SABOURAUD

3.4 PREPARACIÓN DE INÓCULOS

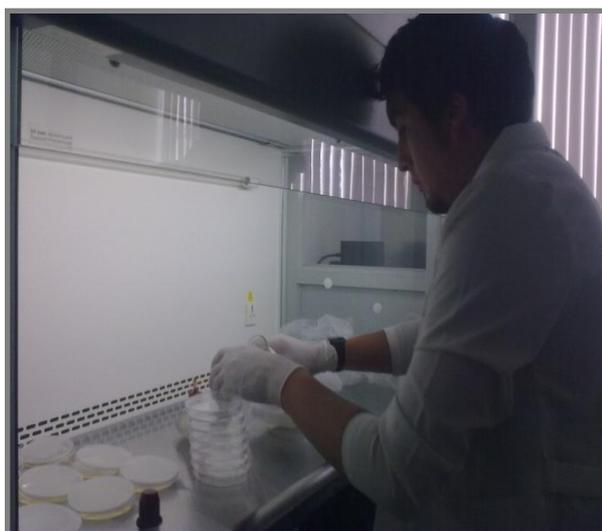
El “sustrato” es el material sobre el cual crece el micelio. Las propiedades físico-químicas del sustrato, son las que determinan que hongos o que microorganismos pueden crecer en él. Como sustrato para inocular el micelio, se utilizó granos de trigo.

3.4.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Botellas de vidrio con tapa
- Granos de Trigo
- Balanza digital x 200g.

3.4.2 PROCEDIMIENTO

- a. Escoger los granos de trigo, retirando las basuras, impurezas y otros elementos presentes en la muestra que se va a preparar.
- b. Remojar el trigo en agua caliente durante 10 minutos removiéndolo para facilitar la flotación de basuras, enjuagar con agua caliente. Repetir el procedimiento dos veces.
- c. Pesar 100g de trigo para cada botella que se va a utilizar.
- d. Esterilizar en autoclave (20 minutos a 121⁰C)



FOTOGRAFÍA N° 11: ESTERILIZACIÓN DEL SUSTRATO
FOTOGRAFÍA N° 12: PREPARACIÓN DE LOS INÓCULOS

3.5 REPIQUE DE SEMILLA EN LOS INÓCULOS

3.5.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Espátula.
- Botellas de vidrio.
- Algodón.
- Termómetro.
- Cámara de flujo laminar
- Estufa de cultivo
- Semillas de trigo (inóculo) pasteurizadas.

3.5.2 PROCEDIMIENTO

- a. En la cámara de flujo laminar, preparar los inóculos cortando la cepa con una espátula en porciones pequeñas, las que serán colocadas luego en cada botella.
- b. Con la espátula, pasar varias porciones de la cepa a la botella, removiéndola para que queden cubiertas.
- c. Tapar con algodón semi húmedo las botellas, para evitar la deshidratación del micelio.
- d. Conservar las botellas a temperaturas entre 25 y 28⁰C hasta que todo el trigo esté colonizado.
- e. Incubar en oscuridad total por espacio de 20 días.



FOTOGRAFÍA N° 13: DISPOSICIÓN DE LAS BOTELLAS PARA LA INCUBACIÓN

3.6 PASTEURIZACIÓN DEL SUSTRATO (RESIDUO MADERERO)

Se procede a pasteurizar las diferentes muestras recogidas, para lograr un sustrato libre de microorganismos competidores y tener así, un sustrato biológicamente apto para la siembra del hongo.

3.6.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Cocineta
- Tanque de gas
- Balanza x 5 Kg.
- Cedazo metálico

- Fósforos
- Recipiente metálico con tapa de 50 L.
- Agua
- Cucharón de madera
- Aserrín de Chanul, Chuncho, Eucalipto, Laurel y Pino.
- Hipoclorito de Sodio

3.6.2 PROCEDIMIENTO

- a. Pesamos el sustrato (residuo maderero)
- b. En el recipiente metálico colocamos 30 litros de agua y 5 ml de hipoclorito de sodio (Cl) para mejorar el proceso de pasteurización.
- c. Se coloca el sustrato en el recipiente y lo dejamos hervir durante 30 minutos.
- d. Drenamos el exceso de agua del sustrato con un cedazo metálico y lo dejamos enfriar antes de inocular el sustrato.



FOTOGRAFÍA N° 14: PASTEURIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS



FOTOGRAFÍA N° 15: PASTEURIZACIÓN DE LOS SUSTRATOS

3.7 DETERMINACIÓN DEL BLANCO DE HONGOS (SEMILLA)

La determinación del blanco de hongo (semilla) de volumen presente en el inóculo se mide por método gravimétrico.

3.7.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Balanza digital
- Repiques en botella de vidrio
- Espátula
- Máquina de flujo laminar

3.7.2 PROCEDIMIENTO

- a. Retiramos de la estufa de incubación el blanco de hongos.
- b. Retiramos de las botellas el blanco de hongo.
- c. Pesamos la cantidad de blanco de hongo dentro de la máquina de flujo laminar.

3.8 SIEMBRA DEL HONGO

3.8.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Bandejas de plástico
- Sustrato pasteurizado
- Alcohol
- Guantes quirúrgicos
- Plástico negro
- Termómetros
- Pulverizador con agua
- Sulfato de Calcio
- Micelio repicado en trigo
- pH-metro

3.8.2 PROCEDIMIENTO

- a. Pesamos los sustratos.

- b. Luego de cuantificar el blanco de hongo (micelio), procedimos a mezclarlo con el sustrato principal (aserrín de madera) en cantidades y proporciones específicas.
- c. Se disponen las bandejas con los diferentes sustratos y las diferentes proporciones de blanco de hongos, sobre una mesa para ser tapados con un nylon negro para su incubación.
- d. Colocamos dentro de las bandejas una cantidad de Sulfato de Calcio (Yeso) (5%) del peso total del sustrato, para mejorar el crecimiento y agarre del micelio y, controlar el pH del sustrato.
- e. También colocamos un termómetro dentro de las bandejas, para controlar la temperatura correcta de incubación.
- f. Controlamos a diario la humedad y vaporizamos con agua a temperaturas de 20°C el sustrato, para evitar el descenso de humedad que mantenemos en un 80 %.
- g. Se procedió a medir el pH del sustrato para corroborar que se mantenga en un parámetro de 4,5 a 6,5 dependiendo de la etapa del cultivo.



FOTOGRAFÍA N° 16: SIEMBRA DEL HONGO INOCULADO EN TRIGO SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS

3.9 INVASIÓN MICELIAR DEL SUSTRATO Y PRODUCCIÓN

Luego de un período de incubación de 20 a 45 días dependiendo de la cantidad y del tipo de sustrato, se comprueba el desarrollo miceliar del hongo *L. edodes* SHIITAKE en los mismos, permitiéndonos analizar, evaluar y documentar el trabajo de investigación.

3.9.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Mesas
- Termómetro
- Pulverizador con agua
- Refrigeradora

3.9.2 PROCEDIMIENTO

- a. Retiramos, controlamos y clasificamos el avance miceliar en los diferentes sustratos dentro de las bandejas que fueron invadidas por el micelio.
- b. Inducimos durante 24 horas con un choque térmico menor a la temperatura de incubación (15°C), para lograr la aparición de los primordios.
- c. Permanentemente controlamos humedad, temperatura y pH de los sustratos.
- d. Colocamos los diferentes sustratos sobre mesas de trabajo, clasificándolos y cuidando la asepsia del laboratorio.
- e. Esperamos la aparición de primordios entre 5 y 10 días.



FOTOGRAFÍA N° 17: INVASIÓN MICELIAR DEL SUSTRATO

3.10 COSECHA Y ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL HONGO

Como una de las primeras variables de la investigación y habiendo observado el desarrollo miceliar en el sustrato Eucalipto, Laurel y Pino, se decidió avanzar a condiciones climáticas de producción para obtener cuerpos fructíferos.

Bajo esta premisa, no solamente logramos la degradación del sustrato por medio del desarrollo miceliar, sino que también se logró reducir la cantidad de sustrato, mediante el rendimiento biológico (producción) de dicho cultivo.

3.10.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

- Mesas
- Termómetro
- Pulverizador con agua

- Reverbero

3.10.2 PROCEDIMIENTO

- a. Luego de pasados los 10 días, procedimos a la cosecha de la producción obtenida y como primer paso se cuantificó, para obtener los rendimientos biológicos.
- b. Enviamos a realizar los respectivos análisis Físico-Químicos del hongo a los laboratorios CESTTA e INIAP.
- c. Se prepararon y envasaron diferentes muestras del sustrato, para también ser analizadas en el INIAP, con el procedimiento VAN SOEST.



FOTOGRAFÍA N° 18: PRODUCCIÓN DE *L. edodes* SHIITAKE EN EUCALIPTO

3.11 VARIABLES

Dentro del proceso de investigación y atendiendo las recomendaciones de la Directora de Tesis, Miembro de Tribunal y Asesores, se procedió a indagar otras variables, para el aprovechamiento de los diferentes residuos madereros.

Por tal motivo, se repitieron los procedimientos utilizando cepas de *P. ostreatus* (Gírgolas u Ostra). Utilizamos este hongo debido a que es el más indicado para la degradación de maderas.

3.11.1 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

Ídem al trabajo de investigación con el hongo *L. edodes* (Shiitake), en todas sus etapas.

3.11.2 PROCEDIMIENTO

Ídem al trabajo de investigación con el hongo *L. edodes* (Shiitake), en todas sus etapas.



FOTOGRAFÍA N° 19: PRODUCCIÓN DE *P. ostreatus* “GÍRGOLAS” EN SUSTRATO DE EUCALIPTO



FOTOGRAFÍA N° 20: PRODUCCIÓN DE *P. ostreatus* "GÍRGOLAS" EN SUSTRATO DE EUCALIPTO

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La provincia de Chimborazo siembra e industrializa principalmente, sólo dos tipos de maderas: Eucalipto en primer lugar y Pino en segundo. Existen -obviamente-, otras maderas, pero en menores proporciones. Hasta aquí, tenemos un panorama claro de los resultados pero, necesitamos cuantificar los residuos de la industria maderera, para explicar el presente trabajo de investigación y, para el sustento que demuestre a las autoridades y sociedad toda, la imperiosa necesidad de aplicar conocimientos y tecnologías correctas en esta problemática.

4.1 CARACTERIZACIÓN LIGNOCELULÓSICA INICIAL Y FINAL DEL SUSTRATO

Analizando los resultados obtenidos sobre el aprovechamiento del sustrato, según las cantidades de semilla inoculada en los diferentes repiques (cuatro de cada sustrato), hemos podido observar que el desarrollo miceliar del *L. edodes*, es:

- De aspecto normal,
- Abarcando todo el sustrato,
- Sin presencia de organismos competidores y,

- Sin perder excesivamente la humedad; condiciones éstas, primordiales para el avance del micelio.

En función de los análisis del contenido lignocelulósico realizados mensualmente por el método VAN SOEST obtenemos los diferentes porcentajes de degradación en cada sustrato.

TABLA N° 12: RESULTADOS DEL AVANCE MICELIAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS VAN SOEST

| Tipos de Variables | Eucalipto | Chanul | Chuncho | Laurel | Pino |
|----------------------------|------------------|------------------------|------------------------|---------------|-------------|
| Sustrato (Kg) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Semilla (g) | 400 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| Incubación (Días) | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Lignina Inicial (%) | 21,33 | descartado | descartado | 27,53 | 26,3 |
| Lignina Final (%) | 19,08 | por resistencia | por resistencia | 23,55 | 22,5 |

Fuente: Investigación propia.

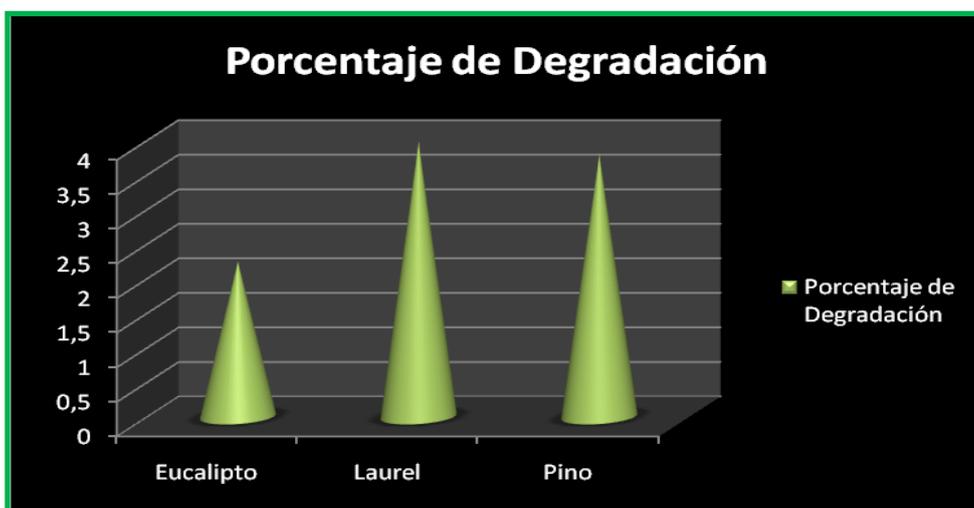


GRÁFICO N° 1: RESULTADOS DEL ANÁLISIS VAN SOEST EXPRESADO EN PORCENTAJE

El sustrato que presenta el menor porcentaje inicial de lignina, es el Eucalipto con 21,33%, seguido por el Laurel con un 27,53% y finalmente el pino con un 26,3%.

Al final de la investigación, los resultados producto del análisis Van Soest, fueron: Eucalipto 19,08%, Laurel 23,55% y Pino 22,5%.

Las diferencias producto del avance miceliar sobre estas tres maderas, son:

TABLA N° 13: RESULTADOS DEL ANÁLISIS VAN SOEST EXPRESADOS EN PORCENTAJES

| Sustrato/Lignina | % Inicial | % Final | Diferencia resultante % |
|------------------|-----------|---------|-------------------------|
| Eucalipto | 21,33 | 19,08 | 2,25 |
| Laurel | 27,53 | 23,55 | 3,98 |
| Pino | 26,3 | 22,5 | 3,8 |

Fuente: Investigación propia.

Chanul: En este residuo maderero, los resultados iniciales no fueron alentadores, desde el punto de vista del avance miceliar; por tal motivo, se procedió con una variable que fue la de utilizar una gran cantidad de semilla. Esta madera es moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos, con una duración en uso exterior de 5 a 10 años. Posee un alto contenido de sílice. (39)

Chuncho: Este residuo maderero al igual que el residuo de Chanul, fue impugnado debido a su ineficiencia miceliar en cuanto a tiempo, ya que este tipo de residuo es difícil de degradar por la dureza existente en la misma.

La madera de Chuncho, es moderadamente difícil de trabajar con máquinas y herramientas comunes, por lo cual es recomendable el uso de herramientas con dientes calzados con carburo tungsteno, que presenta cristales de sílice, los que mellan las herramientas.

Teniendo con frecuencia a astillarse en las orillas, pero en general ofrece un buen acabado. (39)

Partiendo de esta opción, rápidamente se generaron resultados poco alentadores; lo cual significaría que necesitaríamos más tiempo de incubación, muchas más cantidades de inóculo y altos costos para lograr la degradación; por tal motivo, fueron rechazados estos sustratos, por presentar una alta resistencia al avance miceliar dadas las características de las mismas.

4.2 DESARROLLO MICELIAR VERSUS EFICIENCIA BIOLÓGICA

Eucalipto: Siendo la madera de mayor cultivo y consumo en la provincia de Chimborazo, vemos que el aprovechamiento de este sustrato mediante el cultivo del hongo *L. edodes* “Shiitake”, es menor que los demás sustratos analizados con un 2,25% de degradación de lignocelulosa en un tiempo de 30 días.

Al ser uno de los residuos que se genera en mayor cantidad a nivel de toda la provincia, se presenta como una buena alternativa gracias al cultivo del *L. edodes* para degradar la lignocelulosa. La presente investigación, así lo demuestra.

Laurel: Al igual que en las pruebas de laboratorio relacionadas con el sustrato de eucalipto, se logró un buen avance miceliar debido a la facilidad con que el hongo puede obtener sus nutrientes.

El porcentaje de degradación obtenido es mayor que en el eucalipto logrando degradar un 3,98% en 30 días.

Pino: En este sustrato, observamos que en los trabajos de laboratorio se perdía rápidamente el porcentaje de humedad necesario para el desarrollo miceliar lo que puede producir inconvenientes durante los tratamientos a gran escala. El grado de degradación fue el mayor con un 3,8% en 30 días.

En este sustrato también se lograron resultados positivos, aunque los cuerpos fructíferos fueron de menor tamaño y menor fue el rendimiento biológico del cultivo. Esto evidencia dos cosas: que sería factible realizar un proceso de degradación con el hongo *L. edodes*, pero que no es rentable el trabajo si tendríamos como objetivo el cultivo del mismo.

TABLA N° 14: EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL *L. edodes* EXPRESADO EN KILOS Y EN PORCENTAJES

| Tipo de Sustrato | Cantidad de Sustrato | Kilos Cosechados en 30 días | Eficiencia Biológica "Shiitake" |
|-------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--|
| Eucalipto | 4 Kg | 1,2 Kg | 30% |
| Laurel | 4 Kg | 0,8 Kg | 20% |
| Pino | 4 Kg | 0,4 Kg | 10% |

Fuente: Investigación propia.

4.3 TIEMPO DE DESARROLLO MICELIAR DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

El *L. edodes* creció de manera más acelerada en Eucalipto, seguido por Laurel y Pino. La velocidad de crecimiento es muy diferente en los tres sustratos, dado que el tiempo de colonización efectiva fue de cuatro, seis y ocho semanas para Eucalipto, Laurel y Pino respectivamente. Sin embargo, la variante que se utilizó (*P. ostreatus*) creció mucho más rápido en todos los sustratos respecto a *L. edodes*.

TABLA N° 15: EFICIENCIA BIOLÓGICA DEL *Pleurotus ostreatus* EXPRESADO EN KILOS Y EN PORCENTAJES

| Tipo de Sustrato | Cantidad de Sustrato | Kilos Cosechados en 30 días | Eficiencia Biológica "Pleurotus" |
|------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Eucalipto | 4 Kg | 1,6 Kg | 40% |
| Laurel | 4 Kg | 1,1 Kg | 28% |
| Pino | 4 Kg | 0,5 Kg | 12% |

Fuente: Investigación propia.

TABLA N° 16: CANTIDAD DE INDUSTRIAS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO Y RESIDUOS GENERADOS EXPRESADOS EN METROS CÚBICOS

| CANTONES | N° DE ASERRADEROS | RESIDUOS GENERADOS (m³)/DÍA | RESIDUOS CANTÓN (m³) |
|----------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Riobamba | 10 Aserraderos Grandes | 7 | 70 |
| Riobamba | 22 Aserraderos Pequeños | 3 | 66 |
| Alausí | 3 | 3 | 9 |
| Chambo | 3 | 3 | 9 |
| Chunchi | 2 | 3 | 6 |
| Colta | 2 | 3 | 6 |
| Cumandá | 2 | 3 | 6 |
| Guamote | 2 | 3 | 6 |
| Guano | 2 | 3 | 6 |
| Pallatanga | 3 | 3 | 9 |
| Penipe | 2 | 3 | 6 |
| Totales | 53 | 37 | 199 |

4.4 SUSTRATOS ÓPTIMOS PARA LA DEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS MADEREROS

Observamos que el porcentaje de degradación es mayor en Laurel que en Eucalipto y Pino, lo cual lo ubica como el sustrato óptimo para este método de degradación, seguido por el Eucalipto y Pino respectivamente.

El nivel de degradación en cada sustrato se determinó en función del contenido lignocelulósico de los mismos tanto al inicio como al final de la investigación.

El contenido lignocelulósico fue determinado por el método de VAN SOEST que se encuentra especificado en porcentaje de degradación en los gráficos 2, 3 y 4.

Estos gráficos resultan de haber tomado cuatro muestras de un kilo cada una, correspondientes de cada sustrato, por un espacio de tiempo de 30 días entre una y otra.

Con estos resultados, realizamos las proyecciones y graficamos cada sustrato por separado, para una mejor interpretación de los efectos del cultivo del hongo *L. edodes*.

Habiendo descartado dos de los sustratos estudiados (Chanul y Chunchu), por la alta resistencia al avance miceliar debido a la presencia de cristales de sílice y por ser de muy menor porcentaje de producción y explotación en la provincia de Chimborazo, generamos los siguientes gráficos.

Presentamos los gráficos de los siguientes sustratos:

- Eucalipto (4 muestras)
- Laurel (4 muestras) y,
- Pino (4 muestras)

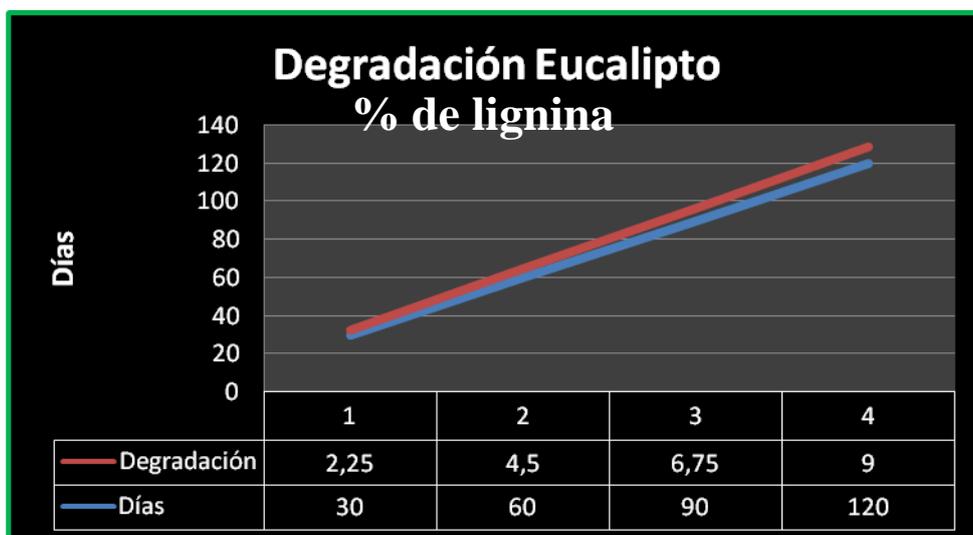


GRÁFICO N° 2: DEGRADACIÓN DEL EUCALIPTO POR PROYECCIÓN

Los N° 1, 2, 3 y 4, corresponden a cada muestra de sustrato, inoculada con igual cantidad de *L. edodes*.

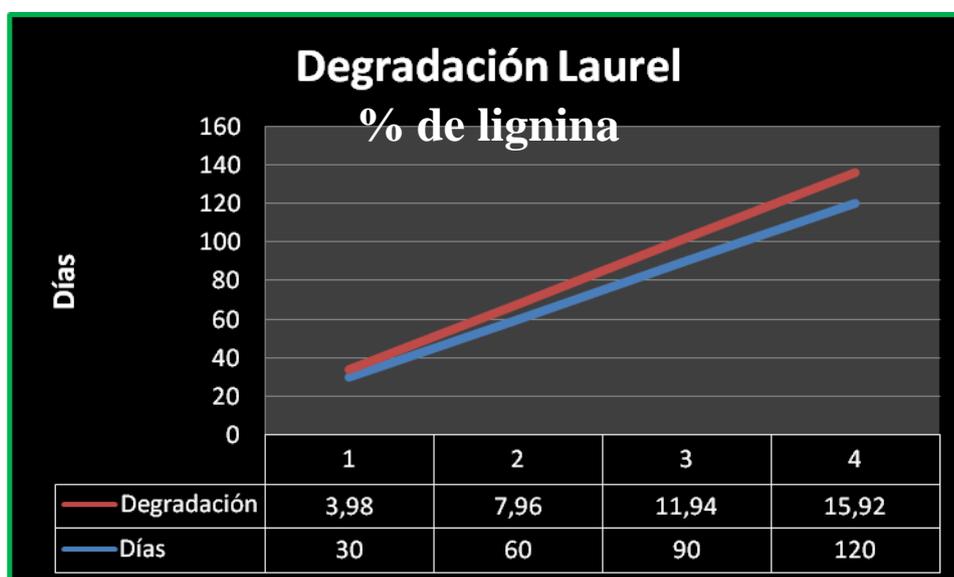


GRÁFICO N° 3: DEGRADACIÓN DEL LAUREL POR PROYECCIÓN

Los N° 1, 2, 3 y 4, corresponden a cada muestra de sustrato, inoculada con igual cantidad de *L. edodes*.

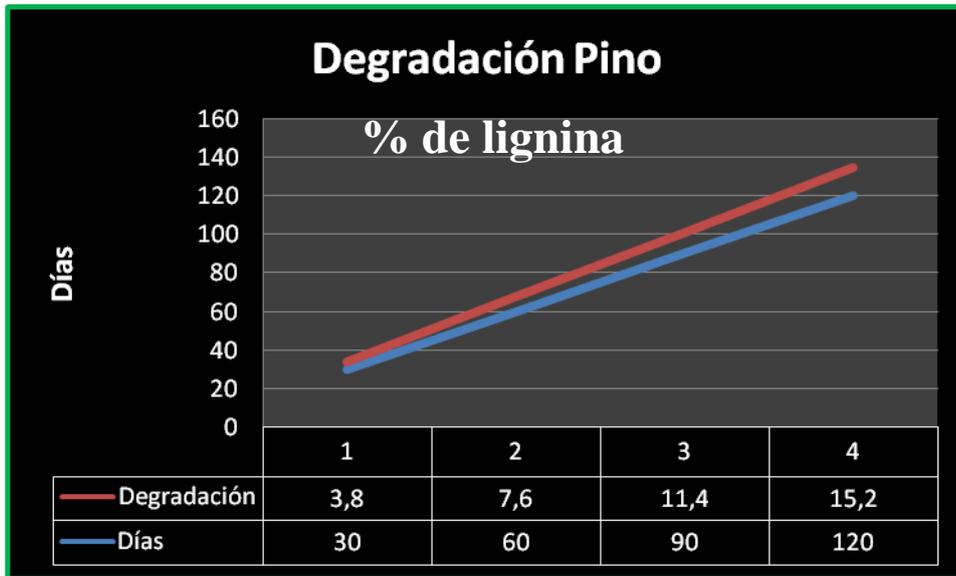


GRÁFICO N° 4: DEGRADACIÓN DEL PINO POR PROYECCIÓN

Los N° 1, 2, 3 y 4, corresponden a cada muestra de sustrato, inoculada con igual cantidad de *L. edodes*.

Haciendo un cálculo de proyección en base al avance del micelio y la degradación del sustrato, se determina que el cultivo del *L. edodes*, genera una reducción del residuo maderero de un 60%.

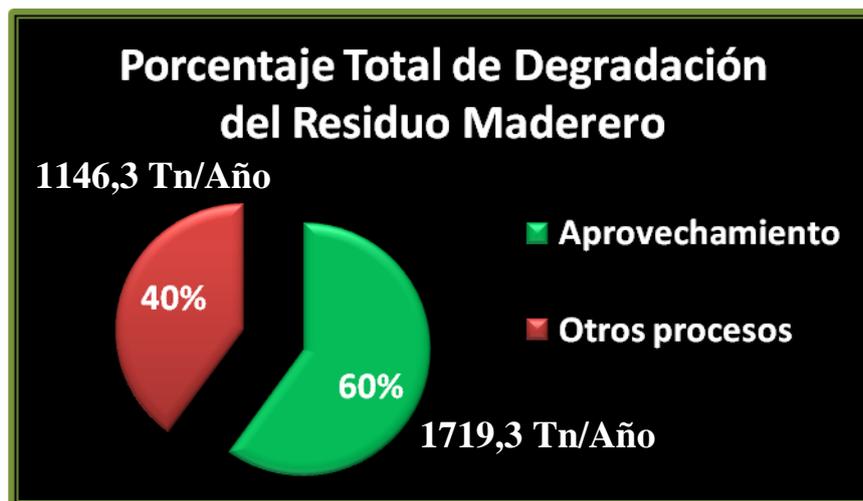


GRÁFICO N° 5: PORCENTAJE TOTAL DE BIORREMEDIACIÓN EN LA PROVINCIA

Las cifras que resultaron mediante el trabajo de campo que indican la cantidad de residuos que se generan al año en toda la provincia de Chimborazo, son alarmantes.

Los datos del Gráfico N° 5, surgen de:

199 m³ de residuos por día/provincia

199 m³ x 24 días = 4.776 m³ al mes.

4.776 m³ x 12 meses = 57.312 m³/Año

1 m³ = 50 Kg (promedio)

57.312 m³ x 50 Kg = 2.865.600 Kg

es decir, 2.865,6 Tn/Año

Reiteramos: 1.719,3 Tn/Año (degradación positiva) y,

1.146,3 Tn/Año (Negativo u otros destinos)

CUADRO N° 1: TOTAL DE RESIDUOS GENERADOS POR AÑO EN TONELADAS

TABLA N° 17: DISPOSICIÓN GENERAL DEL RESIDUO MADERERO EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

| DISPOSICIÓN GENERAL DEL RESIDUO MADERERO | | | | |
|---|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Opción | Destino del Sustrato | Tn/Mes | Tn/Año | Escala |
| 1 | Compost | 14,55 | 174,6 | Baja |
| 2 | Fabricación de pirotecnia | 21 | 252 | Baja |
| 3 | Camas para animales de corral | 34,25 | 411 | Media |
| 4 | Fabricación de aglomerados y MDF | 40,8 | 489,6 | Media |
| 5 | Fabricación de ladrillos | 49,8 | 597,6 | Media |
| 6 | Incineración en botaderos | 78,4 | 940,8 | Alta |

Fuente: Investigación propia.

La información graficada en la tabla anterior, responde al trabajo de campo realizado en las 5 principales ciudades de la provincia en respuesta a los datos indicados por los propietarios de aserraderos y demás industrias que involucran este residuo como ser la elaboración de MDF, pirotecnia, ladrillos, etc.

Para arribar a este dato expresado en toneladas por año, fue necesario censar y recorrer muchas otras ciudades donde se incluyeron industrias pequeñas y/o clandestinas ubicadas en las montañas.

Dentro del trabajo de investigación, ha sido necesario también discriminar la cantidad de residuo maderero, por medio de un censo de industrias y actividades, medido en metros cúbicos (Anexo N° 7), el dato resultante estimado, nos indica que debemos sumar a las estadísticas una 10% más de este residuo. Esto fue necesario para evaluar la importancia que encierra el problema de la contaminación con este tipo de residuos, ya que dicha problemática afecta en mayor o menor medida a los diferentes cantones.

Según los datos censados de las diferentes actividades y de cada Cantón, podremos lograr un aprovechamiento de los sustratos sugerido en el Gráfico N° 6:

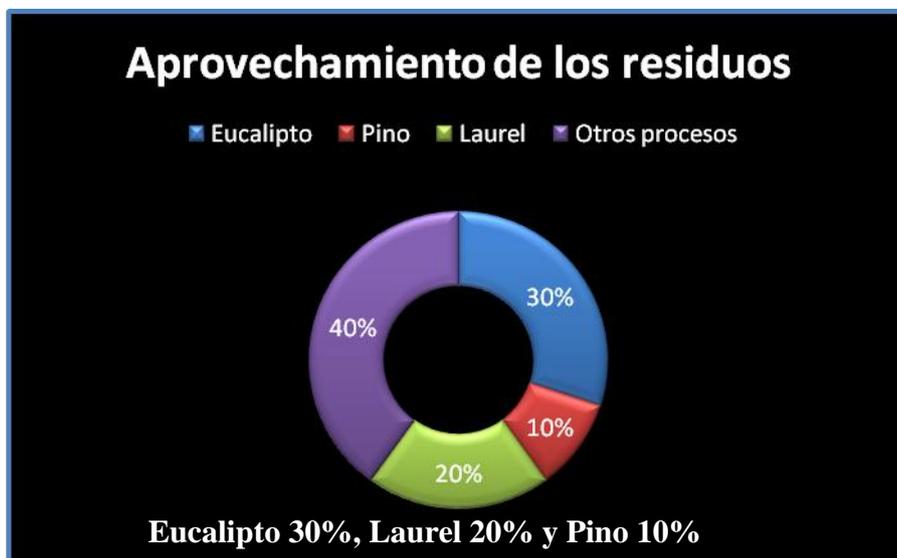


GRÁFICO N° 6: APROVECHAMIENTO TOTAL DE LOS RESIDUOS EN LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO

Atentos a las cantidades de toneladas totales que se generan de residuos agroindustriales en la provincia (2865,6 Tn/Año) sin discriminar tipos de maderas y restando en promedio los rendimientos biológicos y/o biorremediación producto de la actividad micelial del hongo *L. edodes* (60 %/Año), encontramos como resultado, un aprovechamiento del orden de las 1719,3 Tn/Año de los residuos con la siembra de “Shiitake”.

De la investigación realizada, surgen algunos datos alentadores y un cambio en las políticas sanitarias de la provincia. Sabemos que algunos cantones están disponiendo de éste y otros residuos, de manera más ordenada incluyendo procesos de selección; así es el ejemplo del Cantón Pallatanga y Cumandá.

También se están implementando otros procesos de biorremediación para diferentes residuos y/o efluentes en el Cantón Guamote, Penipe, Chunchi y otros; aunque, no son ni definitivos ni los más adecuados.

TABLA N° 18: UTILIZACIÓN DEL RESIDUO MADERERO POR CANTÓN

| DISPOSICIÓN DE RESIDUOS POR CANTÓN | | | | | | |
|---|-------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|----------|
| Cantones | Camas para animales de corral | Producción ladrillos | Fábrica MDF y otros | Fábrica pirotecnia | Incineración botaderos | Compost |
| Riobamba | - | X | X | X | X | - |
| Alausí | X | - | - | - | X | - |
| Chunchi | X | - | - | - | X | - |
| Cumandá | X | - | - | - | - | X |
| Chambo | X | X | - | - | - | - |
| Guano | X | - | - | - | X | - |
| Penipe | X | - | - | - | X | - |
| Pallatanga | - | - | - | - | - | X |
| Guamote | X | - | - | - | X | - |
| Colta | X | - | - | - | X | - |
| TOTALES | 8 | 2 | 1 | 1 | 7 | 2 |

FUENTE: INVESTIGACIÓN PROPIA.

Queremos reiterar, que se estimó una mayor cantidad de aserraderos e industrias que generan este residuo, basándonos en lugares clandestinos que localizamos en el trabajo de campo, ubicados en sectores de montaña y/u ocultos en viviendas y galpones informales.

El dato resultante estimado (Anexo N° 6), nos indica que debemos sumar a las estadísticas, un 10% más de este residuo.

4.5 BIOMASA

Sabiendo que la biomasa es la materia originada en un proceso biológico utilizable como fuente de energía; por lo tanto, tenemos la biomasa natural “la que se produce en la naturaleza sin intervención humana” y la biomasa residual “subproducto o residuos generados en la industria de transformación de la madera”. Tenemos que en nuestra investigación estamos aplicando o aprovechando la biomasa residual, reutilizando el residuo maderero producto de la tala indiscriminada de las actividades industriales del hombre, evitando o minorizando de esta manera, la contaminación a nuestro medio y por ende a nuestro ambiente con un 60% según las estadísticas realizadas en la misma.

4.6 COMPARACIÓN ENTRE RÉPLICAS

Al obtener los análisis de los diferentes sustratos pudimos visualizar que el porcentaje de variabilidad entre las repeticiones de muestras, no es muy significativo en función de la degradación por lo que descartamos la utilización del análisis estadístico planteado inicialmente.

4.7 INFORMACIÓN RELACIONADA AL CULTIVO DE OTROS HONGOS (*Pleurotus ostreatus*) EN RESIDUOS DE LA INDUSTRIA VITIVINÍCOLA

Dentro del marco de la discusión, variables y conclusiones, encontramos un trabajo de investigación y cultivo de la cepa *Pleurotus ostreatus*, sembrado en sustratos provenientes de la actividad vitivinícola en las provincias de San Juan y San Luis de la República Argentina (19)

El mejor crecimiento y desarrollo del hongo sobre la madera se atribuye a su relación C:N de 88,5 así como su contenido de azúcares totales (231 mg/g), fenoles (47 mg/g) y fibra detergente neutra (80 %).

Contrariamente, el escaso crecimiento miceliar sobre el orujo de las vides, podría deberse a su mayor porcentaje de grasas (5,7 %), destacándose el ácido palmítico, siendo 11 veces mayor su concentración en comparación con la madera; así mismo, presentó la cantidad más alta de nitrógeno total (7,9 %) y menor contenido de FDN, fenoles y azúcares totales.

En lo referente a pos-cosecha, el tratamiento con Ácido jasmónico y el testigo experimentaron la menor pérdida de peso (4 %), mientras que en el tratado con 5 % de CO₂ fue de 25 %. En este tratamiento, la tasa de respiración se vio reducida por acción del CO₂, manteniendo una producción de 30 mL/Kg./h durante los 15 días de almacenamiento.

El tratamiento que presentó el menor cambio de color (DE) fue con 5 % de CO₂, ya que sólo incrementó esta variable en 2,19 unidades, mientras que el mayor oscurecimiento fue con el Ácido jasmónico + 5 % de CO₂ variando 10,7 unidades en nueve días.

Los cambios en firmeza (resistencia al corte) fueron menores en el testigo y el tratamiento con CO₂, siendo de 5,11 a 6,0 y 2,64 a 4,12 NW, respectivamente. Con Ácido jasmónico y Ácido jasmónico + CO₂, las variaciones fueron más notorias en sólo nueve días de 2,98 a 6,0 y 4,36 a 7,79 NW, respectivamente.

Con estos resultados se establece que es factible utilizar los residuos agroindustriales vitivinícolas para la producción de hongos comestibles, en un período relativamente más corto que los obtenidos en otros sustratos y que el empleo de atmósferas modificadas prolonga la vida de anaquel de *Pleurotus* durante el almacenamiento a 2° C por 15 días.

4.8 ANÁLISIS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE *Lentinula edodes* EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

Dentro de los resultados obtenidos en los tratamientos se observaron diferentes cambios morfológicos durante el desarrollo del periodo de incubación para las muestras 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16 (Tabla N° 19)

Los cambios morfológicos presentados en los diferentes tratamientos mostraron que el hongo requiere para un buen crecimiento, un gran contenido de lignina (Oei, 2003). Los tratamientos que tenían una proporción del 50% o superior de hoja de plátano o capacho de uchuva dentro de la fuente de carbono de la mezcla, no presentaron crecimiento o fueron muy bajos, lo cual se puede deber a que estos dos residuos agroindustriales no contienen gran cantidad de azúcares fácilmente asimilables que pueden llegar a aumentar la productividad del cultivo o por la deficiencia de la cantidad de lignina de la mezcla del sustrato (Oei, 2003). Estos incubados presentaron una consistencia blanda, no formaron desarrollo miceliar y no pigmentaron, por lo cual solo presentan fase vegetativa y no reproductiva es decir, no forman carpóforos.

De acuerdo a estos resultados solamente se analizaron en este estudio el tratamiento control y los tratamientos 1, 2, 5 y 10 (Tabla 20)

TABLA N° 19: CAMBIOS MORFOLÓGICOS DEL MICELIO EN FASE VEGETATIVA DESPUÉS DE 70 DÍAS DE INCUBACIÓN.

| TRATAMIENTO | DENSIDAD DEL MICELIO EN EL SUSTRATO | FORMACIÓN DE DESARROLLO MICELIAR EN EL SUSTRATO | PIGMENTACIÓN DEL SUSTRATO | CONSISTENCIA |
|-------------|-------------------------------------|---|---------------------------|--------------|
| Control | Muy denso | 100% | 100% | Dura |
| 1 | Muy denso | 100% | 100% | Dura |
| 2 | Denso | 100% | 90% | Semidura |
| 3 | Denso | 25% | 0% | Blanda |
| 4 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |

| | | | | |
|----|----------------------|------|-----|----------|
| 5 | Denso | 100% | 90% | Semidura |
| 6 | Denso | 25% | 0% | Blanda |
| 7 | Ligeramente Denso | 25% | 0% | Blanda |
| 8 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |
| 9 | Denso | 0% | 0% | Blanda |
| 10 | Denso | 100% | 90% | Dura |
| 11 | Ligeramente Denso | 25% | 0% | Blanda |
| 12 | Ligeramente Denso | 25% | 0% | Blanda |
| 13 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |
| 14 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |
| 15 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |
| 16 | Ligeramente Denso | 0% | 0% | Blanda |

FUENTE: INVESTIGACIÓN PROPIA.

TABLA N° 20: TRATAMIENTOS QUE PRESENTARON FASE VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA

| tratamiento | fuentes de carbono (79% de la mezcla) |
|---------------------|--|
| tratamiento control | aserrín de roble |
| tratamiento 1 | aserrín de eucalipto |
| tratamiento 2 | 75% aserrín de eucalipto + 25% capacho de uchuva |
| tratamiento 10 | 75% aserrín de eucalipto + 25% hoja de platáno |
| tratamiento 5 | aserrín de amarillo |

4.9 ANÁLISIS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE *Lentinula edodes* EN EL TRATAMIENTO CONTROL

El tronco de género *Quercus humboldtii* (Roble) es el sustrato natural de crecimiento del hongo *Lentinula edodes* por lo cual para este proyecto se utilizó como tratamiento control (García, 2005; Fernández, 2004; Stamets, 2000; Royse, 1986; Anónimo. 2006)

FOTOGRAFÍA N°21: *Lentinula edodes* CULTIVADO EN ROBLE



En el control de aserrín de Roble se obtuvo un porcentaje de eficiencia biológica del 83,6%. Gaitán en el 2000 reporta un porcentaje de eficiencia biológica entre 65,42% y 84,65% con diferentes especies de Roble. De acuerdo a lo anterior el porcentaje de eficiencia biológica (83,6%) obtenido en este estudio, permite corroborar la utilización de aserrín de Roble como control teniendo en cuenta que se manejaron las mismas condiciones de cultivo, igual porcentaje de inoculación de semilla, la misma proporción de mezcla de sustrato y la misma cantidad de cosechas.

Royse en 1986 reportó un porcentaje de eficiencia biológica de 75,5% y en 1990 reportó un porcentaje de 91,6% de eficiencia biológica en aserrín de Roble pero con la adición de azúcar en la mezcla por lo tanto se confirma que la adición de fuentes de carbono simple, mejora la productividad del cultivo.

En este estudio no se adicionó azúcar en los tratamientos ni en el control, para no trabajar con una variable adicional que pudiese tener influencia sobre el porcentaje de eficiencia biológica.

En el estudio se tuvo en cuenta que el aserrín de Roble provenía de una madera seca ya que si se obtiene de un árbol verde tendrá influencias negativas en la producción por la presencia de resinas (Gaitán, 2000).

4.10 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE INVASIÓN DEL MICELIO DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

El tiempo de invasión del micelio hace referencia a los días que tarda el hongo en colonizar el sustrato. Esto se puede evidenciar con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque. Este momento precede la formación de los desarrollo miceliar o corteza que previene la pérdida de humedad y protege al sustrato de la contaminación, permitiendo el desarrollo de los primordios en la fase reproductiva (Fung, 2002). Dicha cobertura se observó en los tratamientos 1, 2, 5, 10 y en el control bajo las condiciones de temperatura (24°C - 26° C), humedad relativa (70-80%) y oscuridad (Fernández, 2004; Romero y colaboradores, 2000; García, 2003; Anónimo, 2006). La comparación estadística de los tratamientos y el control muestra una diferencia significativa entre los resultados obtenidos. Al observar el tiempo de invasión del micelio del hongo en los tratamientos 1, 2, 5 y 10, observamos que fueron superiores al del control (52,8 días). Esto puede deberse a que el control contiene aserrín de Roble, madera en la cual está habituado a crecer en la naturaleza y a la cual se encuentra adaptado metabólicamente. Los tratamientos que contienen aserrín de eucalipto (57,1 días) y aserrín de amarillo (65,1 días) aunque permiten el crecimiento del micelio pueden contener resinas u otros compuestos que aumenten el tiempo de colonización.

Igualmente se puede observar la correlación del tiempo de invasión de micelio con los aserrines basándose en el contenido de carbono total ya que el aserrín de Roble posee una mayor proporción de carbono total (51%p/p) seguido por el aserrín de eucalipto (45.87%p/p) y el aserrín de amarillo (40.8%p/p).

Esto indica que entre más contenido de carbono total en el aserrín menor tiempo de invasión de micelio.

TABLA N° 21: PORCENTAJE DE CARBONO Y NITRÓGENO TOTAL DE LOS RESIDUOS UTILIZADOS

| RESIDUO AGROINDUSTRIAL | CARBONO TOTAL (%p/p) | NITROGENO TOTAL (%p/p) |
|------------------------|----------------------|------------------------|
| ASERRÍN ROBLE | 51 | 0,11 |
| ASERRÍN EUCALIPTO | 45,87 | 0,36 |
| ASERRÍN AMARILLO | 40,8 | 0,23 |
| CAPACHO DE UCHUVA | 28,31 | 1,1 |
| HOJA DE PLÁTANO | 25,51 | 9,18 |

FUENTES: INVESTIGACIÓN PROPIA.

En los tratamientos de aserrín de eucalipto con 25% de capacho de uchuva y eucalipto con 25% de hoja de plátano tomó más tiempo de invasión de micelio, 60,5 y 61,4 días respectivamente, con respecto al control y a los tratamientos que contenían solamente aserrín. Esto se puede dar porque la biodegradabilidad de estos residuos agroindustriales también se da en función del contenido relativo en biomoléculas fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, grasas, proteínas, almidón, hemicelulosa y celulosa) y componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles) lo cual induce al hongo a utilizar su capacidad enzimática para degradar y adaptarse a diferentes sustratos y componentes que contengan la hoja de plátano y el capacho de uchuva aumentando el tiempo de invasión de micelio. Esto se puede dar ya que el contenido de carbono total en la mezcla de estos tratamientos es menor en el porcentaje del aserrín de eucalipto que contiene 45,87% p/p de carbono total y se reemplaza el 25% de la mezcla con capacho de uchuva que contiene (28,31% p/p) y la hoja de plátano (25,51% p/p) de carbono total. Los resultados muestran que el tiempo de invasión de micelio en la mezcla con el capacho de uchuva es menor (60,5 días) que con la mezcla de hoja de plátano (61,4 días) lo cual muestra que el tiempo de invasión de micelio esta correlacionado con la cantidad de carbono total de la mezcla.

El contenido de nitrógeno de todos los tratamientos evaluados fue diferente de acuerdo al tipo de mezcla del sustrato pues cada uno de los componentes utilizados como fuente carbono posee relaciones C/N diferentes. El nitrógeno no se presenta como limitante en los tratamientos dado que en la formulación se adicionó salvado de trigo al 20% el cuál aporta 9,7% de nitrógeno total cantidad suficiente de este elemento para el crecimiento y desarrollo del hongo (Oei, 2003)

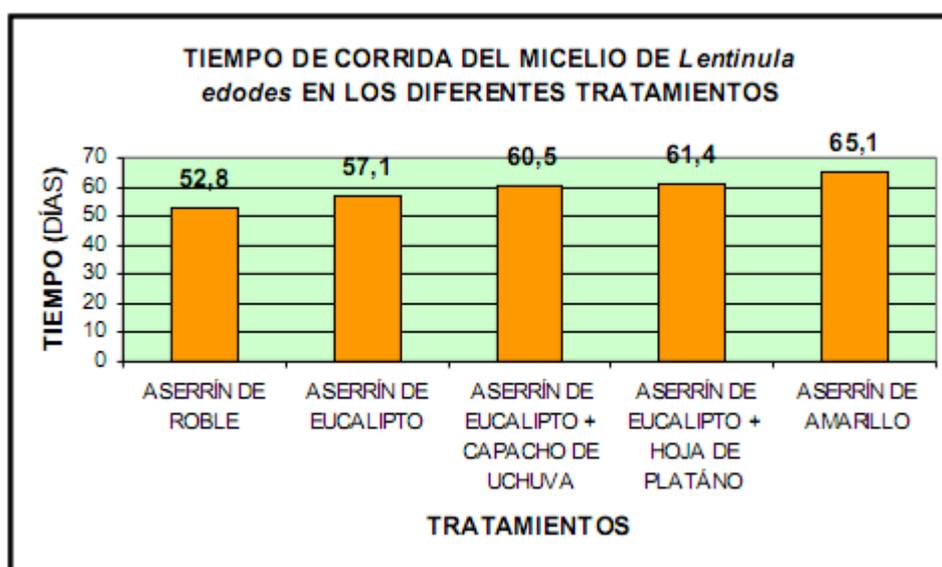


GRÁFICO N° 7: TIEMPO PROMEDIO DE INVASIÓN DEL MICELIO DEL *Lentinula edodes* EN DIFERENTES TRATAMIENTOS

Otro factor que puede afectar la invasión del micelio es la compactación y según los resultados obtenidos, se observó que tanto en los tratamientos que tenían un porcentaje mayor al 25% de capacho de uchuva y de hoja de plátano tomaron más tiempo en la invasión del micelio que en el control e incluso en algunos solo se alcanzó la colonización del 50% del bloque. Sin embargo, todo esto pudo deberse a que al preparar la mezcla de los sustratos se observó la formación de apelmazamientos que al ser empacados en la bolsa formaron una estructura sólida.

A pesar de que todos los tratamientos fueron sometidos al mismo proceso de molido, esto pudo generar una baja difusibilidad de oxígeno en el tratamiento, el cual es muy importante para el desarrollo y crecimiento del micelio, (Hami, 1990).

En contraparte, el sustrato control y los tratamientos de aserrín puro, con las combinaciones de eucalipto con capacho de uchuva y hoja de plátano presentaron una contextura más fibrosa que no permitía la formación de apelmazamientos durante la preparación de la mezcla.

4.11 ANÁLISIS DEL TIEMPO DE PIGMENTACIÓN DE LOS BLOQUES DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

El tiempo de pigmentación del bloque hace referencia al tiempo que tarda en tomar la coloración marrón o café oscuro.

Esta etapa arranca desde la formación y desarrollo miceliar en todo el bloque, los cuales preceden la formación de la corteza blanca que tomará la pigmentación. Dicha pigmentación se observó en los tratamientos 1, 2, 5 y 10 incluyendo el tratamiento control, bajo las mismas condiciones de temperatura (24°C - 26°C), humedad relativa entre 70-80%, y con alternaciones de luz y oscuridad (Fernández, 2004; Romero y colaboradores, 2000; García, 2003; Anónimo, 2006).

De acuerdo al análisis estadístico las medias del tratamiento 10 con el tratamiento 5 no muestran diferencias significativas con respecto a los días de pigmentación. En el caso del análisis de las medias de los tratamientos 1, 2 y el control si se observan diferencias significativas en donde el control emplea el menor tiempo en pigmentación (19,3 días) seguido por el tratamiento con aserrín de eucalipto (20,4 días) y el tratamiento de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva (25,2 días) lo cual muestra que el aserrín de Roble sigue siendo el mejor sustrato pero que el aserrín de eucalipto demuestra ser igualmente rápido en la pigmentación (Fung, 2002)

Igualmente en la tabla 19 se observa que solo el control y el tratamiento 1 pigmentaron en un 100% factor que influye en la productividad del incubado y disminuye el riesgo de contaminación. Con ninguno de los otros tratamientos se logró una pigmentación del 100%.

La pigmentación de los bloques se estimula con la incidencia de luz, aproximadamente 1500 unidades lux, durante las últimas etapas de la incubación y a la composición del sustrato que genera pigmentos que cambian la apariencia de blanco a marrón oscuro o café (Gaitán. 2000). Por los resultados de pigmentación se puede correlacionar con la cantidad de carbono total de la mezcla.

Respecto a los tratamientos rechazados para el análisis se observó que no mostraron crecimiento total del micelio, ni de pigmentación. Todo esto pudo deberse a la falta de carbono total en el sustrato, ya que en algunos se observó la colonización del medio hasta un 50% del bloque y en otros aunque colonizó el 75% e incluso el 100%, no formó corteza o desarrollo miceliar, los cuales se pigmentarían en esta etapa (Gaitán, 2000).

4.12 ANÁLISIS DEL NÚMERO DE HONGOS PRODUCIDOS DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

Pasado el tiempo de pigmentación del bloque se da la formación de los primordios, seguida por la formación de cuerpos fructíferos.

FOTOGRAFÍA N° 22: FORMACIÓN DE CUERPOS FRUCTÍFEROS DE *Lentinula edodes*



El número de hongos cosechados por tratamiento en promedio en cada sustrato se determinó a partir de las tres cosechas evaluadas a lo largo de esta investigación.

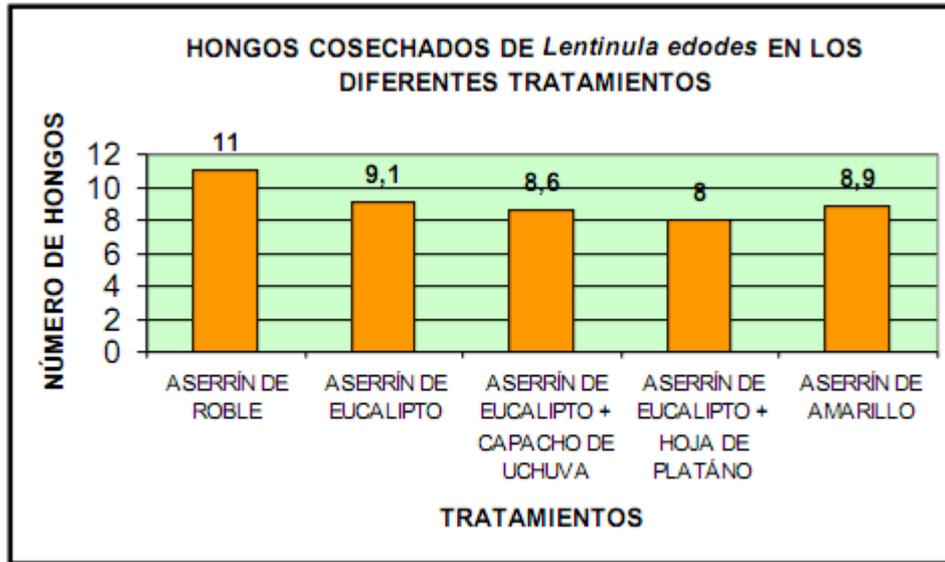


GRÁFICO N° 8: CANTIDAD PROMEDIO DE HONGOS COSECHADOS DE *Lentinula edodes* EN CADA TRATAMIENTO ANALIZADO

Según los datos obtenidos en el número de hongos producidos por bandeja en promedio en cada uno de los sustratos, se pudo determinar que hubo diferencia estadísticamente significativa indicando que la fuente de carbono si influye en el número de hongos que se producen por bandeja. Según Royse (1990), el número de hongos producidos por bandeja, no tiene tanta relevancia como su peso fresco, además que el número de hongos producidos depende de la cepa usada y de la fuente de carbono, ya que algunas presentan alta producción de hongos pero de pequeño tamaño y otros generan hongos de gran tamaño pero en poca cantidad, para que se pueda considerar un tratamiento adecuado y rentable para su cultivo, se mide más por su porcentaje de eficiencia biológica (Anónimo. 2006). En este estudio se utilizó la misma cepa para todos los tratamientos y la misma cantidad de semilla para cada uno de los bloques por lo tanto no se esperó diferencias muy marcadas en el tamaño de los hongos.

Sin embargo, aunque existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados, se puede ver que tanto el tratamiento de aserrín de eucalipto y aserrín de amarillo presentan promedios similares de producción, además, se observa que respecto al tratamiento control presentan diferencias estadísticamente significativas.

Esto puede deberse a que el tratamiento control es el mismo medio en el cual el hongo está habituado a crecer y el reportado en varios estudios según la bibliografía, por ende es de esperarse que el tratamiento control presente los mejores resultados frente a los demás. En cuanto a la combinación de eucalipto con capacho de uchuva y con hoja de plátano se observó que produjeron menor cantidad de hongos frente a los demás tratamientos, lo cual puede correlacionarse de nuevo con la cantidad de carbono total que presentan estos tratamientos (Suárez, 2007).

Respecto a los tratamientos rechazados para el análisis se observó que no mostraron crecimiento total del micelio, ni de pigmentación, además algunos presentaron una estructura de compactación muy débil. Los tratamientos de aserrín de amarillo con capacho de uchuva (11 y 12) y con hoja de plátano (6 y 7), fueron descartados pues se observó que en su fructificación presentaron hongos deformes y de una apariencia mucosa. Esto se pudo deber a que la combinación de estos residuos, presentaba muy poco contenido de carbono total o que en la combinación estaban presentes sustancias que generaron mal formaciones de los hongos. Sin embargo se descarta que estas mal formaciones se den por el tipo de aserrín dado que los tratamientos en los que se utilizó únicamente estos residuos, no se presentaron alteraciones morfológicas. Se descarta igualmente mal formaciones por altas concentraciones de CO₂ pues todos los tratamientos se trabajaron bajo las mismas condiciones.

4.13 ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE CARPÓFOROS DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

La determinación del tamaño de los carpóforos se llevó a cabo por medio de la medición del diámetro teniendo en cuenta en recolectar los hongos cuando el velo universal se rompe y las laminillas están expuestas (Royse, 1986). Para la medida del tamaño de los carpóforos se obtuvo un promedio de todos los hongos producidos en todas las bandejas de cada tratamiento.

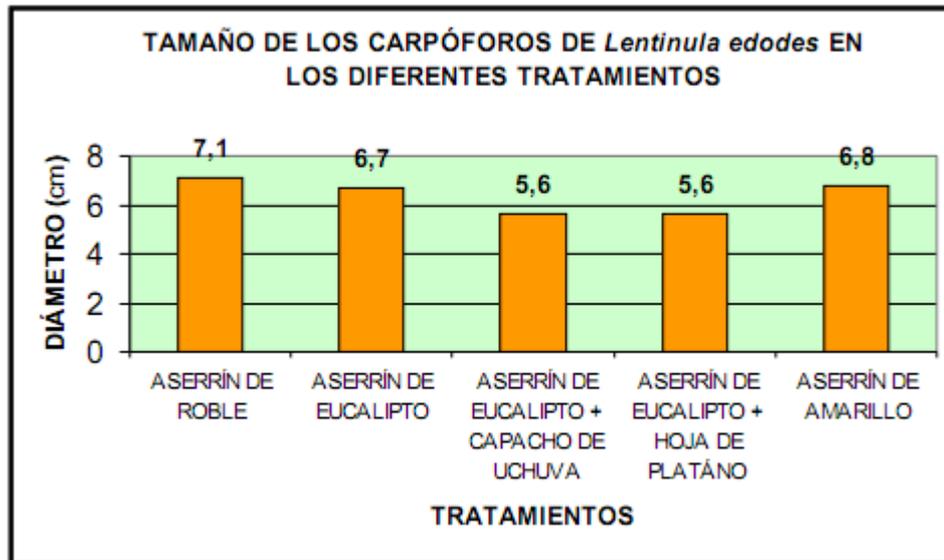


GRÁFICO N° 9: TAMAÑO PROMEDIO DE LOS CARPÓFOROS PRODUCIDOS DE *Lentinula edodes* EN CADA TRATAMIENTO

Según los datos obtenidos del tamaño de los carpóforos se evidenciaron diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos, indicando que el sustrato influyó en el desarrollo del diámetro de los carpóforos.

Sin embargo, el diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bandeja, no es relevante como su peso fresco, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que este pueda generar.

Aun así es necesario observar el tamaño y forma de los carpóforos ya que se sabe que el crecimiento de este hongo sobre ciertos tipos de sustrato puede llegar a generar deformaciones del carpóforo, sin embargo en este estudio solo se evidenció este evento en los tratamientos que se descartaron.

En la investigación realizada se observó que el tamaño de los carpóforos en todos los tratamientos evaluados eran similares entre sí, aproximadamente de 5 a 6 cm., y que la diferencia estadística está más marcada, entre los tratamientos con la combinación de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva y con hoja de plátano, pues sus promedios estuvieron aproximadamente en 5 cm.

4.15 ANÁLISIS DEL PESO FRESCO DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

El peso fresco registrado, es el peso promedio total de hongos producidos en cada tratamiento evaluado. En cuanto al peso fresco obtenido en los tratamientos se pudo observar que el tratamiento control produjo mayor cantidad de gramos en peso fresco (209,1 g), seguido por el aserrín de eucalipto (185,3 g), el aserrín de amarillo (167,3 g), el tratamiento con aserrín de eucalipto con hoja de plátano (146,5 g) y el tratamiento con aserrín de eucalipto con capacho de uchuva (139 g).

4.16 ANÁLISIS DEL PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

El porcentaje de eficiencia biológica permite evaluar la producción midiendo el peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato seco por cien en cada uno de los tratamientos evaluados durante tres cosechas (Royse, 1986).

Así, el porcentaje de eficiencia biológica obtenido es directamente proporcional al peso fresco generado en cada uno de los sustratos.

Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas donde el aserrín de Roble fue más eficiente que los demás tratamientos con un valor de 83,6% seguido por el aserrín de eucalipto con 74,1%, el aserrín de amarillo con un 66,9%, y finalmente las combinaciones de eucalipto con hoja de plátano y con capacho de uchuva con 58,6% y 55,6%.

Los porcentajes de eficiencia biológica obtenidos concuerdan con los reportados en la bibliografía. En el caso del aserrín de Roble Gaitán en el 2000 reporta un porcentaje de eficiencia biológico de 84,65% y Fung en el 2002 un porcentaje de eficiencia biológica del 76% para el aserrín de eucalipto. En el caso del aserrín de amarillo y de los tratamientos que presentan mezcla de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva y con hoja de plátano hasta la fecha no se habían reportado porcentajes de eficiencia biológica.

El porcentaje de eficiencia biológica del tratamiento con aserrín de amarillo muestra ser inferior al control y al tratamiento con aserrín de eucalipto, lo cual se debe posiblemente a la ya mencionada inferior cantidad de carbono total en la composición de estas maderas o a la presencia de compuestos tales como resinas que disminuyan la productividad (Gaitán, 2000)

En los tratamientos con mezclas de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva (5) y con hoja de plátano (2) no se observó un aumento en el porcentaje de eficiencia biológica lo cual quiere decir que en el caso del cultivo de Shiitake sustratos que contengan compuestos lipídicos, como el capacho de uchuva, no estimulan positivamente la producción de hongos como si lo hacen en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Hernández y López, 2006).

La mezcla de estos residuos agroindustriales utilizados en el estudio tampoco aportan fuentes de carbono sencillas que pueden llegar a aumentar la productividad de hongos en el cultivo de Shiitake como sí lo hacen residuos agroindustriales como el bagazo de caña de azúcar (Fung, 2002).

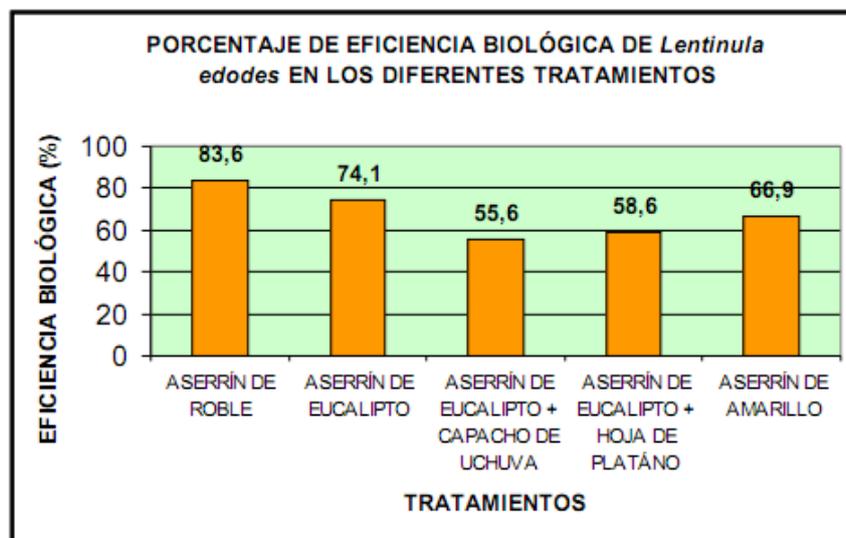


GRÁFICO N° 10: PORCENTAJE PROMEDIO DE EFICIENCIA BIOLÓGICA DE *Lentinula edodes* EN CADA TRATAMIENTO

4.17 ANÁLISIS DEL TIEMPO TOTAL DEL CULTIVO DE *Lentinula edodes* EN LOS TRATAMIENTOS ANALIZADOS

A esta variable no se le logró realizar análisis estadístico debido a que solo poseía un dato por cada tratamiento y a nivel de estadística se necesitan como mínimo 3 (Malagón, 2007). Para la comparación entre los tratamientos analizados se compararon los días totales de las tres cosechas.

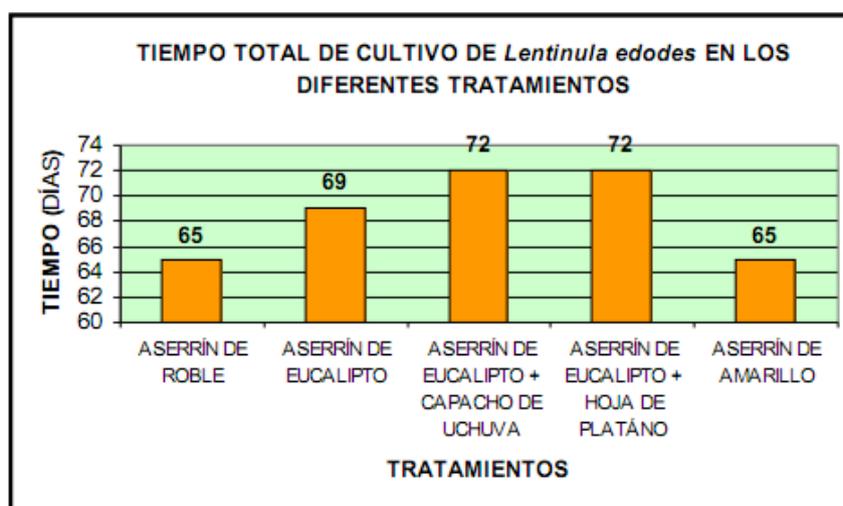


GRÁFICO N° 11: TIEMPO PROMEDIO TOTAL DE CULTIVO DE *Lentinula edodes* EN CADA TRATAMIENTO ANALIZADO

El tiempo total de cultivo de los tratamientos analizados muestra que el control tiene un tiempo total de cultivo de 65 días al igual que el aserrín de amarillo, seguido por el aserrín de eucalipto con 69 días, el tratamiento de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva y con hoja de plátano presentaron una duración de 72 días. Estos resultados describen los tiempos de producción de los hongos sin embargo es importante mencionar, que esta medida de tiempo depende de la velocidad de crecimiento y del conocimiento del cultivador para realizar los procesos de choque térmico y recolección de los hongos producidos. Sin embargo se destaca que el aserrín de amarillo presenta un tiempo similar al control de aserrín de Roble pero no es tan productivo.

4.18 ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL CULTIVO DE *Lentinula edodes* EN DIFERENTES RESIDUOS

Hemos visto en la presente investigación, diferentes variables de cultivo en heterogéneos sustratos como ser madereros, residuos de la actividad vitivinícola, residuos de maíz y Quinoa. En todos ellos se evidencia la eficiencia biológica del *Lentinula edodes* que por medio del enriquecimiento de los sustratos con la utilización de -por ejemplo-, azúcares y controlando las fuentes de Carbono y Nitrógeno, se logran cultivos de alta eficiencia biológica.

Observando los resultados obtenidos con la variable de cultivo de la cepa *Pleurotus ostreatus* en residuos madereros y analizando otras fuentes de investigación con el mismo hongo, hemos concluido que es un hongo que se adapta más fácilmente a cualquier residuos y que tiene mejor desarrollo miceliar en menos tiempo de incubación. Comparándolo con el hongo motivo de la investigación *Lentinula edodes*, es evidente que se puede cultivar en diferentes y variados residuos, teniendo en cuenta mayor tiempo de incubación y de producción; inclusive además, se puede estimular en cada etapa a este hongo por medio de la luz.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. De acuerdo a la proyección de los resultados y magnificando las cantidades de micelio del hongo *L. edodes* los beneficios son óptimos y proporcionales a la necesidad de degradar los residuos madereros generados en la provincia de Chimborazo.
2. Los análisis de la caracterización lignocelulósicos iniciales fue: Laurel 27,53%, el Pino 26,3% y el Eucalipto 21,33% y finales: Laurel 23,55%, Pino 22,5%, y Eucalipto 19,08%.
3. El crecimiento miceliar así como la eficiencia biológica, fue mejor en el residuo de Eucalipto con 30%, seguido por Laurel con 20% y Pino 10%, mientras que en Chanul y Chunchu, el crecimiento fue demasiado lento, lo que nos indica que estos sustratos no son adecuados para este tipo de tratamiento.

4. El desarrollo miceliar de los residuos, es del 60% en 120 días; quedando un 40% para utilizarlo en posibles métodos que ayuden a solucionar el 100% del problema de la contaminación producto de la actividad maderera.

5. El mejor sustrato para el desarrollo y producción de *L. edodes* es el residuo maderero de Eucalipto ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica del 30 %.

5.2 RECOMENDACIONES

1. El presente trabajo, deja abierta las puertas a más profundas investigaciones, orientadas al gran problema global de la contaminación con tantos y tan variados residuos producto de la actividad humana.

2. Controlar constantemente las condiciones climáticas durante todo el proceso de incubación.

3. Es necesario contar con un micelio joven del hongo para la realización de todas las pruebas, de manera que el número de réplicas que se realicen a lo largo de la investigación no sean mayores a cinco o seis.

4. Las muestras del sustrato deben ser tomadas de un solo tipo de residuo maderero sin ser mezcladas, para ver el mejor rendimiento o comportamiento en dicho estudio.
5. También es recomendable, efectuar un exhaustivo trabajo de campo para aislar otras cepas de hongos y demostrar así, otras posibles variables de cultivo y degradación.

CAPÍTULO VI

6. RESUMEN

La “Evaluación y caracterización de crecimiento del hongo *L. edodes* “Shiitake” para el aprovechamiento de los diferentes residuos de la industria maderera en la provincia de Chimborazo”, se realizó en el área de investigación y desarrollo de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Se aplicaron métodos deductivo y experimental y, mediante los resultados obtenidos por los laboratorios (CESTTA e INIAP), se realizaron proyecciones en función del tiempo, para demostrar el aprovechamiento del residuo maderero y la consecuente degradación de los sustratos Eucalipto, Laurel, Pino, Chuncho y Chanul inoculados con *L. edodes*.

Los resultados del análisis proximal, minerales totales, digestibilidad y aminoácidos, fueron: Humedad 86,27%, Cenizas 5,97%, Extracto Etéreo 1,82%, Proteína 21,28%, Fibra 21,76%, Extracto Libre Nitrogenado 49,17%, Calcio 0,02%, Fósforo 0,05%, Magnesio 0,14%, Potasio 2,97%, Sodio 0,11%, Cobre 8 ppm, Hierro 20 ppm, Manganeso 19 ppm, Zinc 6 ppm, Digestibilidad 69,72%, Ácido aspártico 2,70 %, Treonina 1,19%, Serina 1,40%, Ácido glutámico 7,06%, Prolina 0,64%, Glicina 1,57%, Alanina 1,60%, Valina 1,28%, Metionina 0,23%, Isoleucina 0,88%, Leucina 1,83%, Fenilalanina 1,10%, Histidina 0,77% y Lisina 1,27%.

La conclusión del análisis Van Soest, determinó antes y después del aprovechamiento de los sustratos, el porcentaje de degradación promedio a través del cultivo del *L. edodes* en Fibra Detergente Neutra 2,8%, Fibra Detergente Ácida 6,47% y Lignina 3,34%.

Esta investigación demuestra la eficiencia biorremediadora del hongo; recomendamos entonces, inocular los residuos de la actividad maderera con *L. edodes* y así, lograremos reducir la contaminación, generando un beneficio social, económico, turístico y ambiental.

SUMMARY

“Evaluation and characterization of fungal growth *L. edodes* “Shiitake” for the use of different wastes in the timber industry in the province of Chimborazo” was held in the area of research and development of the Faculty of Science of the ESPOCH.

Deductive methods were applied and experimental, using the results obtained by the laboratories (CESTTA and INIAP), projections were made based on the time to demonstrate the use of wood residues and the consequent degradation of the substrates Eucalyptus, Laurel, Pino, Chunchu and Chanul, inoculated with *L. edodes*.

The results of proximate analysis, total mineral, and amino acid digestibility were: moisture 86,27%, 5,97% ash, ether extract 1,82%, Protein 21,28%, Fiber 21,76%, 49,17% Nitrogen Free Extract, Calcium 0,02%, Phosphorus 0,05%, Magnesium 0,14%, Potassium 2,97%, Sodium 0,11%, Copper 8 ppm, Iron 20 ppm, Manganese 19 ppm, Zinc 6 ppm, digestibility 69,72%, Aspartic acid 2,70%, Threonine 1,19%, Serine 1,40%, Glutamic acid 7,06%, Proline 0,64%, Glycine 1,57%, Alanine 1,60%, Valine 1,28%, Methionine 0,23%, Isoleucine 0,88%, Leucine 1,83%, Phenylalanine 1,10%, Histidine 0,77%, Lysine 1,27%.

The conclusion of Van Soest analysis, determined before and after the use of substrates, the average degradation rate through *L. edodes* cultivation in 2,8% neutral detergent fiber, acid detergent fiber 6,47% and Lignin 3,34%.

This research demonstrates bioremediation efficiency of the fungus; we recommend then inoculate logging residues with *L. edodes* and thus would lower pollution, generating a social benefit, economic, tourism and environment.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1 BIBLIOGRAFÍA IMPRESA

1. AZCON BIETO, J., TALON, M., Fisiología y bioquímica vegetal, Zaragoza, España, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 1993, Pp. 26-32.
2. BERLITZ, H. D., GROSCHE, W., Química de los alimentos, 2a ed., Zaragoza, España, Editorial Acribia, 2003, Pp. 30-54.
3. BIOSETAS ANDINAS, Bogotá, Colombia, Editorial Chang, 2006, 85p.
4. CARONE, D. M., Micología, Ciudad de La Habana, Cuba, Editorial Pueblo y Educación, 1986, Pp. 44-63.
5. CHANG, S. T., W. A. Hayes, The biology and cultivation of edible mushrooms, New York, Estados Unidos, Editorial Academic Press, 1978, Pp. 10-13.
6. CHEN, A. W., Shiitake cultivation systems, 2a. ed., Balkema, Rotterdam, Holanda, Editorial Van Griensven, 2000, Pp. 105-108.
7. CHIHARA, G., Aspectos médico del Lentinan aislado del *L. edodes*, Singapur, Malasia, Editorial World Scientific, 1993, Pp. 114-116.

8. CRISAN, E., Valor nutricional in the biology of edible mushrooms, New York, Estados Unidos, Editorial Chang y W. A. Hayes, 1978, Pp. 137-165.
9. DEACON, J. W., Introducción a la micología moderna, 2a. ed., Oxford, Estados Unidos, Editorial Blackwell Scientific Publications, 1984, Pp. 23-26.
10. FERNANDEZ, F., Guía práctica de producción de Setas, Guadalajara, Jalisco, México, Editorial Fungitec Asesorías, 2004, 66p.
11. FORREST, G. I., Genotypic variation among native scots pine populations in scotland based on monoterpene analysis, Lóndres, Inglaterra, Editorial Forestry, 1980, Pp. 101-128.
12. FORREST, G. I., Relationship of some European scots pine populations to native Scottish woodlands based on monoterpene analysis, Lóndres, Inglaterra, Editorial Forestry, 1982, Pp. 19-37.
13. FUNG, Y., Evaluación del crecimiento y producción de *L. edodes* (SHIITAKE) sobre diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales colombianos, Bogotá, Colombia, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Departamento Microbiología, 2002, 137p.
14. GAITÁN, R., Obtención de Carpóforos de *Lentinula* y *Pleurotus* en residuos de madera de pino y bagazo de la caña de azúcar, Jalisco, México, Editorial Instituto de Ecología, 2002, Pp. 35-67.
15. INFORME AMBIENTAL del Departamento de Cundinamarca, Bogotá, Colombia, Editorial estatal, 2006, 65p.
16. ISHIKAWA, H., PHysiological and ecological studies on *Lentinula edodes*, Singapur, Malasia, Editorial Sing, 1968, Pp. 1-57.
17. KILLEEN, T. y otros, Guía de árboles de Bolivia, La paz, Bolivia, Editorial Herbario Nacional de Bolivia, 1993, 47p.

18. KINLOCH, B. B. y otros, Caledonian scots pine, Lóndres, Inglaterra, Editorial New Phytologist, 1986, Pp. 703-729.
19. KONEMAN, E., Micología práctica, 3a. ed., Buenos Aires, Argentina, Editorial Médica Panamericana, 1997, Pp. 15-66.
20. LANGLET, O., A cline or not a cline - a question of scots pine, Lóndres, Inglaterra, Editorial Silvae Genética, 1959, Pp. 13-22.
21. LARA, R., Manual de dendrología boliviana, La Paz, Bolivia, Editorial CUMAT – COTESU, 1989, 75p.
22. LEE, E., Shiitake and maitake mushroom in Connecticut, Nueva Inglaterra, Estados Unidos, Editorial Mushroom News, 1996, Pp. 6-11.
23. LEVEAU, J. Y., BOUIX, M., Microbiología Industrial, Zaragoza, España, Editorial Acribia, 2000, Pp. 100-123.
24. MADIGAN, M. T. y otros, Brock biology of microorganisms, 8a. ed., New Jersey, Estados Unidos, Editorial Prentice Hall, 1997, Pp. 35.
25. MILES, P. G., S. C. Jong, Commercial cultivation and Shiitake in sawdust-fill bags, California, Estados Unidos, Editorial Mushroom News, 1987, Pp. 421-426.
26. MILES, P. G., S. T. Chang, Mushroom cultivation in a rural community, Hebei Province, República Popular de China, Editorial Mushroom journal for the tropics, 1987, Pp. 107-112.
27. MILES, P., CHANG, S., Mushroom biology, Singapur, Malasia, Editorial World Scientific, 1997, Pp. 87-97.
28. OEI, P., Mushroom cultivation, 3a. ed., Leiden, Holanda, Editorial Backhuys Publishers, 2003, Pp. 24-32.

29. POTTER, N. H., HOTCHKISS, J. H., Ciencia de los alimentos, Zaragoza, España, Editorial Acribia, 1995, 145p.
30. PRUS GLOWACKI, W., B. R. STEPHAN, Genetic variation of pinus sylvestris from spain in relation to other european populations, Corvallis, Estados Unidos, Editorial Silvae Genética, 1994, Pp. 7-14.
31. QUIMIO, T. H., Technical guidelines for mushroom growing in the tropics, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 1990, Pp. 36-89.
32. RINKER. D. L., The influence of heat treatment genotype and other cultural practices on the production of Shiitake mushrooms on sawdust, Balkema, Rotterdam, Editorial Science and Cultivation, 1991, Pp. 80-83.
33. SALDARRIAGA, Y., Manual de micología aplicada, Medellin, Colombia, Universidad de Antioquia, 2001, 75p.
34. SOLOMON, E.P. y otros, El Pino ¿Veda o no veda?, Colombia, Fundación Natura, 1996, Pp. 95-120.
35. STAMETS, P., Growing gourmet and medicinal mushrooms. Berkeley, Toronto, Canada, 3a. ed., Editorial Ten Speed Press, 2000, Pp. 87-99.
36. STAMETS, P., Mycomedicinal and information booklet on medicinal mushroom, Santa Fe, Estados Unidos, Editorial Olympia, 2003, Pp. 72-78.
37. TING, H. G., New technology on high speed and high yield cultivation of Shiitake, Beijing, República Popular de China, Editorial Golden Shield Press, 1994, Pp. 91.

7.2 BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

38. BALLARD, G., Emissions of Rural Wood-Burning cooking Devices, <http://www.energy.demon.nl/thesis/AppdxD.htm>, 2011/04/20.
39. CORELCA, Chanul boletín técnico informativo sobre tecnología de maderas, www.unamed.edu.co/Chanul.pdf, 2011/11/20.
40. NAVARRO, J. M., Hongos en Aragón. www.aragonesasi.com/natura, 2011/04/22.
41. PIRE, D. V., Las asombrosas setas, www.agronet.com.mx/cgi/articles.cgi, 2011/05/15.

CAPÍTULO VIII

8. ANEXOS

8.1 ANEXO N° 1: FOTOGRAFÍAS



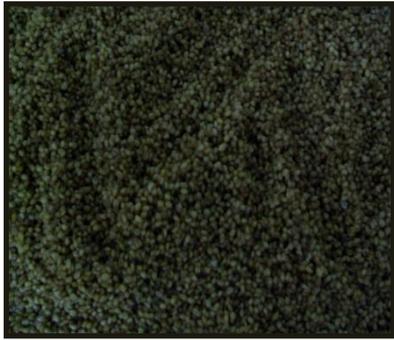
FOTOGRAFIA A y B: RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA



FOTOGRAFÍA C y D: ESTERILIZACION DE SUSTRATOS



FOTOGRAFÍA E: ESTERILIZACIÓN DE FRASCOS PARA INOCULAR LA SEMILLA



FOTOGRAFÍAS F, G, H e I: PREPARACION DEL SUSTRATO PARA LA SEMILLA



FOTOGRAFÍA J: SEMILLA DE TRIGO CON SHITAKE EN MEDIO DE CULTIVO



FOTOGRAFÍA K, y L: CRECIMIENTO MICELIAR DE LA SEMILLA EN CONDICIONES Y EQUIPO ADECUADO



FOTOGRAFÍAS M, N, Ñ y O: SEMILLA DE SHIITAKE CON SUSTRATOS DIFERENTES



FOTOGRAFÍAS P, Q, R y S: CRECIMIENTO MICELIAR EN EL SUSTRATO



FOTOGRAFÍAS T, U, V y W: APARICIÓN DE PRIMORDIOS



FOTOGRAFÍAS X, Y: CRECIMIENTO DE SHIITAKE EN SUSTRATO DE EUCALIPTO

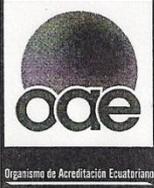


FOTOGRAFÍAS Z1 Y Z2: CRECIMIENTO DE *P. OSTREATUS* EN SUSTRATO DE EUCALIPTO



FOTOGRAFÍA Z3 y Z4: DISPOSICIÓN FINAL DEL RESIDUO MADERERO BASURAL EN SAN FRANCISCO DE POLÓN

8.3 ANEXO N° 2: RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL LABORATORIO CESTTA

| | | |
|---|---|--|
|  <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN LAB-CESTTA</p> | <p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS Panamericana Sur Km. 1 ½ Teléfono: (03) 2 998232 RIOBAMBA - ECUADOR</p> |  <p>ENSAYOS No. OAE LE 2C 06-008</p> |
|---|---|--|

INFORME DE ENSAYO No: 1052
ST: 11 - 0059 ANÁLISIS DE ALIMENTOS

Nombre Peticionario: AGROINDUSTRIAS LOS PRIMOS S.R.L.
Atn. Dr. Curra Javier
Dirección: Santa Fe Argentina

FECHA: 17 de Mayo de 2011
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2011 / 05 / 11 - 17:30
FECHA DE MUESTREO: 2011 / 05 / 11 - 17:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2011 / 05 / 11 - 2011 / 05 / 17
TIPO DE MUESTRA: Hongos
CÓDIGO LAB-CESTTA: LAB-Alm 173-11
CÓDIGO DE LA EMPRESA: N.A.
PUNTO DE MUESTREO: Área Desarrollo e Investigación Facultad de Ciencias
ANÁLISIS SOLICITADO: Análisis Proximal
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Dr. Curra Javier
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C. T mín.: 21.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

| PARÁMETRO | MÉTODO /NORMA | UNIDAD | RESULTADO | VALOR LIMITE PERMISIBLE |
|-----------|---|--------|-----------|-------------------------|
| *Proteína | PEE /LAB-CESTTA/104 AOAC/ Volumétrico | % | 3,48 | -- |
| *Grasa | PEE /LAB-CESTTA/102 AOAC/ Gravimétrico | % | 0,43 | -- |
| *Humedad | PEE/LAB-CESTTA/80 AOAC/ Gravimétrico | % | 89,04 | -- |
| *Cenizas | PEE /LAB-CESTTA/101 AOAC/ Gravimétrico | % | 1,33 | -- |

OBSERVACIONES:

- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- Parámetros expresados en base fresca
- Muestra receptada en laboratorio

RESPONSABLES DEL INFORME:

Ximena Carrion
BQF. Ximena Carrion
RESPONSABLE TÉCNICO

LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
E INSPECCION
LAB - CESTTA
ESPOCH

Nancy Veloz M
Dra. Nancy Veloz M
JEFE DE LABORATORIO

8.4 ANEXO N° 3: RESULTADOS DE AMINOÁCIDOS DEL LABORATORIO INIAP



INIAP

INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericans Sur Km. 1, CutuglaguaTifs, 2690691-3007134, Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340



MC-LSAIA-2201-03

NOMBRE PETICIONARIO: DR. JAVIER CURRA
DIRECCION: COLÓN 555- ARGENTINA
FECHA DE EMISION: 21 de junio de 2011
FECHA DE ANALISIS: 31 de mayo al 21 de junio de 2011

INFORME DE ENSAYO No: 11-203
INSTITUCION: AGROINDUSTRIAS LOS PRIMOS SRL.
ATENCIÓN: Dr. Javier Curra
FECHA DE RECEPCION: 31 de mayo de 2011
HORA DE RECEPCION: 11h00
ANALISIS SOLICITADO: AMINOÁCIDOS.

| ANÁLISIS | AMINOACIDOS ^o | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|--------------------------|--|
| METODO | MO-LSAIA-26 | |
| METODO REF. | CIMMYT 1985 | |
| UNIDAD | % | |
| 11-0603 | Acido aspártico 2,70 | |
| | Treonina 1,19 | |
| | Serina 1,40 | |
| | Acido glutámico 7,06 | |
| | Prolina 0,64 | |
| | Glicina 1,57 | |
| | Alanina 1,60 | |
| | Gistina ND | |
| | Valina 1,28 | |
| | Metionina 0,23 | |
| | Isoleucina 0,88 | |
| | Leucina 1,83 | |
| | Tirosina ND | |
| | Fenilalanina 1,10 | |
| | Histidina 0,77 | |
| | Lisina 1,27 | |
| | Arginina ND | |
| | | HONGOS "SHITAKE" LENTINULA EDODES ^o |

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

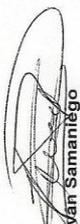
RESPONSABLES DE INFORME LSAIA
I. N. I. A. P.
EXP. SANTA CATALINA



Dr. Armando Rubio
RESPONSABLE DE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.



Dr. Juan Samaniego
RESPONSABLE TECNICO

8.5 ANEXO N° 4: RESULTADOS DE MINERALES TOTALES Y PROXIMAL DEL LABORATORIO INIAP

MC-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1, Cutigagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134
Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 11-203

NOMBRE PETICIONARIO: DR. JAVIER CURRA
DIRECCION: COLÓN 555- ARGENTINA
FECHA DE EMISION: 23 de junio de 2011
FECHA DE ANALISIS: 31 de mayo al 22 de junio de 2011

AGROINDUSTRIAS LOS PRIMOS SRL.
Dr. Javier Curra
31 de mayo de 2011
11h00
PROXIMAL, MINERALES TOTALES,
DIGESTIBILIDAD.

| ANÁLISIS | HUMEDAD | GENIZAS ^U | E.E. ^U | PROTEINA ^U | FIBRA ^U | E.L.N. ^U | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| MÉTODO | MO-LSAIA-01.01 | MO-LSAIA-01.02 | MO-LSAIA-01.03 | MO-LSAIA-01.04 | MO-LSAIA-01.05 | MO-LSAIA-01.06 | |
| METODO REF. | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | |
| UNIDAD | % | % | % | % | % | % | |
| 11-0603 | 86,27 | 5,97 | 1,82 | 21,28 | 21,76 | 49,17 | HONGOS "SHIITAKE" LENTINUJA EDODES" |
| ANÁLISIS | | Ca ^U | P ^U | Mg ^U | K ^U | Na ^U | |
| MÉTODO | | MO-LSAIA-03.01.02 | MO-LSAIA-03.01.04 | MO-LSAIA-03.01.02 | MO-LSAIA-03.01.03 | MO-LSAIA-03.01.03 | |
| METODO REF. | | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | |
| UNIDAD | | % | % | % | % | % | |
| 11-0603 | | 0,02 | 0,05 | 0,14 | 2,97 | 0,11 | |
| ANÁLISIS | | Cu ^U | Fe ^U | Mn ^U | Zn ^U | DIGESTIBILIDAD ^U | |
| MÉTODO | | MO-LSAIA-03.02 | MO-LSAIA-03.02 | MO-LSAIA-03.02 | MO-LSAIA-03.02 | MO-LSAIA-23 | |
| METODO REF. | | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1980 | U. FLORIDA 1970 | |
| UNIDAD | | ppm | ppm | ppm | ppm | % | |
| 11-0603 | | 8 | 20 | 19 | 6 | 69,72 | |

Los ensayos marcados con Q se reportan en base seca.
OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente


Dr. Armando Rubio
 RESPONSABLE DE CALIDAD


Dr. Iván Sarmiento
 RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME

LABORATORIO LSAIA
I.N.I.A.P.
EST. EXP. SANTA CATALINA

8.6 ANEXO N° 5: RESULTADOS VAN SOEST DEL LABORATORIO INIAP

MC-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD
 LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS
 Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tfs. 2690691-3007134, Fax 3007134
 Casilla postal 17-01-340



INFORME DE ENSAYO No: 11-203

| | |
|--|--|
| <p>NOMBRE PETICIONARIO: DR. JAVIER CURRA DIRECCION: COLÓN 555- ARGENTINA FECHA DE EMISION: 20 de junio de 2011 FECHA DE ANALISIS: 31 de mayo al 20 de junio de 2011</p> | <p>AGROINDUSTRIAS LOS PRIMOS SRL. Dr. Javier Curra 31 de mayo de 2011 11h00 VAN SOEST</p> |
|--|--|

| ANÁLISIS | F.D.N. ¹² | F.D.A. ¹² | LIGNINA ¹¹ | IDENTIFICACIÓN |
|-------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------|
| MÉTODO | MO-LSAIA-02.01 | MO-LSAIA-02.02 | MO-LSAIA-02.03 | |
| MÉTODO REF. | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | U. FLORIDA 1970 | |
| UNIDAD | % | % | % | |
| 11-0605 | 88,73 | 80,14 | 27,53 | LAUREL INICIAL |
| 11-0606 | 86,86 | 70,12 | 19,08 | EUCALIPTO INICIAL |
| 11-0607 | 89,66 | 76,59 | 21,33 | EUCALIPTO FINAL |

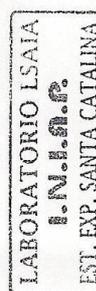
Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLE DE CALIDAD



Dr. Armando Rubio

RESPONSABLES DEL INFORME




Dr. Ivan Samaniego

RESPONSABLE TECNICO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax, no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

8.7 ANEXO N° 6: GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS POR CANTÓN POR m³

| Cantón | DISPOSICIÓN DE RESIDUOS POR m ³ | | | | | | Total Tn Mes Cantón | Total Tn Año Cantón |
|----------------------|---|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|
| | Camas de corral | Producción de ladrillos | Fábrica MDF y otros | Fábrica de pirotecnia | Incineran en botaderos | Compost | | |
| Riobamba | - | 816 | 816 | 420 | 1212 | - | 163,2 | 1958,4 |
| Alausí | 156 | - | - | - | 60 | - | 10,8 | 129,6 |
| Chunchi | 94 | - | - | - | 50 | - | 7,2 | 86,4 |
| Cumandá | 24 | - | - | - | - | 120 | 7,2 | 86,4 |
| Chambo | 36 | 180 | - | - | - | - | 10,8 | 129,6 |
| Guano | 44 | - | - | - | 100 | - | 7,2 | 86,4 |
| Penipe | 94 | - | - | - | 50 | - | 7,2 | 86,4 |
| Pallatanga | 45 | - | - | - | - | 171 | 10,8 | 129,6 |
| Guamote | 96 | - | - | - | 48 | - | 7,2 | 86,4 |
| Colta | 96 | - | - | - | 48 | - | 7,2 | 86,4 |
| Total M ³ | 685 | 996 | 816 | 420 | 1568 | 291 | - | - |
| Total Tn/Mes | 34.25 | 49.8 | 40.8 | 21 | 78.4 | 14.55 | 238,8 | 2865,6 |
| Total Tn/Año | 411 | 597.6 | 489.6 | 252 | 940.8 | 174.6 | - | - |

8.8 ANEXO N° 7: MODELO DE PLANILLA PARA CENSO DE INDUSTRIAS

CENSO DE INDUSTRIAS MADERERAS

Nombre:.....

Dirección:.....

Ciudad:.....Cantón:.....

a) ¿Qué clases de maderas utiliza en mayor proporción? (*)

1. Eucalipto
2. Pino
3. Laurel
4. Chuncho
5. Chanul

b) ¿Qué cantidad de residuo genera por mes?

M³:

Tn:

c) ¿Qué otras maderas en menor cantidad utiliza? (*)

6. Ciprés
7. Colorado
8. Guayacán
9. Caoba
10. Teca
11. Capirona
12. Otras

d) ¿Qué destino final le da usted al residuo que genera? (*)

- I- Camas para animales de corral:
- II- Producción de pirotecnia:
- III- Elaboración de aglomerados y MDF:
- IV- Fabricación de ladrillos:
- V- Compost:
- VI- Botaderos:

(*): Marcar con una **X**