

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Lentinula edodes* (SHIITAKE), EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

JUAN CARLOS PEDREROS MOSQUERA

**TRABAJO DE GRADO
Presentado como requisito parcial
Para optar al título de**

Microbiólogo Industrial

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGÍA INDUSTRIAL
Bogotá, D.C
Marzo de 2007**

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946.

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por que no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por que la tesis no tenga ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y justicia”.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Lentinula edodes* (SHIITAKE), EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

JUAN CARLOS PEDREROS MOSQUERA

APROBADO:

CHRISTIAN SUÁREZ FRANCO
Microbiólogo
Director

MARCELA FRANCO.
Microbióloga, Msc.
Jurado

MARIA JIMENA
Microbióloga, Msc.
Jurado

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Lentinula edodes* (SHIITAKE), EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

JUAN CARLOS PEDREROS MOSQUERA

APROBADO:

Dra. ANGELA UMAÑA
M. Phil
Decana Académica

DAVID GOMÉZ
Microbiólogo.
Director de Carrera

Este estudio se lo dedicó a Dios, a mi familia, a mis amigos y hermanos del alma, quienes son los que me han dado la fortaleza para seguir adelante y siempre me apoyarán, y en especial le dedicó este logro a mi padre, quién aunque no está conmigo físicamente, le debo una promesa de corazón y que hoy me siento muy orgulloso por habérsela cumplido. Y de antemano le pido a Dios que así como me está apoyando cada día de mi vida, le pido inmensamente que apoye y bendiga a todos en este mundo.

AGRADECIMIENTOS

- A la empresa “Biosetas Andinas” por facilitarme sus instalaciones, equipos y apoyarme económicamente con este proyecto.
- A Christian Suárez Franco por su apoyo, dedicación y conocimientos que contribuyeron a la culminación exitosa del trabajo.
- A la profesora de Nutrición Martha Lucia Borrero, por su apoyo y asesoría en la prueba sensorial realizada al proyecto.
- A las familias Suárez Franco y Pedreros Mosquera por su apoyo incondicional.

TABLA DE CONTENIDOS.

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. MARCO TEÓRICO.	3
2.1 GENERALIDADES.	3
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS HONGOS.	4
2.2.1. Hongos Macromicetos.	6
2.2.1.1. Ascomycetes.	7
2.2.1.2. Basidiomycetes.	8
2.2.1.2.1. Orden Agaricales.	8
2.2.1.2.2. CICLO BIOLÓGICO.	9
2.3. Macrohongos o Setas Cultivadas.	9
2.4. APLICACIONES.	10
2.5 <i>Lentinula edodes</i> "SHIITAKE".	10
2.5.1 HISTORIA.	11
2.5.2 CLASIFICACIÓN.	12
2.5.3 MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN.	12
2.5.4 Ciclo de vida de los Hongos Macromicetos.	14
2.5.5 VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN.	16
2.5.6 PROPIEDADES MEDICINALES.	17
2.5.7 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA EL CRECIMIENTO.	18
2.5.8 REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA EL CRECIMIENTO.	20
2.5.9 CULTIVO.	23
2.5.9.1 SEMILLAS.	24
2.5.9.2 TRONCOS.	25
2.5.9.3 TRONCOS ARTIFICIALES.	26
2.5.10 METABOLITOS.	28
2.5.11 SUSTRATOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE SHIITAKE.	29
2.5.12 COMPOSICION MADERAS.	32
2.5.13 FACTORES DE CALIDAD.	32
2.6. RESIDUOS INDUSTRIALES.	34
2.6.1. Roble. (<i>Quercus</i> sp.).	34
2.6.1.1 <u>Clasificación científica.</u>	34
2.6.1.2 CARACTERÍSTICAS.	35
2.6.1.3 Distribución.	35
2.6.1.4 Fruto.	35
2.6.1.5 USOS.	36

2.6.1.6 Problemática por el uso del “Roble” en Colombia.	38
2.6.2 EUCALIPTO (<i>Eucalyptus</i> sp.).	39
2.6.2.1 <u>Clasificación científica.</u>	40
2.6.2.2 CARACTERÍSTICAS.	40
2.6.2.3 HÁBITAT.	40
2.6.2.4 CLIMA.	41
2.6.2.5 USOS.	41
2.6.3. AMARILLO (<i>Aniba</i> sp.).	42
2.6.3.1 <u>Clasificación científica.</u>	43
2.6.3.2 NOMBRE COMÚN.	43
2.6.3.3. CARACTERÍSTICAS.	
43	
2.6.3.4 HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN.	
45	
2.6.3.5 USOS.	46
2.7. RESIDUO INDUSTRIAL GENERADO POR EL ASERRIO DE MADERAS.	46
2.8. RESIDUO AGRICOLA.	47
2.8.1.	
Uchuva (<i>Physalis peruviana</i>).	47
2.8.1.1 <u>Clasificación científica.</u>	47
2.8.1.2 Origen.	47
2.8.1.3 Atributos de la uchuva.	48
2.8.1.4 Comercialización.	48
2.8.1.5 Entorno ambiental.	48
2.8.1.6 Morfología.	48
2.8.1.7 Importancia del Cáliz o Capacho.	49
2.8.1.8 Cultivo de Uchuva.	50
2.8.1.9 Residuo agroindustrial generado por el cultivo de uchuva.	51
2.8.1.10 Capacho de uchuva.	51
2.8.2. PLÁTANO (<i>Musa paradisiaca</i> , <i>Musa cavendishii</i>).	51
2.8.2.1 Descripción del plátano (banano).	52
2.8.2.2 Origen.	52
2.8.2.3 CARACTERÍSTICAS.	52
2.8.2.4. Clima y suelo para el cultivo del plátano o banana.	54
2.8.2.5. Abonado del plátano (bananos).	55
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.	56
4. OBJETIVOS.	58
4.1 OBJETIVO GENERAL.	58
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	58
5. HIPÓTESIS.	59
6. MATERIALES Y MÉTODOS.	60
6.1 Diseño de la investigación.	60
6.1.1 Población de estudio y muestra.	60

6.1.1.1. Localización.	60
6.1.1.2. Muestra.	60
6.1.2 Variables del estudio.	61
6. 2 Metodología.	61
6.2.1 Preparación de la semilla.	61
6.2.2 Preparación del sustrato.	61
6.2.3 Deshidratación y adecuación de los residuos.	62
6.2.4 Selección de los residuos.	62
6.2.5. Mezcla de los materiales que conformarán los tratamientos.	62
6.2.6 Elaboración de los bloques de sustrato.	66
6.2.6.1 Inoculación.	66
6.2.6.2 Incubación.	66
6.2.6.3 Fructificación.	67
6.2.6.4 Cosecha y pesaje de los carpóforos.	67
6.2.7. Prueba sensorial.	67
6.2.8. Análisis de carbono y nitrógeno total de los residuos agroindustriales.	68
6.3 Análisis de la información.	69
6.3.1. Diseño del análisis estadístico.	69
6.3.1.1. Población a estudiar.	69
6.3.1.2. Unidad experimental del estudio.	69
6.3.1.3. Estimación del tamaño muestral.	69
6.3.1.4. Variables a analizar.	69
6.3.1.5. Métodos estadísticos.	71
6.3.1.5.1. Análisis del desarrollo y crecimiento <i>Lentinula edodes</i> en cada uno de los tratamientos evaluados.	71
6.3.1.5.2. Análisis sensorial de los hongos cosechados de <i>Lentinula edodes</i> en cada uno de los sustratos evaluados.	74
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	77
7.1. Análisis del desarrollo y crecimiento de <i>Lentinula edodes</i> en los diferentes tratamientos.	77
7.1.1. Análisis del desarrollo y crecimiento de <i>Lentinula edodes</i> en el tratamiento control.	79
7.1.2. Análisis del tiempo de corrida del micelio de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	80
7.1.3. Análisis del tiempo de pigmentación de los bloques de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	85
7.1.4. Análisis del número de hongos producidos por tratamiento de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	88
7.1.5. Análisis del tamaño de carpóforos de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	92
7.1.6. Análisis del peso fresco de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	94
7.1.7. Análisis del Porcentaje de Eficiencia Biológica de	

<i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	95
7.1.8. Análisis del tiempo total del cultivo de <i>Lentinula edodes</i> en los tratamientos analizados.	97
7.2. Análisis sensorial de los hongos cosechados de <i>Pleurotus ostreatus</i> en cada uno de los sustratos evaluados.	98
7.2.1. Hongos en fresco.	100
7.2.2. Hongos salteados.	101
8. CONCLUSIONES.	103
9. RECOMENDACIONES.	105
10. CRONOGRAMA.	106
11. PRESUPUESTO.	107
11.1. Presupuesto por parte del estudiante que desarrolla el proyecto.	107
11.2. Presupuesto adicional, suministrado por la empresa “Biosetas Andinas”.	108
12. BIBLIOGRAFÍA.	109
ANEXO 1. ACUERDO 29 DE 1976- INDERENA.	117
ANEXO 2. RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE <i>Lentinula edodes</i> EN CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS.	119
ANEXO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO.	120
ANEXO 4. FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA SENSORIAL.	143
ANEXO 5. NÚMEROS ALEATORIOS DE LA PRUEBA SENSORIAL.	145
ANEXO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO SENSORIAL.	146

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 2.1. Los cinco Reinos.	3
Figura 2.2. Foto Shiitake Tronco.	10
Figura 2.3. Morfología de un hongo macromiceto.	13
Figura 2.4. Aspecto Shiitake.	14
Figura 2.5. Ciclo de vida de un Basidiomycete.	16
Figura 2.6. Árbol de Roble.	34
Figura 2.7. Árbol de Eucalipto.	39
Figura 2.8. <i>Aniba perutilis</i> .	43
Figura 2.9 Ramas de <i>Aniba perutilis</i> .	44
Figura 2.10. Frutos de <i>Aniba perutilis</i> .	45
Figura 2.11. Foto de Uchuva.	47
Figura 2.12. Cáliz o Capacho de Uchuva.	49
Figura 2.13. Cultivo Plátano.	51
Figura 7.1 Foto de <i>Lentinula edodes</i> cultivado en Roble.	79
Figura 7.2. Tratamiento iniciando la corrida de micelio.	81
Figura 7.3. Finalización corrida de micelio sobre todo el tratamiento.	81
Figura 7.4. Tratamiento iniciando la formación de blister.	81
Figura 7.5. Tiempo promedio de corrida del micelio de <i>Lentinula edodes</i> en los diferentes tratamientos.	83
Figura 7.6. Mezcla de tratamiento que formo apelmazamientos.	84
Figura 7.7. Tratamientos que no terminaron de colonizar el bloque.	84
Figura 7.8. Mezcla de tratamiento que no formo apelmazamientos.	85
Figura 7.9. Tratamiento terminando la formación de blister o corteza.	85
Figura 7.10. Tratamiento iniciando la pigmentación del bloque.	85
Figura 7.11. Tratamiento terminando la pigmentación.	86
Figura 7.12. Tiempo promedio de pigmentación de <i>Lentinula edodes</i> en los diferentes tratamientos.	87
Figura 7.13. Tratamiento no colonizado en su 100% y no pigmentado.	88
Figura 7.14. Tratamiento colonizado en un 50% y no pigmentado.	88
Figura 7.15. Formación de primordios en el tratamiento.	88
Figura 7.16. Formación de cuerpos fructíferos en el tratamiento.	88
Figura 7.17. Crecimiento de los cuerpos fructíferos en el tratamiento.	89
Figura 7.18. Hongos listos para cosechar en el tratamiento.	89
Figura 7.19. Cantidad promedio de hongos cosechados de	

<i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento analizado.	89
Figura 7.20. Tratamiento no compactado.	91
Figura 7.21. Tratamiento generando hongos deformes.	92
Figura 7.22. Medición del diámetro de los carpóforos.	92
Figura 7.23. Tamaño promedio de los carpóforos producidos de <i>Lentinula edodes</i> en cada uno de los tratamientos.	93
Figura 7.24. Carpóforos cosechados pesados por bandeja.	94
Figura 7.25. Peso fresco promedio obtenido de <i>Lentinula edodes</i> en cada uno de los tratamientos analizados.	95
Figura 7.26. Porcentaje promedio de eficiencia biológica de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento.	97
Figura 7.27. Tiempo promedio total de cultivo de <i>Lentinula edodes</i> en cada tratamiento analizado.	98
Figura 7.28. Cubículo predispuesto para la realización de la prueba sensorial.	99
Figura 7.29. Prueba sensorial “sabor” de hongo fresco <i>Lentinula edodes</i> más gusta en cada tratamiento analizado.	100
Figura 7.30. Prueba sensorial “sabor” de hongo salteado <i>Lentinula edodes</i> más gusta en cada tratamiento analizado.	102

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 2.1. Características de las principales clases de hongos.	6
Tabla 2.2. Producción mundial de <i>Lentinula edodes</i> peso fresco, expresado en toneladas.	12
Tabla 2.3. Composición de Aminoácidos esenciales de <i>Lentinula edodes</i> .	17
Tabla 2.4. Clasificación cepas por temperatura.	22
Tabla 2.5. Producción Enzimática extracelular de los macromicetos.	31
Tabla 2.6. Composición lignocelulósica de maderas.	32
Tabla 2.7. Clasificación del píleo del Shiitake a nivel comercial.	33
Tabla 2.8. Porcentajes de la composición del Roble.	38
Tabla 2.9. Producción nacional de uchuva.	50
Tabla 6.1. Residuos para elaborar los tratamientos.	62
Tabla 6.2. Formulación para los tratamientos para el cultivo de <i>Lentinula edodes</i> .	63
Tabla 6.3. Formulación para cada uno de los tratamientos.	64
Tabla 7.1. Cambios morfológicos del micelio en fase vegetativa después de 70 de días de incubación.	78
Tabla 7.2. Tratamientos que presentaron fase vegetativa y reproductiva.	79
Tabla 7.3. Porcentaje de carbono y nitrógeno total de los residuos utilizados.	82
Tabla 7.4. Codificación de los tratamientos para prueba sensorial.	99

1. 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 descritas 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 estos, 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 de muchos 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 (Romero y colaboradores, 2000). Tal es el caso, que en los países orientales, los hongos son utilizados como alimentos en su dieta diaria, llevando consigo un gran consumo, que actualmente, no es solo 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.

Tal es el caso anterior, que 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 o volumen generado. 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. Pues esta región del mundo tiene un gran potencial para el cultivo de las 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 (Torres, 2003). Debido a esto, un gran punto, que se está explorando en la actualidad, es el aprovechamiento de residuos agroindustriales (Stamets, 2000), 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 Colombia por algunas empresas, es *Lentinula 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 agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin ningún tratamiento previo, y contribuyen de esta manera al daño del ecosistema (Cabrera, 1998)

Como objetivo base para este estudio, fue la evaluación del cultivo de *Lentinula edodes* (Shiitake) tratamientos con diferentes residuos agroindustriales generados en nuestro país, igualmente se busca que con esté proyecto el escalamiento a una prueba industrial del cultivo.

En Colombia, el desarrollo de nuevas metodologías del cultivo del hongo (Shiitake) y el aprovechamiento de residuos agroindustriales conducirá a la generación de un nuevo producto nutricional y medicinal en el país.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 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 de lentes ópticos, 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 (Miles & Chang 1997).

Los hongos empezaron a separarse del reino vegetal por su composición química, la cual es diferente entre las paredes celulares fungales y 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 (Figura 2.1.) (Carone. 1986, Solomon. 1996).

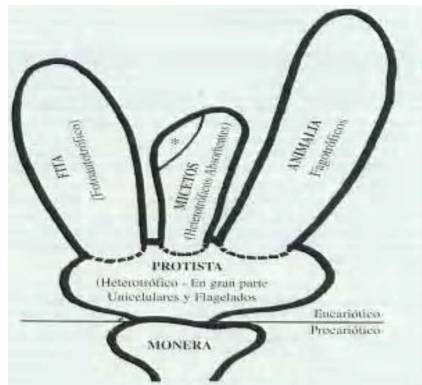


Figura. 2.1. Los cinco Reinos
Fuente: Kendrick 1985.

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 quitina. El talo 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 4°C y 60°C, desde el nivel del mar hasta por encima de los 4000 m. y en diferentes tipos de madera (Koneman, 1997; Stamets, 2003).

Las setas son macrohongos 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 (órgano sexual productor de esporas de los Basidiomicetos) de tamaño y textura adecuada para ser considerados como una fuente de alimento (Miles & Chang, 1997).

2.2 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 (Tabla 2.1).

Los Deuteromicetos se diferencian de las otras cuatro por no poseer sexualidad y por reproducirse en formas asexuales únicamente. En los Chytridiomicetes la sexualidad involucra la fusión de gametos móviles y en los Zygomycetes la reproducción sexual se realiza por la fusión de los gametangios y por la posterior formación de un zigosporo de pared celular gruesa. En los Ascomicetos 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.

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 (hifas con dos núcleos compatibles, sin fusionarse en cada célula). 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 (Solomon, 1996; Miles & Chang, 1997).

Tabla 2.1. Características de las principales clases de hongos.

División	No. de especies	Plasmogamia	Cariogamia	Meiosis	Control del tipo de cruce	Hifas	Motilidad
Chytridiomycota	500	Fusión	En el cigoto	cigótica	--	No septado	whiplash
Zigomycota	765	Copulación gametangial	Zigoespora	cigótica	Unifactorial con alelos alternados	No septado	No presenta
Ascomycota	30000	Copulación gametangial o contacto gametangial o Espermatización o somatogamia	Precedida por dicariofase y en el asco ocurre la cariogamia	Meiosporas dentro de asco	Unifactorial con alelos alternados	Septado con poro central	No presenta
Basidiomycota	16000	Somatogamia Espermatización	Precedida por dicariofase y en el basidio ocurre la cariogamia	Meiosporas dentro de basidio	Unifactorial y bifactorial con múltiples alelos	Septado	No presenta

Deuteromycota	17000					Septado	No presenta
---------------	-------	--	--	--	--	---------	-------------

Fuente: Miles & Chang. 1997.

2.2.1. 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 ectomicorrizas o como parásitos sobre los árboles. Algunos son comestibles, otros venenosos e incluso pueden producir efectos psicoactivos. Suelen crecer en la humedad que proporciona la sombra de los árboles, pero también en cualquier ambiente húmedo y con poca luz (Saldarriaga, 2001).

2.2.1.1. 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 (Koneman, 1997).

Estos hongos pueden ser unicelulares ó estar formados por un micelio con hifas de paredes quitinosas, con septos transversales incompletos (presentando un poro central). Las hifas, pueden ser uni ó multinucleadas, homocarióticas ó 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, conocidos como ascolíquenes (Koneman, 1997).

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 (Saldarriaga, 2001).

2.2.1.2. Basidiomycetes

Las esporas que dan nombre al grupo son las basidiosporas, producidas exógenamente en órganos especiales, los 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 (Stamets, 2003).

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.

2.2.1.2.1. 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 tanto especies comestibles, como venenosas. Son de gran importancia económica para el hombre por sus diferentes usos, tanto en alimentación, medicina, agricultura, industria, etc. Pueden ser saprófitos, parásitos o ectomicorrízicos.

2.2.1.2.2. 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, en el caso de los Basidiomicetes estas células son llamadas Basidios mientras que en los Ascomicetes son llamadas Ascosporas.

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

2.3. 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*. (Oei. 2003)

Dentro de los más cultivados está: el “*Shiitake*”, el cual es el tercer hongo cultivado en el mundo, pertenece al Reino Fungi, a la familia Tricholomataceae. El “*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. (Oei. 2003)

2.4. 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. (Fung. 2002)

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 o penicilina, y en la producción de bioquímicos por ejemplo el ácido cítrico, etc.

2.5 *Lentinula edodes* “SHIITAKE”:



Figura 2.2. Foto Shiitake Tronco.
Fuente: Oei. 2003.

Lentinula edodes, Berk. Pegler, 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 una delicadeza tradicional en todo el mundo, especialmente por su exquisito sabor como por sus beneficios sobre la salud. (Fung. 2002).

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 Shiitake figura entre los más populares de los hongos gourmet y ocupa el segundo lugar en la producción mundial de hongos. (Fung. 2002)

2.5.1 HISTORIA

El cultivo de 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 (Quimio. 1990), 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, Japón, desarrolló el método en donde el micelio fungal del Shiitake, crece en un sustrato de madera como semillas, para después ser inoculado directamente en los troncos de producción (Quimio. 1990).

Históricamente el señor Wu San Kwung fue conocido como el que originó el cultivo del hongo *Lentinula*. Él nació durante la dinastía Sung (960-1127) en Qingyuan, al suroeste de Zhejiang: condado nombrado oficialmente en 1994

como “la ciudad del hongo *Lentinula*”. La producción de *Lentinula 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 de *L. edodes* aumentó en 277.5% entre 1985 y 1997 (Tabla 2.2). La producción que inicialmente se limitaba a Asia ya ha comenzado en USA, Australia, Canadá, Brasil, Latinoamérica y en otros países de Europa. (Fung. 2002)

Tabla 2.2. Producción mundial de *Lentinula edodes* peso fresco, expresado en toneladas.

País	1985		1991		1994		1997	
	volumen	%	volumen	%	volumen	%	volumen	%
China	35.0	13.9	266.0	57.4	438.2	71.0	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	12.0	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	14.0	2.0
Total	251.4	100.0	463.2	100.0	617.6	100.0	697.7	100.0

Fuente: Oei. 2003

2.5.2 CLASIFICACIÓN:

El hongo Shiitake taxonómicamente (Solomon. 1996) se encuentra clasificado así:

REINO	Fungi
PHYLLUM	Basidiomycota
CLASE	Basidiomycetes
ORDEN	Agaricales
FAMILIA	Tricholomataceae

GENERO	<i>Lentinula</i>
ESPECIE	<i>edodes</i>

2.5.3 MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN:

Las principales partes que componen un hongo macromiceto (Solomon, 1996) son (Figura 2.3):

- **Cutícula:** 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.

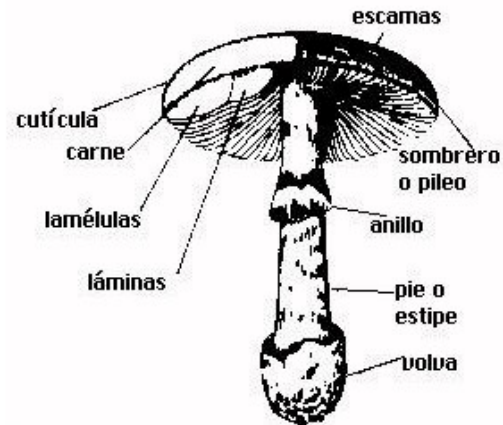


Figura 2.3. Morfología de un hongo macromiceto.
Fuente: Solomon, 1996

Respecto al Shiitake, este tipo de hongo, se caracteriza por tener un sombrero de 5 a 25 cm de diámetro, semiesférico. Inicialmente presenta un color café oscuro casi negro pero con el tiempo su color cambia a café claro. 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 pelusas que aparecen irregularmente en el sombrero, inicialmente son puntos de color blanco pero pueden llegar a tomarse de color café cuando el hongo se está deteriorando. (Figura 2.4).



Figura 2.4. Aspecto Shiitake.
Fuente: Anónimo, 2006.

2.5.4 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 con condiciones adecuadas, permitiendo que la espora germine, formando un largo filamento de células vivas, denominado hifa. La hifa crece a partir de su extremo 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 (Pire, 2001).

De esta manera, cualquier alimento encontrado es eficientemente recogido y la colonia se expande para localizar nuevas fuentes de alimento (Solomon, 1996). 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, el cuerpo viviente del hongo. A la intemperie, los micelios de la seta 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 (Pire, 2001).

En el caso de los Basidiomycetes los cuerpos fructíferos contienen en la zona himenial 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 han madurado y posteriormente serán esparcidas por el viento (Navarro, 2005).

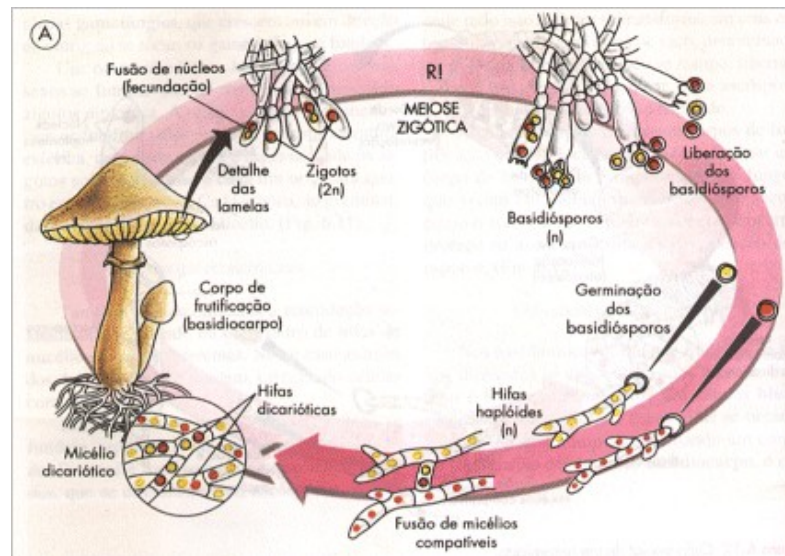


Figura 2.5. Ciclo de vida de un Basidiomycete.
Fuente: Navarro, 2005

2.5.5 VALOR NUTRICIONAL Y COMPOSICIÓN:

El valor nutricional contenido en 100 gramos es (Stamets. 2000):

- 2-5% (39) 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 riboflaniina (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 de 85 a 90% y el carbón total es el 40 a 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 éstos están presentes en altas concentraciones (Tabla 2.3). Con relación al contenido de grasas, se encuentran en mayor porcentaje los ácidos grasos no saturados, debido a la presencia principalmente del ácido linoléico. *L. edodes* es una buena fuente de vitaminas, así como de minerales, donde sus cantidades dependen de la edad de la muestra fresca. (Crisan, 1978).

Tabla 2.3. Composición de Aminoácidos esenciales de *Lentinula edodes*

Aminoácidos	<i>Lentinula edodes</i>
Leucina	348
Isoleucina	218
Valina	261
Triptofano	Nd
Treonina	261
Fenilalanina	261
Metionina	87
Histidina	87

Lisina	174
Arginina	348
Total de aminoácidos esenciales	2045

* Los datos indican el % entre ácidos grasos por peso seco.

* Los datos están representados en mg. de aminoácido por gramo de proteína pura.

* Nd = no determinado

Fuente: Crisan. 1978

2.5.6 PROPIEDADES MEDICINALES (Chihara, 1993.):

- ANTI-CÁNCER. Este tipo de hongo posee Lentinan que es un agente anti-cáncer. También anti oxidantes, posee vitaminas A, E, C, y selenio.
- ANTI-INFECCIONES VÍRICAS. Shiitake estimula la producción en el organismo de interferón, el cual tiene efectos anti virus.
- 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 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.

2.5.7 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 (Miles & Chang. 1997).

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 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, quitina, 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 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.

2.5.8 REQUERIMIENTOS FÍSICOS PARA EL CRECIMIENTO

El crecimiento y el desarrollo se ven afectados no solo 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, otras condiciones culturales, las características genéticas de la cepa del hongo y la fase de crecimiento del micelio (Miles & Chang 1997).

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 *Lentinula 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 (Ishikawa, 1967); sin embargo existen variaciones que pueden afectar el rango y el valor óptimo, el cual es, de acuerdo con Deacon (1984), 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 (Madigan. 1997).

B. Temperatura:

La temperatura es uno de los factores más estudiados, no solo 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 desnaturalizar por las altas temperaturas, interrumpiendo así, el crecimiento del hongo.

La temperatura óptima del crecimiento vegetativo de *Lentinula edodes* es de 25°C. Por debajo de 5°C o por encima de 35°C el crecimiento del micelio se detiene, y bajo temperaturas más elevadas, como 45°C en medio líquido, el micelio muere después de 40 minutos (Chang & Hayes. 1978).

Las cepas de *Lentinula edodes* se pueden clasificar en base a la temperatura de fructificación (Quimio. 1990, Chen. 2000)(Tabla 2.4):

Tabla 2.4. Clasificación 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 de 50 - 75% en la fase vegetativa de *Lentinula edodes* y

de 80 — 95% en la etapa de fructificación (Chang & Hayes. 1978). 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:

Lentinula 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.

Los grados de luz se miden en unidades lux (Ting. 1994):

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

Donde:

E: Unidades lux.

r²: 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 (Quimio. 1990).

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 (Anónimo. 2006).

2.5.9 CULTIVO

El hongo “Shiitake” ha sido cultivado en las regiones montañosas de Asia, por más de mil años mediante técnicas tradicionales. Solo en los últimos treinta años comenzó el estudio de técnicas superiores de cultivo que han permitido lograr rendimientos adecuados para su comercialización en el mundo occidental.

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 de la producción 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 *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).

2.5.9.1 SEMILLAS

Las semillas de *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. (Anónimo. 2006)

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, para evitar la contaminación del cultivo por partículas o esporas de otros hongos suspendidas en el aire (Quimio. 1990).

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.

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 2 a 4°C, y antes de su inoculación se recomienda hacerle una climatización a 21°C durante dos a cinco días (Anónimo. 2006).

2.5.9.2 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 - 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 (Anónimo. 2006).

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 (Quimio. 1990).

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. (Quimio. 1990).

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 cuando existe una temperatura de 18 a 27°C, una humedad relativa entre 50 y 70% y una circulación moderada de aire fresco (Anónimo. 2006).

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 (Quimio. 1990).

2.5.9.3 TRONCOS ARTIFICIALES:

Una técnica nueva de cultivo para obtener setas durante la mayor parte del año, se basa en la producción en bolsas, donde un gran conjunto de materiales son utilizados como sustratos. Los materiales más comúnmente

utilizados en la producción industrial de Shiitake son las virutas de madera y corteza (Rinker. 1991, Gaitán. 2000) y se encuentran en estudio los materiales que incluyen paja (de trigo, avena, centeno, sorgo, algodón, arroz), subproductos del algodón (cascarillas de semilla y desperdicios del tamizado), heno, tallos de plantas de maíz, desperdicios del café (Mata & Pérez. 2000), bagazo de caña de azúcar (Gaitán. 2000), 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 con 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 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 2kg. Estas bolsas son esterilizadas en el autoclave a 121°C por una hora (Miles & Jong. 1987) o eventualmente a 95°C por cinco a siete horas (Miles & Chang. 1987); 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 primeros primordios. En el momento de

la producción, la bolsa es retirada y el sustrato es sometido a una temperatura de 14 a 16 °C, humedad de 95 a 98%, incidencia de luz de aproximadamente 50 unidades lux y una concentración de CO₂ por debajo de 1.200 ppm (partes por millón). Los primordios aparecen de 7 a 10 días y estos alcanzan su estado de madurez de 11 a 14 días después de retirada la bolsa (Quimio. 1990).

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

El rendimiento del sustrato se evalúa a través del porcentaje de eficiencia biológica (Fernández. 2004):

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

2.5.10 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 su vez a la actividad de enzimas endocelulares, son transformados en moléculas más pequeñas que suministran la energía y los precursores indispensables para biosíntesis de los aminoácidos, nucleótidos, vitaminas, azúcares, ácidos grasos, y entre otros, es decir, los metabolitos denominados primarios; éstos constituyen los elementos a partir de los cuales son sintetizadas las moléculas esenciales. Los intermediarios en la biosíntesis de éstos últimos productos y las reacciones catabólicas y anabólicas relacionadas con todas estas transformaciones se incluyen igualmente entre los metabolitos primarios (Leveau. 2000). 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. (Miles & Chang. 1997).

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 de *Lentinula edodes* (Chihara. 1993, Stamets. 2000).

L. edodes es considerado un producto natural y nutricéutico 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 haber sido 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 (Miles & Chang. 1997).

L. edodes es un excelente productor de ergosterol el cual es convertido a vitamina D 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 (Potter & Hotchkiss. 1995).

2.5.11 SUSTRATOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE SHIITAKE:

Lentinula edodes por ser un organismo que obtiene sus requerimientos nutricionales de fuentes no vivas, básicamente de elementos lignocelulósicos de las paredes celulares de las 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.

La pared celular vegetal está compuesta básicamente de celulosa, hemicelulosa y lignina, los 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 °C 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 (Azcon-Bieto & Talon. 1993).

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. (Madigan. 1997)

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 (Azcon-Bieto & Talon. 1993).

La lignina es un polímero constituido por restos fenilpropanoides derivados casi exclusivamente de los ácidos p-cumárico, coniferílico y sinapílico, unidos entre si 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 (AzconBieto & Talon 1993).

La bioconversión de los materiales de desecho de las plantas forman parte de un alimento de alto contenido proteínico para el hongo. Este al excretar diferentes enzimas específicas, degrada los polisacáridos de alto peso molecular a monómeros más fáciles de asimilar (Tabla 2.5).

Tabla 2.5. Producción Enzimática extracelular de los macromicetos.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	FUNCION	COMPUESTO EN EL SUSTRATO	PRODUCTO DE LA 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
Xilanasa	Degradación del xilán	Xilán (Hemicelulosas)	Azúcares
Proteasa	Degradación de la proteína	Protefrías	Aminoácidos
Fosfatasa	Liberación del ión fosfato	Ésteres de fosfato	Desconocido
Lipasa	Degradación		

	de lípidos		
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

Una gran variedad de materiales pueden ser utilizados como sustrato en la producción de Shiitake; en especial los residuos de los cultivos industriales. Se ha demostrado que existen materiales de alto contenido de celulosa y lignina, como el bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de algodón, heno, tallos de plantas de maíz, desperdicios del café y las virutas de diferentes maderas; que pueden suministrarle al hongo los nutrientes necesarios para su crecimiento y fructificación, los cuales bajo condiciones controladas, producen altos rendimientos, disminuyendo el porcentaje de contaminación por organismos competidores (Lee. 1996).

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.

2.5.12 COMPOSICION MADERAS:

Tabla 2.6. Composición lignocelulósica de 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

2.5.13 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 contenido nutricional, además de comprender características específicas que influyen en 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 flavor.

Existen otros factores de calidad que no se ponen en 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 (Berlitz & Grosch.1992, Potter & Hotchkiss. 1995).

La estandarización de la calidad de *Lentinula 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 y considerado de alta calidad se observan en la forma hemisférica y completa del píleo; el cual debe estar abierto en un 70 a

80% (Ting. 1994). La clasificación determinada por el diámetro y peso se observan en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Clasificación del píleo del Shiitake a nivel comercial.

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

2.6. RESIDUOS INDUSTRIALES.

2.6.1. Roble. (*Quercus* sp.)

Quercus sp., del celta *Kaërquez*. Los robles son árboles de gran porte, hasta de una altura de 40 m, casi siempre recto y cilíndrico, a veces presentan ramificaciones profusas desde la base; la corteza inicialmente es lisa y luego exfoliable de color negruzco. La copa es globosa y densa con presencia de yemas vegetativas de posición lateral, protegidas por catáfilos o escamas ciliadas. Las hojas son simples, alternas, enteras, lanceoladas, coriáceas y delgadas, y de ápice agudo (Agudelo y Ramírez. 2002).



Figura 2.6. Árbol de Roble.
Fuente: Anónimo 2. 2006

2.6.1.1 Clasificación científica:

Reino:	<u>Plantae</u>
División:	<u>Magnoliophyta</u>
Clase:	<u>Magnoliopsida</u>
Orden:	<u>Fagales</u>
Familia:	<u>Fagaceae</u>
Género:	<i>Quercus</i>
Especies.	<i>Mas de 200</i>

2.6.1.2 CARACTERÍSTICAS:

La corteza suele ser lisa en los ejemplares jóvenes pero se va agrietando con la madurez de la edad. Los hay de hojas perennes o caducas. Las flores masculinas son amentos, inflorescencias complejas colgantes, habitualmente con seis estambres de largos filamentos (pero los hay que tienen de cuatro a diez). Las flores femeninas están organizadas en espigas o cabezuelas, con tres estigmas; cúpula con un solo fruto, de origen axil (de brote). Ovulos anátropos. Cotiledones planos. (Anónimo 2. 2006)

2.6.1.3 Distribución

Género que abarca unas doscientas especies, distribuidas por Europa, Asia occidental, Norteamérica y Sudamérica.

En Colombia este género domina ciertas localidades entre 1.000 m y 2.800 m de elevación. *Quercus* es un migrante reciente (340.000 años) en América, de origen holártico y se debate que llegó por México; En Colombia, el número de especies de *Quercus* se reduce y a pesar de todas las discusiones taxonómicas sobre la especie se reconoce solo una, *Quercus humboldtii*. Se encuentra ubicado en Nariño, Boyacá, Huila, Santanderes, Antioquia, Caldas, Cauca, Caquetá, Cundinamarca, Risaralda, Tolima. Sin embargo, hoy en día la presencia del roble se limita a fragmentos distribuidos a lo largo de las tres cordilleras principalmente hacia las zonas más altas, pendientes y de suelos rocosos, de las cuales en la cordillera Oriental se encuentran los fragmentos de mayor tamaño (Rosselli y colaboradores, 1997).

2.6.1.4 Fruto

El fruto es una bellota que se produce en otoño y se cae en el invierno. Luego entrada la primavera si el suelo posee cierta penetración asoma un apéndice para formar la raíz y finalmente abre para comenzar a desarrollar el tallo.

2.6.1.5 USOS

➤ Alimentario

Fruto de tipo grande, algunos comestibles como *Quercus ilex* ssp. *ballota*, [*Quercus macrolepis*](#) y [*Quercus vallonea*](#), y de Norteamérica, [*Quercus alba*](#). (Anónimo 2. 2006)

➤ **Industrial**

Suministran materias colorantes [*Quercus tinctoria*](#) de Norteamérica, cuyas cortezas son tintoriales, y *Quercus coccifera*, de toda la región mediterránea, que produce una materia colorante parecida a la cochinilla. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Farmacológico**

Las especies mediterráneas: [*Quercus infectoria*](#) de Asia Menor, y [*Quercus lusitanica*](#) del Mediterráneo occidental producen agallas por picaduras de himenópteros galígenos, [*Cynips galleae*](#), en la región cambial de los brotes jóvenes; en el comercio se puede encontrar agalla de Alepo, Agalla de Basora, y entre otros, que contienen de 60 a 70% de ácido tánico, 3% de ácido gálico y 2 % de ácido elágico, utilizadas como astringentes y hemostáticas. De ellas se obtiene ácido gálico (por hidrólisis del tánico), muy utilizado en la fabricación de muchos productos farmacéuticos, así como para la preparación de la tinta azul-negra. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Botica**

Las cortezas de los *Quercus* jóvenes, (de 12 a 20 años, en especial de *Quercus robur* en Europa y [*Quercus prinus*](#) en Norteamérica, se utilizan en terapéutica como astringentes contienen del 16 al 20 % de ácido tánico. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Usos ancestrales**

De la mayoría de los *Quercus* se utiliza la corteza como "casca" para curtir pieles, ya que forman taninos con los prótidos de la piel, que son imputrescibles (suela, cuero). En la península ibérica, la madera de *Quercus ilex* y la de *Quercus pyrenaica* se han utilizado mucho para producir carbón

vegetal. El *Quercus macrocarpa* también ha sido usado por los indios americanos para tratar problemas de corazón. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Construcción**

La madera de *Quercus* es de las maderas más resistentes, aunque algunas especies la tienen demasiado tosca (por ejemplo *Quercus pyrenaica*).

Es muy utilizada y valorada para lograr muebles de calidad. Además, se la utiliza para la fabricación de toneles y barricas contenedores para añejado del buen vino. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Cultivos de Hongos.**

El Aserrín de Roble posee una composición característica (Tabla 2.8) pero mezclado con varias materias primas que se complementan entre sí, ha sido utilizado a lo largo de la historia en el cultivo de hongos comestibles, ya que son hongos lignocelulolíticos que fácilmente puede utilizar este aserrín como fuente de Carbono para su crecimiento y reproducción (García, 2003; Fernández, 2004; Stamets, 2000).

Tabla 2.8. Porcentajes de la composición del Roble.

MATERIAL	MATERIA SECA	GRASA	FIBRA	N-LIBRE	MINERALES TOTALES	CALCIO	NITRÓGENO
Roble (Hojas, en vivo o seco)	93.8	9.3	2.7	29.9	45.3	6.6	1.49

Fuente: Stamets, 2000

2.6.1.6 Problemática por el uso del “Roble” en Colombia.

El Roble es una especie que ha sido objeto de acciones de conservación desde tiempos pasados. En 1974 se decreta por parte del INDERENA (ANEXO 1) la veda al roble con el fin de aportar a su conservación, esta se modifica en 1975 (Solano y Roa, 2005).

Son varios los esfuerzos adelantados allí e igualmente sus impactos en conservación; sin embargo sigue vigente la discusión sobre qué instrumentos son los más apropiados para adelantar efectivas acciones de conservación en zonas aun no protegidas por el Estado, a la luz de leyes como la Ley General Forestal. A pesar del gran interés sobre el tema se sigue discutiendo si la información base existente es o no suficiente para arriesgarse a modificar la Resolución 1408 de 1975, hacia la posibilidad de uso y extracción forestal (Solano y Roa, 2005).

En Colombia el roble (*Quercus humboldtii*) está vedado para aprovechamiento a través de la Resolución 0316 de 1974, por la cual se veda indefinidamente y en todo el territorio nacional al aprovechamiento. Se exceptúa de la veda a los departamentos de Cauca, Nariño y Antioquia. Un año después la Resolución 1408 de 1975 Inderena, modifica la Resolución 0316/74, levantando la veda para los municipios de Ospina Pérez, Cabrera, Pandí y San Bernardo en el Departamento de Cundinamarca, siempre y cuando la especie sea aprovechada de acuerdo con un adecuado plan de manejo (Solano y Roa, 2005).

2.6.2 EUCALIPTO (*Eucalyptus* sp.)

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, 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**. (Anónimo 2. 2006)

Actualmente se considera una de las especies forestales más difundidas del mundo. Existen cuatro subespecies de *Eucalyptus globulus*: *E. globulus globulus*, *E. maidenii*, *E. pseudoglobulus* y *E. bicostata*. La subespecie más difundida y presente en la Península ibérica es el *Eucalyptus globulus globulus*. (Anónimo 2. 2006)



Figura 2.7. Árbol de Eucalipto.
Fuente: (Anónimo 2. 2006)

2.6.2.1 Clasificación científica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	<i>Eucalyptus</i> L'Hér.
Especies	Más de 700

2.6.2.2 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 olor 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, eu-kalypto 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. (Anónimo 2. 2006)

2.6.2.3 HÁBITAT

Los eucaliptos son especies alóctonas -extranjeras-, plantadas para ornamento y 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. (Anónimo 2. 2006)

2.6.2.4 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

prolongados (no suele soportar más de 10 días de heladas por año). Si se producen en tiempo de sequía o en periodo de actividad vegetativa (heladas primaverales tardías). Son muy sensibles a las heladas las plantas más jóvenes. La resistencia a las heladas aumenta al alcanzar los dos o tres años de edad. (Anónimo 2. 2006)

2.6.2.5 USOS.

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, destaca su riqueza en 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. (Anónimo 2. 2006)

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.

La distribución de sus aplicaciones es la siguiente (Anónimo 2. 2006):

- Pasta de papel.....83%
- Minería, postes.....6%
- Tableros.....6%
- Desenrollo.....3%
- Serrería.....1%
- Otros.....1%

2.6.3. AMARILLO (*Aniba* sp.)

Los Lauraceae o familia de los laureles son árboles, arbustos y plantas florales en su mayoría perenes. Esta familia contiene alrededor de 40 géneros y más de 2.000 especies (es posible que 4.000), distribuidas por todo el mundo, en especial en regiones cálidas y tropicales del sudeste de Asia y Brasil. (Anónimo 2. 2006)

Las características de estos árboles, que predominan en los bosques de laureles, hábitats cuyas condiciones climatológicas son húmedas y de temperaturas suaves, de los hemisferios septentrional y meridional, incluidos Micronesia, Japón, Madagascar y Chile central. (Anónimo 2. 2006)



Figura 2.8. *Aniba perutilis*
Fuente: Anónimo 2. 2006

2.6.3.1 Clasificación científica:

Reino:	<u>Plantae</u>
División:	<u>Magnoliophyta</u>
Clase:	<u>Magnoliopsida</u>
Orden:	<u>Lurales</u>
Familia:	Lauraceae <u>Juss.</u>
Genero:	<i>Aniba</i>

2.6.3.2 **NOMBRE COMÚN** (Anónimo 2. 2006):

Colombia: Amarillo, Comino, Laurel Comino, Comino Crespo, Comino Canelo, Caparrapí, Aceite de Palo, Comino Real, Punte, Chachajo.

Perú: Comino, Muena Negra, Ishpingo Chico, Moena Negra.

Brasil: Laurel Amarelo, Pau Rosa.

Bolivia: Coto, Coto Piquiante.

Gran Bretaña: (la madera) Ginger Gele, Keriti

2.6.3.3. CARACTERÍSTICAS:

Las principales características del comino son las siguientes:

- **Tamaño:** Es un árbol mediano hasta grande, de 25 a 30m de altura en la edad madura.
- **Ramas:** Sus ramitas son angulosas, gruesas, duras, surcadas, tardíamente globalescentes y lisas; yemas densamente tomentosas, generalmente con grandes escamas.



Figura 2.9 Ramas de *Aniba perutilis*

Fuente: Anónimo 2. 2006

- **Hojas:** Alternas, coriáceas, lanceoladas, hasta oblanceoladas u obovado-elíptica. El tamaño de las hojas es de 9-15 cm de largo y de 4-6 cm de ancho. La base es cuneada, decurrente, el ápice es brevemente acuminado, la margen plana, el haz glabra, verde lisa, con el nervio medio un poco prominente o plano. Los nervios primarios apenas son visibles. El envés es pulverulento-tomentuloso, más o menos glabro, por lo general purinoso, con el nervio medio prominente. Son visibles 7 a 12 pares de

nervios secundarios poco prominentes. Posee pecíolos tomentulosos, caniculados de 1 a 2cm de largo. (Santamaría. 2005)

- **Flores:** Flores pequeñas y poco vistosas, bisexuales o estaminadas. Posee más de tres estambres, estos tienen filamentos libres, anteras de seis estambres exteriores con dos celdas. las flores son de color marrón y raramente rojas. Pétalos erectos, carnosos, algo cóncavos, aovado-orbiculares, de más de 1mm. (Santamaría. 2005)
- **Fruto:** Se produce una baya elipsoide lisa, macronulada, sus dimensiones generales son 27mm de largo y 20mm de diámetro. La cúpula es espesa, hemisférica, engrosada irregularmente en la base, lisa o verrugosa, de 8 a 15mm de alto y 15 a 20mm de ancho. El fruto al madurar es morado y su pulpa posee olor a aguacate. (Santamaría. 2005)



Figura 2.10. Frutos de *Aniba perutilis*
Fuente: Santamaría, 2005.

- **Foliación:** Es un árbol perene pero tiende a ser mayor el brote de hojas en los meses más lluviosos y la caída de hojas se incrementa al inicio de los períodos lluviosos.
- **Floración:** Se da con mayor intensidad en los meses de menor precipitación.
- **Fructificación:** En general aumenta en los períodos lluviosos.
- **Diámetro a la Altura del Pecho (DAP):** Para los árboles maduros está alrededor de 2m.
- **Maderas aromáticas,** aunque en algunos casos pueden tener mal olor.

Entre los géneros más conocidos con especies utilizadas comercialmente están (Anónimo 2. 2006):

- [Aniba](#) sp.
- [Nectandra](#) sp.
- [Ocotea](#) sp.

2.6.3.4 HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN

El árbol de comino se encuentra desde las tierras planas hasta los 2.600 m.s.n.m. en bosques amazónicos y montanos, preferiblemente primarios. La distribución geográfica va desde el sur de las selvas húmedas de Costa Rica hasta las selvas amazónicas de Brasil y los bosques andinos de Bolivia.

En Colombia se ha reportado la presencia de la especie en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Chocó, Risaralda, Santander, Huila, Meta, para un total de 650.000 hectarias (Ortiz, 1998).

2.6.3.5 USOS:

Este tipo de madera por ser tan fina y de fácil moldeamiento es utilizada mucho en la carpintería y ebanistería. (Ortiz, 1998).

2.7. RESIDUO INDUSTRIAL GENERADO POR EL ASERRIO DE MADERAS.

Debido a la gran demanda de madera, que existe hoy en día, la humanidad se ha dedicado a destruir bosques, con el fin de suplir las necesidades nacionales y mundiales de esta materia prima, además se ha observado que se han ido extinguiendo especies de varios árboles, que en la antigüedad estaban en gran proporción; por consiguiente, el hombre en su desmedido afán en cubrir las necesidades globales ha inducido flora exógena en los países que requieren su comercialización y ha causado la erradicación de algunas especies en el planeta. (Ortiz. 1998)

Sin embargo no solo existe el problema de extinción de especies sino que a nivel ambiental, el residuo (Aserrín) generado en los procesos de carpintería o ebanistería es acumulado o llevado a lugares como: botaderos de basura, riveras de ríos o es utilizado para su quema, el cual es un problema mayor ya que genera contaminación. (Anónimo 2. 2006)

➤ **Aserrín:**

Se calcula que de un árbol talado y procesado en carpinterías, produce de aserrín el 20 % de su peso o estructura global (Anónimo 3, 2006)

2.8. RESIDUO AGRICOLA:

2.8.1.

Uchuva (*Physalis peruviana*)



La uchuva, uvilla, aguaymanto, tomate silvestre o alquejenje peruano (*Physalis peruviana*) pertenece a la familia de las solanáceas, por lo tanto posee características similares a la familia de la papa, el tomate y el tabaco, aun cuando su crecimiento es arbustivo.

Es una fruta redonda, amarilla, dulce y pequeña (entre 1.25 y 2 cm de diámetro). Se puede consumir sola, en almíbar, postres y con otras frutas dulces. Su estructura interna es similar a un tomate en miniatura.

Figura 2.11. Foto de Uchuva
Fuente: Anónimo 4, 2006

2.8.1.1 Clasificación científica:

Reino:	<u>Plantae</u>
Subreino:	<u>Tracheobionta</u>
División:	<u>Angiospermae</u>
Clase:	<u>Magnoliopsida</u>
Subclase:	<u>Asteridae</u>
Orden:	<u>Solanales</u>
Familia:	<u>Solanaceae</u>
Género:	<i>Physalis</i>
Especie:	<i>peruviana</i>

2.8.1.2 Origen.

Es una fruta originaria de los andes suramericanos y cuenta con más de 80 variedades que se encuentran en estado silvestre, de las cuales se conocen más de 50 especies en este mismo estado natural.

2.8.1.3 Atributos de la uchuva.

Se caracteriza por ser una excelente fuente de provitamina A (3.000 I.U. de caroteno por 100 g.) y vitamina C. También posee algunas del complejo de vitamina B. Además la proteína (0,3%) y el fósforo (55%) que contiene son excepcionalmente altos para una fruta.

Actualmente, tiene un importante uso con fines terapéuticos, pues según los expertos ayuda a purificar la sangre, tonifica el nervio óptico y alivia afecciones buco-faríngeas. Se recomienda para personas con diabetes de todo tipo, favorece el tratamiento de las personas con problemas a la

próstata gracias a sus propiedades diuréticas y además es utilizada como tranquilizante natural por su contenido de flavonoides. (Anónimo 4. 2006).

2.8.1.4 Comercialización.

Hoy ha conquistado importantes mercados en la Unión Europea y Estados Unidos. Sus principales consumidores son Inglaterra y Alemania. Actualmente se cultiva en Colombia, Ecuador, California, Sudáfrica, Australia, Kenya, India, Egipto, el Caribe, Asia y Hawai. (Anónimo 4. 2006).|

2.8.1.5 Entorno ambiental.

El arbusto de la uchuva también se utiliza para proteger los suelos de la erosión. Esto por su crecimiento robusto y expansivo que actúa como cobertor del suelo. (Anónimo 4. 2006).|

2.8.1.6 Morfología:

El arbusto de la uchuva se caracteriza por ser ramificado de ramaje caído, y normalmente crece hasta un metro de altura, aunque si se estaca, poda y se le da un buen cuidado esta planta puede llegar a los dos metros de altura. Posee flores amarillas y con forma de campana que son fácilmente polinizadas por insectos y el viento.

Se caracteriza porque sus frutos se encuentran encerrados dentro de un cáliz o capacho (Figura 2.12) (Anónimo 4. 2006). El cáliz también protege el fruto contra un sobrecalentamiento, causado por una alta radiación solar. Cuando se midió la temperatura del aire circundante del cáliz en 30° C, dentro de este órgano se registraron 5°C menos.



Figura 2.12. Cáliz o Capacho de Uchuva.
Fuente: Anónimo 4. 2006.

2.8.1.7 Importancia del Cáliz o Capacho:

El cáliz gamosépalo está formado por cinco sépalos persistentes, es veloso con venas salientes y con una longitud de unos 4 a 5 cm., cubre completamente el fruto durante todo su desarrollo; Inicia su alargamiento cuando ha pasado la fecundación del fruto. Durante los primeros 40 a 45 días de su desarrollo es de color verde, con la maduración del fruto va perdiendo clorofila volviéndose pergamino al final. Es importante porque protege el fruto contra insectos, pájaros, enfermedades y situaciones climáticas extremas, además de servir como una fuente indispensable de carbohidratos durante los primeros 20 días del crecimiento del fruto. Separando el cáliz completamente durante el comienzo del desarrollo del fruto, este retrasa su crecimiento madurez, situación que no se presenta, cuando se elimina a partir de los 25 días después del cuajamiento. Se ha observado que en la cara interior (adaxial) del cáliz, ésta presenta una zona glandular la cual produce una resina translúcida que cubre parcialmente el fruto. Esta sustancia es observable en el cáliz de frutos de 3.5 mm. En adelante, probablemente ayude a impedir que el fruto sufra ataques de insectos (Cabrera y colaboradores, 1998).

2.8.1.8 Cultivo de Uchuva.

Con más del noventa por ciento de la producción, Cundinamarca es el departamento que tiene mayor volumen de producción de esta fruta de

exportación, con una producción nacional de 1.500 toneladas al año, en un área de 434 hectáreas, siendo los municipios de Granada y Silvana los que obtiene mayor volumen (Tabla 2.9) (Anónimo 4. 2006).

Tabla 2.9. Producción nacional de uchuva.

MUNICIPIO	Área Sembrada	Producción	Rendimiento
Año 2003	(has)	(Ton)	(Kg/ha)
Antioquia	9	120	13.367
Boyacá	42	623	15.000
Cundinamarca	464	8.934	19.254
Norte de Santander	2	20	10.000
Tolima	3	60	20.000
Valle	15	116	8.007
Total de uchuva	534	9.873	-

Fuente: (Anónimo 4. 2006).

2.8.1.9 Residuo agroindustrial generado por el cultivo de uchuva.

Dada la gran demanda este tipo de fruta a nivel mundial, su cultivo en Colombia ha generado la utilización de grandes porciones de tierra para su desarrollo. Por lo que, su procesamiento a nivel comercial genera residuos en gran volumen, como lo es el capacho o cáliz que protege al fruto, pues su comercialización en varios casos necesita de la remoción del mismo. De acuerdo a esto, se ha observado que en la mayoría de los casos este residuo agroindustrial no es reutilizado, sino simplemente es quemado o arrojado a los basureros, quebradas y ríos, sin ningún tratamiento previo, lo cual contribuye de esta manera a la degradación del ecosistema (Atlas y Bartha, 2002; Mailer, 2000).

2.8.1.10 Capacho de uchuva

En la producción de capacho de uchuva se estima que por tonelada de uchuva que se produce en un cultivo, 100 Kg son capacho en peso fresco, esto indicaría que aproximadamente el 10% del cultivo de uchuva son residuos agroindustriales en forma de capacho (Hurtado, 2006).

2.8.2. PLATÁNO (*Musa paradisiaca*, *Musa cavendishii*):



Figura 2.13. Cultivo Plátano.
Fuente: Anónimo 5. 2006

2.8.2.1 Descripción del plátano (banano):

- **Familia:** Musáceas.

- **Especie:** *Musa cavendishii* (plátanos comestibles cuando están crudos) y *Musa paradisiaca* (plátanos machos o para cocer). (Anónimo 5. 2006)

2.8.2.2 Origen:

Tiene su origen en Asia meridional, siendo conocida en el Mediterráneo desde el año 650.

2.8.2.3 CARACTERÍSTICAS:

- **Planta** herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5-7.5 m de altura, terminado en una corona de hojas. (Anónimo 5. 2006)

- **Hojas:** muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de medio metro de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro.

Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento.

De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm. de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso; de las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores. (Anónimo 5. 2006)

- **Tallo:** el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo. (Anónimo 5. 2006)

- **Flores:** flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el "régimen" de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada "mano", que contiene de 3 a 20 frutos.

Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14. (Anónimo 5. 2006)

- **Fruto:** oblongo; durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, hace que el pedúnculo se doble. Esta reacción determina la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos; siendo de color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, que desarrollan una masa de pulpa comestible sin la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes. La mayoría de los frutos de la familia de las Musáceas comestibles son estériles, debido a un complejo de causas, entre otras, a genes específicos de esterilidad femenina, triploidía y es: rosada y enana. (Anónimo 5. 2006)

2.8.2.4. Clima y suelo para el cultivo del plátano o banana:

Exige un clima cálido y una constante humedad en el aire. Necesita una temperatura media de 26-27 °C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas. Estas condiciones se cumplen en la latitud 30 a 31 ° norte o sur y de los 1.00 a los 2.00 m de altitud. Son preferibles las llanuras húmedas próximas al mar, resguardadas de los vientos y regables. (Anónimo 5. 2006)

En la cuenca del Mediterráneo es posible su cultivo, aunque no para producir frutas selectas, en las localidades donde la temperatura media anual oscila entre los 14 y 20 °C y donde las temperaturas invernales no descienden por debajo de 2°C. El crecimiento se detiene a temperaturas inferiores a 18°C.

Se producen daños a temperaturas menores de 13°C y mayores de 45°C. En condiciones tropicales, la luz, no tiene tanto efecto en el desarrollo de la planta como en condiciones subtropicales, aunque al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga. El desarrollo de los hijuelos también está influenciado por la luz en cantidad e intensidad. Los efectos del viento pueden variar, desde provocar una transpiración anormal debido a la reapertura de los estomas hasta la laceración de la lámina foliar, siendo el daño más generalizado, provocando unas pérdidas en el rendimiento de hasta un 20%. Los vientos muy fuertes rompen los peciolos de las hojas, quiebran los pseudotallos o arrancan las plantas enteras inclusive. (Anónimo 5. 2006)

Es poco exigente en cuanto a suelo, ya que prospera igualmente en terrenos arcillosos, calizos o silíceos con tal que sean fértiles, permeables, profundos, ricos y bien drenados, especialmente en materias nitrogenadas. Prefiere, sin embargo, los suelos ricos en potasio, arcillo-silíceos, calizos, o los obtenidos por la roturación de los bosques, susceptibles de riego en verano, pero que no retengan agua en invierno. La platanera tiene una gran tolerancia a la acidez del suelo, oscilando el pH entre 4.5-8. (Anónimo 5. 2006)

2.8.2.5. Abonado del plátano (bananos)

Las primeras fases de crecimiento de las plantas son decisivas para el desarrollo futuro, por tanto es recomendable en el momento de la siembra utilizar un fertilizante rico en fósforo. Cuando no haya sido posible la fertilización inicial, la primera fertilización se hará cuando la planta tenga entre 3-5 semanas. Se recomienda abonar al pie que distribuir el abono por todo el terreno, ya que esta planta extiende poco las raíces. En condiciones tropicales, los compuestos nitrogenados se lavan rápidamente, por tanto se recomienda fraccionar la aplicación de este elemento a lo largo del ciclo vegetativo. (Anónimo 5. 2006). A los dos meses aplicar urea o nitrato

amónico y repetir a los 3 y 4 meses. Al quinto mes se debe hacer una aplicación de un fertilizante rico en potasio, por ser uno de los elementos más importantes para la fructificación del cultivo.

En plantaciones adultas, se seguirá empleando una fórmula rica en potasio (500 g de sulfato o cloruro potásico), distribuida en el mayor número de aplicaciones anuales, sobre todo en suelos ácidos; se tendrá en cuenta el análisis de suelo para determinar con mayor exactitud las condiciones actuales de fertilidad del mismo y elaborar un adecuado programa de fertilización. El uso de abonado orgánico es adecuado en este cultivo no sólo porque mejora las condiciones físicas del suelo, sino porque aporta elementos nutritivos. (Anónimo 5. 2006)

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Lentinula edodes o comúnmente llamado “Shiitake”, es un hongo comestible de origen Asiático, muy reconocido y de gran importancia tanto por sus propiedades medicinales como por su exquisito sabor. Gracias a todas estas cualidades, el mercado del Shiitake en los últimos años se ha ampliado llegando a Europa, América y Australia, aumentando sustancialmente la demanda de este alimento, hasta el punto que la producción Asiática no alcanza a cubrir la demanda generada a nivel mundial.

Sin embargo, del proceso de producción del hongo Shiitake, se tiene un conocimiento muy reducido, aunque existen varios manuales que hablan sobre las técnicas de siembra del hongo, la mayoría netamente experimental, solo se basa según ambientes de características asiáticas, es decir, temperaturas y humedades propias de las estaciones de estos países. Igualmente se conoce lo mismo del sustrato por tal motivo, al iniciarse los cultivos en Colombia se encontró una gran barrera ya que no se tiene un amplio conocimiento de la forma de este tipo de cultivo, así como tampoco de aspectos tan importantes como la adaptabilidad a las nuevas condiciones ambientales y la respuesta del hongo a diversos cambios que le puedan afectar a lo largo de todo el proceso de producción.

El sustrato más conocido para el cultivo del hongo *L. edodes* es el tronco de roble, por su alta eficiencia biológica y excelente calidad de los basidiocarpos. En Colombia, los géneros *Quercus* sp. se encuentran en vía de extinción, razón por la cual no es posible implementar una producción de Shiitake a base de roble. En Colombia la legislación permite el uso de otros tipos de maderas que se pueden utilizar para el cultivo del hongo al igual que varios tipos de residuos agroindustriales que se pueden aprovechar.

El objetivo principal, de este estudio fue utilizar algunos residuos de madera que están permitidos por la legislación Colombiana y que según reportes del DAMA, se obtienen en gran volumen y con facilidad (Aserrín de Eucalipto y Amarillo). Se utilizaron igualmente otros residuos agroindustriales como el capacho de uchuva y la hoja de plátano asegurándose que fuesen cultivados de forma orgánica sin la presencia de sustancias químicas como plaguicidas que pudiesen afectar el desarrollo de este estudio.

Para el experimento se utilizaron los materiales mencionados anteriormente y se planteó el desarrollo de diferentes tratamientos y la combinación de

éstos, con aserrín de maderas utilizadas en la sabana de Bogotá que estén permitidas por la ley.

Empresas Colombianas que producen y comercializan Uchuva y Plátano, han desarrollado la cultura de producción de alimentos tipo orgánico ya que los consumidores los están solicitando de esta forma por ser más saludables, sin embargo debido a los altos niveles de producción se ha generado un gran volumen de residuos los cuales son quemados o enviados a los rellenos sanitarios desaprovechándolos como una excelente fuente para el cultivo de Setas Comestibles.

Por estas razones el potencial que se está generando por la gran demanda de productos orgánicos permitirá igualmente el desarrollo de técnicas de cultivo generando la necesidad de implementar un método de producción de hongos comestibles, entre ellos el Shiitake, a escala industrial. Con esta investigación se busca encontrar una combinación eficiente de sustratos, que permita aumentar la producción al máximo, minimizando los factores de pérdida dentro del cultivo y que genere un producto de alta calidad orgánica y comercial.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento y producción de *Lentinula edodes*. (“Shiitake”), utilizando residuos de madera que se encuentren permitidos por la legislación Colombiana mezclados con residuos agroindustriales de cultivos orgánicos.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cual de los diferentes tratamientos con los residuos agroindustriales analizados (Capacho de uchuva, Hoja de plátano, aserrín de Amarillo y aserrín de Eucalipto), es más eficiente para el crecimiento y desarrollo de *Lentinula edodes* (“Shiitake”).
- Determinar el posible efecto de los diferentes tratamientos sobre las características morfológicas y organolépticas del hongo *Lentinula edodes* (“Shiitake”).
- Evaluar el tiempo de producción de *Lentinula edodes* en los diferentes tratamientos con residuos agroindustriales.
- Hallar el rendimiento de la producción del hongo *Lentinula edodes* determinando el porcentaje de eficiencia biológica en los diferentes tratamientos.
- Evaluar el diámetro y peso de los basidiocarpos en los diferentes tratamientos analizados.

5. HIPÓTESIS

Hipótesis general

Se espera que la producción de *Lentinula edodes* (“Shiitake”), sea igual en los diferentes tratamientos evaluados (Capacho de uchuva y Hoja de plátano, combinados con aserrín de Amarillo y aserrín de Eucalipto) al ser comparados con el cultivo control (Aserrín de Roble).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Diseño de la investigación.

El presente trabajo de grado se baso es un estudio experimental comparativo, que busca encontrar el mejor sustrato para el cultivo de *Lentinula edodes* (Shiitake) generando un mayor crecimiento teniendo en cuenta las características morfológicas y organolépticas que debe tener este hongo. En la experimentación se realizó un montaje de diferentes tratamientos con residuos agroindustriales, capacho de uchuva y hoja de plátano, combinados con aserrín de Amarillo y de Eucalipto en diferentes

proporciones. Los tratamientos se realizaron con diez replicas en cada uno, teniendo como cultivo control el aserrín de roble.

6.1.1 Población de estudio y muestra:

6.1.1.1. Localización

La fase experimental se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa productora de hongos comestibles “Bioasetas Andinas” y patrocinadora del proyecto. Los equipos necesarios para la realización de dicho estudio fueron suministrados también por la empresa

6.1.1.2. Muestra

Durante el desarrollo de la investigación se manejaron como tamaño de muestra 10 unidades experimentales en cada uno de los tratamientos a evaluar. Todos los tratamientos se mantuvieron bajo condiciones ambientales controladas y asegurándose de que estuvieran libres de contaminación.

6.1.2 Variables del estudio:

Se describen detalladamente más adelante en análisis de la información:

- Variable independiente: Los diferentes residuos agroindustriales.
- Variables dependientes: Tiempo de corrida del micelio, porcentaje de eficiencia biológica, peso fresco total, tamaño de los carpóforos, cantidad total de hongos, días de pigmentación del bloque, días totales de cosecha.

6. 2 Metodología:

La metodología busca encontrar una alternativa para el cultivo de hongos comestibles, específicamente *Lentinula edodes*, que permita disminuir el tiempo y costos de producción.

6.2.1 Preparación de la semilla:

El cultivo madre de *Lentinula edodes* se obtuvo de la colección de cepas de la empresa “Bioasetas Andinas”. El inóculo se preparó por medio del traspaso del hongo Ref. 8223 a un medio PDA y se incubó por 8 días a 24°C. A partir del hongo crecido se sembró en bolsas de trigo estéril que se incubaron a 28°C por 4 semanas.

6.2.2 Preparación del sustrato:

Los materiales evaluados en este proyecto fueron cuatro residuos agroindustriales y un montaje con aserrín de Roble como control, el cual fue adquirido en Maderas Uno A. Los residuos agroindustriales analizados fueron capacho de uchuva, hoja de plátano, aserrín de eucalipto y aserrín de amarillo; adquiridos en Cidella LTDA, cultivos de Plátano Anolamia – Cundinamarca y en Maderas Uno A, respectivamente (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Residuos para elaborar los tratamientos.

RESIDUOS AGRÍCOLAS	RESIDUOS DE MADERA
Capacho de Uchuva.	Aserrín de Amarillo.
Hoja de Plátano	Aserrín de Eucalipto.
	Aserrín de Roble (CONTROL)

Fuente: Anónimo. 2006

6.2.3 Deshidratación y adecuación de los residuos:

Todos los residuos agroindustriales fueron seleccionados y sometidos a un proceso de secado mediante la exposición directa al sol hasta que se vieran físicamente secos (García y Rollan, 1991).

Posterior al proceso de deshidratación, se realizó un tratamiento de corte y molido, con la ayuda de un molino industrial con motor de 4 ½ HP de energía trifásica de la empresa Molinos Pulverizadores, para obtener un tamaño de partícula 1,52 – 3,35 mm en los residuos de capacho de uchuva y hoja de plátano (Miles y Chang, 1997).

6.2.4 Selección de los residuos:

Se realizó una selección por tamaño de los diferentes residuos (ASERRÍN), haciéndolos pasar a través de una maya con poros de 5 mm de diámetro. Se descartará el material que tuviera un tamaño mayor al de los poros, con el objeto de trabajar con un sustrato homogéneo (Anónimo, 2006).

6.2.5. Mezcla de los materiales que conformarán los tratamientos:

Se realizó la mezcla de los componentes necesarios para los tratamientos bajo la formulación de la Tabla 6.2 en iguales proporciones para cada uno de los residuos y se realizó la prueba del guante para determinar la humedad apropiada de cada mezcla de sustrato que oscila entre el 65 y el 75%.

Tabla 6.2. Formulación para los tratamientos para el cultivo de *Lentinula edodes*.

MATERIALES	PORCENTAJE DE LOS COMPONENTES EN PESO SECO
Residuo Agroindustrial (Fuente de Carbono)	79%
Salvado de trigo.	

(Fuente de nitrógeno)	20%
Carbonato de calcio (CaCO₃) (Buffer)	1%
Agua	La necesaria para mantener una humedad de 65% a 75%

Fuente: Anónimo. 2006

De la Tabla 6.2, se tomó como base la formulación para todos los tratamientos realizados, pero se modificó en cada uno su composición, la cuál se explica en la Tabla 6.3.

\

Tabla 6.3. Formulación para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Residuo Agroindustrial		Salvado de trigo.	Carbonato de calcio (CaCO ₃)	Agua
Control.	79% Aserrín de Roble		20 %	1%	65% a 75%.
Tratamiento 1	79 % Aserrín de Eucalipto		20 %	1%	65% a 75%.
Tratamiento 2	El 79 % se divide en:	75% Aserrín de Eucalipto	20 %	1%	65% a 75%

		25% Capacho de uchuva			
Tratamiento 3	El 79 % se divide en:	50% Aserrín de Eucalipto 50% Capacho de uchuva	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 4	El 79 % se divide en:	25% Aserrín de Eucalipto 75% Capacho de uchuva	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 5	79 % de Aserrín de Amarillo		20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 6	El 79 % se divide en:	75% Aserrín de Amarillo 25% Capacho de uchuva	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 7	El 79 % se divide en:	50% Aserrín de Amarillo 50% Capacho de uchuva	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 8	El 79 % se divide en:	25% Aserrín de Amarillo 75% Capacho de uchuva	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 9	79 % Capacho de uchuva		20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 10	El 79 % se divide en:	75% Aserrín de Eucalipto. 25% Hoja de plátano.	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 11	El 79 % se divide en:	50% Aserrín de Eucalipto 50% Hoja de	20 %	1%	65% a 75%

		plátano.			
Tratamiento 12	El 79 % se divide en:	25% Aserrín de Eucalipto 75% Hoja de plátano.	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 13	El 79 % se divide en:	75% Aserrín de Amarillo 25% Hoja de plátano.	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 14	El 79 % se divide en:	50% Aserrín de Amarillo 50% Hoja de plátano.	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 15	El 79 % se divide en:	25% Aserrín de Amarillo 75% Hoja de plátano.	20 %	1%	65% a 75%
Tratamiento 16	79 % Hoja de plátano.		20 %	1%	65% a 75%

Fuente: Anónimo. 2006

6.2.6 Elaboración de los bloques de sustrato:

Posterior a la realización de la mezcla de cada uno de los tratamientos, se empacó en bolsas de polipropileno calibre 2, con dimensiones de 20 x 30 cm, con 500g de mezcla de los diferentes tratamientos en cada una. Cada bolsa se cubrió con la ayuda de collares plásticos de tubo PVC, tapón de algodón y papel periódico ajustando el montaje con bandas elásticas. Posteriormente las bolsas se sometieron a un proceso de esterilización por 30 minutos a 20 lb de presión constante (Miles y Chang, 1997).

Para determinar la eficiencia del autoclave se colocó cinta indicadora de esterilidad en las bolsas y así mismo se preparó una bolsa en cada uno de los tratamientos sin la adición de semilla de *Lentinula edodes*, como control de esterilidad.

6.2.6.1 Inoculación:

La inoculación se realizó en cada una de las bolsas, suministrando una sola vez durante todo el proceso 25 g de semilla por cada bolsa de 500 g. de los diferentes tratamientos. (Fernández. 2004).

La semilla fue suministrada por la misma empresa patrocinadora del proyecto, la cual estaba lista para ser inoculada en cada uno de los tratamientos y se mantuvo bajo las condiciones estipuladas de refrigeración (4 °C) hasta el momento en que se realizó la inoculación.

6.2.6.2 Incubación:

Esta etapa se realizó en un cuarto cerrado con un promedio de temperatura de 20 °C a 28°C y un rango de humedad relativa entre 70-80% sin iluminación (Fernández, 2004; Romero y colaboradores, 2000; Oei, 2003).

Entre anaquel y anaquel se manejó una distancia de 10 cm y entre incubado una distancia mínima de 10 cm para una mejor manipulación en este proceso. En cada anaquel se manejaron siete (7) bandejas entre las cuales tuvieron una distancia de 35 cm, pero la bandeja del piso por cuestiones de temperatura, aseo y contaminación, no se utilizó. (Fernández, 2004).

6.2.6.3 Fructificación:

Durante esta etapa, se mantuvo la temperatura entre 20 a 30 °C con un rango de humedad relativa de 80-95% (Fernández, 2004). La luz se

suministró utilizando tubos fluorescentes, de intensidad lumínica de 500 a 2000 unidades lux durante un período de 8 a 12 horas diarias (Royse, 1997).

6.2.6.4 Cosecha y pesaje de los carpóforos:

La recolección se hizo de forma manual desprendiendo el hongo de la corteza del incubado y el peso de los carpóforos se determinó inmediatamente después de su corte por medio de la gramera analítica SSH modelo No.5005. Este procedimiento se realizó durante las tres cosechas estipuladas (Fernández, 2004).

6.2.7. Prueba sensorial.

Los hongos producidos en los diferentes tratamientos fueron evaluados en su presentación en fresco y en forma salteada. Y se realizó una prueba sensorial discriminativa de ordenamiento con la asesoría de la Nutricionista Dietista, Martha Lucia Borrero, docente de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana.

La prueba se realizó suministrándoles a 30 catadores no entrenados tres o más muestras que diferían en alguna propiedad y se les pedía que colocaran en orden creciente o decreciente a dicha propiedad (Anzaldúa, 1994; Carpenter y colaboradores, 2002). Los catadores no entrenados eran personas habituales o potenciales compradores de este tipo de alimento para que de acuerdo a su criterio de preferencia las colocaran en orden descendiente diligenciando un formato (Anexo 4).

La prueba sensorial se realizó en el Laboratorio de preparación de alimentos de la Facultad de Ciencias. Para esto se diseñaron cinco cubículos independientes, en los cuales se les presentó la muestra fresca y salteada (muestra sofreída en mantequilla sin sal previo al inicio de la prueba), en bandejas plásticas marcadas cada una respectivamente, en donde cada

bandeja, tendrá cinco vasos desechables (Tipo copa pequeña), numerados aleatoriamente (Anexo 5), de acuerdo al tratamiento a evaluar y cada una contenía aproximadamente 29 gramos de muestra del hongo cosechado aproximadamente tres tajadas o cubos (Anzaldúa, 1994). Así mismo, se les proporcionó agua en un vaso desechable grande y galletas de soda en plato, como pasantes a los catadores no entrenados. Al igual se les suministró dos formatos de la prueba sensorial (Fresco y Salteado) y un lapicero.

6.2.8. Análisis de carbono y nitrógeno total de los residuos agroindustriales.

Al residuo agroindustrial, aserrín de Amarillo, se le realizó una prueba para determinar la concentración de carbono total y nitrógeno total en el Laboratorio Agrilab.

Respecto a los residuos agroindustriales capacho de uchuva, Hoja de Plátano y Aserrín de Eucalipto, la concentración de carbono y nitrógeno total, fue suministrada por datos internos de la empresa Bioasetas Andinas, patrocinadora del proyecto y de bibliografía adecuada.

6.3 Análisis de la información.

6.3.1. Diseño del análisis estadístico:

Para llevar a cabo este proyecto se realizó un análisis de tipo descriptivo con la asesoría del estadística de Ángela Malagón, estadística de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Nacional, por medio del uso de programas y pruebas estadísticas como Ryan- Joiner, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-

Darling Normality Test, Kruskal Wallis, Dunnett, prueba CD y Excel avanzado 2005.

6.3.1.1. Población a estudiar:

El comportamiento del hongo *Lentinula edodes* “Shiitake”, en los diferentes tratamientos con los residuos agroindustriales evaluados.

6.3.1.2. Unidad experimental del estudio

En este proyecto la unidad experimental es el bloque de sustrato en cada uno de los tratamientos (Malagón, 2007).

6.3.1.3. Estimación del tamaño muestral

El tamaño de la muestra para cada tratamiento y para el control fue preparar 10 bloques de mezcla de sustrato basado en cada una de las concentraciones evaluadas y en el tamaño de la muestra para el diseño del experimento (Malagón, 2007; Daniel, 1981).

6.3.1.4. Variables a analizar

Las variables analizadas son descritas como se muestra a continuación:

- Variable independiente: Residuos agroindustriales (Variable discreta, cualitativa, nominal)
- Variables dependientes:
 - Tiempo de corrida del micelio: Tiempo determinado en días en el cual el hongo coloniza el sustrato, evidenciado con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque (Variable continua, cuantitativa, de razón).

- Tiempo de pigmentación del bloque: Tiempo determinado en días, requeridos para la pigmentación del bloque desde el momento que termina la invasión del micelio hasta la fructificación. (Variable discreta, dependiente, cuantitativa de razón).
- Tiempo de total de cosecha: Tiempo determinado en días, requeridos para la producción del hongo desde el momento de la inoculación hasta la finalización de la tercera cosecha. (Variable discreta, dependiente, cuantitativa de razón).
- Porcentaje de eficiencia biológica: Peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato seco por cien de las tres cosechas (Variable continua, cuantitativa, de razón).
- Peso fresco total: Peso en fresco de los cuerpos fructíferos en gramos (g) a partir de las tres cosechas (Variable continua, cuantitativa, de razón).
- Diámetro de los carpóforos: Diámetro de los carpóforos en centímetros (cm) (Variable continua, cuantitativa, de razón).
- Cantidad total de hongos: Número de carpóforos cosechados por tratamiento durante las tres cosechas evaluadas (Variable continua, cuantitativa de razón).

6.3.1.5. Métodos estadísticos:

6.3.1.5.1. Análisis del desarrollo y crecimiento *Lentinula edodes* en cada uno de los tratamientos evaluados.

Los datos recogidos durante el desarrollo de este trabajo (Anexo 2) se analizaron para determinar las medidas de dispersión central, media y varianza muestral, de cada una de las variables a estudiar.

Para determinar si los datos obtenidos procedían de una población con distribución normal se llevó a cabo un análisis de contraste de normalidad Ryan- Joiner, Kolmogorov-Smirnov y para comprobar los resultados una prueba Anderson-Darling Normality Test, (Anexo 3), puesto que el tamaño de muestra a ser evaluado era 50. Posteriormente, se calculó el estadístico de contraste con un nivel de significancia del 95%. Así, el contraste de normalidad planteado para determinar si los datos registrados se comportan normalmente se define en los siguientes términos:

H₀: "La muestra procede de una población normal"

H_a: "La muestra no procede de una población normal".

A continuación se realizó un análisis Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD de medianas con un solo factor para comparar si los valores obtenidos en cada uno de los sustratos utilizados son significativamente distintos entre ellos (Anexo 3). Así, de acuerdo a los análisis utilizados se puede asociar una probabilidad (p) a la conclusión de que la media de un grupo de valores es distinta de la media de otro grupo con un nivel de significancia del 95%. Para la realización de dicha prueba se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_i = \mu_c$$

Ha: No todos los μ_i son iguales

Donde μ_i es cualquiera de los tratamientos evaluados (Aserrín de eucalipto, aserrín de eucalipto con capacho de uchuva, aserrín de eucalipto con hoja de plátano y aserrín de amarillo) y μ_c es el sustrato control (aserrín de roble). Al desarrollar la prueba se obtiene la probabilidad (p), la cual si es $p < 0.05$ se toma la decisión de aceptar la H_0 .

Posteriormente, se compararon cada uno de los sustratos analizados con el sustrato control para determinar si existe diferencia significativa entre cada uno de estos. Para esto se realizó una prueba de Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD para la comparación de tratamientos con el control a un nivel de significancia del 95% (Anexo 3). Al desarrollar la prueba se obtiene la probabilidad (p). Si $p < 0,05$ se concluye que hay diferencia entre los dos tratamientos, rechazando así la H_0 .

Para esto se definió esta comparación para cada uno de los sustratos evaluados en los siguientes términos:

μ_u : Media poblacional del aserrín de eucalipto.

μ_{tm} : Media poblacional del aserrín de eucalipto con capacho de uchuva.

μ_{ar} : Media poblacional del aserrín de eucalipto con hoja de plátano.

μ_a : Media poblacional del aserrín de amarillo.

μ_c : Media poblacional del control (aserrín de roble)

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto Vs. control:**

$$H_0: \mu_u \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_u > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto con capacho de uchuva Vs. control:**

$$H_0: \mu_u \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_u > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto con hoja de plátano Vs. control:**

$$H_0: \mu_{ar} \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_{ar} > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de amarillo Vs. control:**

$$H_0: \mu_a \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_a > \mu_c$$

Los datos recogidos durante el desarrollo de este trabajo se analizarán para determinar las medidas de dispersión central, media y varianza muestral, de cada una de las variables a estudiar.

Para determinar si los datos obtenidos procedían de una población con distribución normal se llevó a cabo un análisis de contraste de normalidad Ryan- Joiner, Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling Normality Test, puesto que el tamaño de muestra a ser evaluado no sería menor a 50; y se realizó un análisis de Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD para comparar si los

valores obtenidos en cada uno de los tratamientos utilizados son significativamente distintos entre ellos.

6.3.1.5.2. Análisis sensorial de los hongos cosechados de *Lentinula edodes* en cada uno de los sustratos evaluados:

Al realizar una prueba sensorial de ordenamiento se pudo determinar cual de las muestras evaluadas por los catadores no entrenados fue la de mayor agrado de acuerdo a su sabor, tanto en hongos frescos como en hongos salteados. Para esto primero se llevó a cabo un análisis de Ryan- Joiner, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling Normalita Test, los cuales permitieron comparar los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos y posteriormente se realizó una prueba de Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD suponiendo medianas desiguales, para comparar específicamente cada uno de los tratamientos evaluados con el tratamiento control.

Tanto para el análisis de Ryan- Joiner, Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling Normalita Test, como para la prueba de Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD se manejó un nivel de significancia del 95 % con un margen de error del 0.5%, Para el análisis, se plantearon las hipótesis bajo los siguientes términos:

$$H_0: \mu_i = \mu_c$$

$$H_a: \text{No todos los } \mu_i \text{ son iguales}$$

Donde μ_i es cualquiera de los tratamientos evaluados (Aserrín de eucalipto, aserrín de eucalipto con capacho de uchuva, aserrín de eucalipto con hoja de plátano y aserrín de amarillo) y μ_c es el sustrato control (aserrín de roble). Al desarrollar la prueba se obtiene la probabilidad (p), la cual si es $p < 0.05$ se toma la decisión de aceptar la H_0 .

Posteriormente, se compararon cada uno de los sustratos analizados con el sustrato control para determinar si existe diferencia significativa entre cada uno de estos. Para esto se realizó una prueba de Kruskal Wallis, Dunnett y prueba CD para la comparación de tratamientos con el control a un nivel de significancia del 95% (Anexo 3). Al desarrollar la prueba se obtiene la probabilidad (p). Si $p < 0,05$ se concluye que hay diferencia entre los dos tratamientos, rechazando así la H_0 .

Para esto se definió esta comparación para cada uno de los tratamientos en los siguientes términos:

μ_u : Media poblacional del aserrín de eucalipto.

μ_{tm} : Media poblacional del aserrín de eucalipto con capacho de uchuva.

μ_{ar} : Media poblacional del aserrín de eucalipto con hoja de plátano.

μ_a : Media poblacional del aserrín de amarillo.

μ_c : Media poblacional del control (aserrín de roble)

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto Vs. control:**

$$H_0: \mu_u \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_u > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto con capacho de uchuva Vs. control:**

$$H_0: \mu_u \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_u > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de eucalipto con hoja de plátano Vs. control:**

$$H_0: \mu_{ar} \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_{ar} > \mu_c$$

- **Planteamiento de hipótesis aserrín de amarillo Vs. control:**

$$H_0: \mu_a \leq \mu_c$$

$$H_a: \mu_a > \mu_c$$

Al realizar la prueba sensorial de ordenamiento se logró determinar cual de las muestras evaluadas por los catadores no entrenados será la de mayor agrado de acuerdo a su sabor, tanto en hongos frescos como en hongos salteados. Para esto primero, se llevó a cabo una prueba de CD, la cual permitió comparar los datos obtenidos en cada uno de los tratamientos y el control.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. 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 los cuales se muestran en la tabla 7.1.

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 (6,7,8,9,10,12,13,14,15,16) 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 blisters y no pigmentaron, por lo cual solo presentan fase vegetativa y no reproductiva es decir, no forman carpoforos (Tabla 7.1) (Fung, 2002).

De acuerdo a estos resultados solamente se analizaron en este estudio el tratamiento control y los tratamientos 1, 2, 5 y 10 (Tabla 7.2),

Tabla 7.1. Cambios morfológicos del micelio en fase vegetativa después de 70 de días de incubación.

TRATAMIENTO	DENSIDAD DEL MICELIO EN EL SUSTRATO	FORMACIÓN DE BLISTERS 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	Denso Ligeramente	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

Tabla 7.2. Tratamientos que presentaron fase vegetativa y reproductiva.

TRATAMIENTO	FUENTE 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

7.1.1. 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), (Figura 7.1)



Figura 7.1 Foto de *Lentinula edodes* cultivado en Roble.
Fuente: Anónimo. 2006

En el control de aserrín de roble se obtuvo un porcentaje de eficiencia biológica del 83.6% (Figura 7.26). 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 mejoran 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).

7.1.2. Análisis del tiempo de corrida del micelio de *Lentinula edodes* en los tratamientos analizados:

El tiempo de corrida del micelio hace referencia a los días que tarda el hongo en colonizar el sustrato (Figura 7.2). Esto se puede evidenciar con el cambio de color a blanco y la compactación del bloque (Figura 7.3). Este momento precede la formación de los blisters 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 (Figura 7.4) (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.



Figura 7.2. Tratamiento iniciando la corrida de micelio.



Figura 7.3. Finalización corrida de micelio sobre todo el tratamiento.



Figura 7.4. Tratamiento iniciando la formación de blister.

Al observar el tiempo de corrida del micelio del hongo en los tratamientos 1, 2, 5 y 10 (Figura 7.2) fueron superiores al del control (52.8 días). Esto puede deberse a que el control contiene aserrín de roble, madera en la cual esta 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 corrida 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) (Tabla 7.3). Esto indica que entre más contenido de carbono total en el aserrín menor tiempo de corrida de micelio.

Tabla 7.3. Porcentaje de carbono y nitrógeno total de los residuos utilizados

RESIDUO	CARBONO TOTAL	NITROGENO TOTAL
AGROINDUSTRIAL	(%p/p)	(%p/p)
ASERRÍN ROBLE *	51	0.11
ASERRÍN EUCALIPTO **	45.87	0.36
ASERRÍN AMARILLO ***	40.8	0.23
CAPACHO DE UCHUVA ****	28.31	1.10
HOJA DE PLÁTANO ****	25.51	9.18

*Fuente: Escobar, 2002

**Fuente: Royse. 1990

***Fuente: Agrilab. 2007

****Fuente: Mojica y Molano, 2006

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 corrida de micelio, 60.5 y 61.4 días respectivamente, con respecto al control y a los tratamientos que contenían solamente aserrín (Figura 7.5). 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 corrida 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 corrida 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 corrida 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 (Tabla 7.2). 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)

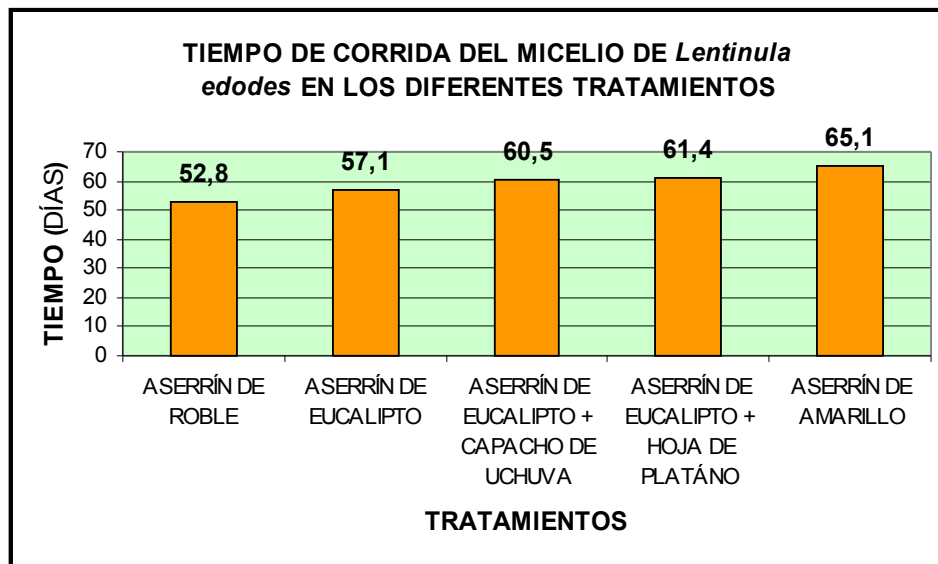


Figura 7.5. Tiempo promedio de corrida del micelio de *Lentinula edodes* en los diferentes tratamientos.

Otro factor que puede afectar la corrida 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 corrida del micelio que en el control e incluso en algunos solo se alcanzó la colonización del 50% del bloque (Figura 7.7). 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 (Figura 7.6). 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 (Figura 7.7), (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 (Figura 7.8).



Figura 7.6. Mezcla de tratamiento que formo apelmazamientos.



Figura 7.7. Tratamientos que no terminaron de colonizar el bloque.



Figura 7.8. Mezcla de tratamiento que no formo apelmazamientos.

7.1.3. 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 (Figura 7.9) (Figura 7.10). Esta etapa arranca desde la formación de los blisters 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).

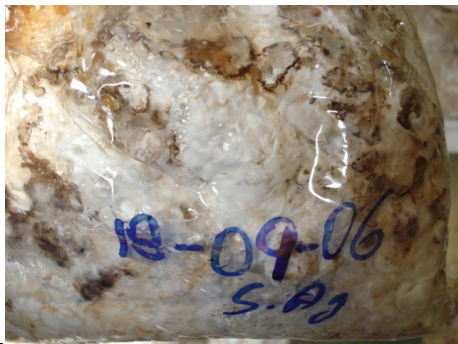


Figura 7.9. Tratamiento terminando la formación de blister o corteza.



Figura 7.10. Tratamiento iniciando la pigmentación del bloque.

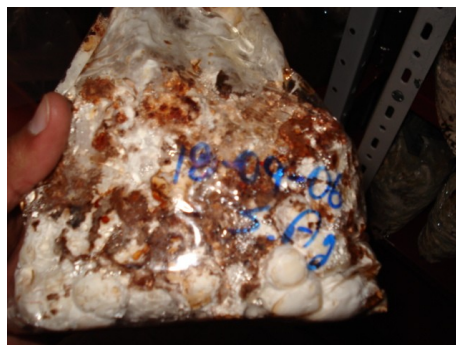


Figura 7.11. Tratamiento terminando la pigmentación.

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 figura 7.12 (Fung, 2002) Igualmente en la tabla 7.1 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%.

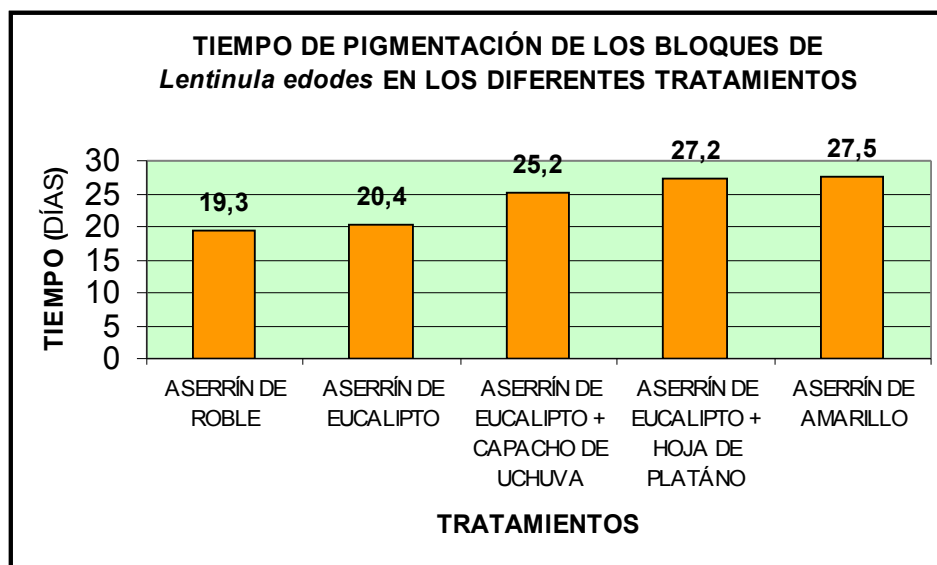


Figura 7.12. Tiempo promedio de pigmentación de *Lentinula edodes* en los diferentes tratamientos.

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 blisters, los cuales se pigmentarían en esta etapa (Gaitán, 2000).

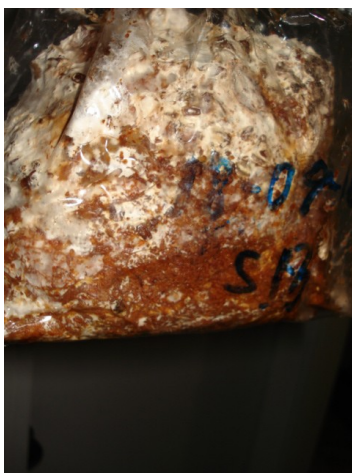


Figura 7.13. Tratamiento no colonizado en su 100% y no pigmentado.

Figura 7.14. Tratamiento colonizado en un 50% y no pigmentado.

7.1.4. Análisis del número de hongos producidos por tratamiento de *Lentinula edodes* en los tratamientos analizados:

Pasado el tiempo de pigmentación del bloque se da la formación de los primordios, (se denomina primordio al primer estadio del desarrollo de un hongo) (Figura 7.15), seguida por la formación de cuerpos fructíferos (Figura 7.16).

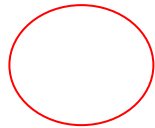


Figura 7.15. Formación de primordios en el tratamiento

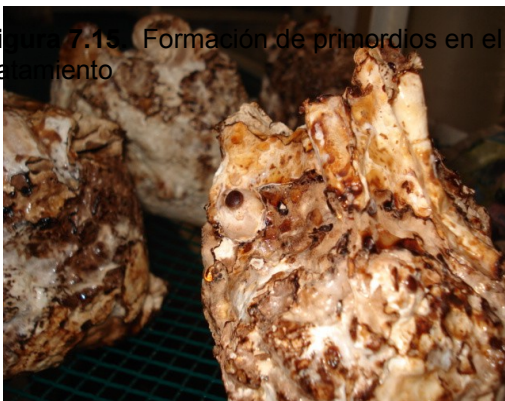


Figura 7.16. Formación de cuerpos fructíferos en el tratamiento



Figura 7.17. Crecimiento de los cuerpos fructíferos en el tratamiento.



Figura 7.18. Hongos listos para cosechar en el tratamiento.

El número de hongos cosechados por tratamiento en promedio en cada sustrato (Figura 7.19) se determinó a partir de las tres cosechas evaluadas a lo largo de esta investigación.

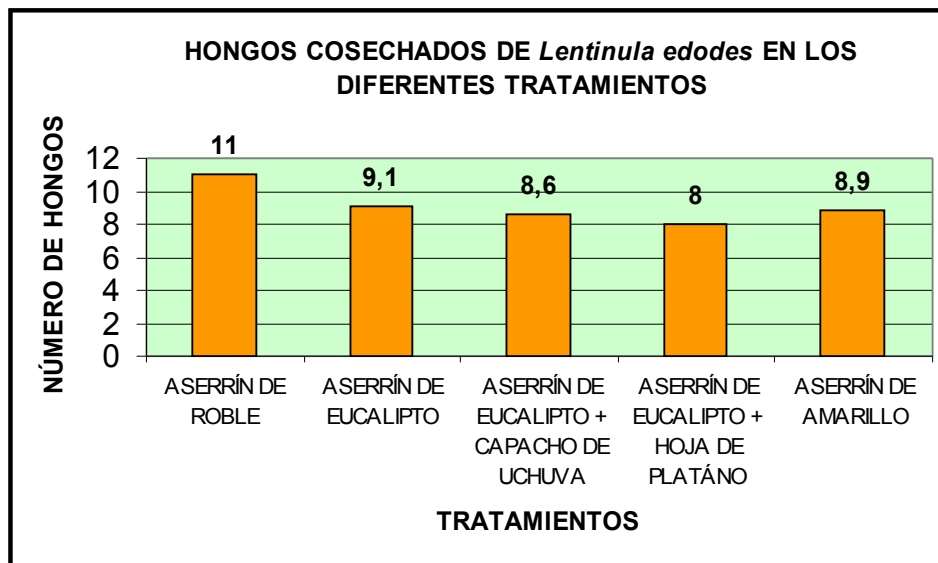


Figura 7.19. Cantidad promedio de hongos cosechados de *Lentinula edodes* en cada tratamiento analizado.

Según los datos obtenidos en el número de hongos producidos por bolsa en promedio en cada uno de los sustratos se pudo determinar que hubo diferencia estadísticamente significativa (Anexo 3) indicando que la fuente de carbono si influye en el número de hongos que se producen por bolsa. Según Royse (1990), el número de hongos producidos por bolsa 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. (Anexo 3). 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.



Figura 7.20. Tratamiento no compactado.

Los tratamientos de aserrín de amarillo con capacho de uchuva (11 y 12) y con hoja de plátano (6 y 7) que fueron descartados se observó que en su fructificación presentaron hongos deformes y de una apariencia mucosa (Figura 7.21). 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 (Gaitán. 2000; Anónimo. 2006). Sin embargo se descarta que estas mal formaciones se den por el tipo de aserrín dado que en 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.



Figura 7.21. Tratamiento generando hongos deformes.

7.1.5. 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) (Figura 7.22).



Figura 7.22. Medición del diámetro de los carpóforos

Para la medida del tamaño de los carpóforos se obtuvo un promedio de todos los hongos producidos en todas las bolsas de cada tratamiento (Figura 7.23).

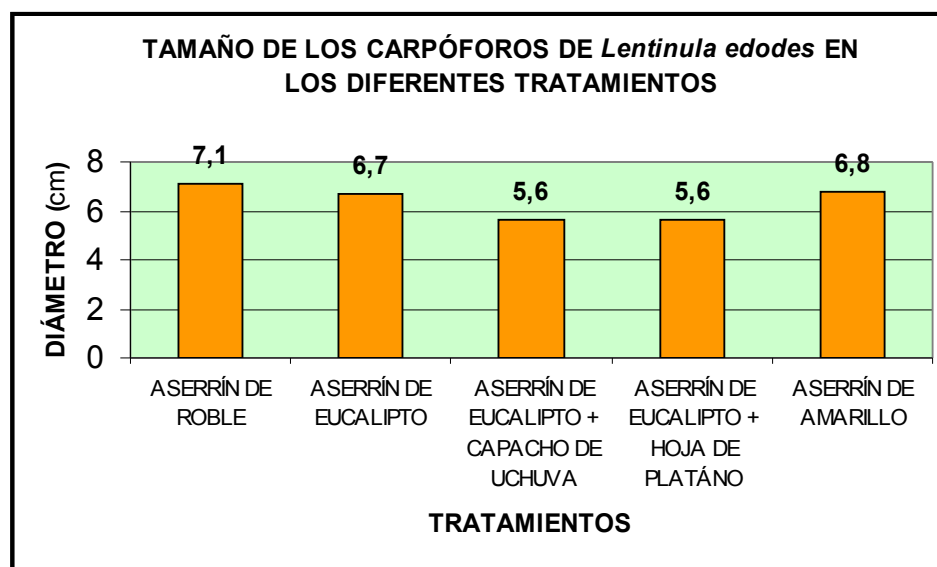


Figura 7.23. Tamaño promedio de los carpóforos producidos de *Lentinula edodes* en cada uno de los tratamientos.

Según los datos obtenidos del tamaño de los carpóforos se evidenció diferencia significativa entre cada uno de los tratamientos (Anexo 3), 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 bolsa 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 esta 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.

7.1.6. 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 (Figura 7.24).



Figura 7.24. Carpóforos cosechados pesados por bandeja.

En cuanto al peso fresco obtenido en los tratamientos se pudo observar (Figura 7.25) 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). El análisis estadístico muestra que existen diferencias significativas entre los promedios de peso fresco de los tratamientos analizados. (Anexo 3)

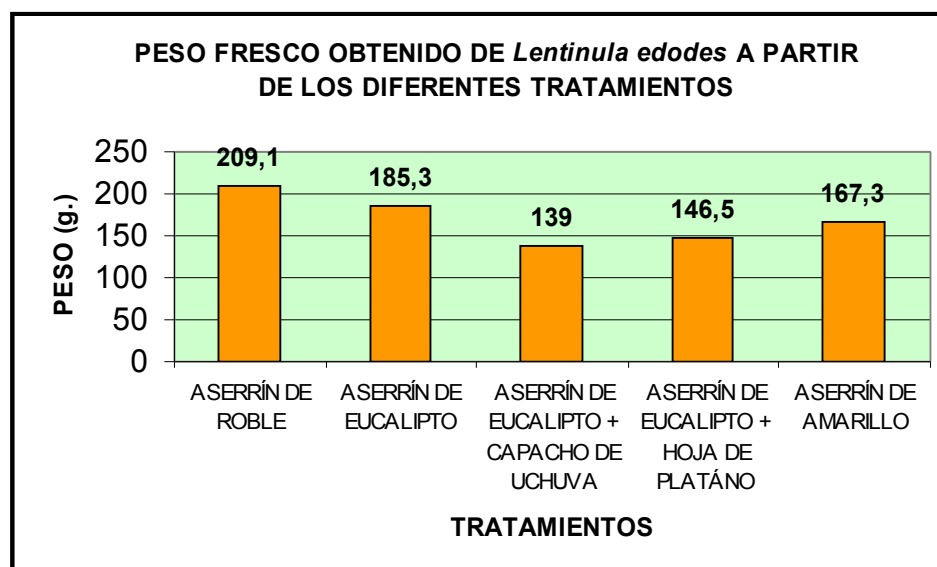


Figura 7.25. Peso fresco promedio obtenido de *Lentinula edodes* en cada uno de los tratamientos analizados.

7.1.7. 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 (Figura 7.26) obtenido es directamente proporcional al peso fresco generado en cada uno de los sustratos. Los resultados muestran diferencias estadísticamente significativas (Anexo 3) 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).

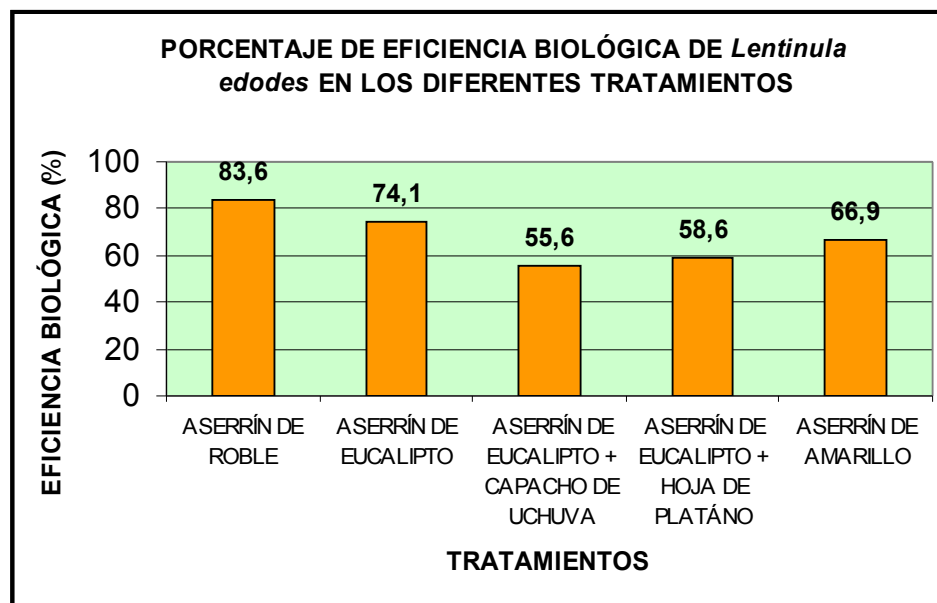


Figura 7.26. Porcentaje promedio de eficiencia biológica de *Lentinula edodes* en cada tratamiento.

7.1.8. 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.

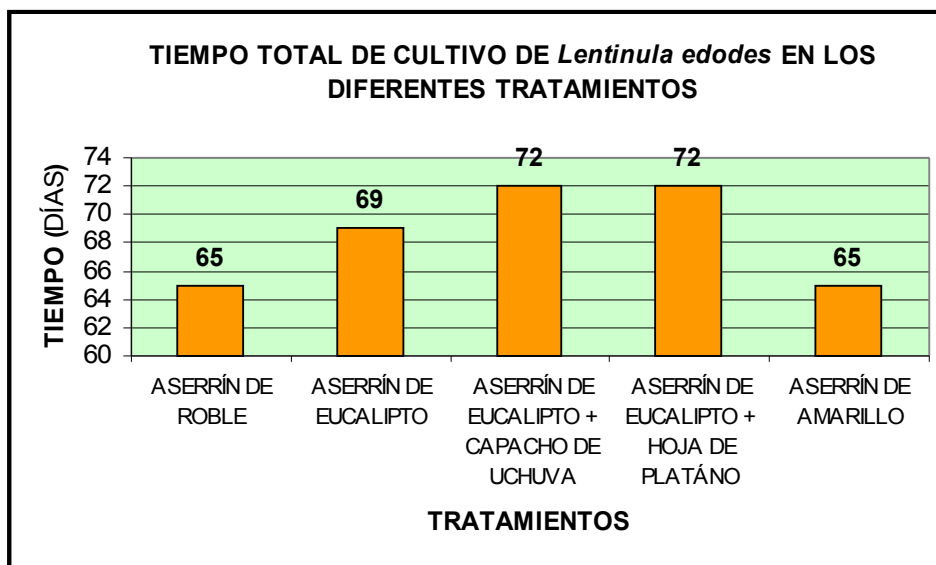


Figura 7.27. Tiempo promedio total de cultivo de *Lentinula edodes* en cada tratamiento analizado.

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 uchuya 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 (Figura 7.26)

7.2. Análisis sensorial de los hongos cosechados de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados:

En la prueba sensorial realizada (Figura 7.28) por catadores no entrenados para el consumo de *Lentinula edodes* se determinó por medio del análisis de CD, que tanto en los hongos en fresco como en los hongos salteados no

existió diferencia significativa al comparar la aceptabilidad y palatabilidad dada al producto en todos los sustratos a la vez, indicando que las características de sabor y textura del carpoforo no varían por la composición de los sustratos.



Figura 7.28. Cubículo predispuesto para la realización de la prueba sensorial.

Tabla 7.4. Codificación de los tratamientos para prueba sensorial.

Código número para identificación prueba sensorial	Shiitake proveniente del tratamiento.
956	ASERRÍN DE ROBLE
389	ASERRÍN DE EUCALIPTO
575	ASERRÍN DE EUCALIPTO + CAPACHO DE UCHUVA
507	ASERRÍN DE EUCALIPTO + HOJA DE PLATÁNO
828	ASERRÍN DE AMARILLO

7.2.1. Hongos en fresco

Al observar la prueba de CD (Anexo 5), que permite comparar la aceptabilidad y palatabilidad del producto dependiendo del sustrato evaluado con respecto al sustrato control, se pudo determinar que en *Lentinula edodes* en fresco tuvieron mayor preferencia los hongos producidos a partir de aserrín de eucalipto con capacho de uchuva y aserrín de amarillo, indicando que el producto cambia su sabor de acuerdo al sustrato en el que se cultive. Los hongos cultivados en aserrín de eucalipto con hoja de plátano no superaron la aceptabilidad comparados a los obtenidos a partir de sustrato control, por ende este sustrato aunque pueda ser considerado eficiente no asegura permanencia en el mercado de acuerdo a la aceptación del producto. Se observó igualmente que los hongos producidos a partir de aserrín de roble y de aserrín de eucalipto no mostraron diferencias en su aceptabilidad.

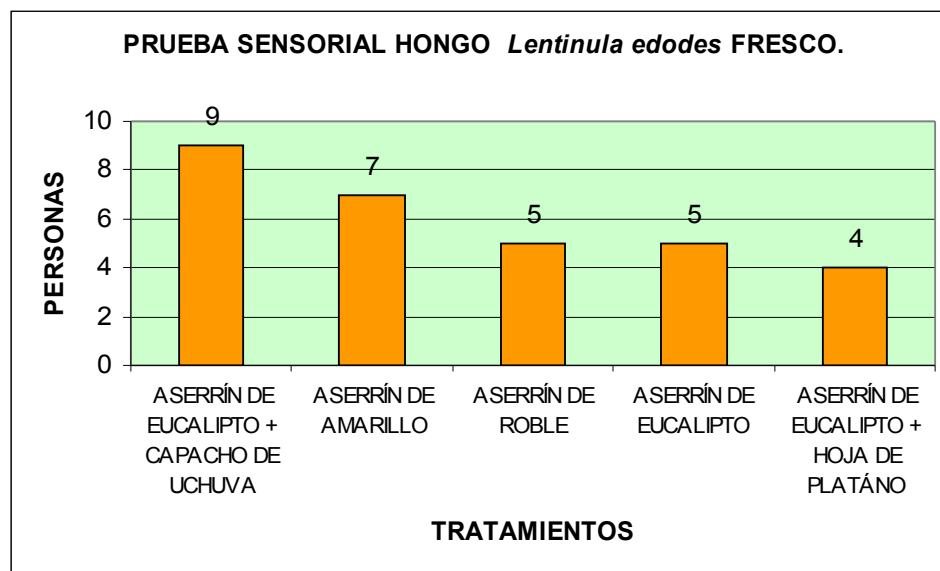


Figura 7.29. Prueba sensorial “sabor” de hongo fresco *Lentinula edodes* más gusta en cada tratamiento analizado.

7.2.2. Hongos salteados

En cuanto a las muestras de *Lentinula edodes* salteadas (Anexo 5), se pudo observar que los catadores no entrenados no encontraron diferencia alguna en la palatabilidad del producto indicando que en las muestras salteadas no se ve afectado el sabor por el sustrato en el que haya sido cultivadas, puesto que estas absorben el sabor del elemento con el cual se estén preparando, como lo es en este caso la mantequilla sin sal, influenciando la degustación del producto.

De todas maneras, cabe reconocer que como es un producto poco conocido en el mercado colombiano los catadores no entrenados no pueden tener un punto de comparación o de referencia y por ende la prueba sensorial solo pudo ser realizada en cuanto a la aceptación y palatabilidad, sin evaluar características importantes como son olor, color, presencia de defectos, las cuales permitirían corroborar aun más la aceptación del producto para su consumo en la sociedad colombiana.

Así mismo, los catadores no entrenados al no tener conocimiento profundo del producto no pueden inclinarse por preferencias nutricionales y/o alimenticias que pudieran afectar los resultados de la prueba, es decir que estos datos reflejan a la gran mayoría de posibles consumidores de *Lentinula edodes* (Shiitake) en Colombia.

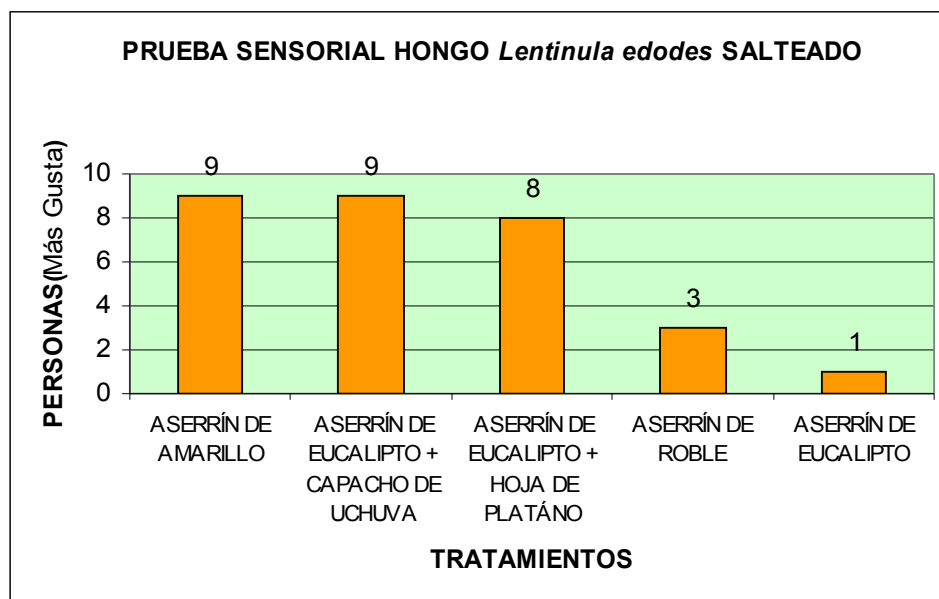


Figura 7.30. Prueba sensorial “sabor” de hongo salteado *Lentinula edodes* más gusta en cada tratamiento analizado.

También se observa que en la figura 7.30, el aserrín de amarillo fue el que mejor aceptabilidad en la palatabilidad tuvo, igualmente que el del aserrín de eucalipto con capacho de uchuva, seguido por el aserrín de eucalipto con hoja de plátano. Sin embargo los que menos aceptabilidad tuvieron fue el aserrín de eucalipto y el aserrín de roble.

8. CONCLUSIONES

- El mejor sustrato para el desarrollo y producción de *Lentinula edodes* es el aserrín de roble ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica de 83.6% en un periodo total de producción de 65 días y con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo y confirmándose como sustrato control para este tipo de estudios.
- El mejor sustrato para el desarrollo y producción de *Lentinula edodes*, después del roble, es el aserrín de eucalipto ya que alcanzó un porcentaje de eficiencia biológica de 74.1% en un periodo total de producción de 69 días y con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo en Colombia.
- El aserrín de amarillo, aunque produjo un porcentaje de eficiencia biológica de 66,9% demoró 65,1 días para la corrida del micelio, 27,5 días de pigmentación y en consecuencia un periodo total de producción de 65 días, lo cual indica que puede ser un sustrato utilizable, además, la aceptación del producto en la prueba sensorial realizada, fue considerada una de las de mayor aceptabilidad al ser salteados.
- La combinación de eucaplito con capacho de uchuva fue uno de los tratamientos que produjo el menor porcentaje de eficiencia biológica, obteniendo un valor de 55.6% y periodo total de producción de 72 días, lo cual hace que no se pueda recomendar como un sustrato rentable y eficiente para el cultivo de este hongo para una producción

a gran escala, y respecto a la aceptabilidad del producto no asegura un buen posicionamiento en el mercado.

- La combinación de eucalipto con hoja de plátano fue un tratamiento que produjo un porcentaje de eficiencia biológica de 55.6% y periodo total de producción de 72 días, lo cual hace que no se pueda recomendar como un sustrato rentable y eficiente para el cultivo de este hongo en una producción a gran escala pero su aceptabilidad del producto aseguraría un buen posicionamiento en el mercado.
- Dentro del estudio se observó que el porcentaje de carbono total en el sustrato influye en el tiempo de corrida del micelio, tiempo de pigmentación, en la cantidad total de hongos producidos y en el porcentaje de eficiencia biológica.
- Se determinó que un alto porcentaje de lignina y un alto porcentaje de carbono total mejora las condiciones de la producción del hongo, ya que como se observa en este estudio si se suple el medio de cultivo en una proporción mayor al 25% con residuos agroindustriales no mejora las condiciones del cultivo, ni aumenta la producción.
- Se observó que la adición de residuos agroindustriales en los tratamientos evaluados no aumenta la productividad del cultivo de Shiitake.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar análisis detallados de la composición química y estructural de cada uno de los residuos, y así determinar la posible interferencia en el crecimiento y desarrollo de *Lentinula edodes* por parte de algún compuesto del residuo.
- Desarrollar estudios en la composición química del aserrín de amarillo para determinar el factor exacto que incrementa la aceptabilidad del producto de *Lentinula edodes*.
- Realizar un análisis bromatológico de la composición de los carpóforos obtenidos a partir de cada uno de los tratamientos para determinar si el residuo en el que se cultiva influye en su composición.
- Realizar mezclas con los aserrines evaluados, con el fin de buscar la mejor combinación de carbono total y que mejore la productividad del cultivo del hongo *Lentinula edodes*.

10. CRONOGRAMA

Actividad	Mes 1 (2006)	Mes 2 (2006)	Mes 3 (2006)	Mes 4 (2006)	Mes 5 (2006)	Mes 6 (2007)	Mes 7 (2007)	Mes 8 (2007)
Presentación y aprobación de ante proyecto	X	X						
Compra de semillas.		X						
Montaje del sitio de incubación y fructificación		X						
Preparación del sustrato		X						
Inoculación del sustrato		X						
Incubación		X	X	X				
Fructificación				X				
Recolección de la primera oleada				X	X			
Recolección de la segunda oleada				X	X			
Recolección de la tercera oleada					X	X		
Determinación de contaminación		X	X	X	X	X	X	X
Análisis de resultados		X	X	X	X	X	X	X
Entrega de resultados			X	X	X	X	X	X
Ultimas revisiones del proyecto escrito y sustentación							X	X

11. PRESUPUESTO

11.1. Presupuesto por parte del estudiante que desarrolla el proyecto.

Descripción del producto	Precio	Cantidad a utilizar	Subtotal
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES			
ASERRÍN ROBLE	800/ Kg.	10 Kg.	8.000
ASERRIN DE EUCALIPTO	150 / Kg	10 Kg.	1.500
ASERRIN DE AMARILLO	360 / Kg.	10 Kg.	3.600
CAPACHO DE UCHUVA	1000/ Kg.	10 Kg.	10.000
HOJA DE PLATÁNO	200 / Kg.	10 Kg.	2.000
COMPLEMENTOS DEL SUSTRATO			
SALVADO DE TRIGO	560 /Kg.	10 Kg.	5.600
CARBONATO DE CALCIO	500 /Kg.	1 Kg.	500
AGUA	2041. 58/m ³ (Estrato 3)	350 m ³	17.900
SEMILLAS			
<i>Lentinula edodes</i>	9.000	2 kg.	18.000
IMPLEMENTOS DE TRABAJO			
BOTAS DE CAUCHO	17.000	1	17.000
TAPABOCAS	9.500	1	9.500
GORROS	4.800	2	9.600
GUANTES DE LATEX	9.500	1	9.500
CINTA DE ENMASCARAR	2.200	1	2.200
PAPELERIA	80.000	VARIOS	80.000
SUBTOTAL			194.900
IMPROVISTOS 10 %			19.490
TOTAL			214.390

11.2. Presupuesto adicional, suministrado por la empresa “Biosetas Andinas”:

Descripción del producto	Precio	Cantidad a utilizar	Subtotal
EQUIPOS			
HUMIFICADOR	150.000	1	150.000
CALENTADOR DE AMBIENTE	120.000	1	120.000
ESTUFA	100.000	1	100.000
TERMOHIGRÓMETRO	80.000	2	160.000
BALANZA (GRAMERA)	30.000	1	30.000
AUTOCLAVE	1.475.000	1	1.475.000
BASCULA	75.000	1	75.000
ANAQUELES Metalitos	34.000	3	102.000
ANAQUELES (Malla y Madera)	35.000	2	70.000
OTROS			
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO TOTAL	61.000	2	122.000
MOLIDO DE RESIDUOS	50.000	1	50.000
HIPOCLORITO DE SODIO	1.500	750 cm ³	1.500
ALCOHOL AL 96 %	9000	750 cm ³	6.750
PLÁSTICO Cal.2	5.000/ 3 m ²	25 m ²	41.700
BOLSA DE POLIPROPILENO Cal 3 DE 1 ½ KILO (20*35)	6500 / Kg	2	13000
CAUCHOS ELASTICOS	3800 / Kg	1	3800
SUBTOTAL			2.520.750
IMPROVISTOS 10%			252.075
TOTAL			2.772.825
TOTAL 1			214.390
TOTAL 2			2.772.825
TOTAL			2.987.215

NOTA: Todo el proyecto se realizó en las instalaciones de la empresa “Biosetas Andinas”.

12. BIBLIOGRAFÍA.

- AGUDELO, J. RAMÍREZ, A. 2002. [En Línea]: Robledales en Colombia. <http://www.monografias.com/trabajos11/roco/roco.shtml> [Consulta: 9 Agosto. 2006]
- ANÓNIMO, 2006. Bioasetas Andinas. Comunicación personal. Bogotá D. C.
- ANÓNIMO 2, 2006. Jardín Botánico. Asistencia de Asesoría personal. Bogotá D. C. Octubre.
- ANÓNIMO 3. 2006. DAMA. Informes ambientales del departamento de Cundinamarca. (Consultado Septiembre – 2006)
- ANÓNIMO 4. 2006. CENTRO DE INFORMACIÓN DE ASOHOFRUCOL. [En Línea]: Más vida, salud y sabor. Disfruta ya de las frutas. Uchuva [<http://frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product_view.php>](http://frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product_view.php) [Consulta: 15 Nov. 2006].
- ANÓNIMO 5. 2006. Asociación de plataneros de Anolaima – Cundinamarca. Comunicación personal [Consulta: 15 Sep. 2006].
- ANZALDUA, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- ATLAS, R. BARTHA, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Cuarta Edición. Editorial Adisson Wesley. Madrid, España.
- AZCON-BIETO, J. TALON, M. 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Primera Edición. McGraw-Hill Interamericana. España.
- BALLARD, G. 1997. [En lineal. Emissions of Rural Wood-Burning cooking Devices. Actualización 22 abr. 2000. Trabajo de Doctorado hi1osophy). University of the Witwatersrand. Faculty of Engineering. Johannesburg. [<http://www.energy.demon.nl/thesis/AppdxD.htm>](http://www.energy.demon.nl/thesis/AppdxD.htm) [Consulta: 28 nov. 2006]

- BERLITZ, H. D. & W. Grosch. 1992. Química de los Alimentos. 2a edición. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- CABRERA T., J. CASAS, F., ROJAS, C. Y VIVEROS, S. 1998. Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres arvenses y ruderales. SEMARNAP. México, D.F.
- CARONE D, M. 1986. Micología. Ed. Pueblo y Educación. Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.
- CARPENTER, R. LYON, D. HASDELL, T. 2002. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- COLCIENCIAS. 2004. [En Línea]: Una alternativa productiva y alimenticia. La seta de la esperanza.
<http://www.colciencias.gov.co/agenda/pn96.html> [Consulta: 26 Sep. 2006]
- CRISAN, E. y. Sands, 1978. Valor nutricional, en *The Biology of Edible Mushrooms*. Ed. por Chang y W. A. Hayes, Academic Press. New York & Londres. 137-165
- CURVETTO, N. 2004. Biotecnología en hongos superiores. Parte I. Revista AgroUNS. No. 2. Año I: 12-15
- CHANG, S. T. & W. A. Hayes. 1978. *The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Academic Press. New York & Londres.
- CHEN, A. W. Stamets. 2000. Shiitake cultivation systems. *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Ed. Van Griensven. Balkema, Rotterdam.
- CHIHARA, G. 1993. Aspectos medico del lentinan aislado del *Lentinus edodes* (Berk). Singer, en *Mushroom Biology, concise Basics and current developments*. Primera edición. ed. por P. G. Miles & S. T. Chang. World Scientific. Singapore. 114-116

- DANIEL, W. 2002. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Cuarta Edición. Editorial Limusa. México
- DANIEL, W. 1981. Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación. Capítulo 6. Editorial McGraw Hill. México
- DEACON, J. W. 1984. Introducción a la Micología Moderna, 2 Edición. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- ESCOBAR, J. 2002. [En Línea]: Programa especial de Seguridad Alimentaria en coordinación INTECAP-FAO-PESA. Cooperación Española. Jovotan.
- FENNEMA, O. 2000. Química de los alimentos. 2^{da} Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- FERNANDEZ, F. 2004. Guía Práctica de producción de Setas. Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México.
- FUNG, Y. 2002. Evaluación del crecimiento y producción de *Lentinula edodes*. Berk. Pegler (SHIITAKE) sobre diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales colombianos. Microbiólogo Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento Microbiología. Bogotá D. C
- GAITÁN, R. 2000. Obtención de Carpóforos de *Lentinula* y *Pleurotus* en residuos de la madera de pino y bagazo de la caña de azúcar. Instituto de Ecología. México.
- GARCIA, M. 2003. Cultivo de setas y trufas. Cuarta Edición. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid. España.
- GARCIA, M. ROLLAN, M. 1991. Cultivo de setas y trufas. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España.
- GIBBONS y Chakraborti. 1992. Pruebas estadísticas no paramétricas. Programas. Pág. 323)
- GRANADOS, S. C. 2004. Orellana Sajor. Manual cultivo de setas comestibles tropicales. Armenia. Colombia.

- GUZMÁN. G. 1980. [En Línea]: Un gran desconocido: el hongo. México desconocido No. 48. Noviembre 1980. <http://www.mexicodesconocido.com.mx/espanol/naturaleza/flora/detalle.cfm?idpag=3458&idsec=10&idsub=31> [Consulta: 6 Sep. 2006]
- GUZMÁN G. MATA G. 1993. - El cultivo de los hongos comestibles, con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales". Instituto Politécnico Nacional. México.
- HERNÁNDEZ, R, Y LÓPEZ, C. 2006. EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento Microbiología. Bogotá D. C
- HERRERA, T. ULLOA, M. 1990. El reino de los hongos. Micología básica y aplicada. UNAM y FCE. México. 552 p.
- HAMI, H. 1990. Cultivation of Oyster Mushroom. (*Pleurotus spp.*) on sawdust of different woods. M.Sc. Thesis. Department of Plant Pathology, University of Agriculture. Faisalabad, Pakistán.
- HIEBER, C., 2000, Comportamiento de 10 especies de *Eucaliptus* en diferentes condiciones de sitio, San Lorenzo, Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias, 85 pág.
- HURTADO, H. 2006. [Comunicación personal] Administrador agropecuario de las plantaciones de la Escuela de Tecnologías de La Universidad Católica de Colombia. Kilómetro 21 Vía Carrera 7. La Caro. Chía, Cundinamarca. Colombia [Consulta: 30 Nov. 2006]
- IRIARTE, C. 2003. Estudio de la producción y secreción de enzimas celulolíticas en micelios rápidos y lentos de *P. ostreatus*. Ingeniero Técnico Agrícola (Hortofruticultura y Jardinería). Universidad Pública de Navarra.

- ISHIKAWA, H. 1967. Physiological and ecological studies on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. 1. Agric. Lab. 8, 1-57.
- KIRK, T. FARRELL, R. 1987. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin. Annual Review of Microbiology. Vol 41:465-505.
- KENDRICK, T. 1985. The fifth Kingdom. en *Mushroom Biology, concise Basics and current developments*. Primera edición. ed. por P. G. Miles & S. T. Chang. World Scientific. Singapore. 1-7
- KONEMAN, E. 1997. Micología: práctica. Tercera Edición. Medica Panamericana. Buenos Aires, Argentina.
- KUES, U. LIU, Y. 2000. Fruiting body production in *Basidiomycetes*. Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 54: 141 – 152
- LEE, E. 1996. Shiitake and Maitake Mushroom in Connecticut. Mushroom News. Feb: 6-11.
- LEVEAU, J.Y. BOUIX, M. 2000. Microbiología Industrial. Editorial Acribia S. A. Zaragoza, España.
- MADIGAN, M.T. MARTINKO, J.M. PARKER, J. 1997. Brock Biology of microorganisms. 8th Edition. Editorial Prentice Hall. New Jersey, U.S.A
- MAILER, R. 2000. Environmental Microbiology. Editorial Academic. San Diego, California.
- MALAGÓN, A. 2007. [Comunicación personal]. Asesoría en aplicaciones estadísticas a los trabajos de grado. Facultad de Matematicas. Universidad Nacional. [Consulta: 15-22 mar. 2007]
- MATA, G. & R. Pérez, 2000. Inducción de la producción de la casa en cepas del hongo comestible *Lentinula edodes*. Instituto de Ecología. México.
- MILES, P. G. & S. C. Jong, 1987. Commercial cultivation and Shiitake in sawdust-fill bags. Pág. 421-426
- MILES, P. G. & S. T. Chang, 1987. Mushroom cultivation in a rural community in Hebei Province. Mushroom Journal for the tropics 7: 107-112

- MILES, P. CHANG, S. 1997. Mushroom biology, Concise Basics and current development. Primera Edición. Ed. World Cientific. Singapore.
- MONTGOMERY, Douglas C. 2004. Diseño y análisis de Experimentos. Segunda Edición,. Universidad Estatal de Arizona. Editorial Limusa. Wiley. Página 102
- MOORE, E. 1996. Fundamental of the Fungi. 4th Edition. Prentice-Hall. New Jersey, U.S.A
- NAVARRO, J. M. 2005. [En Línea]: Hongos En Aragón. <http://www.aragonesasi.com/natural/hongos/> [Consulta: 17 sep. 2006]
- OEI, P. 2003. Mushroom cultivation. Tercera edición. Backhuys Publishers. Leiden Holanda.
- ORTIZ, P. 1998. Manual de distribución de maderas en Colombia. Ed. Jardín Botánico. Bogotá D. C. 852 pág.
- PIRE, D.V. 2001. [En Línea]: Las asombrosas setas. Mayo 15. Argentina. <http://agronet.com.mx/cgi/articles.cgi?Action=Viewhistory&Article=1&Type=A&Datemin=2001-05-01%2000:00:00&Datemax=2001-05-31%2023:59:59> [Consulta: 15 sep. 2006]
- POTTER, N. H. HOTCHKISS, J. H. 1995. Ciencia de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- QUIMIO, T. H. 1990. Technical guidelines for mushroom growing in the tropics. FAO.
- RINKER. D. L. 1991. The influence of heat treatment, genotype and other cultural practices on the production of Shiitake mushrooms on sawdust. Science and Cultivation of Edible Fungi. Balkema, Rotterdam.
- ROMERO, J. RODRIGUEZ, M. PÉREZ, R. 2000. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología de cultivo. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, Cuatro caminos, Ciudad. De Cienfuegos

- ROSSELLI, P. BETANCUR, J. FERNÁNDEZ, L. 1997. Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldaria* Vol 19. No.1-2: 205- 2034
- ROYSE, D. BAHLER C. 1986. Effects of genotype, spawn run time, and substrate formulation on biological efficiency of Shiitake. *Applied and Environmental Microbiology*. December. 52 (6), p 1425-1427.
- SALDARRIAGA, Y. 2001. Manual de micología aplicada. Primera edición. Universidad de Antioquia
- SANTAMARIA, M. 2005. Manual de especies de *Aniba* sp. y plantas de uso culinario. Primera edición. Lima- Perú. 495 pág.
- SOLANO, C. ROA, C. 2005. El Roble, ¿Veda o no veda?. Documento de apoyo. Fundación Natura. Colombia.
- SOLOMON, E.P. BERG, L. R. MARTIN, D. W. VILLEE, C. 1996. *Biología de Villee*. Tercera Edición. Ed. Interamericana McGraw-Hill. México, D.F.
- STAMETS, P. 2000. *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Third Edition. Ten Speed Press. Berkeley, Toronto.
- STAMETS, P. 2003. *Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom*. Editorial Olympia.
- SUÁREZ, C. 2007. [Comunicación personal]. Asistente de producción. Bisetas Andinas. Marzo de 2007
- TING, H. G. 1994. *New technology on high speed and high yield cultivation of shiitake*. Ed. Golden Shield Press. Beijing, China.
- TORRES, M. G. 2003. *Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdo*. Investigadora asociada. Universidad Tecnológica del Chocó.
- WAINWRIGHT, M. 1995. *Introducción a la biotecnología de los hongos*. Editorial acribia s.a. zaragoza, España.

- ZANOTTI-CAVAZZONI, J. C. 2000. Screening de hongos comestibles que crecen en paraguay. Facultad de Ciencias Química, Universidad Nacional de Asunción. Revista de Ciencia y Tecnología. Paraguay. Vol. 1 No. 2.

ANEXO 1.

ACUERDO 29 DE 1976- INDERENA

Artículo 2o. en concordancia con el 1o. y 3o.

"Por el cual se regula el aprovechamiento forestal de algunas especies maderables." La Junta Directiva de Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA en uso de facultades legales y estatutarias, y en especial de las conferidas por el ordinal 3º del artículo 38 del Decreto 133 de 1976, y,

CONSIDERANDO:

Que algunas especies forestales están sometidas a una fuerte demanda de exportación que acelera el agotamiento de las mismas;

Que con el fin de emplear mayor mano de obra en los procesos de aprovechamiento, transformación y comercialización forestal, es necesario estimular el establecimiento de industrias en las áreas boscosas o en las zona de influencia que permitan un mayor proceso de transformación y mejoramiento socio-económico de las respectivas regiones;

Que según lo literales b) y h) del artículo 45 del citado Decreto Ley No. 2811 de 1974, deberá matenerse en reserva de recursos acorde con las necesidades del país para lo cual podrá racionarse temporalmente el consumo interno, la salida del país y se velará para que los recursos naturales renovables se exploten en forma eficiente, compatible con su conservación y acorde con intereses colectivos,

ACUERDA:

Artículo 1: A partir de la vigencia de este Acuerdo, se regula el aprovechamiento forestal de las siguientes especies maderables, en los términos que más adelante se señalan:

Ceiba tolúa o colorada (*Bambacopsis quinatum*)

Pardillo, moho o laurel (*Cordia alliodora*)

Cedro (*Cedrela* sp.)

Caoba (*Swietenia macrophylla*)

Amarillo (*Aniba* sp; *Nectandra acutifolia*)

Achapo (*Cdrelinga catenaeformis*)

Ceiba blanca o amarilla (*Hura crépitans*)

Carreto (*Aspidosperma* sp.)

Vara de piedra (*Casearia nítida*)

Ebano (*Caesalpinia ebano*)

Acobo, Guayacán, Garza (*Tabebuia* sp.)

Guayacán (*Guaiacum officinales*)

Artículo 2: De las especies a que se refiere el artículo anterior, el INDERENA se abstendrá de otorgar concesiones, permisos o autorizaciones con fines de exportación de productos forestales de primer grado de transformación.

El INDERENA permitirá el aprovechamiento de tales especies de exportación únicamente para productos de segundo grado de transformación.

Artículo 3: Denomínase primer grado de transformación "El proceso por el cual se obtiene madera simplemente escuadrada como tabla, tablón, bloque, banco, etc."

Llámase producto de segundo grado de transformación aquel que se obtiene "de un proceso de elaboración o acabado industrial con u valor agregado" como puertas talladas, muebles, mesas, ventanas, parkets, molduras, etc.

Artículo 4: El Gerente General del INDERENA queda facultado para llenar los vacíos, interpretar y reglamentar las disposiciones del presente Acuerdo, dentro de las normas legales existentes.

Artículo 5: Este Acuerdo rige a partir de su publicación, en el Diario Oficial.

Dado en Bogotá, D.E., a los 2 días del mes de septiembre de 1973.

ANEXO 2

**RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN DE *Lentinula edodes* EN CADA UNO
DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS**

VARIABLE ANALIZADA	TRATAMIENTO CONTROL	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3	TRATAMIENTO 4
	ASERRÍN DE ROBLE	ASERRÍN DE EUCALIPTO	ASERRÍN DE EUCALIPTO + CAPACHO DE UCHUVA	ASERRÍN DE EUCALIPTO + HOJA DE PLATÁNO	ASERRÍN DE AMARILLO
Tiempo total de cultivo (Días)	65	69	72	72	65
Pigmentación (Días)	19.3	20.4	25.2	27.2	27.5
Corrida del micelio (Días)	52.8	57.1	60.5	61.4	65.1
No. de hongos producidos	11	9.1	8.6	8	8.9
Diámetro cárpoforos (cm)	7.1	6.7	5.6	5.6	6.8
Peso fresco (g)	209.1	185.3	139	146.5	167.3
Eficiencia biológica %	83.6	74.1	55.6	58.6	66.9

Los valores reportados son el promedio de las diez bolsas cultivadas en cada tratamiento.

ANEXO 3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO.

PRUEBAS DE NORMALIDAD

Para probar la Hipótesis.

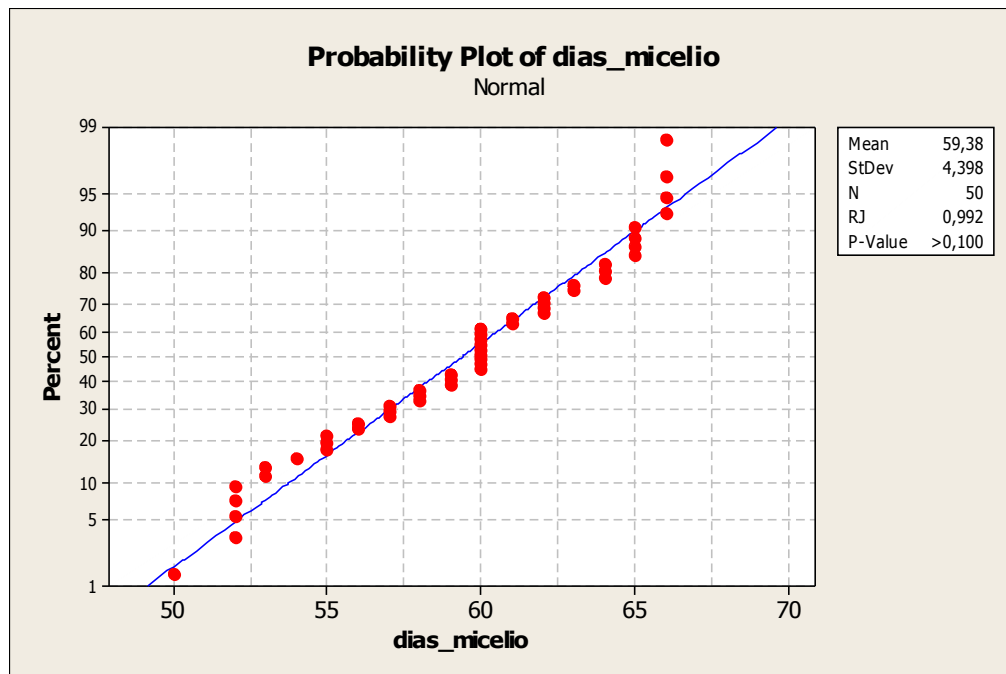
H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

H_1 : Los datos no provienen de una distribución normal

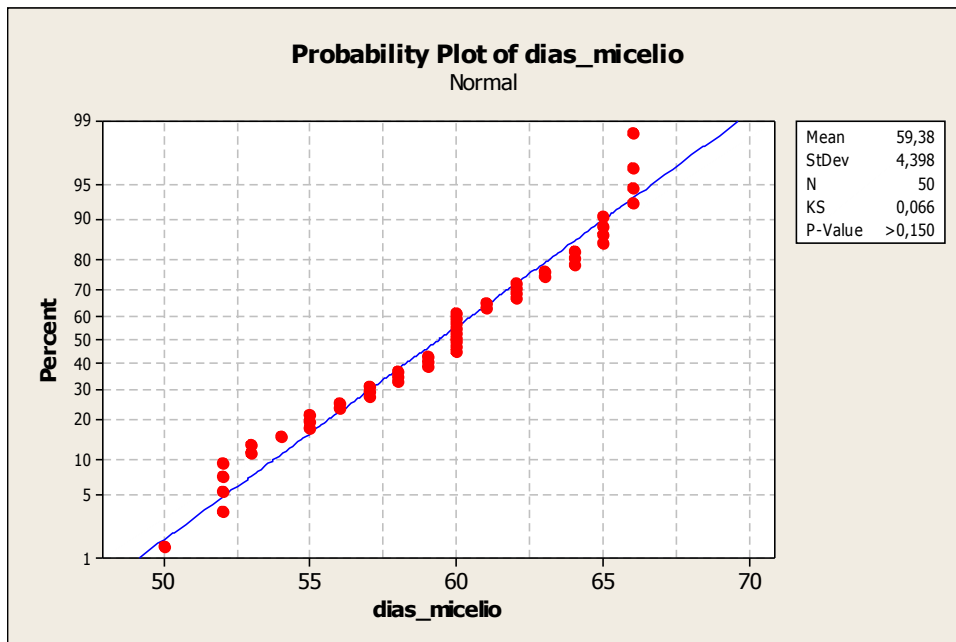
Se realizaron las pruebas de **Ryan- Joiner**, la cual es similar a la prueba de Shapiro-Wilks. Y se utilizó la prueba de **Kolmogorov-Smirnov**.

Se obtuvo los siguientes resultados:

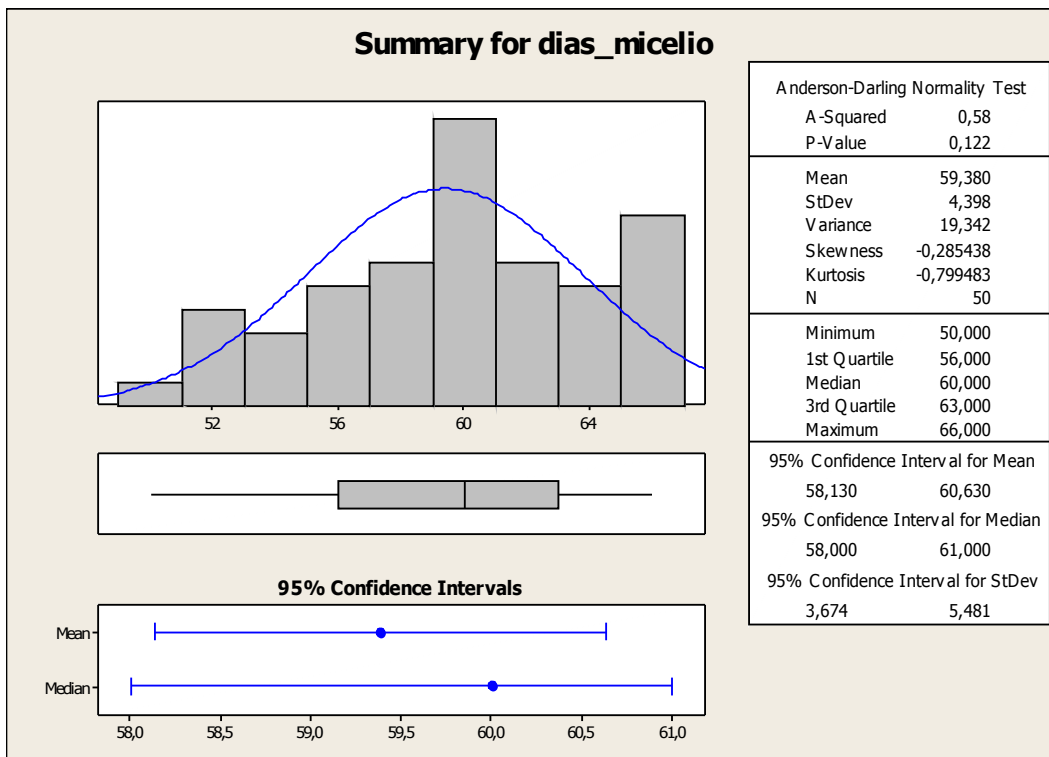
ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE CORRIDO DE MICELIO



*Prueba Ryan- Joiner



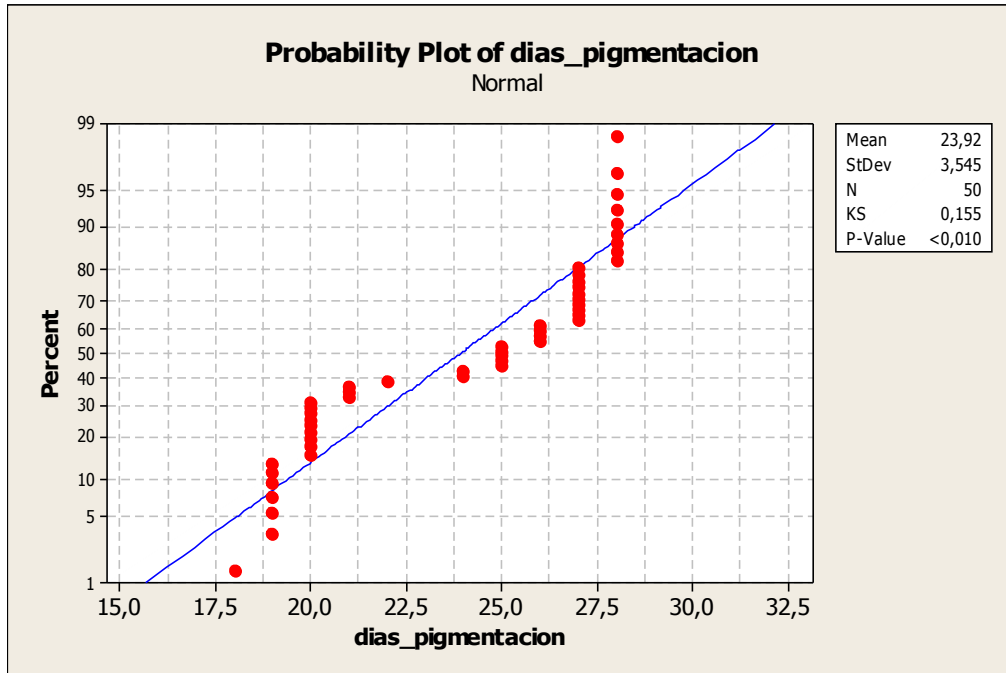
*Prueba de Kolmogorov-Smirnov



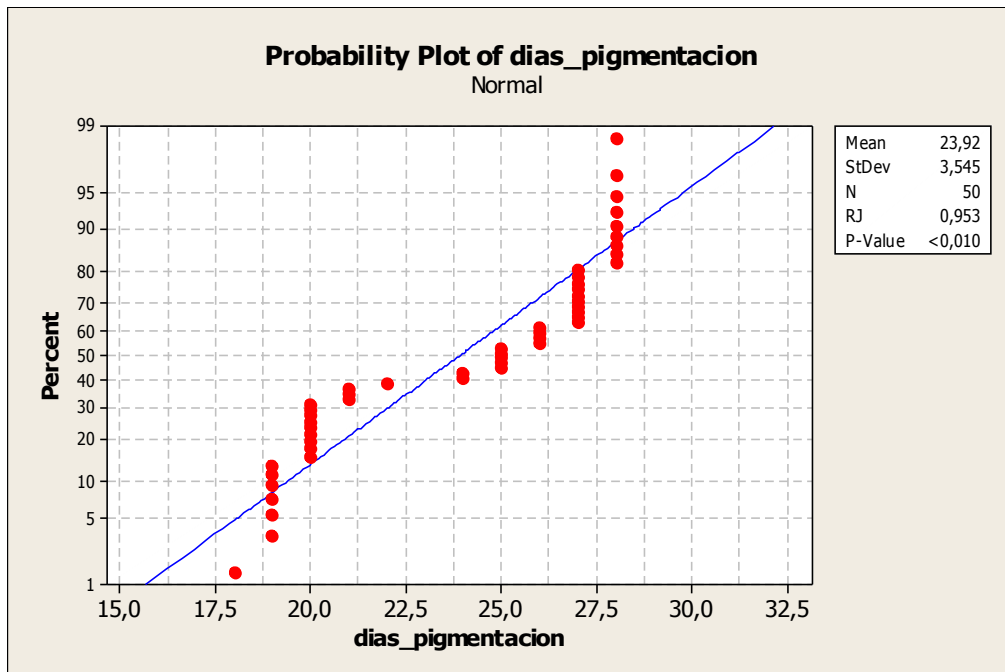
*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

Tanto la prueba de Ryan-Joiner como la de Kolmogorov-Smirnov dan un p-valor > 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normalita Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE PIGMENTACION DEL MICELIO

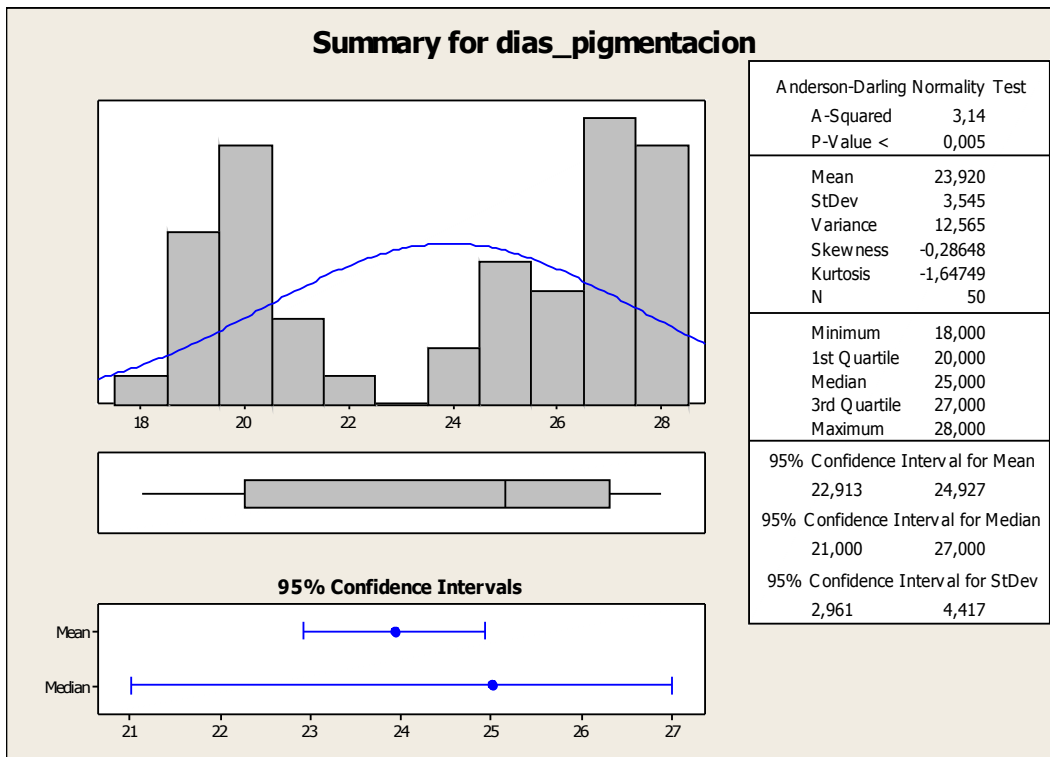


*Prueba Ryan- Joiner



Kolmogorov-Smirnov

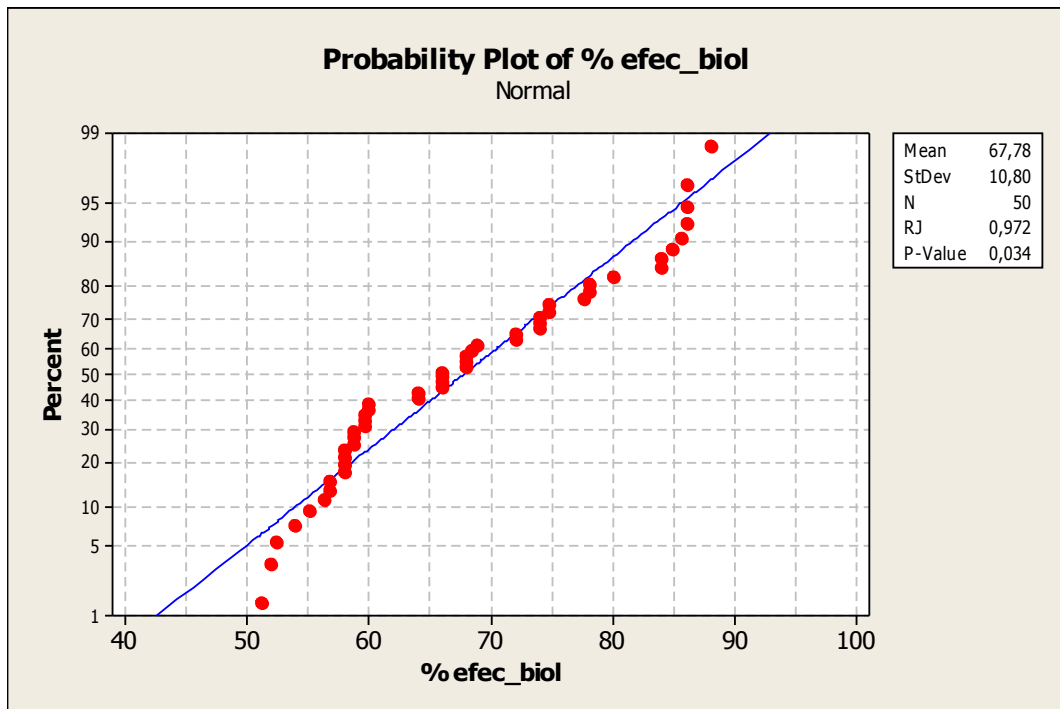
*
Prueba de



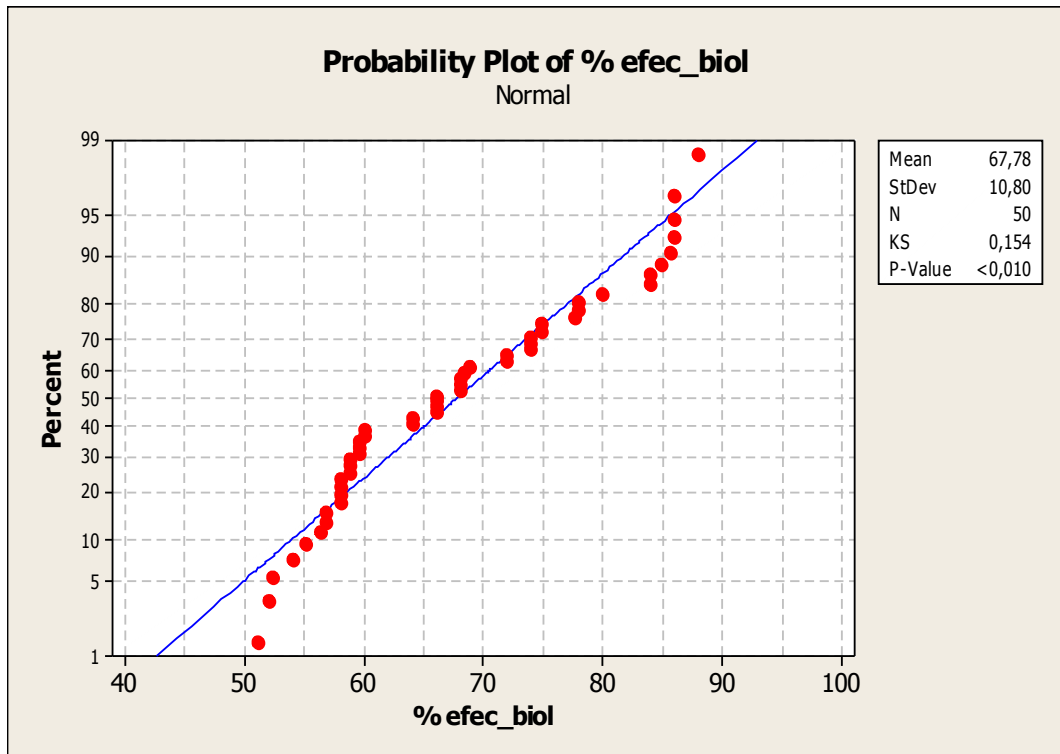
*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

El valor del p-valor en la prueba de Ryan-Joiner y en la de Kolmogorov-Smirnov es menor que 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, se rechaza la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normalita Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

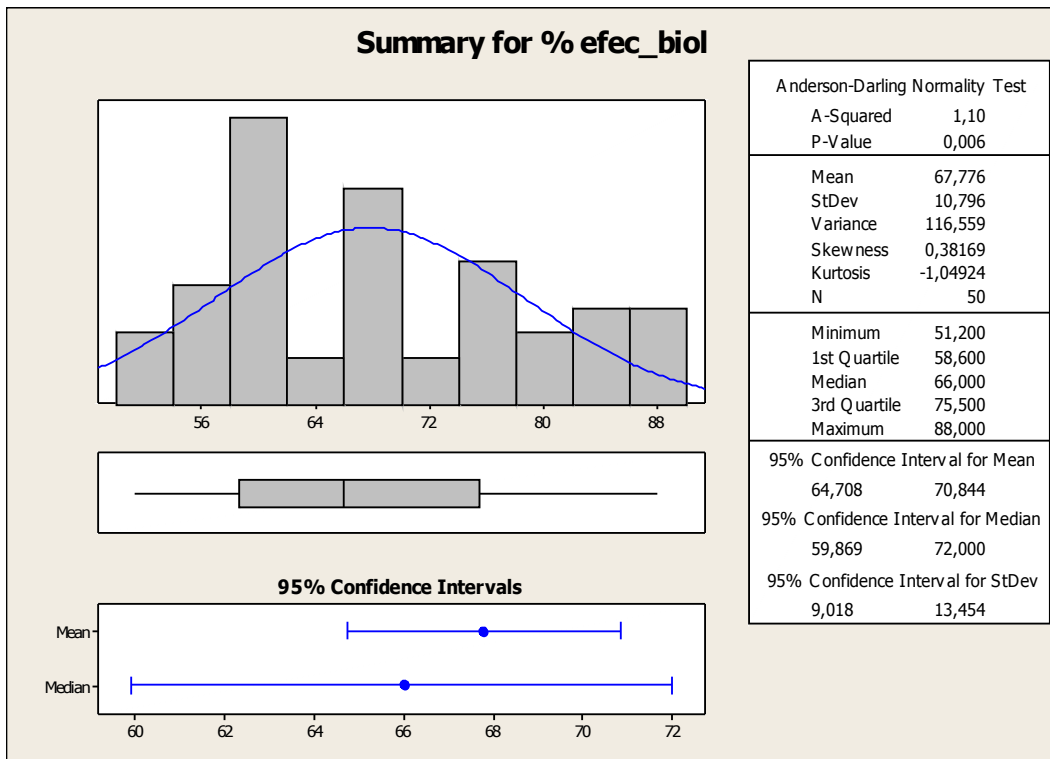
ANÁLISIS DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA.



*Prueba Ryan- Joiner



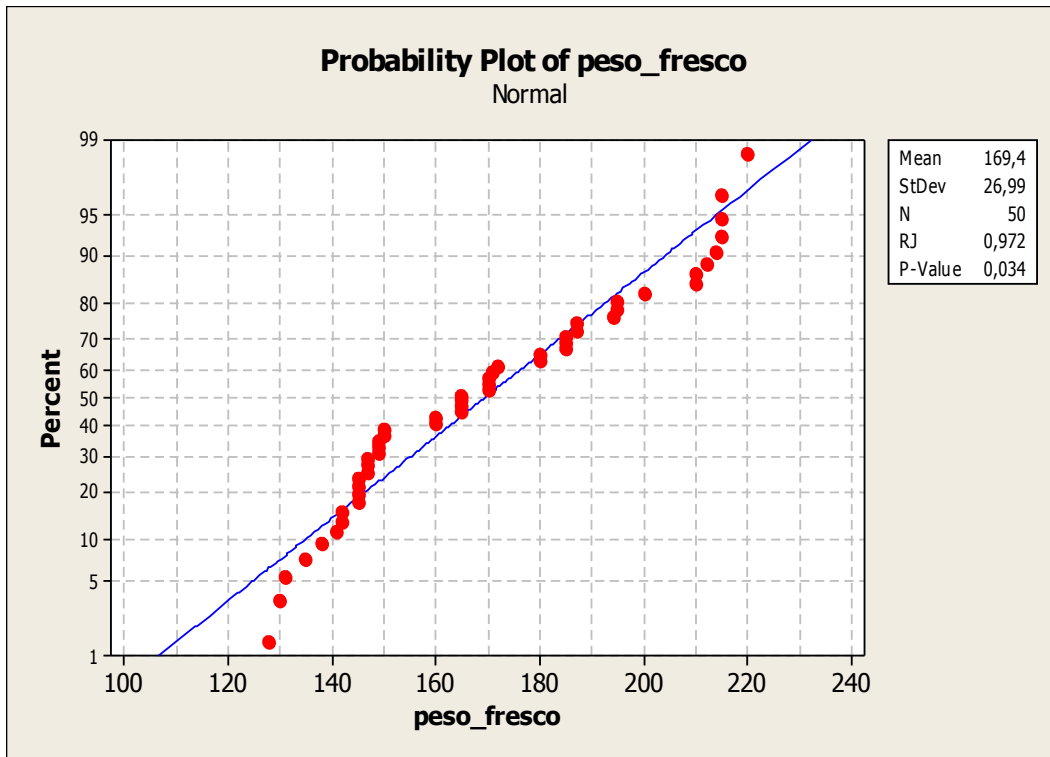
*Prueba de Kolmogorov-Smirnov



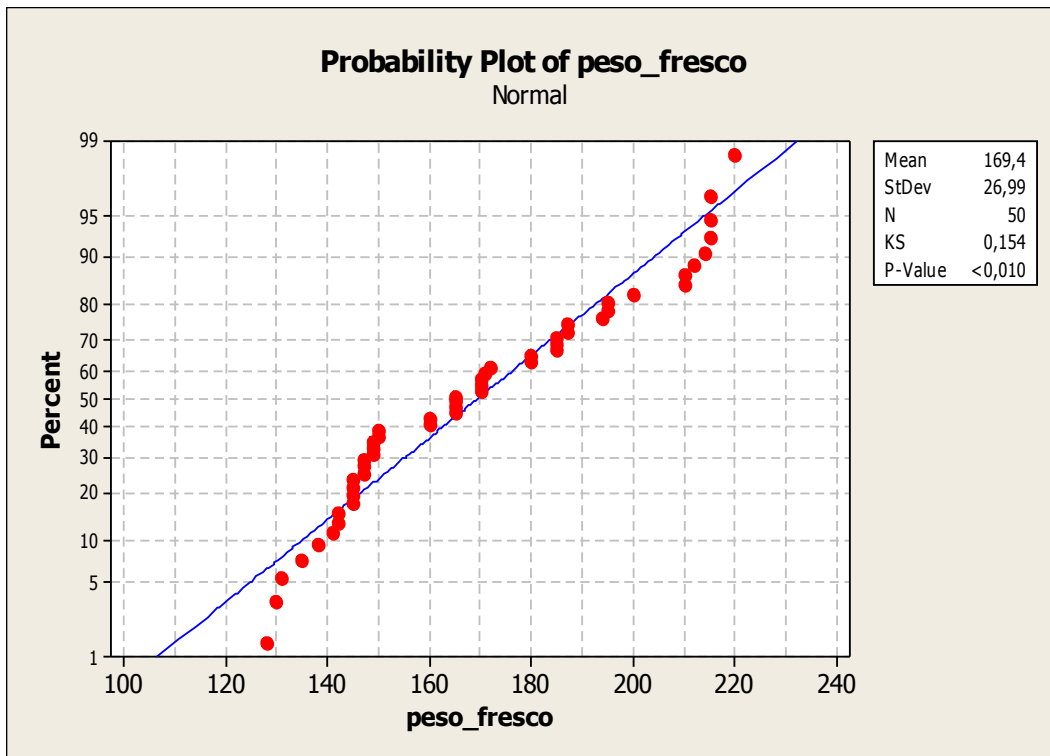
*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

El valor del p-valor en la prueba de Ryan-Joiner y en la de Kolmogorov-Smirnov es menor que 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, se rechaza la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normalita Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

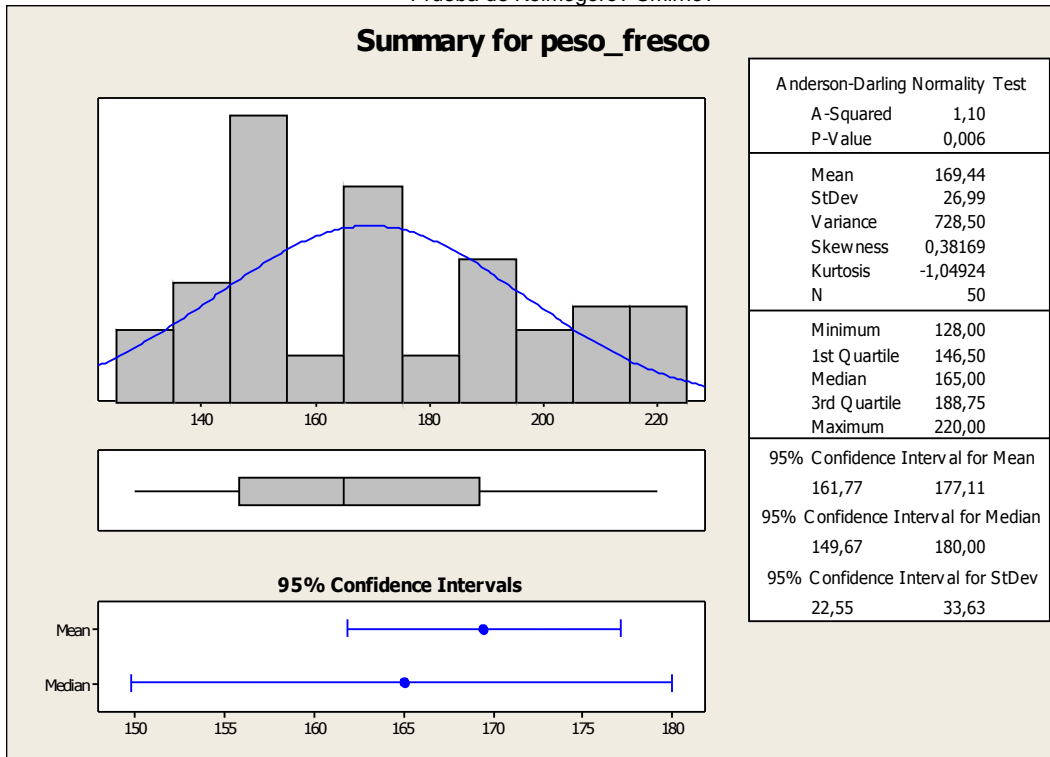
ANÁLISIS DE LA VARIABLE PESO FRESCO.



*Prueba Ryan- Joiner



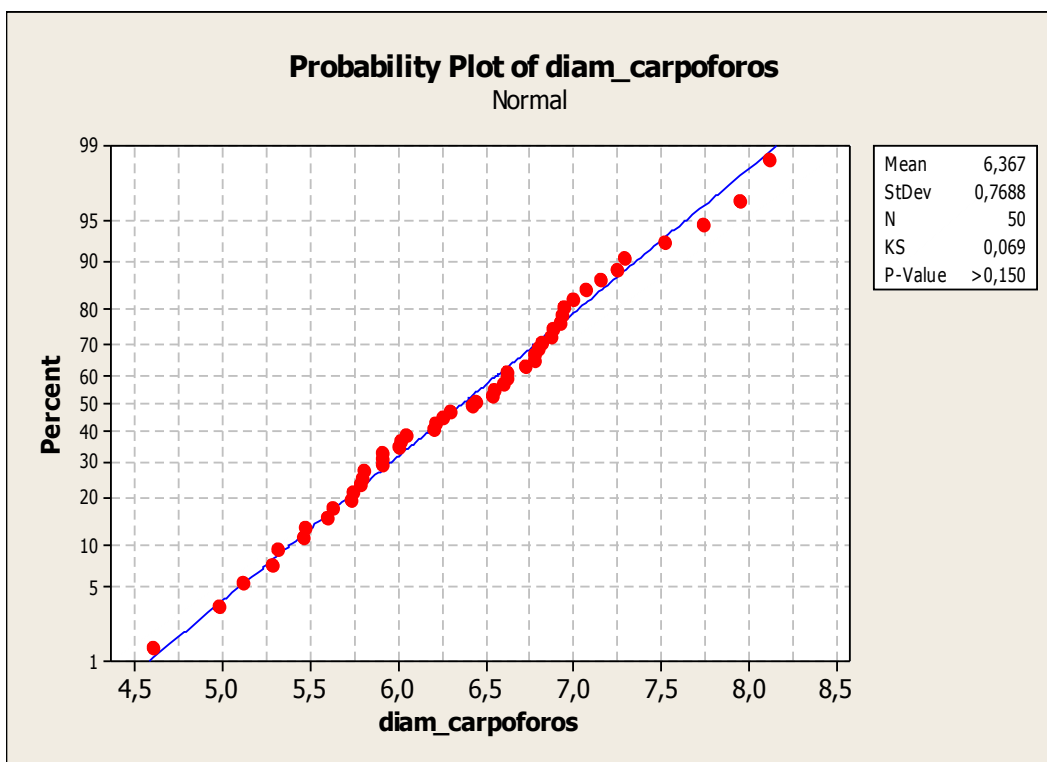
*Prueba de Kolmogorov-Smirnov



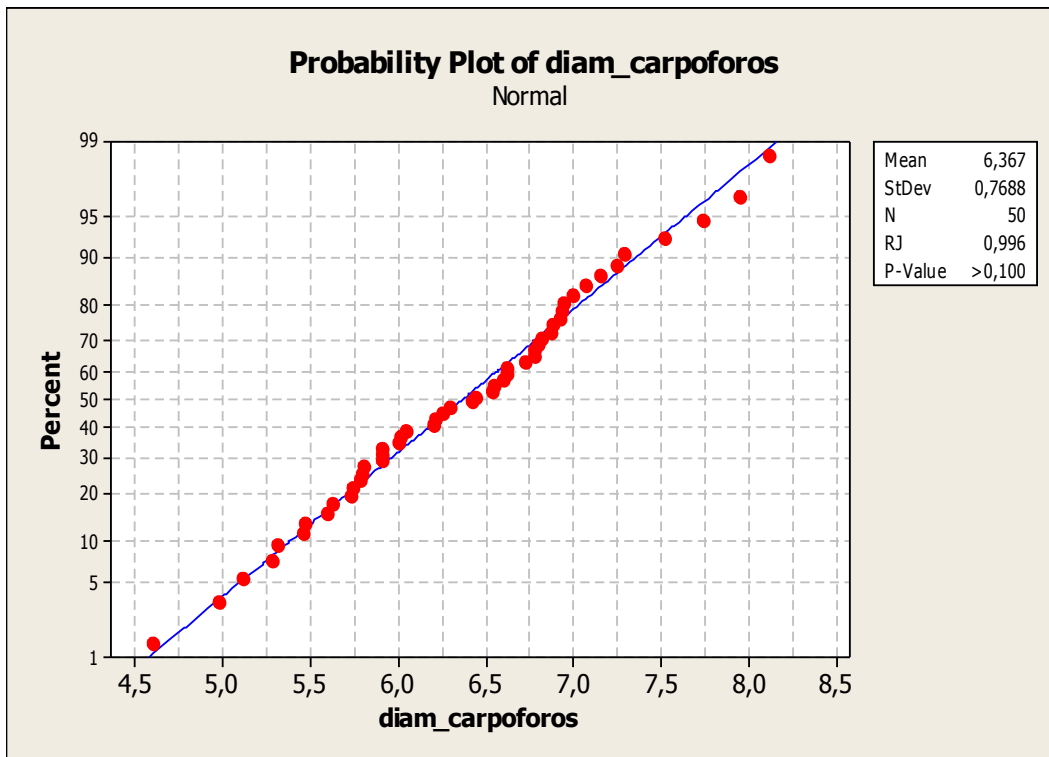
*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

El valor del p-valor en la prueba de Ryan-Joiner y en la de Kolmogorov-Smirnov es menor que 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, se rechaza la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normalita Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

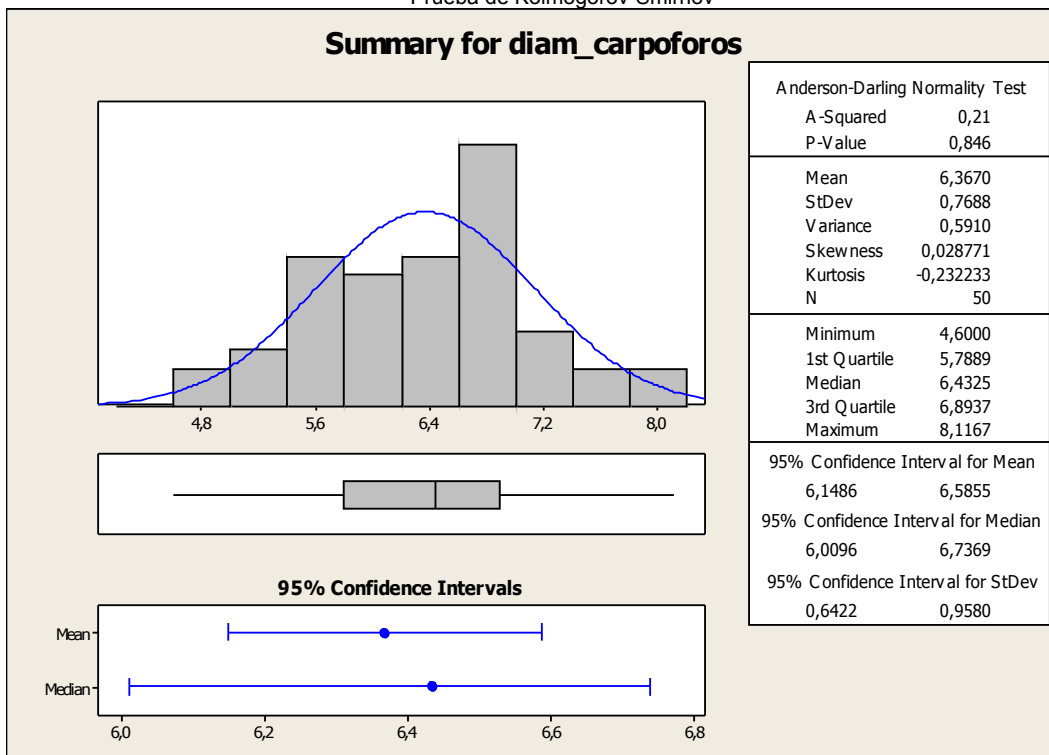
ANÁLISIS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LOS CARPÓFOROS.



*Prueba Ryan- Joiner



*Prueba de Kolmogorov-Smirnov

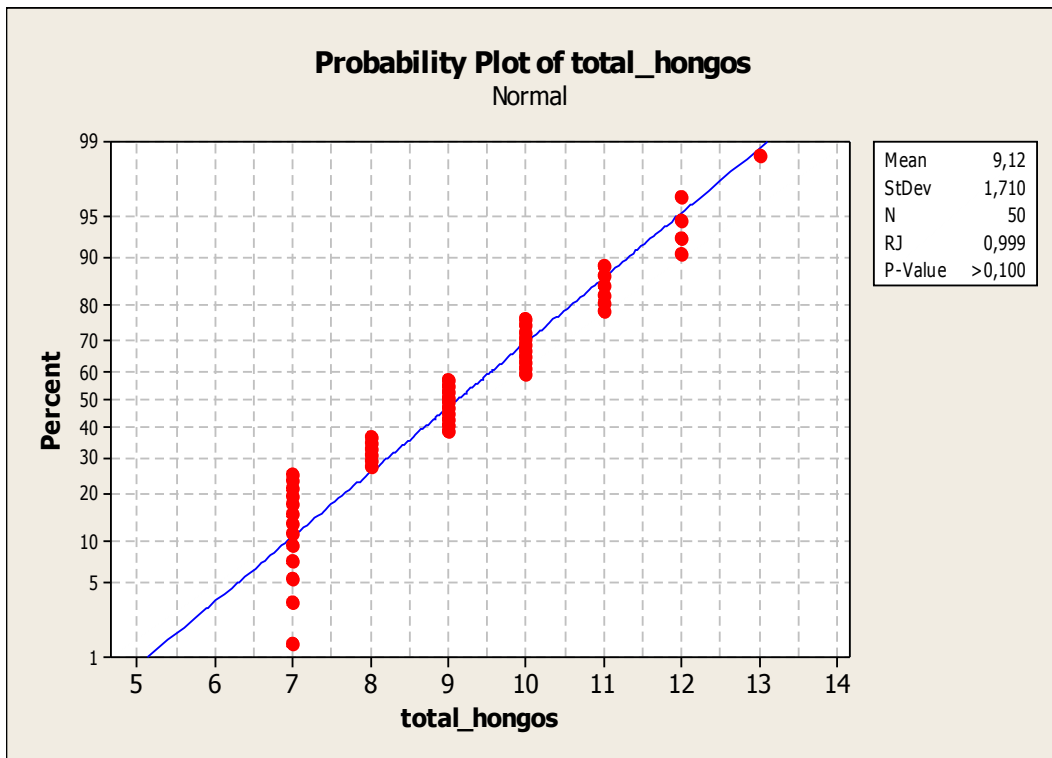


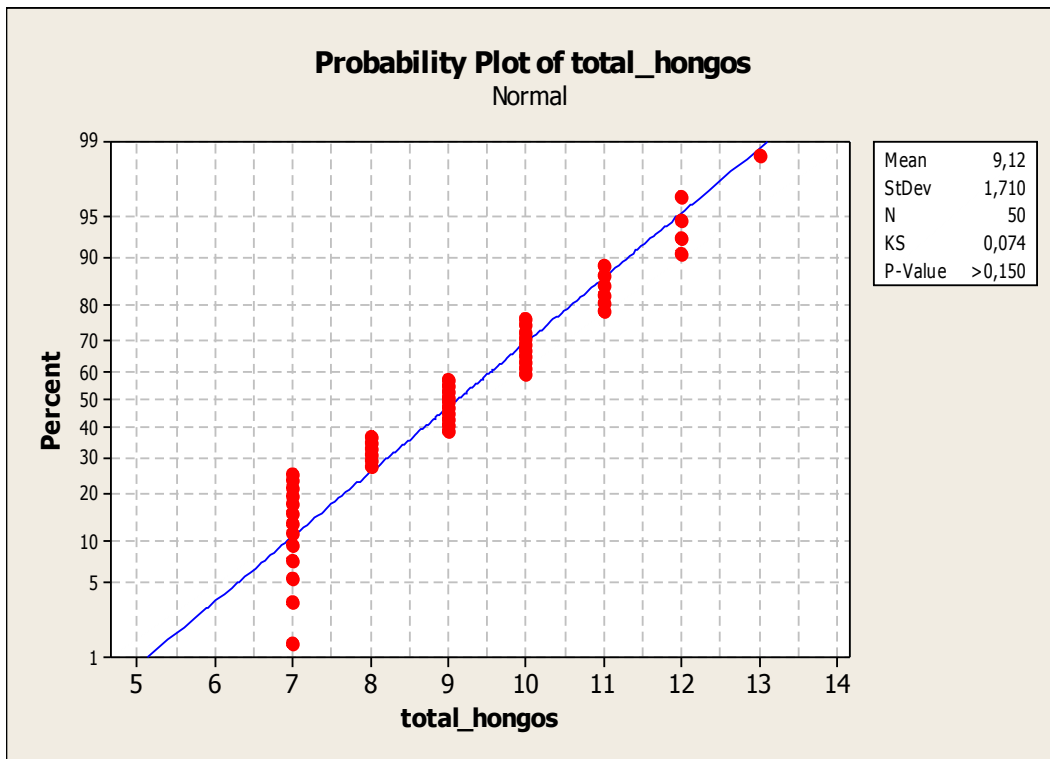
*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

Tanto la prueba de Ryan-Joiner como la de Kolmogorov-Smirnov dan un p-valor > 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, no hay evidencia estadística para

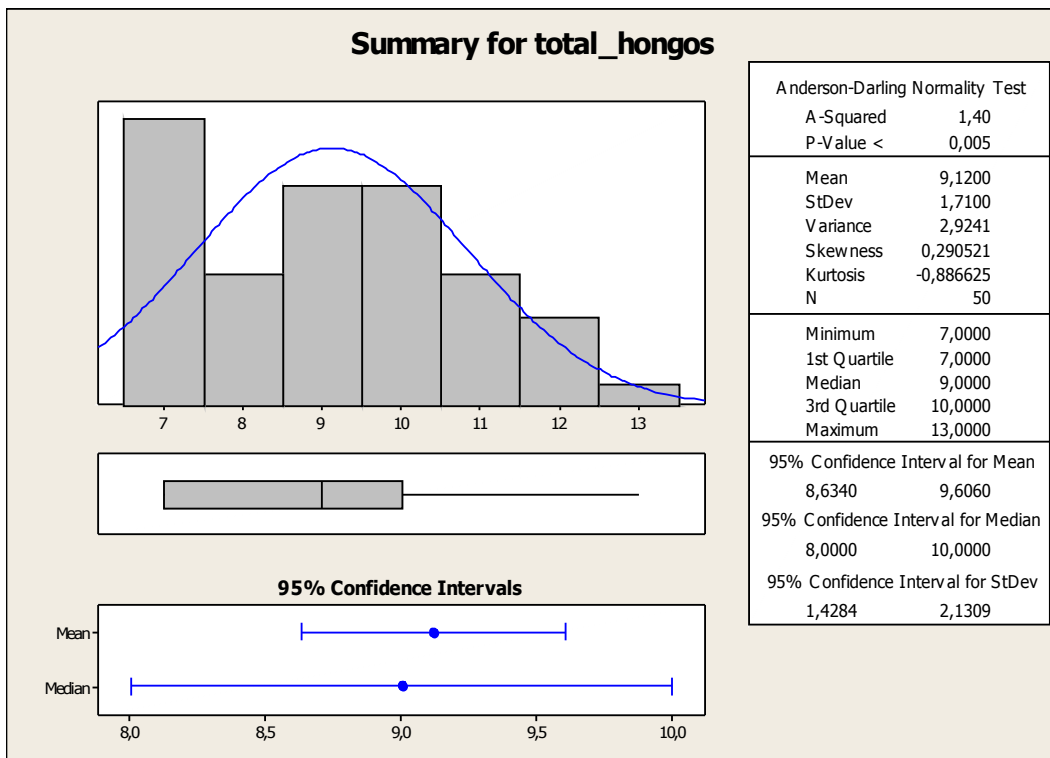
rechazar la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normality Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE CANTIDAD TOTAL DE HONGOS.





*Prueba de Kolmogorov-Smirnov



*Prueba de Anderson-Darling Normalita Test.

Tanto la prueba de Ryan-Joiner como la de Kolmogorov-Smirnov dan un p-valor > 0.05, quiere decir que a un nivel de significancia de 5%, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de que los datos provienen de una distribución normal. La prueba Anderson-Darling Normality Test confirmó la respuesta anterior con los demás métodos.

2. COMPARACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Para probar la hipótesis:

H_0 : Las medias de los tratamientos son todas iguales

H_1 : Las medias de los tratamientos no son todas iguales

Se realizó la prueba de Kruskal Wallis para las variables que no cumplen el supuesto de normalidad. La salida de MINITAB se presenta a continuación:

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE PIGMENTACION DEL MICELIO

Kruskal-Wallis Test: días_pigmentacion versus tratamiento.

Kruskal-Wallis Test on dias_pigmentacion

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	19,00	7,2	-4,45
2	10	20,00	13,9	-2,83
3	10	25,00	26,4	0,21
4	10	27,00	38,7	3,19
5	10	28,00	41,5	3,88
Overall	50		25,5	

H = 42,45 DF = 4 P = 0,000

H = 43,44 DF = 4 P = 0,000 (adjusted for ties)

Para la variable **días _ pigmentación** se compara el valor de **H=43.44** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0.05, 4)} = 9,49$ (donde k=5 es el número de tratamientos) como el valor del estadístico **H > $\chi^2_{(\alpha, k-1)}$** , se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE PESO FRESCO.

Kruskal-Wallis Test: peso_fresco versus tratamiento

Kruskal-Wallis Test on peso_fresco

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	213,0	44,8	4,67
2	10	186,0	35,3	2,38
3	10	139,5	7,6	-4,35
4	10	147,0	13,5	-2,92
5	10	167,5	26,5	0,23
Overall	50		25,5	

H = 44,00 DF = 4 P = 0,000

H = 44,10 DF = 4 P = 0,000 (adjusted for ties)

Para la variable **peso_fresco** se compara el valor de **H=44.10** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0.05, 4)} = 9,49$ como el valor del estadístico **H > $\chi^2_{(\alpha, k-1)}$** , se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales

ANÁLISIS DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA.

Kruskal-Wallis Test: % efec_biol versus tratamiento

Kruskal-Wallis Test on % efec_biol

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	85,20	44,8	4,67
2	10	74,40	35,3	2,38
3	10	55,80	7,6	-4,35
4	10	58,80	13,5	-2,92
5	10	67,00	26,5	0,23
Overall	50		25,5	

H = 44,00 DF = 4 P = 0,000

H = 44,10 DF = 4 P = 0,000 (adjusted for ties)

Para la variable **% efec_biol** se compara el valor de **H=44.10** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0.05, 4)} = 9,49$ como el valor del estadístico **H > $\chi^2_{(\alpha, k-1)}$** , se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales.

NOTA: Para las variables que si cumplieron el supuesto de normalidad se realizó también la prueba de Kruskal-Wallis

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE CORRIDO DE MICELIO

Kruskal-Wallis Test: dias_micelio versus tratamiento

Kruskal-Wallis Test on dias_micelio

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	52,50	5,6	-4,83
2	10	57,00	15,5	-2,43
3	10	60,00	28,9	0,82
4	10	61,00	32,5	1,69
5	10	65,00	45,1	4,74
Overall	50		25,5	

H = 44,14 DF = 4 P = 0,000
H = 44,54 DF = 4 P = 0,000 (adjusted for ties)

Para la variable **dias_micelio** se compara el valor de **H=44,54** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0,05,4)} = 9,49$ como el valor del estadístico **H > $\chi^2_{(\alpha, k-1)}$** , se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LOS CARPÓFOROS.

Kruskal-Wallis Test: diam_carpoforos versus tratamiento

Kruskal-Wallis Test on diam_carpoforos

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	7,005	39,9	3,49
2	10	6,621	31,6	1,47
3	10	5,615	10,4	-3,67
4	10	5,767	10,8	-3,58
5	10	6,848	35,0	2,29
Overall	50		25,5	

H = 36,72 DF = 4 P = 0,000
H = 36,73 DF = 4 P = 0,000 (adjusted for ties)

Para la variable **diam_carpoforos** se compara el valor de **H=36.73** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0,05,4)} = 9,49$ como el valor del estadístico **H > $\chi^2_{(\alpha, k-1)}$** , se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE CANTIDAD TOTAL DE HONGOS.

Kruskal-Wallis Test: total_hongos versus tratamiento

Kruskal-Wallis Test on total_hongos

tratamiento	N	Median	Ave Rank	Z
1	10	11,000	40,4	3,60
2	10	9,500	25,9	0,08
3	10	9,000	21,5	-0,98
4	10	8,000	16,1	-2,28
5	10	8,500	23,8	-0,42
Overall	50		25,5	

H = 15,46 DF = 4 P = 0,004

H = 16,05 DF = 4 P = 0,003 (adjusted for ties)

Para la variable **total_hongos** se compara el valor de **H=36.73** con $\chi^2_{(\alpha, k-1)} = \chi^2_{(0.05, 4)} = 9,49$ como el valor del estadístico **H** $> \chi^2_{(\alpha, k-1)}$, se rechaza la hipótesis de que las medias de los tratamientos son todas iguales.

3. COMPARACIÓN DE LAS MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS CON UN CONTROL

Un procedimiento para comparar tratamientos con un control, ha sido desarrollado por Dunnett. Suponiendo que el tratamiento *a* es el control y se quiere probar la hipótesis

$$H_0 : \mu_i = \mu_a \quad \text{vs} \quad \mu_i \neq \mu_a \quad \text{para} \quad i = 1, 2, \dots, a - 1$$

El procedimiento de Dunnett es una modificación de la prueba t común. Para cada hipótesis se calculan las diferencias observadas en las medias muestrales

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_a| \quad i = 1, 2, \dots, a - 1$$

La hipótesis nula se rechaza utilizando un índice α de error tipo I si

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_a| > d_\alpha(a-1, f) \sqrt{MS_E \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_a} \right)}$$

Donde f son los grados de libertad del error y $d_{\alpha}(a-1, f)$ se toma de una tabla de valores críticos para la prueba Dunnett.*

*Tomado de: MONTGOMERY, Douglas C. 2004. Diseño y análisis de Experimentos. Segunda Edición,. Universidad Estatal de Arizona. Editorial Limusa. Wiley. Página 102

Para las variables que cumplen el supuesto de Normalidad, se verificó que cumplieran también el supuesto de Homogeneidad de varianzas (Ho: la varianza de los k tratamientos es iguales), para ello se utilizó el estadístico de Levene. Al cumplir estos dos supuestos se aplicó la prueba de Dunnett para comparar los tratamientos contra el control. Las salidas de SPSS se presentan a continuación:

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE CORRIDO DE MICELIO

El valor de significancia del estadístico de Levene es $0.305 > 0.05$ lo que indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad de varianza.

Prueba de homogeneidad de varianzas

D_MICELI

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,247	4	45	,305

ANOVA

D_MICELI

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	865,480	4	216,370	118,307	,000
Intra-grupos	82,300	45	1,829		
Total	947,780	49			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: D_MICELI
t de Dunnett (bilateral)

(I) TRATAMIE	(J) TRATAMIE	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
trat_1	control	4,3000(*)	,60480	,000	2,7691	5,8309
trat_2	control	7,7000(*)	,60480	,000	6,1691	9,2309
trat_3	control	8,6000(*)	,60480	,000	7,0691	10,1309
trat_4	control	12,3000(*)	,60480	,000	10,7691	13,8309

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

** Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Se observa en la tabla la comparación de cada uno de los tratamientos contra el control. La diferencia entre las medias del control con cada uno de los tratamientos es significativa. Esto se comprueba también por el intervalo de confianza del 95% para cada diferencia, el cual no contiene el cero en ninguno de los 4 tratamientos vs control, es decir los grupos difieren.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LOS CARPÓFOROS.

El valor de significancia del estadístico de Levene es $0.168 > 0.05$ lo que indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas.

Prueba de homogeneidad de varianzas

DIAM_CAR

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,694	4	45	,168

ANOVA

DIAM_CAR

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	20,239	4	5,060	26,109	,000
Intra-grupos	8,721	45	,194		
Total	28,960	49			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DIAM_CAR
t de Dunnett (bilateral)

(I) TRATAMIE	(J) TRATAMIE	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
trat_1	control	-,4830	,19687	,060	-,9814	,0153
trat_2	control	-1,5177(*)	,19687	,000	-2,0160	-1,0193
trat_3	control	-1,5542(*)	,19687	,000	-2,0525	-1,0558
trat_4	control	-,3512	,19687	,237	-,8496	,1471

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

** Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Se observa en la tabla la comparación de cada uno de los tratamientos contra el control. La diferencia entre las medias del control con los tratamientos 2 y 3 es significativa. Esto se compraba también por el intervalo de confianza del 95% para cada diferencia, el cual no contiene el cero los tratamientos 2 y 3, es decir estos grupos difieren.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE CANTIDAD TOTAL DE HONGOS.

El valor de significancia del estadístico de Levene es $0.271 > 0.05$ lo que indica que no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas

Prueba de homogeneidad de varianzas

TOT_HONG

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,337	4	45	,271

ANOVA

TOT_HONG

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	51,080	4	12,770	6,233	,000
Intra-grupos	92,200	45	2,049		
Total	143,280	49			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: TOT_HONG
t de Dunnett (bilateral)

(I) TRATAMIE	(J) TRATAMIE	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
trat_1	control	-1,9000(*)	,64014	,017	-3,5204	-,2796
trat_2	control	-2,4000(*)	,64014	,002	-4,0204	-,7796
trat_3	control	-3,0000(*)	,64014	,000	-4,6204	-1,3796
trat_4	control	-2,1000(*)	,64014	,007	-3,7204	-,4796

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

** Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Se observa en la tabla la comparación de cada uno de los tratamientos contra el control. La diferencia entre las medias del control con cada uno de los tratamientos es significativa. Esto se comprueba también por el intervalo de confianza del 95% para cada diferencia, el cual no contiene el cero en ninguno de los 4 tratamientos vs. control, es decir los grupos difieren.

4. PRUEBA CD PARA LA COMPARACIÓN DE TRATAMIENTOS CON EL CONTROL.

Si Tratamiento control = θ_1

Tratamiento 1 = θ_2

Tratamiento 2 = θ_3

Tratamiento 3 = θ_4

Tratamiento 4 = θ_5

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE CORRIDO DE MICELIO

- De los datos para la variable "Días de Corrida de Micelio"

Se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \geq \theta_1, \theta_3 \geq \theta_1, \theta_4 \geq \theta_1, \theta_5 \geq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 10 \quad k = 5$$

$$T = 52.5$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas grandes que el tratamiento control con un 95% de confianza.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DÍAS DE PIGMENTACIÓN DEL MICELIO

- De los datos para la variable "Días de pigmentación" se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \geq \theta_1, \theta_3 \geq \theta_1, \theta_4 \geq \theta_1, \theta_5 \geq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$T = 19$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas grandes que el tratamiento control.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE PORCENTAJE DE EFICIENCIA BIOLÓGICA.

- De los datos para la variable “% Eficiencia biológica” se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \leq \theta_1, \theta_3 \leq \theta_1, \theta_4 \leq \theta_1, \theta_5 \leq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$T = 85.2$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son menores que el tratamiento control.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE PESO FRESCO.

- De los datos para la variable “Peso fresco en total” se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \leq \theta_1, \theta_3 \leq \theta_1, \theta_4 \leq \theta_1, \theta_5 \leq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$T = 213$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas pequeños que el tratamiento control.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE DIÁMETRO DE LOS CARPÓFOROS.

- De los datos para la variable "Diámetro de los carpoforos" se esta interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad vs \quad H_1 : \theta_2 \leq \theta_1, \theta_3 \leq \theta_1, \theta_4 \leq \theta_1, \theta_5 \leq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$T = 7$$

$$W_2 = 1$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 2$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{3} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{3+5-1}} \right] = 0.0029 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas pequeños que el tratamiento control.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE CANTIDAD TOTAL DE HONGOS.

- De los datos para la variable “ Cantidad total de hongos ” se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad vs \quad H_1 : \theta_2 \leq \theta_1, \theta_3 \leq \theta_1, \theta_4 \leq \theta_1, \theta_5 \leq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$T = 11$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 1$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{1} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{1+5-1}} \right] = 0.000528 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas pequeños que el tratamiento control.

ANEXO 4

FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA SENSORIAL



FECHA: _____.

NOMBRE: _____.

OCUPACIÓN: _____.

**PRODUCTO: SHIITAKES EN FRESCO
(HONGOS COMESTIBLES)
“Bandeja 1”**

Sobre la mesa encontrará, en la bandeja número 1, cinco vasos marcados aleatoriamente; pruebe las cinco muestras y acomódelas de la que **MÁS LE GUSTE A LA QUE MENOS LE GUSTE**. No puede existir igualdad entre las muestras. Recuerde que lo que se está evaluando es el **SABOR**.

Indique sus respuestas usando el número asignado a cada uno de los vasos que contienen la muestra.

Beba agua pura y consuma galletas de soda después de probar cada muestra.

Más me gusta _____

Menos me gusta _____

MUCHAS GRACIAS

Comentarios:



FECHA: _____.

NOMBRE: _____.

OCUPACIÓN: _____.

**PRODUCTO: SHIITAKES SALTEADAS
(HONGOS COMESTIBLES)
"Bandeja 2"**

Sobre la mesa encontrará, en la bandeja número 2, cinco vasos marcados aleatoriamente; pruebe las cinco muestras y acomódelas de la que **MÁS LE GUSTE A LA QUE MENOS LE GUSTE**. No puede existir igualdad entre las muestras. Recuerde que lo que se está evaluando es el **SABOR**.

Indique sus respuestas usando el número asignado a cada uno de los vasos que contienen la muestra.

Beba agua pura y consuma galletas de soda después de probar cada muestra.

Más me gusta _____

Menos me gusta _____

MUCHAS GRACIAS

Comentarios:

ANEXO 5

NÚMEROS ALEATORIOS DE LA PRUEBA SENSORIAL

**PRODUCTO: SHIITAKES EN FRESCO
(HONGOS COMESTIBLES)
"Bandeja 1"**

956: ASERRÍN DE ROBLE

389: ASERRÍN DE EUCALIPTO

575: ASERRÍN DE EUCALIPTO + CAPACHO DE UCHUVA

507: ASERRÍN DE EUCALIPTO + HOJA DE PLATÁNO

828: ASERRÍN DE AMARILLO

**PRODUCTO: SHIITAKES SALTEADAS
(HONGOS COMESTIBLES)
"Bandeja 2"**

956: ASERRÍN DE ROBLE

389: ASERRÍN DE EUCALIPTO

575: ASERRÍN DE EUCALIPTO + CAPACHO DE UCHUVA

507: ASERRÍN DE EUCALIPTO + HOJA DE PLATÁNO

828: ASERRÍN DE AMARILLO

ANEXO 6

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DEL ESTUDIO SENSORIAL.

PRUEBA CD PARA LA COMPARACIÓN DE TRATAMIENTOS CON EL CONTROL.

Si Tratamiento control = θ_1

Tratamiento 1 = θ_2

Tratamiento 2 = θ_3

Tratamiento 3 = θ_4

Tratamiento 4 = θ_5

ANÁLISIS DE LA VARIABLE SENSORIAL HONGO FRESCO

- De los datos para la variable "MAS ME GUSTA"

Se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \geq \theta_1, \theta_3 \geq \theta_1, \theta_4 \geq \theta_1, \theta_5 \geq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 10 \quad k = 5$$

$$T = 15$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \quad \text{y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas grandes que el tratamiento control con un 95% de confianza.

ANÁLISIS DE LA VARIABLE SENSORIAL HONGO SALTEADO

- De los datos para la variable "MAS ME GUSTA"

Se está interesado en probar:

$$H_0 : \theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4 = \theta_5 \quad \text{vs} \quad H_1 : \theta_2 \geq \theta_1, \theta_3 \geq \theta_1, \theta_4 \geq \theta_1, \theta_5 \geq \theta_1$$

Donde mínimo una de las desigualdades es estricta

$$n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = n_5 = 10 \quad k = 5$$

$$T = 15$$

$$W_2 = 0$$

$$W_3 = 0$$

$$W_4 = 0$$

$$W_5 = 0$$

Como W (Suma de los W's) es pequeña rechazamos H_0 a favor de H_1

Ya que las W's son variables aleatorias independientes distribuidas binomial podemos corroborar esta decisión calculando el valor p exacto:

$$\frac{10}{50} \left[\frac{\binom{50-10}{0} \binom{10-1}{5-1}}{\binom{50-1}{0+5-1}} \right] = 0.000119 \text{ y como este valor es mucho menor a un alfa}$$

de 0.05 rechazamos la hipótesis nula, es decir que los efectos de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son mas grandes que el tratamiento control con un 95% de confianza.