

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE CUATRO SUSTRATOS DE COBERTURA  
EN EL CULTIVO DE CHAMPIÑONES (Agaricus bisporus  
(lange) Sing. var. avellaneus.)".

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la Facultad de  
Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

JORGE LUIS OVALLE AGUIRRE

Al conferírsele el título de:

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1.982  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

75)  
3  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Eduardo Meyer

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

|             |                                  |
|-------------|----------------------------------|
| Decano:     | Dr. Antonio Sandoval S.          |
| Vocal 1:    | Ing. Agr. Oscar Leiva            |
| Vocal 2:    | Ing. Agr. Gustavo Méndez         |
| Vocal 3:    | Ing. Agr. Fernando Vargas        |
| Vocal 4:    | Prof. Leonel Enríquez            |
| Vocal 5:    | Prof. Francisco Muñuz Navichoqui |
| Secretario: | Ing. Agr. Carlos Fernández       |

TRIBUNAL QUE REALIZO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Decano en funciones: | Ing. Agr. Oscar Leiva       |
| Examinador:          | Ing. Agr. Alberto Castañeda |
| Examinador:          | Ing. Agr. Salvador Castillo |
| Examinador:          | Ing. Agr. Manuel Martínez   |
| Secretario:          | Ing. Agr. Carlos Fernández  |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1548

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

5 de noviembre de 1982

Doctor  
Antonio Sandoval  
Decano Fac. de Agronomía

Señor Decano:

Comunico a usted que he asesorado el trabajo de tesis del estudiante JORGE OVALLE, titulado "Evaluación de cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".

Esta investigación además de su calidad científica, tiene implicaciones importantes para el desarrollo agro-industrial del país, por lo cual recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. MsC. Amílcar Gutiérrez  
Asesor

AG/nlzm

Guatemala, 4 de Noviembre de 1982.

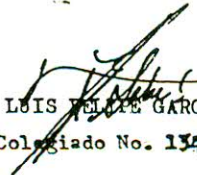
SEÑOR DECANO  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DR. ANTONIO SANDOVAL  
CIUDAD UNIVERSITARIA.

SEÑOR DECANO:

Tengo el agrado de dirigirme a Usted para informarle por este medio que he estudiado detenidamente la tesis elaborada por el Prof. JORGE LUIS OVALLE AGUIRRE, intitulada "EVALUACION DE CUATRO SUSTRATOS DE COBERTURA EN EL CULTIVO DE CHAMPIÑONES (Agaricus bisporus (Lange) Sing. var. avellaneus).". La cual considero satisface los requerimientos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala para este tipo de trabajo.

Sin otro particular me es grato expresarle Señor Decano, las muestras de mi distinguida consideración y aprecio.

Atentamente,

  
ING. AGR. LUIS FELIPE GARCIA SALAS E.  
Colgado No. 134

Guatemala, 4 de Noviembre de 1,982

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

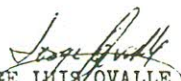
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los establecido en los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de TESIS intitulada:

" EVALUACION DE CUATRO SUSTRATOS DE COBERTURA EN EL CULTIVO DE CHAMPIÑONE ( Agaricus bisporus (Lange) Sing. var avellaneus )."

Requisito previo a optar el título de INGENIERO AGRONOMO, en el Grado Académico de LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS.

Agradeciendo vuestra deferencia me es grato suscribirme muy atentamente

  
JORGE LUIS OVALLE A.

## ACTO QUE DEDICO

AL SUPREMO CREADOR      Que iluminó mi camino

A MIS PADRES:            JORGE LUIS OVALLE R.  
                             ESTHER AGUIRRE DE OVALLE  
  
                             Como un tributo de amor y gratitud  
                             a sus esfuerzos

A MI ABUELO:            JESUS AGUIRRE

A MIS HERMANOS EN ESPECIAL A:  
                             MARIA FELISA  
                             RUTH LETICIA  
                             WALTER ALFONZO

A MI ESPOSA:            SANDRA ELIZABETH

A MI HIJA:                LIGIA SUSSETH

A MIS TIOS, PRIMOS Y DEMAS FAMILIARES  
EN ESPECIAL A LA MEMORIA DE MI TIA:  
  
                             JULIA VDA. DE SARTI

MUY ESPECIALMENTE A:  
                             HUMBERTO TEDESCHI

# TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A TODOS LOS CAMPESINOS QUE HACEN POSIBLE EL SUSTENTO DE LA HUMANIDAD

A ALIMENTOS DE SAN LUCAS S.A.

A MIS ASESORES:       Ing. Agr. LUIS FELIPE GARCIA S.  
                              Ing. Agr. M. Sc. AMILCAR GUTIERREZ

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

A MIS COMPAÑEROS DE ROMOCION Y AMIGOS EN ESPEICAL  
A:

T.S. ZOILA E. JIMENEZ  
Ing. Agr. NEHEMIAS J. RIVERA.  
Ing. Agr. JAIME MANSILLA  
Ing. Agr. FRANCISCO SALAZAR  
Prof. LUIS HERNANDEZ T.

## AGRADECIMIENTO

A Ing. RODOLFO SOLIS OLIVA Por su valiosa colaboración

A EL PERSONAL DE LA DIVISION AGRICOLA, DIVISION INDUSTRIAL, DIVISION ADMINISTRATIVA DE ALIMENTOS DE SAN LUCAS S.A. por su colaboración prestada para la realización de la presente tesis.

A MIS ASESORES Ing. Agr. M.Sc. AMILCAR GUTIERREZ, Ing. Agr. LUIS FELIPE GARCIA SALAS E. por sus sabios consejos.

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA COLABORARON PARA LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO DE TESIS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis

Los resultados obtenidos en el pre  
sente trabajo de tesis son propiedad -  
de "ALIMENTOS DE SAN LUCAS S.A."  
y se publican con la debida autoriza--  
ción.

## CONTENIDO

|                                                      | Pág. |
|------------------------------------------------------|------|
| I. INTRODUCCION                                      | 1    |
| 1. Valor nutritivo                                   | 1    |
| 2. Valor para la salud                               | 2    |
| 3. Importancia económica                             | 2    |
| 4. Situación nacional                                | 4    |
| 5. Importancia del presente estudio                  | 4    |
| II. HIPOTESIS                                        | 6    |
| III. OBJETIVOS                                       | 7    |
| IV. REVISION DE LITERATURA                           | 8    |
| 1. Clasificación taxonómica                          | 8    |
| 2. Características botánicas                         | 8    |
| 1. Partes del champiñón                              | 9    |
| 2. Reproducción del champiñón                        | 10   |
| 3. Nutrición                                         | 10   |
| 3. Etapas del cultivo                                | 12   |
| 1. Preparación del compost o medio                   | 12   |
| 1. Compost natural                                   | 12   |
| 2. Compost sintético                                 | 13   |
| 2. Fermentación controlada, pasteurización           | 17   |
| 3. Inoculación                                       | 19   |
| 4. Incubación                                        | 19   |
| 5. Cobertura                                         | 23   |
| 1. Importancia de la cobertura                       | 23   |
| 2. Funciones del sustrato                            | 25   |
| 3. Requisitos del sustrato                           | 26   |
| 4. Mezclas utilizadas como sustratos de<br>cobertura | 26   |
| 6. Cosecha                                           | 28   |
| 7. Esterilizaciones                                  | 28   |

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 4. Características de los sustratos orgánicos   | 31 |
| 1. Materia orgánica                             | 31 |
| 2. Humus                                        | 31 |
| 3. Humus bruto                                  | 31 |
| 4. Características de la capa Mull              | 31 |
| 5. Características de la capa Moder             | 32 |
| V. METODOLOGIA                                  | 33 |
| 1. Descripción del área                         | 33 |
| 2. Etapas del cultivo                           | 33 |
| 1. Etapas del cultivo previas a la cobertura    | 33 |
| 1. Prepración del compost o medio               | 33 |
| 2. Fermentación controlada                      | 36 |
| 3. Inoculación                                  | 36 |
| 4. Incubación                                   | 36 |
| 2. Cobertura                                    | 37 |
| 1. Características de los sustratos evaluados   | 37 |
| 3. Cosecha                                      | 38 |
| 3. Aspectos Experimentales                      | 38 |
| 1. Diseño del experimento                       | 38 |
| 2. Tamaño del experimento                       | 39 |
| 3. Factores estudiados y variables de respuesta | 39 |
| 4. Análisis de datos                            | 40 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSION                      | 41 |
| 1. Rendimiento                                  | 41 |
| 2. Calidad                                      | 49 |
| 3. Condiciones ambientales del experimento      | 51 |
| 1. Humedad                                      | 51 |
| 2. pH                                           | 54 |
| 3. Temperaturas                                 | 56 |
| 4. Incidencia de plagas                         | 59 |
| 5. Incidencia de enfermedades                   | 59 |

|                       | Pág. |
|-----------------------|------|
| VII. CONCLUSIONES     | 61   |
| VIII. RECOMENDACIONES | 63   |
| IX. APENDICE          | 65   |
| X. BIBLIOGRAFIA       | 69   |

## RESUMEN

El consumo de hongos se remontaba hasta nuestros antecesores los Mayas los cuales se consideran los utilizaron como: Alimento, medicina y alucinógenos. En la actualidad se cultivan varias especies. En Guatemala solamente se cultiva el champiñón (Agaricus bisporus), el cual tiene un alto contenido vitamínico y protéico.

Las condiciones ecológicas de Guatemala, son muy favorables para el cultivo de este hongo. Así como también que los materiales que se utilizan son desechos Agro-Industriales, los cuales existen en grandes cantidades, lo cual incide en obtener bajos costos de producción.

Uno de los problemas más serios que atraviezan los cultivadores de hongos del país es el del sustrato de cobertura. Los países productores de champiñones en gran escala, como U.S.A., España, Bélgica, Francia y otros, utilizan sustratos a base de turba, la cual ha dado buenos resultados. Lamentablemente en Guatemala no se encuentra en grandes cantidades los tipos de turba deseada. Con lo cual se crea la necesidad de un sustrato que sea de fácil manejo y que se encuentre en grandes cantidades en el país. De ahí la necesidad del presente estudio.

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de Alimentos de San Lucas S.A. empresa que se dedica al cultivo de champiñones.

Antes de iniciar el presente trabajo de tesis se realizó un muestreo en varios suelos de la república y se tomaron como base los que se consideraron pudieran dar mejores resultados. Los sustratos evaluados fueron los siguientes:

#### Sustrato No. 1:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 2% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Este suelo es muy común en Guatemala.

#### Sustrato No. 2:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 20% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Este suelo es muy común en los bosques de Encinos (Quercus sp).

#### Sustrato No. 3:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 50% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Este suelo es común en los bosques mixtos.

#### Sustrato No. 4:

Suelo con textura franco arcillosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 25% de humus descompuesto (forma Mull), un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Sustrato tradicional, utilizado en el cultivo. Común en los bosques.

Respecto a los resultados en rendimiento, el sustrato número tres dió los rendimientos más elevados, los que incluso superan los obtenidos por el sustrato tradicional -- (sustrato No. 4). Los sustratos que corresponden a los tratamientos uno y dos rindieron menos que el resto. Al some-

ter los resultados al análisis de varianza se determinó que hay diferencias significativas. Para las comparaciones entre los tratamientos se utilizó el Comparador Tukey con lo cual se demostró que hay diferencias entre el sustrato número tres y el resto. Comportándose estadísticamente igual - los sustratos uno, dos y el sustrato tradicional.

La capacidad de retención de humedad fue mayor al existir más humus descompuesto en el sustrato. Con un 50% de humus descompuesto se logró retener un 58.5% promedio de humedad. El resto de sustratos estuvieron entre el 29 y 42% promedio de humedad.

Con todos los sustratos probados el pH varió en proporción directa al contenido de humus descompuesto. Las variaciones entre uno y otro sustrato fueron de décimas de grado de pH y todos los tratamientos estuvieron entre un rango de 7.6 a 7.2.

En cuanto a la temperatura no existieron variaciones - significativas entre los sustratos evaluados.

El sustrato de cobertura con un 50% de humus descompuesto, dió los más altos rendimientos en calidad y cantidad. Aunque la calidad no fue óptima esta pueda mejorarse - controlando adecuadamente otros factores.

## I. INTRODUCCION

En la actualidad, cuando una de las metas de la agricultura es la de producir más, con el aprovechamiento máximo de los recursos. Se plantean los cultivos agro-industriales, en los cuales una de sus metas es la de obtener el mejor provecho de las materias primas.

Uno de estos cultivos, lo constituye el hongo Agaricus (champiñones), el cual es relativamente nuevo en Guatemala, aunque el consumo de hongos se remonta hasta nuestros antecesores los Mayas, los cuales fueron considerados verdaderos expertos en el tema. Grabados y figuras encontradas en los templos de Tikal, Kaminal Juyú y Santiago Sacatepéquez, tienen la forma de un carpóforo muy bien representado con pie, sombrero, lamelas y micelio, testifican su conocimiento. En la actualidad nuestra gente del campo se alimenta de hongos, siendo los más comunes: Los hongos de "San Juan", "Anacastes", "Los de palo de Guachipilin" y otros.

### 1. Valor nutritivo:

Los champiñones, además de ser un plato muy delicioso, son una fuente rica en proteínas y vitaminas. Su contenido de proteína es elevado, alcanzando del 1.5 al 6% del peso fresco. La digestibilidad de las proteínas oscila entre el 70% y el 90% (18). Lamich(8) cita, que el contenido de hidratos de carbono para los champiñones frescos es del 4%. El azúcar se encuentra en forma de Manosa. Lambert (7) indica que son pobres en materias grasas, sin embargo son ricos en cierto número de minerales como potasio, manganeso, fósforo, hierro y calcio. Respecto a las vitaminas Vedder (18) informa que son en tiamina (B 1), riboflamina (B 2), piridoxina (B 6),

ácido pantoténico, ácido nicotínico, ácido fólico, (todos los complejos de vitaminas B), ácido ascórbico (vitamina C), ergosterina (provitamina D 2), y la biotina (vitamina H).

Willians y Esselen citados por Vedder (18) indican que estas vitaminas no pueden destruirse por ebullición, enlatado, secado o por congelación de los hongos.

Es de hacer notar que los champiñones tienen un alto potencial en proteína, tiamina, riboflavina y niacina. Elementos que son algunos de los más escasos en la dieta de los guatemaltecos.

## 2. Valor para la salud:

Vedder (18) cita que los champiñones contienen ácido fólico el cual es muy escaso en las hortalizas. Además éste tiene la propiedad de estimular la circulación en muchos casos de anemia. También son de gran importancia, algunas sustancias que se encuentran en los hongos, que permiten disminuir el contenido de colesterol en la sangre, lo cual sugiere se recomienden para enfermos del corazón y del hígado.

Szent Gyoryi, premio Nobel, descubrió en los hongos ciertas sustancias que detienen la evolución del cáncer, (18).

## 3. Importancia económica:

Respecto a la rentabilidad de la empresa, la mayoría de autores le atribuyen una alta rentabilidad que varía entre -- 60 - 70% (2,8,15). Lambert (7) indica que en un sólo año, -- obteniéndose buenos resultados se podría pagar toda la inversión.

En el país las condiciones ecológicas son ideales para el cultivo, ya que se producen materias primas, las cuales tienen costos bajos debido a que actualmente tienen muy pocos usos, como la paja de trigo (Triticum sp), el bagazo de caña - de azúcar (Saccharum offinarum) y otros, lo que implica costos de producción bajos.

Además en el país existen áreas donde las condiciones son ideales para el cultivo. Con lo cual se requiere menos calefacción y aire acondicionado, bajando los costos de producción.

El cultivo de champiñón representa para el país una fuente de divisas, debido a que es un producto que tiene mucha demanda a nivel mundial.

Constituye una fuente de trabajo para muchas personas, - representando un trabajo permanente ya que por las condiciones del cultivo se realizan bajo invernaderos, con lo cual se cultivan en cualquier época del año.

La utilización de restos de cereales, como la paja de trigo (Triticum sp), implica que este producto tiene que comprarse, con lo cual mejorar el ingreso de los agricultores dedicados - al cultivo de cereales y otros en los cuales se utiliza los rastrojos de éstos cultivos.

Los subproductos del champiñón, se pueden vender tal es el caso de los restos del champiñón, que se eliminan, los cuales se pueden utilizar para la alimentación animal. El compost de desecho que ya se ha usado en la agricultura y ha dado buenos resultados mejorando las propiedades físicas y químicas de los suelos en que ha aplicado. Lo que constituye - otra fuente de ingreso para los cultivadores.

#### 4. Situación nacional:

Actualmente hay en Guatemala, tres plantas productoras de champiñones ("Groto", Srs. Ruano", "Alimentos de San Lucas S. A."), la producción nacional es estimada en 1300 - lbs por año. Siendo "Alimentos de San Lucas S.A." la de mayor producción con 1000,000 lbs anuales. Solórzano (15) indica que la mayor parte de la producción se canaliza hacia los mercados locales de Guatemala como hoteles, restaurantes y supermercados.

De la producción de "Alimentos de San Lucas S.A." el 25% se destina al mercado en fresco (únicamente empacado en bolsas de polietileno, sin ningún proceso industrial), para los mercados de Guatemala y Centro América. El 75% restante se procesa enlatándose para los mercados de Centro América, México, Estados Unidos de Norte América, América del Sur y Europa. Cabe hacer mención que en Centro América solamente las plantas productoras de Guatemala existen.

#### 5. Importancia del presente estudio:

Guatemala es un país altamente potencial para el cultivo de champiñones. Debido a que la mayoría de los productos utilizados en la elaboración del medio o compost son desechos agro - industriales tales como el bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum), paja de trigo (Triticum sp), polimento de arroz (Oryza sativa), Harina de semilla de algodón (Gossypium sp). Como se mencionó anteriormente el país cuenta con áreas ecológicamente apropiadas para el cultivo.

El mayor problema en la producción de champiñones es de crear el compost apropiado para el cultivo. Esto pone a Guatemala en ventaja con el resto de países Centro Americanos, ya que se producen los desechos mencionados en gran-

des cantidades, con lo cual la elaboración del compost o medio deja de ser el principal problema.

De gran importancia es el sustrato de cobertura. Para este sustrato se necesita de un material que pueda retener mucha humedad, mantener su pH (7.6), que sea liviano. En el contenido de este trabajo se mencionan mezclas utilizadas, - las cuales tienen su inconveniente como lo es que en la mayoría de veces los materiales son escasos en Guatemala, cosa contraria para los materiales utilizados en la elaboración del medio o compost.

En esta investigación se evaluaron sustratos de cobertura o revoco que se consideraron los más idóneos, fáciles de encontrar y baratos, con los cuales se pueden obtener óptimos rendimientos en calidad y cantidad.

Los mayores productores de champiñones del mundo, Norte América, Europa y Asia, han desarrollado sus técnicas basándose en los materiales de que disponen. Un material utilizado que ha dado buenos resultados es el peat moss, el cual por las condiciones ecológicas de Guatemala, no existe. Este tendría que importarse lo cual haría depender el cultivo del extranjero. Y además aumentaría los costos de producción.

En Guatemala es fácil de encontrar los materiales puesto a estudio en el presente trabajo con lo cual se solucionaría el problema.

Antes de iniciar el presente trabajo de tesis se realizó un muestreo de varios suelos de la república, y se tomaron como base los que se consideraron pudieran dar mejores resultados, en cuanto a las características antes mencionadas.

## II. HIPOTESIS

H1 = Todos los sustratos de cobertura ensayados para el cultivo influyen adecuadamente en el rendimiento y la calidad del champiñón.

H2 = El comportamiento de los sustratos de cobertura es similar en cuanto a humedad, pH, temperatura, e incidencia de plagas y enfermedades.

### III. OBJETIVOS

#### III.A. OBJETIVO GENERAL:

Contribuir al mejoramiento de la tecnología usada actualmente en el país para el cultivo de champiñones - - (Agaricus bisporus).

#### III. B. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Evaluar el efecto de tres tipos de sustratos de cobertura en el rendimiento y calidad en el cultivo de champiñones.
2. Comparar los resultados en la producción de champiñones del sustrato de cobertura tradicional y tres nuevos sustratos de cobertura.
3. Determinar las variaciones de humedad, pH, temperatura e incidencia de plagas y enfermedades en cada sustrato de cobertura.

#### IV. REVISION DE LITERATURA

##### 1. CLASIFICACION TAXONOMICA:

Según Hernández, O.G. Citado por Cuesta Marin (3):

Clase: Basidiomycetes

Sub-Clase: Eubasidiomycetes

Grupo: Antobasidiomycetes

Orden: Agaricales

Familia: Agaricaceae

Género: Agaricus

Especie: bisporus

Variedad: avellaneus

Nombre común: Champiñones, setas, hongos.

##### 2. CARACTERISTICAS BOTANICAS:

Vedder (18) dice que se trata de una especie de dos esporas, (las demás especies del género Agaricus poseen cuatro esporas). Los basidios recubren la mayor parte de la superficie de las láminas están blancas al principio y las esporas jóvenes incoloras. Rapidamente, las esporas adquieren un color rosa y una vez maduran, su color es púrpura pardo. El micelio se alimenta del sustrato, el cual puede ser el compost o la broza cuando se encuentran silvestremente. El micelio - está formado por filamentos blancos, las hifas; frecuentemente estos filamentos se aglomeran y se pueden observar a simple vista en el sustrato.

En ciertas condiciones, el micelio forma cordones espesos por aglomeración de numerosos filamentos miceliales. Al

final de estos cordones aparecerán los carpóforos, en forma de pequeñas bolas o granos. El desarrollo de estos granos de lugar a los carpóforos o champiñones maduros, constituidos - por pie y sombrero.

Se distinguen las variedades blancas, rubias y cremas según Holmes (5) las variedades cremas son las más resistentes al mal manejo, plagas y enfermedades, y las variedades - blancas las más susceptibles.

## 2.1. PARTES DEL CHAMPIÑÓN:

Cuesta Marin (3) cita las siguientes partes:

Micelio: En si son pequeños filamentos como "hilitos" de color blanco, es tabicado y ramificado, típico de los basidiomicetos. Es el cuerpo del hongo, ya que aquí ocurren todos los procesos de nutrición y crecimiento.

Aparato reproductor o carpóforo:

Sombrerillo: De un aspecto sedoso o ligeramente escamoso, - en hongos jóvenes es casi globular o hemisférico y las laminillas estan ocultas. Cuando envejecen se expanden, constituyendo el anillo y observándose las laminillas con una tenue - coloración rosásea, en su madurez se expande del todo, formandose una planicie más o menos curva en la parte superior de él. El borde, especialmente en hongos jóvenes, sale fuera de las laminillas, superficie blanca o empañada con tendencia a colorearse de color rosa cuando se le hiere, gusto - dulce y agradable. Con un diámetro de 3.5 a 8 cms.

Laminillas: Inmediatas unas a otras, de color rosa siendo jóvenes, tornándose café a medida que envejecen y finalmente - negras, libres del tronco, estipe o pie.

Tronco, pie o estipe: Liso, blanco o blanquesino, corto, maciso, de 0.5 a 5 cms. de diámetro y de 2 a 10 cms. de largo dependiendo de la edad del hongo.

Esporas: De jóvenes incoloras y de viejas de color café, elípticas de 0.6 mm a 0.7 mm de longitud.

## 2.2 REPRODUCCION DEL CHAMPIÑON:

Las esporas del champiñón no todas son viables en condiciones normales, por lo que Vedder (18) sugiere que las que se encuentran afectadas por un virus germinan más rápido que las que no se encuentran afectadas. El método que él recomienda es ponerlas en un medio Agar-Agar, en el cual se haya desarrollado micelio de champiñón.

Raper (12) dice que el micelio forma arcos o fíbulas. La división de la célula del champiñón no es conjugada y hay formación de los arcos. Por el contrario se encuentra mucha anastomosis, ésta son uniones transversales entre dos hifas del talo micelial, de esta forma los nucleos de una hifa pueden pasar a otra.

La forma de obtención de nuevas variedades Vedder (18) indica que se parte generalmente de cultivos monospóricos. Para lo cual es preciso utilizar métodos muy rigurosos y los nuevos cultivos deben pasar por un período muy largo de ensayos antes de poder comercializarse. Ocurre a veces que el cultivo monospórico no sea viable o que no llegue a formar carpóforos.

## 2.3 NUTRICION DEL CHAMPIÑON:

Como la mayoría de los hongos el champiñón es un saprófito, es decir que se alimenta de materia orgánica, por lo

cual su cultivo se hace especial. Ya que hay que tomar en cuenta todos los factores que influyen para su crecimiento, de desarrollo y reproducción.

Respecto al Nitrógeno, Waksman and Nissen (19) señalan que las sales amoniacales le son tóxicas y solamente las toleran en muy bajas concentraciones. Además no asimilan nitratos, los que se encuentran en los estiércoles que se utilizan en la elaboración de sustrato o medio. Tienen que ser transformados durante la fermentación de éste. Estas transformaciones tienen que ser en combinaciones protéicas o integrarse en un complejo lignina-humico, el cual es rico en nitrógeno.

Schisler (13) dice que el amonio ( $\text{NH}_3$ ), debe encontrarse en concentraciones menores de 50 ppm antes de la inoculación o "siembra", siendo el ideal de 20 ppm de  $\text{NH}_3$  al momento de la inoculación de las esporas pregerminadas o "semilla".

Respecto a los compuestos carbonados Vedder (18) señala que estos deben encontrarse en el sustrato o medio en forma de hidratos de carbono. Son tan necesarios; para la formación de pines o de granos, los cuales son el inicio de la formación de carpóforos. Y estos los consumen en forma de pentosas y alfacelulosas.

La relación C/N, debe ser modificada durante la fermentación del compost. El compost antes de la fermentación deberá tener una relación C/N de 40 a 45 y después de la fermentación de 20 a 26, luego durante la pasteurización y el acondicionamiento del  $\text{NH}_3$  deberá encontrarse la relación entre 15 a 17, antes de la inoculación con las esporas pre germinales o micelio.

Waksman and Nissen (19) indican que el calcio es muy necesario para la neutralización del ácido oxálico, el cual es

segregado por el micelio. Sin la adición del calcio el medio se acidificará con mucha rapidez, para lo cual se recomienda la aplicación de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), al compost.

### 3. ETAPAS DEL CULTIVO:

#### 3.1 PREPARACION DEL COMPOST O MEDIO:

La duración ideal de esta etapa es de 13 a 15 días, y consiste en la preparación del medio en el cual se va alimentar durante su ciclo de vida el micelio del champiñón. Cada cultivador de champiñones tiene su propio compost. El requisito para inclinarse por cualquier material es de que se encuentre en grandes cantidades en la región.

Dependiendo del material a utilizar hay dos tipos de compost. El natural el cual es elaborado con paja de cualquier cereal y estiércol de caballo. El sintético, elaborado con gallinaza y estiércol de otros animales. La gallinaza es la que mejor resultado ha dado.

##### 3.1.1 Compost natural:

Vedder (18) afirma que se puede usar cualquiera de los residuos de los vegetales pero los más utilizados son: Paja de trigo (Triticum sp), paja de centeno (Secale cerealea) cañas - de maíz, jilotes de maíz (Zea mays), bagazo de caña de azúcar (Saccharum offinarum), cascarilla y harina de semilla de algodón (Gossypium sp), y mezclas de ellos.

El estiércol de caballo, según Cuesta Marin (3) no debe ser muy viejo (no más de 15 días), para aumentar el contenido de nitrógeno, este debe contener la cama que se les pone en las cuadras a los caballos conteniendo las deyecciones líquidas y pisoteado.

La mayoría de suplementos que se utilizan en el compost ideal para el cultivo de champiñones debe encontrarse entre el 2 y el 6 por ciento en contenido de nitrógeno. Además la paja y similares entre el 0.3 al 0.6 por ciento en nitrógeno. Según Homes (5) el contenido de nitrógeno de un buen compost debe elevarse de 1.5 al 2.0 por ciento de nitrógeno total. Para el logro de estos contenidos se recomienda la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Siendo los más recomendados:

|                 |                                          |                |
|-----------------|------------------------------------------|----------------|
| Urea            | $\text{CO}(\text{NC}_2)_2$               | 46 % N: aprox. |
| Sulfato amónico | $(\text{NH}_2)_2 \text{SO}_4$            | 22% N. aprox.  |
| Nitrato amónico |                                          |                |
| Cálcico         | $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ | 26 % N. aprox. |

Vedder (18) recomienda la aplicación de fertilizantes químicos hasta la cantidad de 21.70 Lbs. de nitrógeno puro, por tonelada de paja seca.

### 3.1.2 Compost sintético:

Este tipo de compost se desarrolló debido a la escasez de estiércol de caballo en algunos lugares. La investigación respectiva al compost sintético la inició Lambert en 1,929 (1), y desde la fecha a la actualidad, se ha utilizado grandemente, tomando mucho auge en el último decenio, ante el constante desaparecimiento de las cuadras de caballos.

La elaboración del compost sintético es similar al del -- compost natural, con la única variante que se utiliza estiércol de caballo. En lugar de éste se utiliza la gallinaza, además se pueden utilizar algunos restos de leguminosas como la soya, alfalfa y otras. El inconveniente de éstas es que ocupan un alto volumen en estado fresco y en estado seco el volumen disminuye. Sin embargo su uso se recomienda debido a que

contienen algunos oligoelementos, los cuales tienen influencia en el cultivo de hongos.

Las fuentes de bacterias, hongos y microflora importante para la fermentación del compost, a si como la mayor fuente de nitrógeno lo constituye la gallinaza. Respecto a esta Vedder (18) afirma que es mejor la proveniente de criaderos de pollos de engorde ya que contienen muchos residuos de alimentos asi como hidratos de carbono.

Vedder (18) respecto a la producción de compost dice que los objetivos de esta fase son: Mezclar, airear, reducir, suplementar, humedecer y homogenizar. Además agrega que esta debe darse en lugares cubiertos como hangares o techos creados especialmente para este fin. Lambert (6) afirma que en este proceso se dan o desencadenan procesos químicos y microbiológicos que no se pueden controlar.

Al terminar la fermentación o fase I, el compost deberá reunir las siguientes condiciones:

- Homogeneidad en su composición y buena estructura
- Alrededor del 71 al 72 % de humedad
- Aproximadamente 1.5% de nitrógeno para el compost natural y 2% para el compost sintético
- Nitrógeno integrado en su mayoría en la microflora y en el complejo ligno-húmico
- pH aproximado de 8.5
- 0.4 al 0.45 ppm de amonio
- Hidratos de carbono facilmente asimilables, eliminados por la fermentación
- Fragmentos de paja cortos y negros

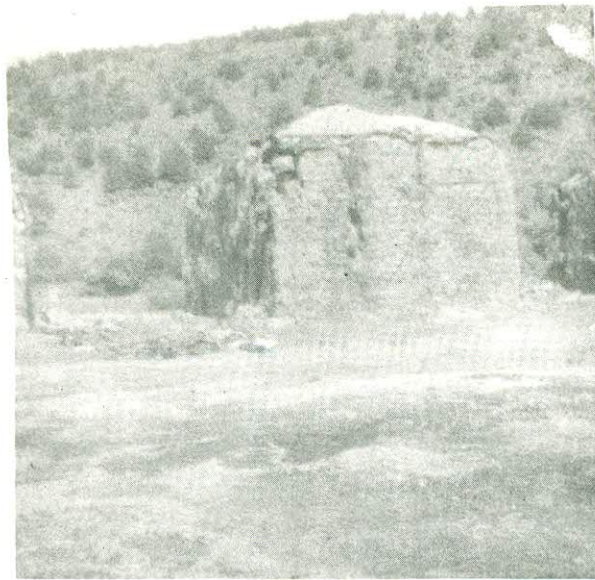


Foto No. 1  
Paja de trigo almacenada, para su utilización en la preparación del compost.

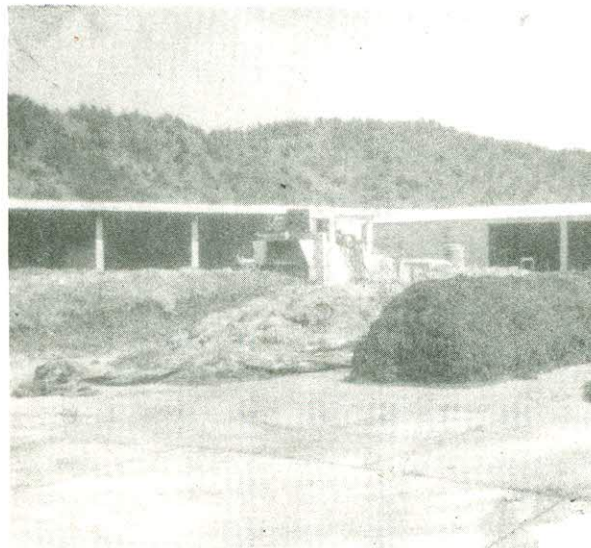


Foto No. 2  
Pila de compost en proceso de fermentación de izquierda a derecha en diferentes estados de fermentación.

### 3.2 Fermentación controlada, pasteurización o fase II:

La fermentación controlada o la pasteurización se divide en dos procesos que son: La pasteurización en la cual se mantiene la temperatura por dos horas a dos y media a  $60^{\circ}\text{C}$  con la finalidad de eliminar todos los microorganismos perjudiciales (6). Y la segunda fase o acondicionamiento que dura de 5 a 8 días y consiste en disminuir gradualmente la temperatura de  $56$  a  $48^{\circ}\text{C}$  la finalidad de esta práctica es la de terminar los procesos biológicos y aumentar la selectividad, favoreciendo el desarrollo de actinomicetos, bacterias y hongos termofilicos, de los cuales se alimentará el micelio del champiñón, (18), (ver gráfica No. 1).

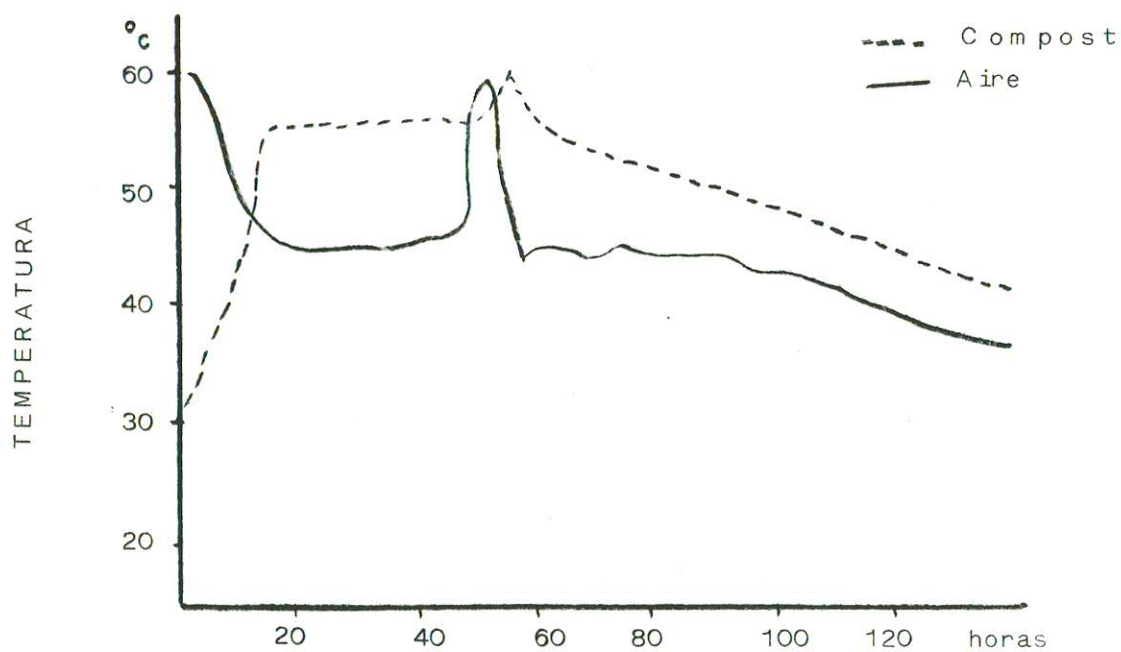
Según Schsiler (13) la fase II, ayuda a disipar el amonio convirtiendolo en nitrógeno proteico, los microorganismos que intervienen en la transformación son los termofilicos, entre estos están: Actinomicetos: Thermonospora, Streptomyces y Thermoactinomicetos. Hongos: Torula, Chaetomium, Mucor. Y hongos mesofilicos termotolerantes: Aspergillus fumigatus, y varias bacterias del género Bacillus.

Al finalizar la fase II, la temperatura debe encontrarse entre  $22$  a  $25^{\circ}\text{C}$  y el porcentaje de nitrógeno debe oscilar entre el 1.9 y el 2 (18).

Schisler (13) afirma que el amonio ( $\text{NH}_3$ ), debe encontrarse en una proporción menor de 50 ppm y el óptimo de 20 ppm de amonio. La humedad debe encontrarse entre el 60 y 70 %.

Gráfica No. 1:

"Gráfica de temperatura durante la pasteurización o fase II".



### 3.3. Inoculación:

En esta etapa se incorpora al compost pasteurizado las esporas pregerminadas o micelio o semilla. Holmes (5) recomienda la aplicación de una unidad \* por cada siete pies cuadrados de cultivo.

Las esporas pregerminadas o micelio se vende en el comercio de dos formas una de ellas es: Inoculadas en semillas de trigo, la otra forma es en compost, la cual tiene da ventaja que no requiere de refrigeración para su conservación y con la desventaja que no se obtienen resultados tan satisfactorios como con la primera. La inoculada en trigo requiere - mantenerse a una temperatura de 4° C para su conservación.

### 3.4. Incubación:

Esta etapa consiste en el tiempo que tarda el micelio del champiñon en cubrir todo el compost. Lo cual representa de 12 a 15 días dependiendo de las condiciones del medio.

Vedder (18) indica que las mejores temperaturas son de 20 a 22° C en el ambiente y de 25° C en el compost. Las actividades metabólicas del micelio del champiñon se detienen a los 23 y 34° C en el compost. Las temperaturas mayores de 27° C tienden a frenar el desarrollo del micelio. Respecto al CO<sub>2</sub> este debe encontrarse en proporciones mayores de - - 10,000 ppm. Y el porcentaje de humedad debe ser mayor del 64%.

---

\* Una unidad de esporas pregerminadas o micelio equivale a un litro.



Foto No. 3

Preparación del medio donde se inoculan las esporas pregerminadas ("SEMILLA")

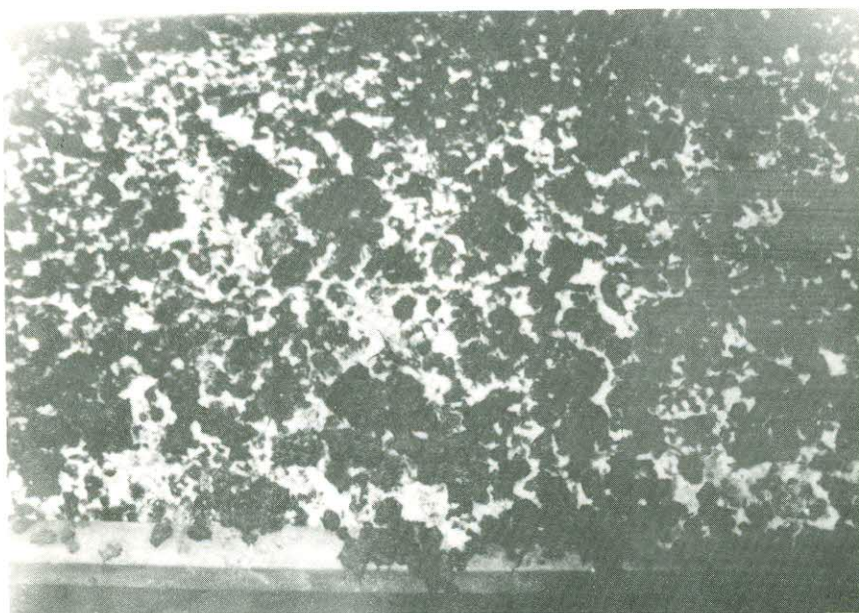


Foto No. 4

Micelio agrupado, pronto a formar carpóforos.

### 3.5. Cobertura:

Según Rigau (12), esta consiste en la aplicación de una pequeña capa de sustrato sobre el compost incubado con el micelio del champiñón. Después de aplicada la cobertura, el micelio invade el sustrato, saliendo a la superficie, en donde por acción del aire y la humedad se une entre si para formar carpóforos. El tiempo a transcurrir desde la aplicación del sustrato de cobertura a obtener carpóforos es de 15 a 20 días.

Respecto a las condiciones ideales Vedder (18) sugiere que el  $\text{CO}_2$  sea alto hasta el sexto día después de aplicado el sustrato, luego al ventilar deberá oscilar entre el 500 a 600 ppm. Igual ocurre con la temperatura, la que deberá mantenerse entre 15 y 20° C en el compost.

El pH debe encontrarse en 7.2 a 7.6 para lo cual se recomienda hacer enmiendas con Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), (8). La pasteurización del sustrato de cobertura se recomienda se realice con vapor de agua a 90° C por tres horas, (18).

#### 3.5.1 Importancia de la cobertura o revoco:

Esta etapa consiste en la colocación de una pequeña capa de sustrato de cobertura, sobre el micelio desarrollado del champiñón. La finalidad que tiene es de facilitar la fructificación o sea la formación de carpóforos. Vedder (18) señala que las causas de la fructificación son las siguientes:

- a) La diferencia de concentración en ácido carbónico entre el compost y el aire del ambiente. La actividad del micelio provoca un aumento de concentración de ácido carbónico en el compost y en el sustrato de cobertura, ade-

más de otros gases en pequeñas cantidades. El crecimiento vegetativo del micelio se desarrolla bien, incluso para concentraciones de ácido carbónico del 2%. La formación de pines o granos tiene lugar a 0.1 a 0.2% en volumen, dependiendo de la especie. Cuando la aireación de la sala de cultivo es adecuada, el contenido de  $\text{CO}_2$  - por encima de las camas es aproximadamente igual al del aire fresco, es decir de aproximadamente 0.06%. En determinadas zonas del cultivo se alcanza el 0.1 a 0.2%, - deteniéndose el crecimiento vegetativo del micelio, contando con determinadas condiciones suplementarias, la fructificación puede producirse.

- b) Investigaciones desarrolladas en varios países han demostrado que el sustrato de cobertura debe contener - ciertas bacterias responsables de la fructificación - - (Pseudomonas putida entre otras). El desarrollo de las bacterias parece ser activada por ciertas sustancias secretadas por el micelio del champiñón en crecimiento. - Parece tener importancia la presencia de hierro, en suficientes cantidades en el sustrato de cobertura. Es probable que estas bacterias oxiden metabolitos del - - champiñón, lo que provoca el transporte de elementos nutritivos desde el micelio más viejo hasta las células jóvenes que están en el sustrato de cobertura. Este fenómeno debe estimular la fructificación.
- c) De otros estudios se deduce que existen una relación entre la nutrición y la fructificación. El crecimiento vegetativo se ve favorecido por una relación C/N elevada. Mientras que la fructificación necesita una relación más baja.

- d) La experiencia práctica indica que existen otra serie de factores que tienen influencia en la fructificación, como el clima, el contenido de humedad del sustrato de cobertura, la evaporación y otros. Además hay diferencias entre variedades, en cuanto a la fructificación y su rapidez en idénticas condiciones de cultivo. Los factores mencionados y quizá otros desconocidos con determinadas modificaciones de clima, realizados en el momento oportuno, van a ocasionar la formación de granos. Lo que indica que es muy difícil obtener la fructificación satisfactoria y sobre todo mantenerla sin el sustrato de cobertura.

#### 3.5.2. Funciones del sustrato de cobertura:

Riagu (11) menciona que la función principal del sustrato de cobertura es proveer suficiente humedad, para que el micelio, la aproveche y la transforme en los carpóforos. Además detiene el crecimiento vegetativo y fuerza a la formación de carpóforos. Todo organismo que se encuentra en un medio no nutritivo tiende a reproducirse o sea perpetuar la especie.

Vedder (18) sugiere que el sustrato de cobertura, aparte de proveer bacterias adecuadas, debe contener el elemento hierro. También el sustrato de cobertura debe actuar como amortiguador del pH ya que contraresta la acidez que secreta el micelio del champiñón, lo cual favorece la temporada de fructificación.

El sustrato provee agua a los carpóforos del champiñón conforme estos van desarrollándose. (contienen 90% agua).

Rigau (11) afirma, que el revoco o sustrato de cobertura, también sirve para ayudar a la recolección de los car-

póforos adultos, sin la necesidad de arrastrar a los más jóvenes. Aisla la masa del compost del medio exterior por lo cual no permite cambios bruscos de temperatura. Proporciona protección ante el ataque de otros hongos, bacterias, nematodos e insectos competidores.

### 3.5.3. Requisitos del sustrato:

Vedder (18) dice que en el desarrollo de granos, el sustrato de cobertura debe absorber, retener y luego suministrarle progresivamente la cantidad de agua necesaria, la cual supone muchos litros por metro cuadrado.

Balius (2) Respecto a la estructura sugiere que sea granular ya que esta favorece, el intercambio gaseoso, aunque este sea muy limitado. Lamich (8) afirma que ésta debe mantenerse durante la ventilación conservando la humedad.

### 3.5.4 Mezclas utilizadas como sustratos de cobertura o revoco:

#### a. Peat moss:

Teuscher y Adler (16) indican que las turberas altas, lugares donde se extrae el peat moss, se encuentran en climas fríos a moderados con elevada precipitación pluvial, o bien en la fajas húmedas de las altas montañas. La humedad proviene casi totalmente de la lluvia o la nieve. Si el agua escurre por los lados su contenido mineral es bajo. Usualmente son deficientes en sales minerales y calcio y el nitrógeno es muy escaso, al igual que el fósforo y el potasio.

El peat moss tiene una capacidad de retención de humedad del 200 a 250%. Lo cual, lo hace ideal para el cultivo de

champiñones. Su uso en Guatemala tiene las siguientes desventajas:

- 1) En los países Centro Americanos son raras las turberas altas. Por ser países tropicales, (16). Y más escasas aun las turberas heladas o frias.
- 2) El uso del peat moss, implicaria su importación, lo cual aumentaría los costos de producción.

b. Arena de río + turba rubia + caliza molida:

Esta mezcla puede retener un 50% a un 60% de humedad. En la actualidad su uso esta limitado, aunque en los inicios del cultivo se utilizó, (1). Esta mezcla tiene la ventaja que la arena de río contiene altos contenidos de hierro, lo cual favorece la fructificación. La turba rubia favorece el contenido de humedad y la caliza molida actua como corrector del pH. Con esta mezcla se pueden obtener carpóforos de muy buena calidad, (18). Su desventaja es que retiene muy poca humedad y además la turba rubia no se encuentra en Guatemala.

c. Turba rubia + turba negra:

Esta mezcla puede retener hasta un 90% de humedad. En la actualidad se utiliza bastante. Su uso en Guatemala se encuentra limitado por lo escaso de los materiales.

d. Mezcla de diversos tipos de tierras

Este tipo de mezclas se realizan por lo general para cultivos pequeños y también por personas que se inician en el cultivo de champiñones. Pero hay que hacer notar que al

gunas mezclas han dado buenos resultados. Vedder (18) y Holmes (5) señalan que la tierra que se utilice debe provenir de lugares donde no haya existido cultivos intensivos y no se haya fertilizado.

### 3.6 Cosecha:

Esta labor consiste en la recolección de carpóforos que se encuentran en su punto optimo de corte, el cual es diametro de 1.0 a 5 cms y con el velo intacto es decir sin que se rompa.

Durante la cosecha se debe mantener una adecuada sanidad de las salas de cultivo. Asi como los riegos, los cuales suponen varios litros por metro cuadrado, (18).

### 3.7 Esterilizaciones:

Balius (2), Vedder (18), Holmes (5), recomiendan la esterilización de las salas de cultivo al finalizar la cosecha. - También se recomienda la esterilización antes de iniciar un nuevo cultivo. La esterilización sugieren se realice con vapor de agua a una temperatura de 60° C durante por lo menos seis horas.

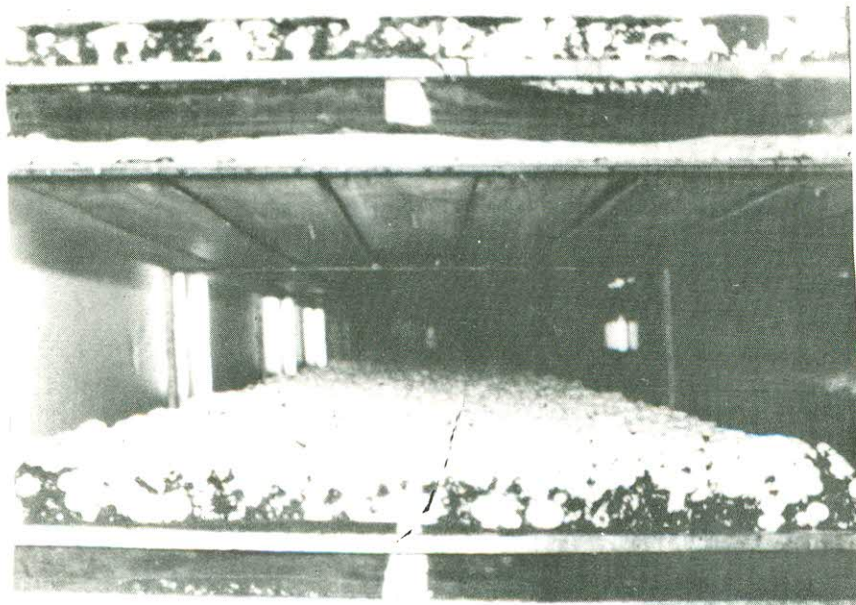


Foto No. 5

Carpóforos listos para su corte

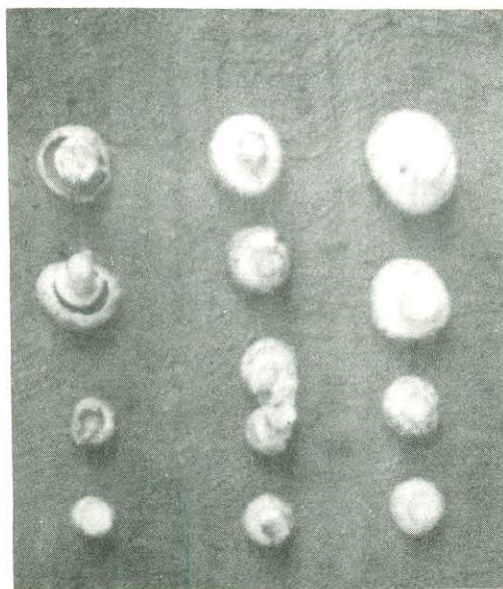


Foto No. 6

Carpóforos abiertos y cerrados.

#### 4. CARACTERISTICAS DE LOS SUSTRATOS ORGANICOS:

##### 4.1. Materia Orgánica:

Teuscher y Adler (16) llaman así a todos los restos tanto de animales como de vegetales depositados en el suelo en sus distintos grados de descomposición.

##### 4.2. Humus:

Este según Teuscher y Adler (16), está constituido por los restos de vegetales depositados en el suelo en sus diversos estados de descomposición.

##### 4.3 Humus bruto:

Teuscher y Adler (16) indican que está constituido por las ramas, hojas, flores y frutos, recientemente caídos al suelo.

##### 4.4. Características de la capa Mull:

Según Teuscher y Adler (16) esta capa se extiende de 5 a 18 cms por debajo de la superficie, donde ya no pueden distinguirse la capa vegetal (residuos vegetales), mayormente a causa de la actividad de las lombrices de tierra, insectos y microorganismos. La materia orgánica se encuentra mezclada con las partículas y sustancias minerales provenientes de las capas superiores del suelo.

Mull es materia Orgánica muy descompuesta unida íntimamente con partículas minerales, su reacción es neutra a ligeramente ácida.

##### 4.5 Características de la capa Moder:

Esta capa está constituida por partículas de humus en

estado de descomposición y partículas en vías de descomposición, está constituido por restos vegetales como hojas, ramas, raíces y frutos. Su reacción es neutra a ligeramente ácida, (16).

## V. METODOLOGIA

### 1. DESCRIPCION DEL AREA DONDE SE LLEVO A CABO LA INVESTIGACION:

El experimento se realizó en las instalaciones de "Alimentos de San Lucas S.A." Ubicadas en el cantón Reforma, en el municipio de San Lucas del departamento de Sacatepéquez.

La ubicación geográfica de la planta es 14° 39' latitud norte y 90° 36' longitud oeste. Con una altitud de 2,062 metros sobre el nivel del mar. El período de precipitación es de mayo a octubre, con una precipitación media de 1,200 mm. La temperatura media es de 14° a 22° C. La zona bioclimática - según Holdridge, es montano bajo. Con vientos moderados - durante los meses de octubre a noviembre, (21).

### 2. ETAPAS DEL CULTIVO:

Todas las etapas del cultivo fueron similares para cada uno de los tratamientos, la única variante fue el sustrato de cobertura usado.

#### 2.1. ETAPAS DEL CULTIVO PREVIAS A LA COBERTURA:

##### 2.1.1. Preparación del compost o medio:

El procedimiento fue el siguiente se deshicieron las pacas de paja, luego se le mezcló el estiércol. Posteriormente la humedad se reguló a un 70% regándole agua en abundancia. Se le aplicó yeso o razón de 54 Lbs. por toneladas. Según - Cuesta Marín (3) el yeso mejora la estructura del estiércol - impidiendo que el compost se haga graso, además baja el pH,

y suministra calcio, el cual permite la transformación del ácido Oxálico que segrega el micelio en Oxálato cálcico.

Con todos los materiales mezclados se formaron las pilas o cordones, luego cada dos días se paso una máquina especializada que incorpora los elementos, los mezcla, airear y por último corrige la humedad, al plicar el agua directamente a la pila.

La duración de la fermentación de la pila fue de 14 días. Después de este proceso la paja era corta, de color negro, con un pH 8.3 y una humedad del 70%.

La formulación del compost utilizado en el presente ensayo, se indica en el cuadro número uno.

El porcentaje de nitrógeno total existente en el compost se calculo de la siguiente manera:

$$\% \text{ de N del compost} = \frac{5.80}{384} \times 100 = 1.51 \% \text{ N}$$

Al terminar la producción de compost (compostaje), se procedió a llenar las camas de cultivo, para la fermentación controlada o pasteurización.

Cuadro No. 1

"Formulación del compost o medio usado para la siembra del micelio del champiñón".

| INGREDIENTES                                            | PESO<br>HUMEDO qq | PESO<br>SECO qq | % N   | N qq |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-------|------|
| Paja de trigo<br>( <u>Triticum sp</u> )                 | 300               | 270             | 0.4   | 1.08 |
| Estiércol de caballo                                    | 90                | 50              | 1.15  | 0.58 |
| Urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )                     | 5                 | 5               | 46.00 | 2.30 |
| Harina de semilla de<br>Algodón ( <u>Gossypium sp</u> ) | 32                | 29              | 6.35  | 1.84 |
| Yeso                                                    | 30                | 30              | —     | —    |
| TOTAL                                                   | —                 | 384             | —     | 5.80 |

### 2.1.2. Fermentación controlada o pasteurización:

Ya situado el compost en las camas de cultivo de las casas se procedió a pasteurizarlo, etapa que duró dos horas y un cuarto. La máxima temperatura en camas fue de 62°C, terminada la pasteurización se bajó la temperatura ambiental a 55°C, y tres horas más tarde las camas llegaron a esa temperatura.

La etapa de acondicionamiento fue de siete días, durante los cuales se descendió la temperatura de 55 a 48°C. En esta etapa se eliminó amonio. Schisler (13) sugiere que las óptimas temperaturas para liberar amonio es de 48 a 46°C, terminada la pasteurización los valores extremos del contenido de amonio fueron de 20 y 17 ppm. La humedad fue de 67%.

### 2.1.3. Inoculación:

Al tener las camas una temperatura de 25°C se aplicó al voleo 5 kg de esporas pregerminadas o semilla, por cama - - (28.5), luego se mezcló la semilla con el compost. Para finalizar se homogenizó y se aplicó también al voleo 1.5 kg de semilla en una delgada capa sobre el compost. Esta labor se realiza para favorecer el desarrollo de el micelio sobre el compost, a fin de evitar el ataque de microorganismos.

### 2.1.4. Incubación:

Terminada la inoculación se eliminó la ventilación adicional y se cerraron las ventanas y puertas de la sala de cultivo, labor que se realiza para favorecer el CO<sub>2</sub>. A los quince días se encontraba completamente desarrollado el micelio, registrándose una máxima temperatura en las camas de 30°C. La variedad de champiñones sembrada fue la EC16M de color café, proveniente de México.

## 2.2 COBERTURA:

A los 17 días después de inoculado el compost se procedió a la cobertura. Antes de la cual se corrige el pH de los sustratos a utilizar, con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), seguidamente se pasteuriza los sustratos de cobertura.

La pasteurización de los sustratos se realizó con vapor de agua, durante tres horas a  $90^\circ\text{C}$ . Posteriormente se aplicó una capa de sustrato, de un grosor de 2 cms, lo más homogénea sobre el compost incubado con micelio de champiñón.

Terminada la cobertura se aplicaron los primeros riegos. A los siete días se ventilo bajando el  $\text{CO}_2$  de 10,000 ppm a 600 ppm, la temperatura de  $26$  a  $20^\circ\text{C}$ . A los diez y nueve días se empezó a cortar los primeros carpóforos.

### 2.2.1. Características de los sustratos evaluados:

#### a) Sustrato No.1:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica de 2% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Este tipo de suelo es muy común en Guatemala (14).

#### b) Sustrato No.2:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 20% de humus descompuesto (forma Mull, y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Este tipo de suelo también es muy común en Guatemala (14).

c) Sustrato No. 3:

Suelo con textura franca arenosa, estructura granular, con un contenido de materia orgánica del 50% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder). Proveniente de bosques mixtos, común en Guatemala (14).

d) Sustrato No. 4:

Sustrato tradicional. Suelo con textura franco arcillosa, estructura granular, con un porcentaje de materia orgánica del 25% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder).

### 2.3. COSECHA:

Se efectuó cuando los carpóforos alcanzaron el tamaño deseado (1.0 a 4.0 cms.), no se había roto el himenio o velo. Realizandose esta labor manualmente.

Durante la cosecha se cortaron los carpóforos de cada unidad experimental y se registró el peso en lbs. cada cuatro días se midió el pH. Y también la humedad. La clasificación de la calidad de los carpóforos se llevó a cabo por el personal que normalmente realiza esta labor. La duración de la cosecha fue de 30 días durante los cuales se cortaron los carpóforos diariamente.

## 3. ASPECTOS EXPERIMENTALES:

### 3.1. Diseño Experimentales:

El diseño utilizado en la presente investigación fue completamente al azar, con cuatro tratamientos y seis repeticiones. El testigo es el sustrato tradicionalmente utilizado.

### 3.2. Tamaño del experimento:

Cada unidad experimental tiene las siguientes medidas, - 1.5 mts. de ancho por 19 mts. de largo, lo que significa una área de 28.5 mts. cuadrados. En total se usaron 24 unidades experimentales, que dan una área total de 684 m<sup>2</sup>.

### 3.3. Factores estudiados y variables de respuesta:

#### 1) Factores estudiados:

Los factores estudiados fueron los tres tipos de sustratos de cobertura y el testigo, descritos anteriormente.

#### 2) Factores a medir:

##### a. Rendimientos:

Durante aproximadamente 30 días se procedió a cortar - los carpóforos maduros de cada unidad experimental, - registrándose el peso en lbs.

##### b. Calidad de los carpóforos:

Los carpóforos se seleccionan tomando en cuenta diámetro, coloración, sanidad y la condición del himenio o velo, abierto o cerrado. (fotografía No. 6), en esta investigación no se consideró el diámetro, ni su color.

##### c. Capacidad de retención de humedad:

Se tomaron muestras cada dos días, analizándose posteriormente en el laboratorio su porcentaje de humedad.

c. pH:

Las muestras tomadas cada cuatro días, se analizaron en el laboratorio, por medio de un potenciómetro digital.

e. Temperatura:

Se tomó la temperatura cada seis horas, durante todo el ciclo del cultivo, registrándose esta en los cuadros respectivos.

f. Incidencia de plagas y enfermedades:

Se determinó haciendo observaciones para comparar tratamientos, identificando los patógenos en el laboratorio posteriormente.

### 3.4. Análisis de los datos:

Para los resultados de rendimiento se analizaron por medio de:

- Análisis de varianza (ANDEVA),
- Prueba de comparación de medias (TUKEY).

Para los resultados de humedad, pH, Calidad, temperatura se analizaron con gráficas para determinar su comportamiento durante el cultivo. La incidencia de plagas y enfermedades se determinó haciendo observaciones para comparar los tratamientos.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Rendimiento:

El rendimiento se midió en libras, registrándose diariamente el peso de carpóforos cortados en cada unidad experiental que en este caso constituye una cama del cultivo. La duración de la cosecha fue de treinta días, durante los -cuales todos los tratamientos tuvieron los mismos cuidados culturales.

Los rendimientos obtenidos en cada tratamiento y en cada repetición se detallan a continuación en el cuadro No.2.

Cuadro No. 2

"Rendimientos obtenidos al evaluar cuatro sustratos de co-bertura en la producción de champiñones". (Lbs./Unidad experimental = 28.5 m<sup>2</sup>)

| REPETICIONES | TRATAMIENTOS |     |     |     |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|
|              | T 1          | T 2 | T 3 | T 4 |
| I            | 315          | 230 | 875 | 471 |
| II           | 205          | 345 | 698 | 308 |
| III          | 448          | 295 | 845 | 510 |
| IV           | 305          | 450 | 781 | 408 |
| V            | 431          | 480 | 707 | 360 |
| VI           | 320          | 375 | 695 | 447 |

T 1 = Constituye el sustrato con 2% de humus descompuesto (forma Mull), y con un 10% semidescompuesto (forma Moder).

T 2 = Constituye el sustrato con 20% de humus descompuesto (forma Mull) y 10% de humus semidescompuesto (forma Moder).

T 3 = Constituye el sustrato con 50% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder).

T 4 = Constituye el testigo, sustrato tradicional, con un 25% de humus descompuesto (forma Mull), y un 10% de humus semidescompuesto (forma Moder).

Las medidas de producción por tratamiento son las siguientes:

Cuadro No. 3

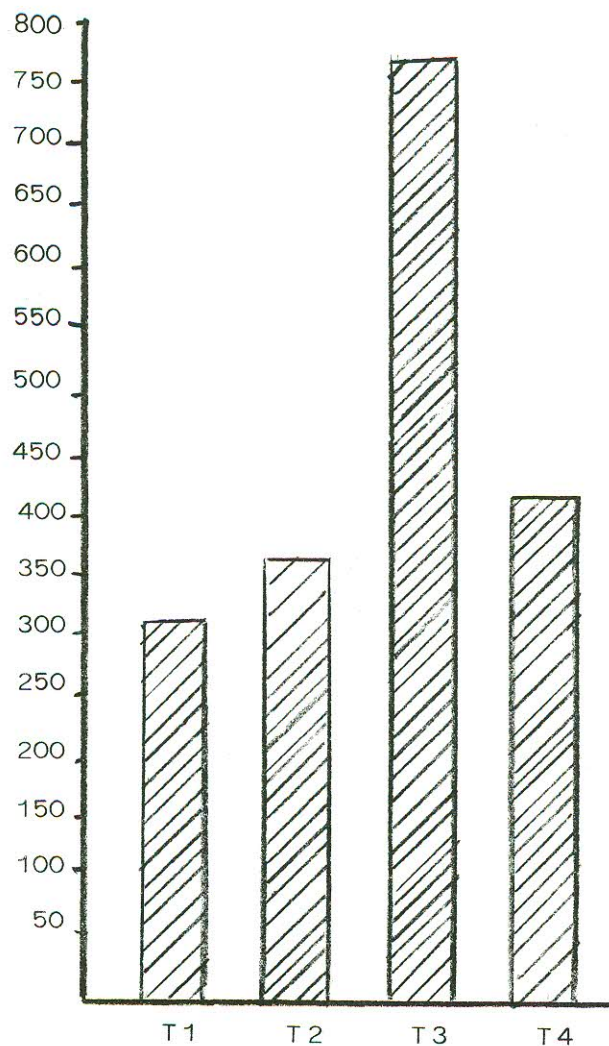
"Rendimiento promedio obtenido al ensayar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".

| MEDIAS | TRATAMIENTOS |        |        |        |
|--------|--------------|--------|--------|--------|
|        | T 1          | T 2    | T 3    | T 4    |
|        | 337.33       | 362.50 | 766.83 | 417.33 |

De manera más ilustrativa los rendimientos de cada tratamiento pueden verse en el diagrama de barras siguientes:

Figura No. 1

"Rendimiento promedio obtenido al ensayar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones.



Al observar los cuadros No. 2 y No. 3 y la figura No.1 - se nota que en el tratamiento número tres se obtuvieron los rendimientos más elevados, los que incluso superan los obtenidos por el sustrato tradicional (tratamiento cuatro). Los sustratos que corresponden a los tratamientos uno y dos rindieron menos que el resto.

Al someter los resultados al análisis de varianza (apéndice A), se demuestra que hay diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los datos mismos dan cierta referencia de ello, ya que mientras el testigo tuvo una media de producción de 417.33 lbs. el sustrato número tres (50 % de humus descompuesto y 10 % de humus semidescompuesto), lo supero con 349.50 lbs. de diferencia. Las medias de producción más bajas registradas corresponden a los sustratos número uno y dos con 337.33 y 362.50 lbs. respectivamente.

Para las comparaciones entre los tratamientos y el testigo se usó la prueba de Tukey (W) en donde:

$$W = q(t, G.L. error)_{\alpha} S\bar{x}$$

$$W = \text{Comparador Tukey}$$

$$q(t, G.L. error)_{\alpha} = \text{Valor que se obtiene de las tablas de Tukey}$$

t = número de tratamientos

G.L. error = Grados de libertad del error

$\alpha$  = Nivel de significación = 0.01%

$S\bar{x}$  = Error estandar

$$W = 5.02 \times \sqrt{\frac{7178.95}{6}} = 5.02 \times 34.59$$

$$W = \underline{173.64}$$

Las diferencias entre las medias mayores que el comparador T<sub>u</sub>ker (173.64), denotan que existen diferencias significativas. Las diferencias menores o iguales que el comparador - Tukey denotan que no hay diferencias significativas, (ver - Apéndice B).

|                                                                                                |        |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---|
| T <sub>1</sub> = 2% de humus descompuesto y un 10% de humus semidescompuesto.                  | 337.33 | A |
| T <sub>2</sub> = 20% de humus descompuesto y un 10% de humus semidescompuesto                  | 362.50 | A |
| T <sub>4</sub> = Testigo, con un 25% de humus descompuesto y un 10% de humus semidescompuesto. | 417.33 | A |
| T <sub>3</sub> = 50% de humus descompuesto y un 10% de humus semidescompuesto                  | 766.83 | B |

Entre los tratamientos con igual letra no existe diferencias significativas. Existiendo únicamente entre los que tienen diferente letra.

Se puede notar que entre los sustratos con 2 y 20% de humus descompuesto (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>), no existe diferencias significativas. Además tampoco hay diferencias estadísticamente significativas entre estos y el testigo con lo cual se asume que su comportamiento es similar estadísticamente. Sin embargo, - en la práctica ninguno de estos dos sustratos (T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>), podrían sustituir al sustrato tradicional (T<sub>4</sub>). Además resultaría más adecuado utilizar el sustrato número dos y no el sustrato número uno.

La producción del testigo fue un poco mayor que la del sustrato de cobertura con el 20% de humus descompuesto. Aunque ésta no fue estadísticamente significativa, podría deberse a que el haber un poco más de humedad en el testigo, el micelio la aprovecharía para transformarse en carpóforos. Las mismas suposición sería valedera para el sustrato de cobertura con 2% de humus descompuesto (tratamiento uno), al existir poca humedad existiría una menor transformación del micelio a carpóforos.

#### Ritmo de producción:

Respecto a la forma en que se obtuvo la cosecha, se puede decir que el sustrato con 50% de humus descompuesto, dió en sus primeras "salidas" (durante los primeros 14 días), el 70% de su cosecha, (gráfica No. 2). Balias (2) respecto a lo que constituye una "salida" o "brote" dice que "son los días en que la producción de carpóforos o fructificación es mayor". Es decir los picos de producción en ciertos días.

Holmes (5) recomienda que la mayor parte de la producción se obtenga de los primeros brotes o salidas, debido a que el micelio del champiñón tiende a alimentarse más a medida que madura. Lo contrario recomiendan Lamich (8) y Rigau (12) ellos afirman que se obtienen mejores carpóforos y consecuentemente mejores resultados, si la producción se obtiene de varios brotes o salidas durante todo el ciclo de desarrollo.

Respecto al sustrato con un 2% de humus descompuesto se observó que su producción fue la menor. Además sus salidas fueron pobres y tardías. Puede notarse en la gráfica No. 2 que su salida más alta la obtuvo hasta el décimo día de cosecha, teniendo una segunda salida de significativa cinco -

días más tarde. Eso no concuerda con la teoría de Holmes (5) que indica que existen por lo menos siete días de diferencia entre salida y salida. Tiempo necesario para que se recupere el micelio y vuelva a formar capóforos. Se supone que esto puede deberse a que al tener poca producción en los primeros días, se robustezca el micelio del champiñón - produciendo salidas más seguidas.

Respecto al sustrato de cobertura con un 20% de humus - descompuesto, su comportamiento fue bastante similar al testigo, pero con una producción menor. Aunque su primera salida fue más adelantada que la del testigo. Esto podría deberse a la estructura granular del sustrato con el 20% de humus descompuesto. Se supone que una estructura granular - favorece el intercambio gaseoso, lo que influiría en un cambio más brusco de CO<sub>2</sub> durante la ventilación en la etapa de cobertura a cosecha, con lo cual se anticipa la brotación o fructificación.

Por todo lo antes expuesto se rechaza la hipótesis número uno planteada. ya que existen diferencias significativas estadísticamente entre al menos uno de los sustratos de cobertura evaluados y el resto.

#### Coefficiente de variación:

A los resultados obtenidos se le calculó el coeficiente - de variación, el cual es una medida del manejo del experimento.

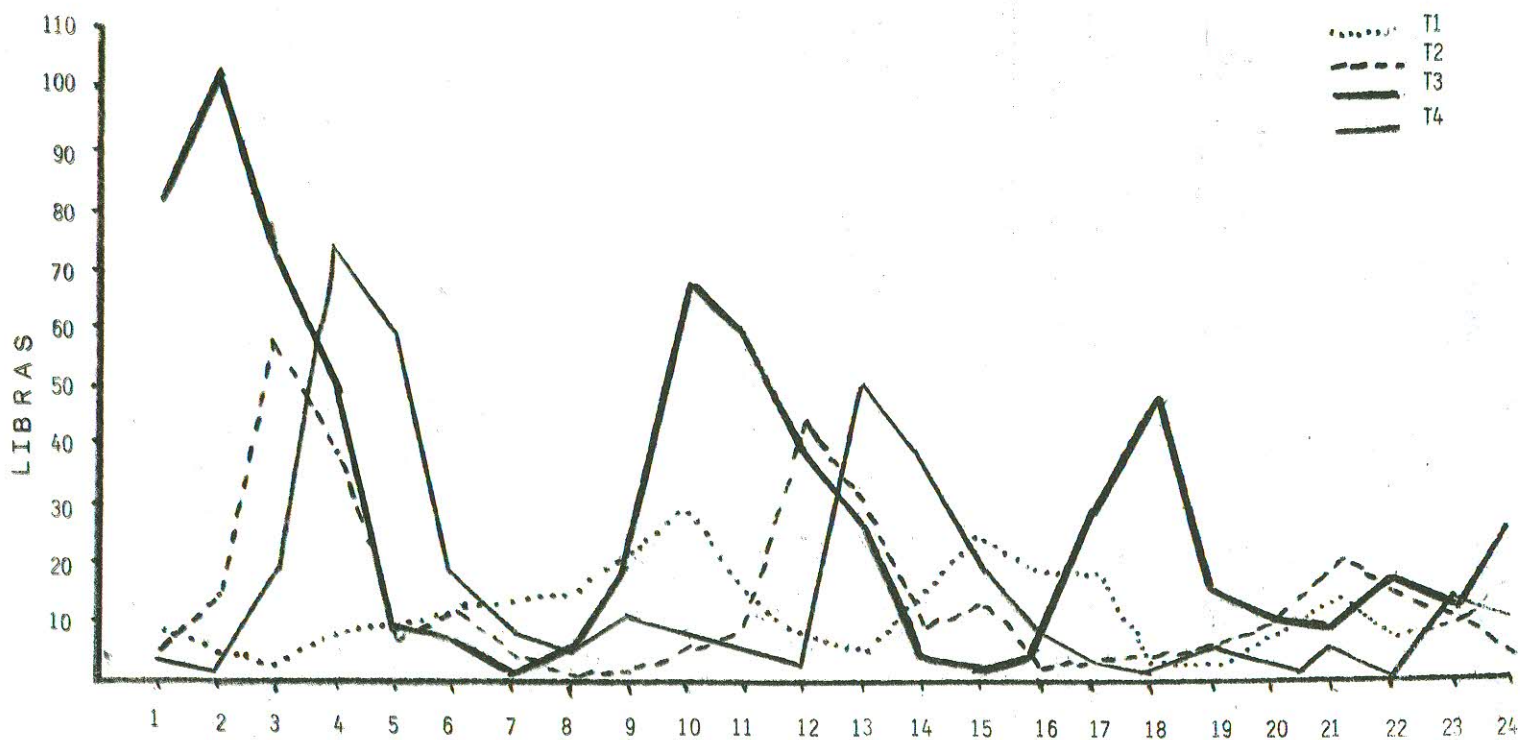
$$C.V. = \sqrt{\frac{C.M. \text{ error}}{\bar{Y}..}} \times 100 = \sqrt{\frac{7178.95}{471}} \times 100$$

$$C.V. = \underline{17.99}$$

Este parámetro hace suponer que fue bien manejado el experimento.

Gráfica No. 2

"Producción promedio diaria, obtenida al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".



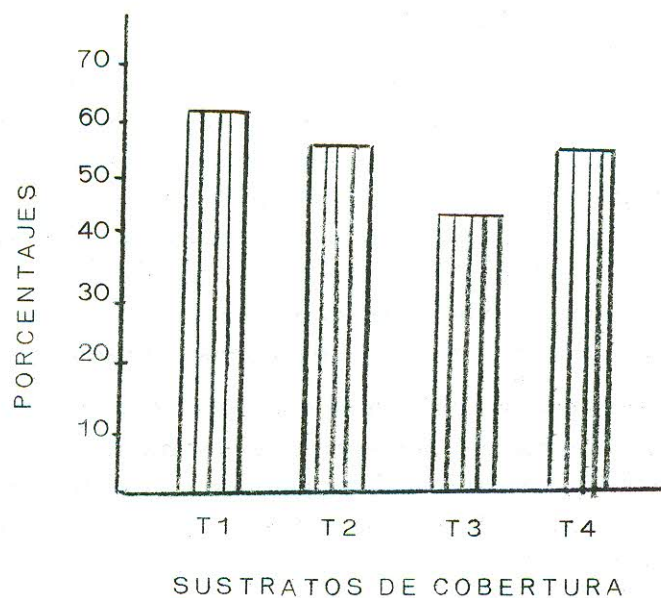
## 2. Calidad:

La selección de la calidad es muy importante debido a que influye en el precio. El peso del carpóforo abierto es más bajo que el cerrado, (5).

En el diagrama de barras presentado a continuación se expresan los porcentajes de carpóforos cerrados. Los datos fueron tomados del cuadro No. 4.

Figura No. 2

"Porcentaje promedio de carpóforos abiertos. Resultados obtenidos al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".



Cuadro No. 4

"Porcentajes de carpóforos abiertos y cerrados, obtenidos al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".

| TRATAMIENTO | MEDIAS DE PRODUCCION Lbs. | Lbs. de CARPOFOROS ABIERTOS | % ABIERTOS | % CERRADOS |
|-------------|---------------------------|-----------------------------|------------|------------|
| T 1         | 337.33                    | 209.14                      | 62         | 38         |
| T 2         | 362.50                    | 206.62                      | 57         | 43         |
| T 3         | 766.83                    | 345.07                      | 45         | 55         |
| T 4         | 417.33                    | 233.70                      | 56         | 44         |

La calidad de los carpóforos del sustrato de cobertura - con un 2% de humus descompuesto (forma Mull), fue muy mala, notandose diferencias con el resto de sustratos de cobertura- evaluados. Se supone que la calidad esta influida por la can tidad de agua que puede aprovechar el micelio, para la forma ción de carpóforos, (10). En este caso fue muy poca la hume dad que pudiera retener este sustrato de cobertura con lo cual se obtuvieron bajos porcentajes de carpóforos cerrados.

Entre el sustrato de cobertura con un 20% de humus - descompuesto y el testigo no hubieron diferencias estadística- mente significativas, con lo cual se cree que no existen dife- rencias entre un sustrato Franco arenoso y un franco arcillo-

so, en cuanto a la calidad de los carpóforos a obtener. Es de hacer notar que el porcentaje de carpóforos cerrados es muy bajo con lo cual no se están obteniendo los resultados considerados óptimos (8).

El sustrato de cobertura con un 50% de humus descompuesto fue el que menor porcentaje de carpóforos abiertos tuvo (45%), comportandose mejor que los otros sustratos evaluados. Aunque también no llega a los resultados considerados óptimos, los cuales sugieren de un 10 a 15% de carpóforos abiertos.

Es de hacer mención que existen otros factores además del sustrato que influyen directamente sobre la calidad de los carpóforos, como lo es el  $CO_2$ , la temperatura ambiental y la del compost, la humedad relativa, la incidencia de plagas y enfermedades y el manejo que pudiera tener el cultivo. Mejorando estas condiciones, posiblemente el porcentaje de carpóforos cerrados se eleve, lo cual haría destacar mucho más la calidad del sustrato con 50% de humus sobre la de los otros sustratos.

### 3. Condiciones ambientales del experimento:

Las principales condiciones ambientales que influyen durante la cobertura en los diferentes sustratos fueron los siguientes.:

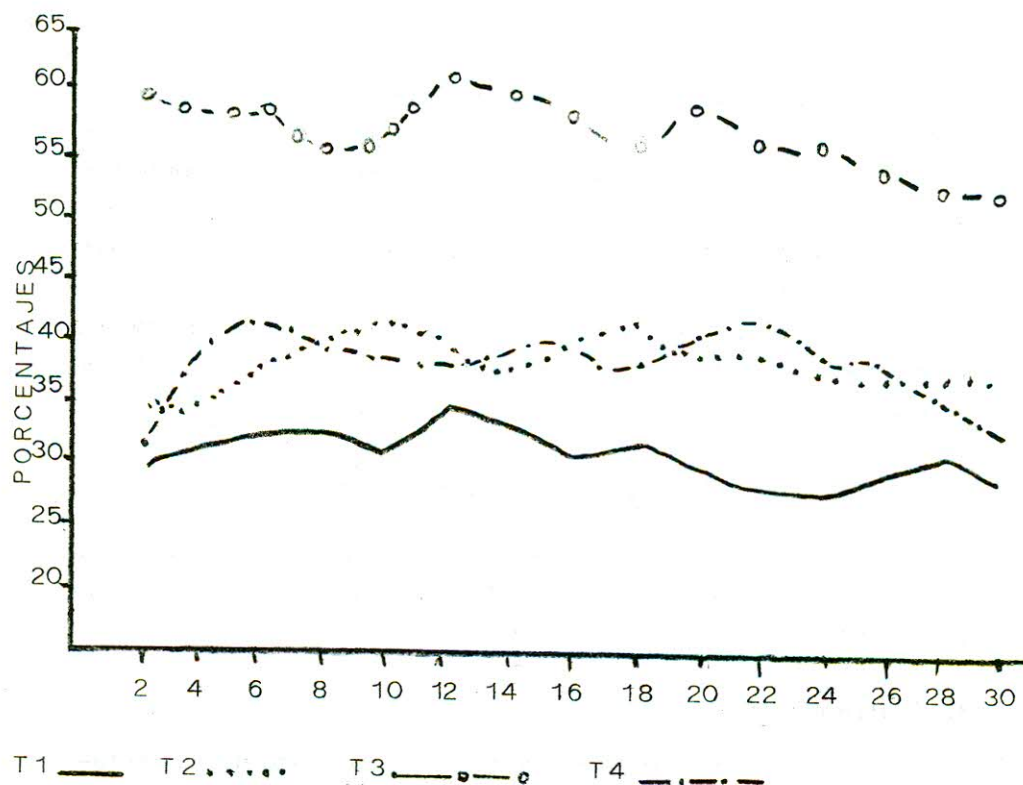
#### 3.1. Humedad:

La humedad es determinante es el sustrato de cobertura ya que ella es la responsable directa de la formación de los carpóforos a obtener, (19).

En el presente trabajo de tesis se muestreó la humedad de los sustratos. Estos muestreos se realizaron cada dos días durante la cosecha.

### Gráfica No. 3

"Porcentajes de humedad promedio, obtenidos al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".



Todos los sustratos de cobertura recibieron el mismo número de riegos y los mismos cuidados culturales.

El sustrato de cobertura con un 50% de humus descom -- puesto pudo retener más humedad llegando hasta un 62% durante la cosecha, lo cual hace suponer que los altos rendimientos obtenidos se deban a la humedad alta que existió en el sustrato durante el cultivo. Aunque también se podría mencionar que el sustrato mejora el desarrollo de la microflora favorable para el cultivo como lo es la Pseudomonas putida, la cual se supone que ayuda a la formación de los carpóforos, (18).

En la gráfica No. 3 se observa que la humedad en el sustrato de cobertura tradicional o testigo empieza a subir en los primeros días esto se pudiera deberse a que el personal que aplicó los riegos están familiarizados con este tipo de sustratos de cobertura por lo que le aplican la humedad de ceada. También se nota que el sustrato con el 2% de humus -- descompuesto tiene un leve ascenso, manteniéndose después más homogéneo. Se podría suponer que los bajos rendimientos del sustrato anterior se pudieran deber a que al aplicar los riegos, el sustrato se drenara rápidamente causando una alta humedad en el micelio, favoreciendo las condiciones para que otros microorganismos lo atacaran.

Se nota en la gráfica No. 3, que al final de la cosecha disminuye la humedad en todos los sustratos, esto se debe a que, mientras más días pasan durante la cosecha, los requerimientos de agua del micelio del champiñón son menores -- con lo cual se disminuye los riegos, (19).

El comportamiento de la humedad en el sustrato de cobertura con un 20% de humus descompuesto, fue bastante similar al del testigo. Se puede ver en la gráfica No. 3 que -- casi no existió diferencias en cuanto a la humedad retenida.

Con lo cual se deduce que la textura franca arcillosa del sustrato testigo favoreció la fructificación, obteniéndose mejores resultados. Respecto a la textura franco arcillosa se puede decir que ayuda al desarrollo de microorganismos favorables para el desarrollo del cultivo como Pseudomonas putida. Como en ambos sustratos existen casi la misma humedad (ver Apéndice C), las diferencias en cuanto a producción se explica de esta manera.

### 3.2 pH:

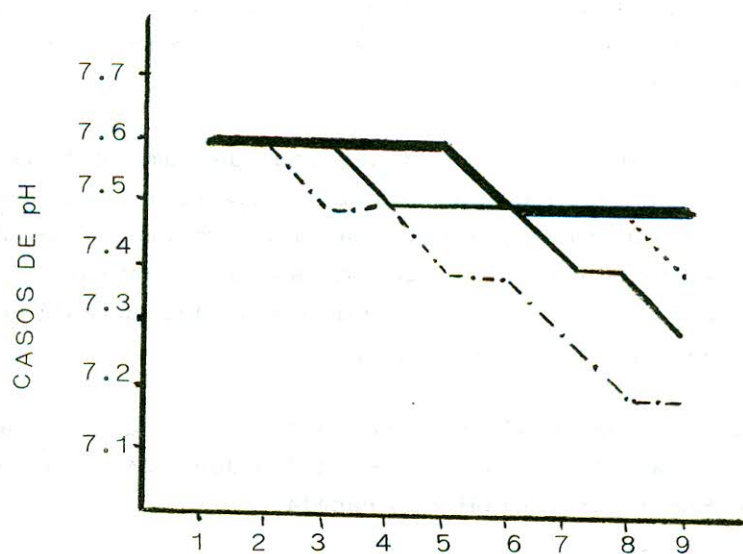
El pH es muy importante para que el micelio del champiñón pueda desarrollarse y reproducirse (19). El micelio del champiñón segrega ácido oxálico, el cual tiene que ser neutralizado con calcio. Sin la adición de calcio se acidificaría el sustrato de cobertura, limitando el desarrollo vegetativo del micelio.

En el presente estudio se analizó el pH, como un indicador de la capacidad de cada sustrato de cobertura, para poder mantener el pH. Siendo el ideal el que no presente fluctuaciones, debido a que decimas de grado pueden afectar el desarrollo y fructificación del champiñón. El análisis del pH, se realizó con un potenciómetro digital, determinándose cada cuatro días.

En la siguiente gráfica se muestra el pH obtenido durante la cosecha.

Gráfica No. 4

"pH promedio al ensayar cuatro sustratos de cobertura para el cultivo de champiñones".



T1 =

T3 =

T2 =

T4 =

El comportamiento del pH en el sustrato de cobertura - con 50% de humus descompuesto, fue similar al del testigo disminuyendo poco antes de finalizar la cosecha. Es de suponer que el humus descompuesto actuó como amortiguador del pH, manteniéndose este por más tiempo. Esta explicación es válida ya que existen cierto anfoterismo de la materia orgánica, la cual tiende a mantener su pH ante ciertos cambios, (16).

Respecto al testigo podemos suponer que logró mantener su pH por más tiempo debido a la textura franco arcilloso. - Se conoce que las arcillas por ser coloides retienen más los elementos (16).

En el sustrato con un 2% de humus descompuesto la disminución del pH fue bastante rápida, lo que hace creer que - se debió la estructura granular, la cual permitió que se drenara el agua con mayor facilidad arrastrando con ella el elemento calcio. El poco contenido de humus del sustrato no - fue suficiente para retener el pH.

Las enmiendas realizadas fueron con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). Ya que experiencia demuestra que con la cal ( $\text{CaO}$ ), hay una disminución del pH más rápida.

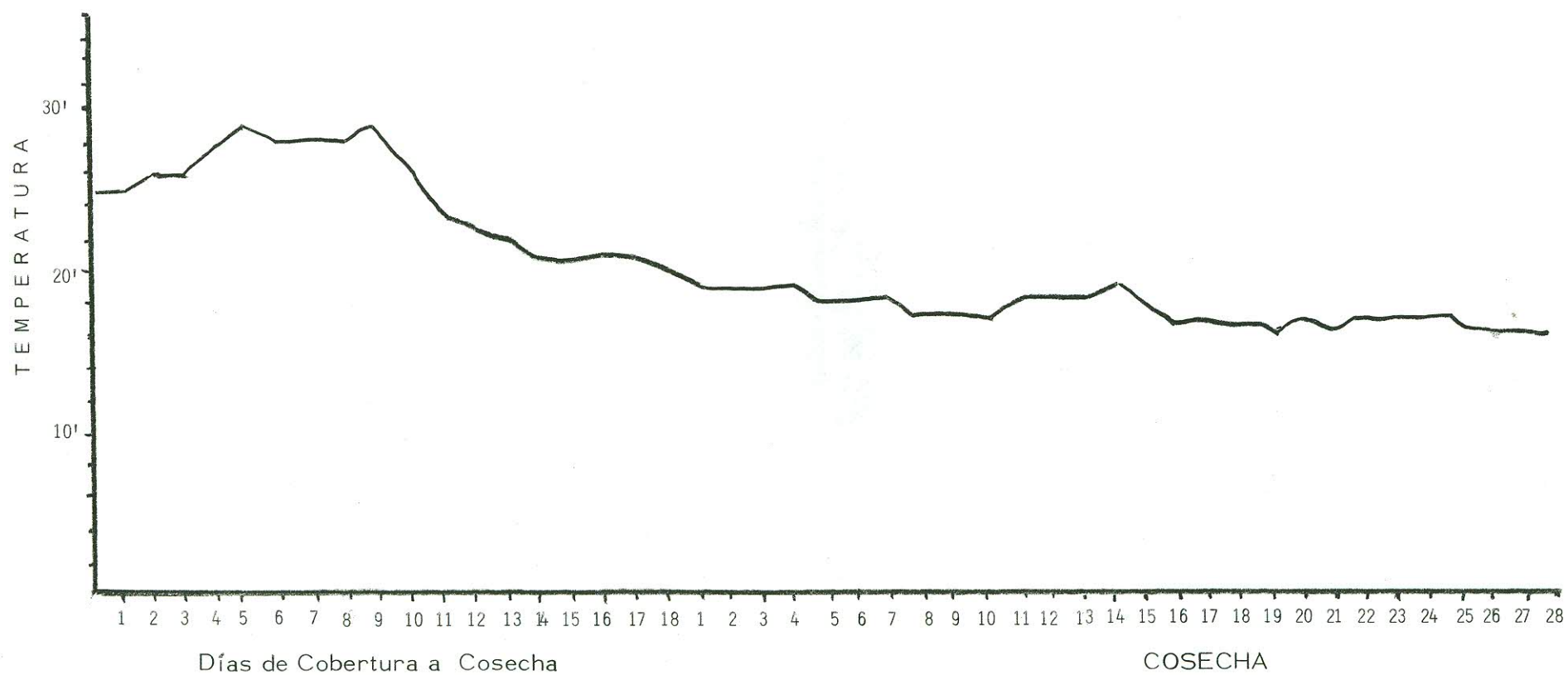
### 3.3. Temperaturas:

Las temperaturas no variaron entre los sustratos manteniéndose casi la misma temperatura hasta la cosecha. Lo cual se puede atribuir a que la temperatura está influida por otros factores como el micelio y las condiciones ambientales de las salas de cultivo.

En la gráfica No. 5 se muestran las temperaturas que existieron durante la cobertura y la cosecha.

Gráfica No. 5

"Temperatura promedio, obtenida al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones".



### 3.4. Incidencia de plagas:

Se pudo notar que los carpóforos abiertos presentaban menos daño ocasionado por moscas. El daño que ocasionan las moscas a los carpóforos es debido a que ovipositan en ellos desarrollandose las larvas internamente. Además se nota una pudrición húmeda causada por la introducción de otros microorganismos.

El sustrato con un 2% de humus descompuesto presentó menos daño. Notándose el mayor daño en el sustrato de cobertura con un 50% de humus descompuesto. El efecto negativo entre los carpóforos de los tratamientos con 20% de humus y el testigo fue similar, presentando un grado intermedio de daño entre el tratamiento con 2% y el tratamiento con 50% de humus descompuesto.

### 3.5. Incidencia de enfermedades:

En el sustrato con un 2% de humus descompuesto no se manifestaron microorganismos competidores. Estos se manifestaron en mayor grado en el sustrato de cobertura con un 50% de humus descompuesto.

Los generos de hongos que se presentaron son los siguientes: Myceliophthora, Sepedonium, Botritis crystalia y Dactilium dendroides. La identificación de estos se hizo observándose al microscopio compuesto de montajes y comparaciones con claves de Universidad de pensilvania (20).

La alta incidencia de enfermedades, hace suponer que el humus descompuesto, podría favorecer el desarrollo de estos microorganismos, o también que estos sustratos al mantener más humedad pueden favorecer el desarrollo de estos.

## VII. CONCLUSIONES

- El sustrato de cobertura con un 50% de humus descompuesto y un 10% de humus semidescompuesto, estructura granular, textura franca arenosa, dió los más altos rendimientos en calidad y cantidad. Aunque la calidad no fue optima esta puede mejorarse controlando otros factores adecuadamente.
- No existen diferencias estadísticamente significativas en rendimiento y calidad entre el sustrato con 25% de humus descompuesto (testigo), y los sustratos con 2% de humus descompuesto y con 20% de humus descompuesto. Sin embargo los rendimientos en cantidad fueron a mayor cantidad de humus descompuesto en el sustrato. La calidad fué similar.
- La capacidad de retención de humedad fue mayor al existir más humus descompuesto en el sustrato. Con un 50% de humus descompuesto se logro retener un 58.5% promedio de humedad. El resto de sustratos estuvieron entre el 29 y 42% promedio de humedad.
- Con todos los sustratos probados el pH varió en proporción directa al contenido de humus descompuesto. Las variaciones entre uno y otro sustrato fueron de decimas de grado de pH y todos los tratamientos estuvieron entre un rango de 7.6 a 7.2.
- En cuanto a la temperatura no existieron variaciones significativas entre los sustratos evaluados.

- Un sustrato de cobertura con altos contenidos de humus descompuesto está mas propenso al ataque de microorganismos competidores. Así también en los carpóforos - más robustos y cerrados son los más atacados por las moscas.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Utilizar sustratos de cobertura con altos contenidos de humus descompuesto, para la obtención de altos rendimientos en calidad y en cantidad.
  
- Al trabajar con sustratos de cobertura con altos porcentajes de humus descompuesto, se recomienda la adecuada pasteurización del sustrato, así como mantener un programa preventivo del control de plagas y enfermedades, debido a que las altas cantidades de humus descompuesto favorecen el desarrollo de estas.
  
- En futuros estudios es importante hacer una evaluación de la microflora y sus poblaciones en cada sustrato evaluado. Además investigar la ubicación geográfica de las áreas con altos contenidos de humus descompuesto.

## IX. APENDICE

### Cuadro A :

"Análisis de varianza del rendimiento de cuatro sustratos de cobertura en la producción de Champiñones". (ANDEVA)

| Fuente de Variación | G.L | C.M.    | Fc.   | Ft 0.01 % |
|---------------------|-----|---------|-------|-----------|
| TRATAMIENTOS        | 3   | 240073  | 33.44 | 4.94      |
| ERROR               | 20  | 7178.95 |       |           |
| TOTAL               | 23  |         |       |           |

### Cuadro B :

"Comparación de medias de rendimiento de los diferentes sustratos de cobertura evaluados, para usar el estimador de la prueba de Tukey".

|           |           |           |          |
|-----------|-----------|-----------|----------|
|           | T3 766.83 | T4 417.33 | T2 362.5 |
| T1 337.33 | 429.33    | 80.00     | 25.17    |
| T2 302.50 | 404.33    | 54.83     |          |
| T4 417.33 | 349.50    |           |          |

$$W = \underline{173.64}$$

9 Cuadro D:

"pH promedio, obtenido al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de champiñones"

| Trata-<br>miento | pH<br>original | pH<br>corregido | MUESTREO No. |     |     |     |     |     |     |     | F inal |
|------------------|----------------|-----------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
|                  |                |                 | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |        |
| T 1              | 6.2            | 7.6             | 7.6          | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.3 | 7.2 | 7.2    |
| T 2              | 5.8            | 7.6             | 7.6          | 7.6 | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.4 | 7.4 | 7.3    |
| T 3              | 5.3            | 7.6             | 7.6          | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.5    |
| T 4              | 6.5            | 7.6             | 7.6          | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.5 | 7.5 | 7.5 | 7.4    |

Las muestras se tomaron cada cuatro días.

Cuadro C :

"Porcentajes de humedad promedio por tratamiento, obtenidos al evaluar cuatro sustratos de cobertura en el cultivo de Champiñones".

| Tratamiento | MUESTREO No. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|             | 1            | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| T 1         | 30           | 31 | 32 | 32 | 31 | 35 | 33 | 31 | 32 | 30 | 29 | 28 | 29 | 30 | 29 |
| T 2         | 35           | 35 | 38 | 40 | 39 | 38 | 39 | 39 | 37 | 40 | 42 | 39 | 38 | 35 | 33 |
| T 3         | 60           | 58 | 58 | 55 | 56 | 61 | 60 | 58 | 56 | 58 | 57 | 55 | 54 | 53 | 52 |
| T 4         | 32           | 40 | 42 | 40 | 41 | 39 | 38 | 40 | 41 | 39 | 39 | 38 | 36 | 37 | 36 |

Los muestreos se realizaron cada dos días.

## X. BIBLIOGRAFIA

1. ATKINS, F.G. This mushrooms business; a record of - progress. Londres, Faber and Faber, 1,958. 132 p.
2. BALIUS, J. Hay dinero en el champiñon. Barcelona, Sin-tes, 1,971. 150 p.
3. CUESTA MARIN, A. Cultivo de setas. México, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, 1,957. 42 p.
4. FLEGG, P.B. The water reuriment of the mushroom crop. Scienti Horthiculthurae. 2: 217, 232. 1,974.
5. HOLMES, J. Seminario de producción comercial de hongos Champiñones. Guatemala, INTECAP, 1,978.
6. LAMBERT, E.B. El cultivo del champiñon. México, AID , 1,972. 14 p. Boletín No. 1,875.
7. \_\_\_\_\_. Studies on the preparation of mushroom com-  
post. Journal of Agricultural Reserch. 62 (7): 1-12. -  
1,941.
8. LAMICH, J. H. Como cultivar el champiñon, la trufa y  
otros hongos. Barcelona, AEDOS, 1970. 190 p.
9. MARIN, F.R. Compost, elaboración de materia orgáni-  
ca. Guatemala, DIRENARE /DIGESA, 1,980. 12 p.

10. MICHALENCKO, G.O., HOHL, H.R. AND RAST, D. Chemistry and architecture of the mycelial wall of Agaricus bisporus. Journal of General Microbiology. - 115: 25,92,262. 1,979.
11. RAPER, A.C., CHANG, H. AND HAYES, F. Biology and cultivation of edible mushrooms. New York, Academic Press, 1,978. 99 - 101.
12. RIGAU, A. Cultivo de Champiñones y trufas. 8a. edición, Barcelona, Sintet, 1,975. 167 p.
13. SCHISLER LEE, C. Composting. Mushroom News, (5): 14. 1,981.
14. SINMONS, CH., TARANO, J. Y PINTO, H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, - 1,959. 1000 p.
15. SOLORZANO, F. Pequeño gran cultivo. Guatemala, El Surco Latinoamericano, 82 (3): 9,10. 1,977.
16. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. - Traducción de Vega, R. y Zapata, Q.B., México, - CECSA, 1980. 420 p.
17. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Mushroom - and growing, U.S., 1,974. 2 p.
18. VEDDER, P.J.C. Cultivo moderno de champiñones. Traducción de Galindo Martínez, J. M., Madrid, Mundi Prensa, 1,980. 373 p.

19. WAWSMAN SELMAN, A. AND NISSEN, W. On the nutrition of the cultivated mushroom Agaricus campestris. and chemical change brought about by this organism; in the manure compost. Journal of Botany American. 19 (4): 20-42. 1,979.
20. WUEST, P. AND TETRAUL, R. Preventive program for mushroom pest. U.S. The pennsylvania State University, Cooperative Extension Service, 1,979. 2 p.
21. XUYA, L. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Guatemala, 1,980. 6 p. (Mimeo.).

Vo. Bo.

Olga Ramírez

C.E.D.I.A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"

DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.  
DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis