



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

11  
2ej

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"SUCESION EXPERIMENTAL EVALUANDO  
DIFERENTES PORCENTAJES DE MEZCLAS DE  
BIOFERTILIZANTE SIRDO, EN CULTIVO DE  
CHAMPIÑON (Agaricus bisporus)"

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A N :  
LESCAMILLA BERNAL ANTONIO  
RUIZ LOPEZ RICARDO

ASESOR: M. EN C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.B. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Sucesión experimental evaluando diferentes porcentajes de mezclas de  
biofertilizante sirdo, en cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*)".

que presenta el pasante: Antonio Escamilla Bernal  
con número de cuentas: 8356287-5 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de mayo de 1996

PRESIDENTE	M. en C. Edvino Josafat Vega Rojas	
VOCAL	M. en C. Ma. del Yasmín Cuervo Usán	
SECRETARIO	Ing. Raúl Espinoza Sánchez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	
SEGUNDO SUPLENTE	Biol. Elba Martínez Holguín	



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Caballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Sucesión experimental evaluando diferentes porcentajes de mezclas de  
biofertilizante sirdo, en cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*)".

que presenta el pasante: Ricardo Ruiz López  
con número de cuenta: 8031022-0 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 27 de mayo de 1996

PRESIDENTE	M. en C. Edvino Josafat Vega Rojas	
VOCAL	M. en C. Ma. del Yazmín Cuervo Usán	
SECRETARIO	Ing. Raúl Espinoza Sánchez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Edgar Ornelas Díaz	
SEGUNDO SUPLENTE	Biol. Elba Martínez Holguín	

## **DEDICATORIA**

La presente tesis esta dedicada con mucho cariño a nuestros Padres y hermanos; por parte de Antonio Escamilla Bernal el Sr. Casimiro Escamilla Pérez y Sra. Rafaela Bernal Olguín, y hermanos Alfredo, Crescencia, Francisco, Inés, Casimiro y J. Reyes; y por parte de Ricardo Ruiz López el Sr. Pedro Ruiz Gómez y Sra. Amparo López Lule, y hermanos Juan Antonio, Amparo, Patricia, Pedro, Fernando y José Luis; que gracias a su apoyo moral y económico fueron consolidados nuestros estudios hasta obtener el Título de Ingeniero Agrícola.

Por ser quienes con su paciencia, orientación y tolerancia manifestada por siempre; fueron, son y serán los guías en nuestro camino como estudiantes y en el desarrollo profesional.

Además, el presente trabajo de tesis lo dedicamos a nuestras esposas; Sra. Sandra Hernández Pérez de Escamilla y Sra. Lucia Chávez Heredia de Ruiz y a mi pequeña hija Marisol Ruiz Chávez; que gracias a su apoyo, cariño y comprensión logramos concluir otra etapa en nuestro desarrollo profesional.

¡Gracias!

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todos, familiares y amigos por su ayuda para que fuera posible la realización del presente trabajo de investigación; A la familia Ruiz por permitir realizar los experimentos en instalaciones de su propiedad y por la ayuda otorgada para el montaje de los mismos, y muy especialmente a Don José Reyes Pérez por participar en el cuidado del cultivo de champiñón; A Javier Gutiérrez por toda la serie fotográfica experimental tomada en su oportunidad, entre otras cosas.

Al Grupo de Tecnología Alternativa S. C., que por conducto de la Arq. Josefina Mena nos fúe proporcionado el biofertilizante SIRDO y toda la información requerida del mismo; Un gran amigo y asesor de Tesis, el M. en C. Edvino Josafat Vega por orientarnos en forma adecuada y oportuna sobre los problemas y aciertos obtenidos en el transcurso de la sucesión experimental efectuada; y en general a todos aquellos que intervinieron directa o indirectamente para tal fin.

Un especial agradecimiento a todos nuestros maestros por impartir su cátedra en forma clara y precisa para ir conformando lo que ahora alcanzamos conjuntamente, el Título de Ingeniero Agrícola.

# INDICE

RESUMEN.	I
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. OBJETIVOS.	6
III. MARCO TEÓRICO.	7
3.1. ORIGEN DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN.	7
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.	8
3.2.1. TAXONOMÍA.	8
3.2.2. MORFOLOGÍA.	8
3.3. PRODUCCIÓN.	12
3.4. VALOR NUTRITIVO DEL CHAMPIÑÓN.	15
3.5. BIOFERTILIZANTE SIRDO.	19
IV. METODOLOGÍA.	29
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.	29
4.1.1. SUELO.	31
4.1.2. URBANIZACIÓN.	31
4.2. MÉTODOS.	32
4.2.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.	34
4.2.2. ABONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.	36
4.2.3. BIOFERTILIZANTE SIRDO, TERCER EXPERIMENTO.	37
V. RESULTADOS.	41
5.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.	41
5.2. ABONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.	43
5.3. BIOFERTILIZANTE SIRDO, TERCER EXPERIMENTO.	44

VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS.	47
6.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.	47
6.2. ABONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.	48
6.3. BIOFERTILIZANTE SIRDO, TERCER EXPERIMENTO.	49
VII. CONCLUSIONES.	51
VIII. BIBLIOGRAFÍA.	52

ANEXOS.	56
---------	----

ANEXO I. ANÁLISIS DE VARIANZA, COMPOSTA LEBEN (LTn).

ANEXO II. PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA DE COMPARACIÓN MULTIPLE  
DE MEDIAS, (LTn).

ANEXO III. ANÁLISIS DE VARIANZA, COMPOSTA CUAUTI (CTn).

ANEXO IV. PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA DE COMPARACIÓN MULTIPLE  
DE MEDIAS, (CTn).

ANEXO V. SECUENCIA FOTOGRÁFICA QUE MUESTRA LAS DIFERENTES  
ETAPAS DE LA SUCESIÓN EXPERIMENTAL.

# INDICE DE CUADROS

CUADRO NO. 1.	DESCRIPCIÓN DEL <i>Agaricus bisporus</i> .	10
CUADRO NO. 2.	CICLO DE VIDA DEL CHAMPIÑÓN ( <i>Agaricus bisporus</i> ).	13
CUADRO NO. 3.	INFLUENCIAS GENÉTICAS Y AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE CUERPOS FRUCTÍFEROS DE HONGOS COMESTIBLES.	16
CUADRO NO. 4.	ESQUEMA GENERAL DE LA PREPARACIÓN DEL SUSTRATO PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES EN DESECHOS LIGNO-CELULÓSICOS.	17
CUADRO NO. 5.	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA SIRDO, PATENTADO POR GRUPO DE TECNOLOGÍA ALTERNATIVA.	23
CUADRO NO. 6.	MATRIZ DE ESTANDARIZACIÓN PARA EL USO DEL BIOFERTILIZANTE SIRDO.	26
CUADRO NO. 7.	COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL BIOFERTILIZANTE SIRDO DE LA UNIDAD SIRDO-300.	27
CUADRO NO. 8.	COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS NUTRITIVOS DE LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ORGÁNICOS.	28
CUADRO NO. 9.	TEMPERATURA.	29
CUADRO NO. 10.	RÉGIMEN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN.	30
CUADRO NO. 11.	DETERMINACIÓN, MÉTODO EMPLEADO.	33
CUADRO NO. 12.	DISEÑO EXPERIMENTAL, SUSTRATO SIRDO.	35
CUADRO NO. 13.	DISEÑO EXPERIMENTAL, ABONO SIRDO.	37
CUADRO NO. 14.	DISEÑO EXPERIMENTAL, BIOFERTILIZANTE SIRDO.	40
CUADRO NO. 15.	DETERMINACIONES ANALÍTICAS, (U.A.CH., 1989).	42

CUADRO NO. 16. DETERMINACIONES ANALÍTICAS, (U.A.CH., 1990). 45

CUADRO NO. 17. RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE LOS CORTES  
REALIZADOS EN EL CULTIVO, CON LA UTILIZACIÓN DEL  
BIOFERTILIZANTE SIRDO EN COMPOSTA LEBEN. 46

CUADRO NO. 18. RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE LOS CORTES  
REALIZADOS EN EL CULTIVO, CON LA UTILIZACIÓN DEL  
BIOFERTILIZANTE SIRDO EN COMPOSTA CUAUTI. 46

## RESUMEN

En la sucesión experimental realizada con el cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*) se probó la eficiencia del biofertilizante SIRDO como sustrato, abono y biofertilizante; se uso como sustrato SIRDO en el primer experimento; como abono SIRDO para el segundo experimento; y biofertilizante SIRDO en un tercer experimento.

**Sustrato SIRDO, primer experimento.** En la investigación realizada con cultivo de champiñón se probó la eficiencia del sustrato SIRDO, valorizando diferentes porcentajes de mezcla con agrolita, bajo condiciones controladas de temperatura, luz, humedad relativa y ventilación.

Se trabajó con un diseño experimental "completamente al azar", en donde los tratamientos son los porcentajes de mezcla de sustrato, manejando 4 tratamientos con 9 repeticiones y un total de 36 unidades experimentales.

Se realizaron las determinaciones físicas, químicas del biofertilizante SIRDO utilizado en la sucesión experimental realizada, para conocer su nivel de fertilidad, el cual se obtuvo del condominio "Los Duraznos", Tepepan, D.F.

En base a las observaciones realizadas durante el período vegetativo en el cultivo de champiñón, se apreció lo siguiente:

El tratamiento 100% SIRDO-00% agrolita., no resultó adecuado para el crecimiento y desarrollo del micelio; el tratamiento 75% SIRDO-25% agrolita resultó ser más eficiente y al efectuar el revocado no hubo emergencia de cuerpos fructíferos; a raíz de esto, fueron contemplados diferentes aspectos metodológicos y tácticos para la realización de un segundo experimento.

El sustrato SIRDO, al mezclarse con un material inerte no ofrece las condiciones nutricionales necesarias para el crecimiento y desarrollo normal del cultivo de champiñón, principalmente en el período reproductivo a diferencia del período vegetativo que se logró un buen crecimiento del micelio.

**Abono SIRDO, segundo experimento.** Se hicieron modificaciones metodológicas manejando el biofertilizante SIRDO como abono, mezclado con paja, los alcances de este experimento fueron:

Se logró un desarrollo más denso del micelio, con un aspecto de algodón, presentandose el mejor desarrollo en el tratamiento 10% SIRDO-90% paja, pero después de realizar el revocado, no se logró la emergencia de cuerpos fructíferos.

Retomando las experiencias anteriores se concluye que el biofertilizante SIRDO, como sustrato o abono no brinda las condiciones necesarias para el buen desarrollo de cuerpos fructíferos del champiñón, sin embargo, en el crecimiento del micelio en algunos porcentajes de mezcla se lograron buenos resultados. Por lo que se decidió utilizarlo finalmente como biofertilizante, adicionado a tres compostas.

**Biofertilizante SIRDO, tercer experimento.** Se adicionó como biofertilizante a 3 compostas las cuales son: composta paja ( $PT_n$ ), composta leben ( $LT_n$ ) y composta cuauti ( $CT_n$ ).

En relación a  $PT_n$ , no se logró producción de champiñón por la presencia de ácaros del género Tyroglyphus, en la etapa del desarrollo de micelio; retirando del experimento las unidades experimentales evitando la proliferación de ácaros a los otros tratamientos.

Se realizó el análisis estadístico solamente en los tratamientos  $LT_n$  y  $CT_n$ , logrando obtener mayor producción de cuerpos fructíferos en  $LT_n$ , realizando 9 cortes con 83.594 Kg en total y, en  $CT_n$  se efectuaron únicamente 3 cortes obteniendo 1.731 Kg de producción de champiñón.

La producción de cuerpos fructíferos fue mayor el  $LT_1$  con una producción promedio de 7.513 Kg con respecto al testigo con 2.169 Kg, determinando una diferencia altamente significativa y en forma progresiva  $LT_2$  y  $LT_3$  superaron significativamente a  $LT_4$ .

Los datos analizados muestran una varianza muy baja entre las repeticiones de cada tratamiento con 4,009 para  $LT_n$  y 0.005 en  $CT_n$ , ésto se logró mediante un control adecuado de las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa, ventilación y riego en cada etapa fisiológica del cultivo, por lo que la diferencia en producción de cuerpos fructíferos en los tratamientos fue originada por la adición del biofertilizante SIRDO.

En  $CT_n$  se determinó la misma diferencia significativa entre los tratamientos ocasionada por la adición del biofertilizante SIRDO, además, la cantidad y calidad de producción de champiñón fue menor a la registrada en  $LT_n$  e incluso al testigo  $LT_4$ .

# I INTRODUCCIÓN

Es un hecho incuestionable que los hongos ejercen y han ejercido una gran influencia en la vida del hombre, desde los tiempos más remotos, si bien es cierto que al principio fueron objeto de múltiples manifestaciones religiosas y considerados como signo de poder sobrenatural presente en nuestro mundo (Vedder, 1986).

El cultivo de champiñón se conoce en los países bajos desde hace mucho tiempo, sin embargo, el desarrollo más importante se ha producido a lo largo de los últimos 40 años. Fue en 1950 cuando se construyeron las primeras casas de cultivo holandesas, a partir de esta época el cultivo de champiñón ha tenido un desarrollo explosivo, sobre todo en el sur y sureste de España (Hayes, 1977).

En los últimos años los conocimientos se han ampliado enormemente, gracias a la investigación científica desarrollada en los distintos centros de experimentación (Vedder, 1986).

Naturalmente, existen diferencias en las condiciones de cultivo entre los diferentes países, que han influido sobre el desarrollo de los métodos; así, en España, parece bastante lógico

que el cultivo se haya desarrollado en cuevas, por la sencilla razón de que se dispone de gran cantidad de cuevas adaptadas al cultivo, mientras que en los países bajos el desarrollo es idéntico independientemente de los locales o métodos de cultivo utilizados.

Sin embargo, Una buena composta es tan importante para un cultivador que utilice cajas, como para otros que cultiven en estantes o bolsas; así mismo, la temperatura óptima de incubación no se modifica por la naturaleza de los locales donde se tenga; igualmente ocurre con la ventilación y la cosecha. El cultivador especializado debe complementar sus conocimientos generales con la experiencia adquirida en el manejo del cultivo de champiñón, que dependen de las condiciones particulares del sitio (Alonge, 1986).

El cultivo de hongos comestibles en la actualidad se ha manifestado como una alternativa ideal para satisfacer las necesidades proteínicas y nutricionales de la población que habita en los países sub-desarrollados, como un sustituto de la carne en función de su bajo costo de producción una vez establecida la infraestructura requerida, alto contenido proteínico y la obtención de grandes cantidades de producto en un lapso corto de tiempo (Gastón, 1984).

Para la producción comercial del champiñón se requiere de un sustrato de origen orgánico obtenido mediante el proceso de compostaje, constituido principalmente por estiércol y paja, en base a este criterio se determinó que el biofertilizante SIRDO puede ser un sustituto como sustrato o parte del mismo, debido al origen orgánico del producto.

Aunado esto a la problemática de salud, ocasionado por el fecalismo y desechos orgánicos urbanos, depositados al aire libre por las grandes masas de habitantes de los asentamientos irregulares, el Grupo de Tecnología Alternativa S. C. desarrolló un Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos, denominado proceso SIRDO, del cual se pretende en este trabajo utilizar dichos desechos una vez procesados.

El SIRDO, es un sistema que tiene como objetivo seleccionar como productos reciclables los desechos inorgánicos no biodegradables (vidrio, metal y plástico), separándolos de los desechos líquidos y sólidos biodegradables que son utilizados para producir un abono orgánico de excelente calidad fitosanitaria con un alto contenido de nutrientes, que al ser usado en la agricultura permite obtener mejores cosechas. Este sistema impide la propagación de enfermedades y mejora las condiciones de saneamiento ambiental, alimentación y salud de la población (G.T.A., 1993).

En el presente trabajo de investigación se consideró en primer instancia; que el biofertilizante SIRDO al ser manejado como sustrato, proporcionaría las condiciones nutricionales necesarias para el cultivo del champiñón, para tal fin se mezcló con un material inerte (agrolita) en diferentes porcentajes. En la etapa de desarrollo del micelio se lograron obtener diferencias cualitativas, sin embargo, al inducir a fructificación no se logró un resultado satisfactorio en la producción de cuerpos fructíferos; por tal razón se consideró posteriormente la utilización del biofertilizante SIRDO como abono en una segunda etapa de investigación, ya que como sustrato no reúne las condiciones necesarias para la producción de champiñón.

En el segundo experimento se mezcló el abono con un material orgánico (paja de trigo), mediante compostaje y utilizando diferentes porcentajes de mezcla, con la finalidad de obtener un soporte ligno-celulósico adecuado para el desarrollo y crecimiento del champiñón. En este experimento hubo un incremento cualitativo en el desarrollo del micelio dando un aspecto de algodón, pero nuevamente, al inducir a fructificación ésta no se logró.

De lo anterior, se estimó que el biofertilizante SIRDO no reunía las condiciones nutricionales necesarias para ser manejado como sustrato o abono en la producción de champiñón, considerando

finalmente el utilizarlo como un biofertilizante adicionado a 3 compostas previamente elaboradas, denominadas; composta cuauti, leben y paja.

En esta última etapa de la sucesión experimental desarrollada, se logró obtener en forma cuantitativa la producción de cuerpos fructíferos del cultivo de champiñón; en el caso de los tratamientos con composta paja se eliminaron por la presencia de ácaros del género *Tyroglyphus*; respecto a los tratamientos con composta cuauti y composta leben, la producción de cuerpos fructíferos fue mayor en  $LT_1$  con respecto al testigo, y para los tratamientos de  $CT_n$  la producción fue aún menor que en el testigo de  $LT_n$ .

En la sucesión experimental realizada se pone de manifiesto que el biofertilizante SIRDO responde mejor como tal y no como sustrato o abono en la producción del cultivo de champiñón.

## **II OBJETIVOS**

De lo anterior se desprenden los siguientes objetivos:

Evaluar la eficiencia del biofertilizante SIRDO en el cultivo de champiñón (Agaricus bisporus).

Determinar si el biofertilizante SIRDO es más eficiente como sustrato, abono o biofertilizante en el cultivo de champiñón.

Incrementar los rendimientos y mejorar la calidad del champiñón a través del manejo del biofertilizante.

## **III MARCO TEÓRICO**

### **3.1. ORIGEN DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN.**

El cultivo nació en Francia por casualidad en 1650. Unos horticultores se percataron que se desarrollaba sobre la composta usada en las camas calientes del cultivo de melón y emergían con más frecuencia cuando se regaba el estiércol con agua utilizada para lavar los melones.

En 1707 Tournfort, botánico francés mencionó que el champiñón cultivable procedía del caballo y que las esporas se encontraban en forma natural en su excremento.

En 1780, el agricultor francés De Chambry, al observar el desarrollo del hongo estimó que la luz solar no favorecía su crecimiento y consideró que la especie se podía cultivar con mejores resultados en lugares con temperatura y humedad estable (Crespo, 1987). Fue en estos tiempos cuando se descubrió que las galerías y cuevas subterráneas por su microclima reunían condiciones muy favorables para el cultivo en todo el año. A partir de entonces, empezó una verdadera carrera en las grutas y canteras abandonadas.

### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.

#### 3.2.1. Taxonomía.

El champiñón (*Agaricus bisporus*) pertenece a:

Reino: Fungi  
División: Eucomycota  
Clase: Basidiomycetes  
Orden: Agaricales  
Familia: Agaricaceae  
Género: *Agaricus*  
Especie: *bisporus*

clasificado por (Lange) Sing., (Paccioni, 1987).

#### 3.2.2. Morfología.

Son hongos saprófitos cuyas esporas se producen en la parte externa de estructuras claviformes llamadas basidiocarpos, también conocidos con el nombre de setas, que son los hongos de sombrilla o casquete generalmente macroscópicos. De acuerdo a su biología y lugar natural donde crecen, se les considera fungi coprófilos, es decir, que habitan en el estiércol directamente, o el que está diseminado en la tierra (Crespo, 1987).

Las partes fundamentales del champiñón pueden dividirse en dos: parte vegetativa y cuerpos fructíferos (Steineck, 1987).

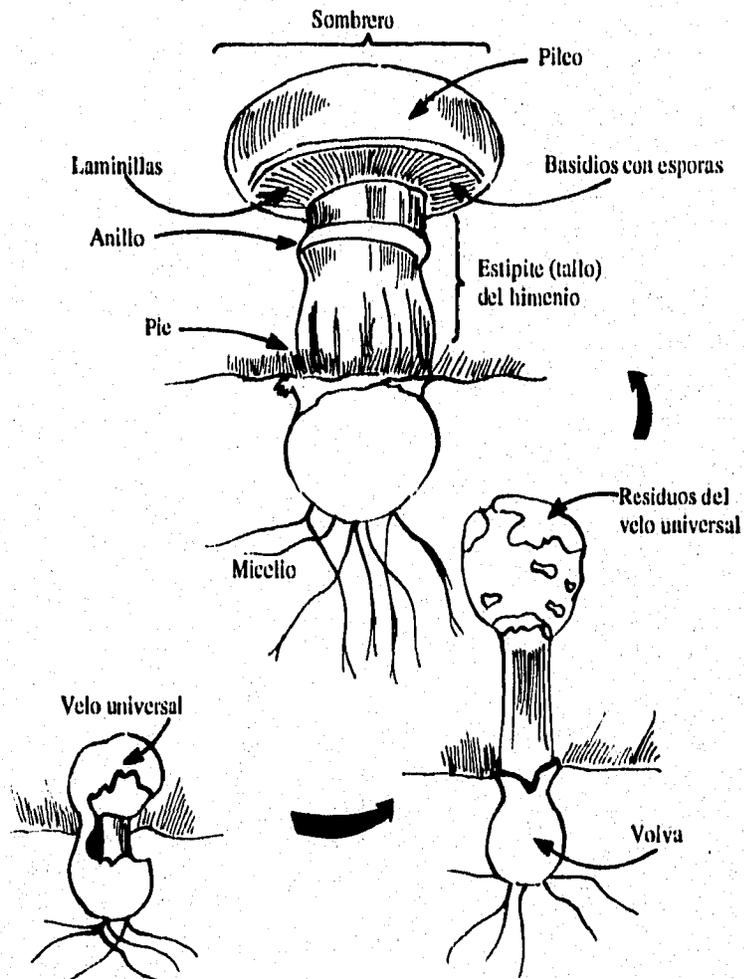
La parte vegetativa es el micelio o talo del champiñón. Esta formado por filamentos de células, tabicadas o no, llamadas hifas, que se reúnen en fascículos más o menos gruesos, que crecen bajo la tierra. Este micelio se extiende por el sustrato adecuado en busca de los nutrientes que necesita para su desarrollo (López, 1990).

Los cuerpos fructíferos son constituidos por carpóforos o basidiocarpos visibles que es lo que vulgarmente se llama champiñón o seta (Cuadro No. 1), cuyas principales partes son:

Pedúnculo o estípite. Es una estructura estéril que eleva al himenóforo a un grado suficiente para permitir que la mayoría de las basidiosporas caigan libres del basidiocarpo y sean llevadas a otros lugares por el viento.

Píleo o cuerpo fructífero. Se forma como una expansión del estípite, comunmente se le denomina sombrero. En la parte inferior del píleo se encuentra el himenio, una fina membrana que recubre unas laminillas radiales bajo el sombrero en donde se producen las esporas (Calonge, 1986).

CUADRO No. 1 DESCRIPCION DEL  
*Agaricus bisporus*



También suele observarse en el estípote un anillo que es el vestigio del velo que cubre al himenóforo antes de la maduración de las esporas.

El píleo tiene una coloración que cambia entre el blanco puro y el paja pálido; se presenta desde casi desnudo hasta finamente o casi escamoso, pudiendo las escamas cubrirlo uniformemente; se muestra seco es decir ni cambia su color cuando se empapa en agua ni varía de viscoso a glutinoso en condiciones de humedad; sus dimensiones son de 30 a 120 mm, la mayor parte de las veces de 3.5 a 10 cm de anchura.

La laminilla radial es blanquizca al principio y finalmente adquiere un color rosado.

El estípote es de color blanco o blanquizco; anillado pero no volvado, sus dimensiones son de 30 a 120 mm, por 10 a 18 mm, a menudo es más grueso por la base.

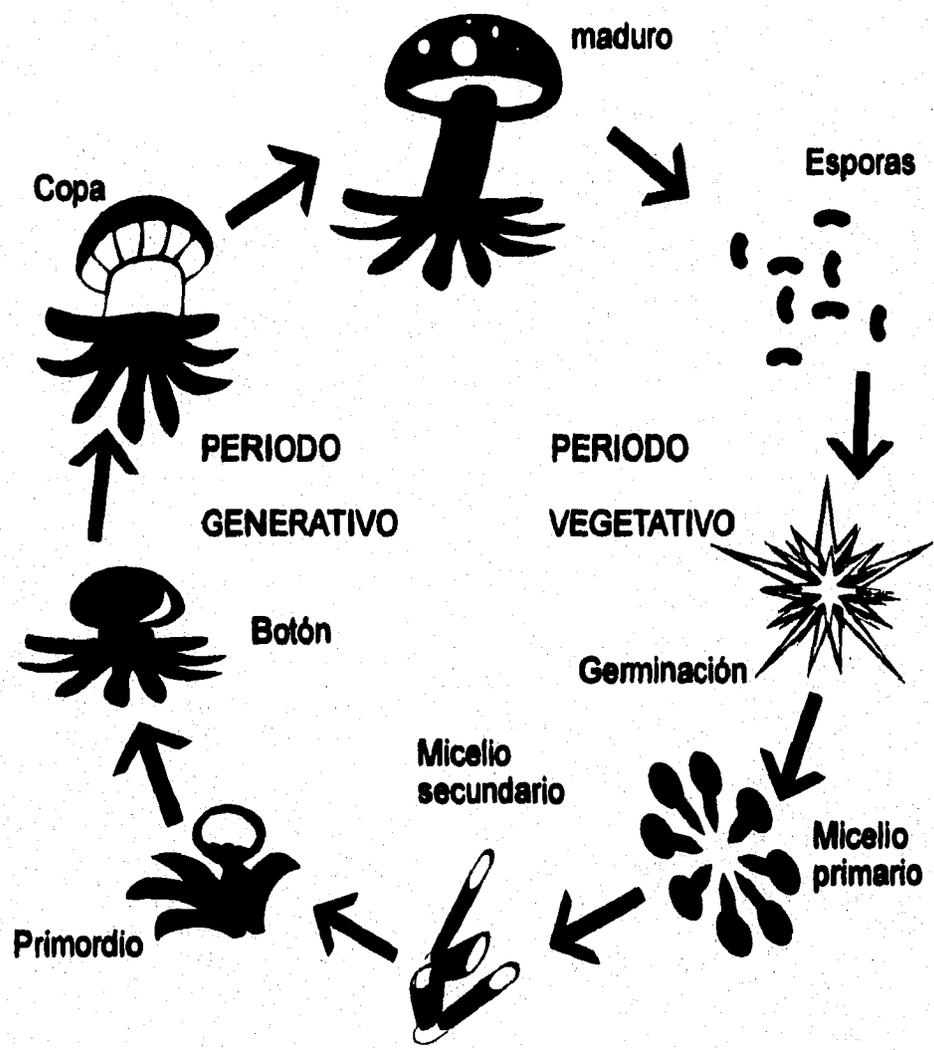
Tiene velo superior que aún cuando es adnato, eventualmente puede ser inferior y descortezado hacia abajo. El tejido interno del carpóforo que soporta al himenóforo es blanco cuando está completamente joven, siendo levemente enrojecido por autooxidación (Guzmán, 1977).

### 3.3. PRODUCCIÓN.

El material que se utiliza como blanco, está constituido por masas de filamentos de hifas inoculado en trigo, que es utilizado para la producción del champiñón. En el momento que se inicia la producción el blanco se organiza en pequeños islotes densos o marcas sobre las cuales aparecen rápidamente elementos o granos, que son las premisas de formación del sombrero del champiñón, reunido con el pié en una masa globulosa mediante un velo parcial. Este velo se desgarrar después en el momento en que se abren los sombreros, de manera que ponen al desnudo las laminillas primero blancas, luego rosas y finalmente casi negras a medida que maduran las esporas microscópicas, que cayendo al suelo empiezan un nuevo ciclo, Cuadro No. 2 (Leal, 1987).

Cuando el carpóforo es joven, el sombrero está cerrado generalmente en forma convexa y está envuelto por un velo que se desgarrar a medida que el hongo madura, permitiendo la apertura del sombrero y dejando en los márgenes o en el punto de unión del mismo con el estípite, fragmentos de membrana o formando en la base del pié una especie de vaina que toma el nombre de túnica (Villanueva, Galván, y Guzmán, 1977).

En la parte inferior del sombrero se hallan los órganos de reproducción (basidio) que residen en las laminillas, bien visibles cuando el carpóforo está abierto (Martínez, 1990).



**CUADRO No. 2. Ciclo de vida del champiñón (*Agaricus bisporus*).  
Fuente: Leal, Hermilo. 1987.**

El proceso del cultivo del champiñón implica la creación de las condiciones ecológicas apropiadas para que se realicen cada una de las fases de su ciclo de vida, por lo tanto, se deben establecer las condiciones ambientales para que se lleve a cabo la fase vegetativa y, después, las correspondientes a la fase generativa o de producción. Previo al desarrollo del hongo se requiere de la preparación de un sustrato adecuado para la propagación del micelio, por lo que deberá reunir ciertas características químicas, físicas y microbiológicas, (Ver Cuadro No. 3).

En el Cuadro No. 4 se muestran las diferentes etapas de que consta el proceso de producción del cultivo. La preparación del sustrato implica un procedimiento que toma más de 3 semanas; en ello se invierte una cantidad sustancial de horas-hombre en el trabajo y en la supervisión para asegurar el éxito. Las materias primas utilizadas son desperdicios de origen vegetal mezclado con estiércol animal; que una vez fermentado se realiza un proceso de esterilización, quedando así, listo para ser inoculado dicho sustrato.

La inoculación se realiza con granos de cereal en donde, después de una esterilización, se ha propagado el micelio de Agaricus. Luego de la inoculación, el micelio de los granos se desarrolla vegetativamente en el sustrato pasteurizado; esto requiere aproximadamente 2 semanas, después de lo cual la

superficie del sustrato es recubierta con una capa de suelo de cobertura que proporcionará las condiciones adecuadas para que el cultivo cambie de la fase vegetativa a la fase generativa. Para ello el micelio debe propagarse de la superficie del sustrato a la de la cobertura. Luego se somete el cultivo a condiciones de inducción, lo que implica un cambio en el régimen de ventilación y evaporación así, como en la temperatura ambiental. De esta manera el cultivo es inducido a entrar a la fase generativa que implica la formación de los esporoforos, los cuales son producidos por el cultivo mediante un patrón cíclico (Leal, 1987).

#### **3.4. VALOR NUTRITIVO.**

Las sustancias que contienen los hongos son de gran importancia medicinal, ya que al ser consumidos por enfermos del corazón y del hígado, se puede disminuir el contenido de colesterol en la sangre; estas sustancias se encuentran en algunas especies de hongos, además, investigadores italianos han observado la disminución del contenido de glucosa en la sangre, después de haberse alimentado con hongos, (Paccioni, 1987).

Según Szent-Gyoryi citado por Calonge, 1986. Descubrió en las setas ciertas sustancias que controlan el cáncer.

CUADRO NO. 3.

INFLUENCIAS GENÉTICAS Y AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE CUERPOS FRUCTÍFEROS DE HONGOS COMESTIBLES.

Propiedades genéticas de las cepas seleccionadas de hongos comestibles

↓  
┌ Producción de cuerpos fructíferos ─┐  
↓ ↓

Propiedades físicas y químicas del sustrato ─┐

┌ condiciones climáticas

↓  
T°C, humedad, aireación, luz.

↓  
Parámetros físicos: ─┐

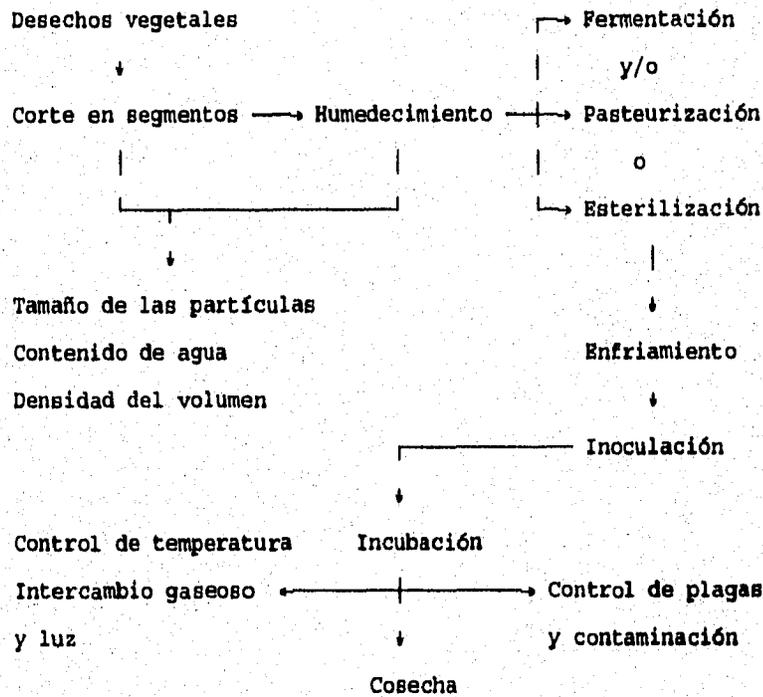
┌ Parámetros químicos:

- \* Contenido de aire y agua
- \* Tamaño de las partículas
- \* Porosidad del sustrato
- \* Intensidad de intercambio gaseoso.

- \* Composición del sustrato
- \* Carbohidratos, polisacáridos lignina, contenido de nitrógeno, proteínas, sustancias de crecimiento, minerales y pH.

Fuente: Leal, Hermilo. 1987.

**CUADRO NO. 4.**  
**ESQUEMA GENERAL DE LA PREPARACIÓN DEL SUSTRATO**  
**PARA EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES**  
**EN DESECHOS LIGNO-CELULÓSICOS**



Fuente: Leal, Hermilo. 1987.

El contenido promedio de proteína en el producto fresco es de 3.06% situándolo en una parte intermedia entre los vegetales y los productos animales, siendo dos veces el contenido de proteína de vegetales como el espárrago, col, zanahoria, naranja y manzana. 100g de hongo fresco proporcionaría 1/5 del requerimiento diario de riboflavina y más de 1/4 de ácido nicotínico para un adulto (Martínez, 1984).

Diferentes carbohidratos han sido identificados, dentro de estos se encuentran: azúcares reductores, glucógeno, hemicelulosa y grandes cantidades de manitol. Este último azúcar tiene un papel fisiológico importante en la asimilación del agua.

El valor calórico de un kilo de champiñón fresco equivale aproximadamente a 330 g de carne de ternera, pero como en la cocción pierden alrededor de 2/3 de agua, el valor calórico equivale al de la carne cruda (De la Cruz, 1984).

El champiñón es una buena fuente de vitaminas aunque las clasificadas como liposolubles (A, D, E y K) son escasas debido al bajo contenido de grasas. En lo que se refiere a vitaminas solubles en agua, por cada 100 g de producto seco se cuenta con: 11 mg de tiamina, 5 mg de riboflavina, 55 mg de niacina, 2 mg de ácido pantoténico y 82 mg de ácido ascórbico.

Al tener un alto contenido de grasas del 2%, el champiñón presenta un bajo contenido energético, por lo que se puede considerar fundamental en la dieta alimenticia, aunque su contenido en aldehydos, grasas esenciales y fosfolípidos es aceptable. 10 diferentes ácidos grasos han sido identificados, destacando el alto nivel del ácido linoléico, excepcionalmente alto comparado con el de los vegetales (Leal, 1987).

El contenido de sales minerales es muy notable, así el fósforo es más abundante en los champiñones frescos y jóvenes con más de 130 mg/100g de peso fresco. Las cenizas del champiñón contienen cantidades apreciables de fósforo, potasio, cobre, fierro, azufre, magnesio, zinc y cobalto, aunque bajos niveles de calcio, por lo que es una fuente en minerales para la alimentación humana (Leal, 1987).

### **3.5. BIOFERTILIZANTE SIRDO**

El Grupo de Tecnología Alternativa S. C., fundado en 1978, ha diseñado, experimentado y desarrollado el "Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos" (SIRDO). El SIRDO se puede considerar como una tecnología alternativa en tanto que pretende dar una solución a la problemática de los servicios urbanos a nivel de los desechos domésticos, siguiendo un camino alternativo al de los países industrializados.

Si bien se puede considerar como una tecnología "apropiada", en términos de que no emplea energéticos fósiles sino energía solar, y de que sustituye capital por organización, no podría considerarse dentro del rango de tecnologías intermedias, dado que no busca ser del dominio público ni pretende ser un proceso de autoconstrucción local. Por el contrario, emplea procesos de manufactura de precisión que implican una cierta especialización, articulando varios maquiladores de la industria, formal e informal, en búsqueda de un nuevo modelo de industrialización donde la participación del usuario está enfocada a una apropiación operativa y no a una apropiación tecnológica.

El SIRDO, establecido como un "Sistema Integral de Reciclamiento de Desechos Orgánicos", en su modalidad húmeda concilia dos principios fundamentales: La descomposición aeróbica de desechos orgánicos con lodos obtenidos a partir de una descomposición anaeróbica del flujo de los excusados convencionales con expulsión por chorro de agua, provenientes de las viviendas conectadas al sistema. Dicho sistema permite obtener un abono orgánico de alta calidad, denominado biofertilizante SIRDO y la obtención de aguas clarificadas mediante el tratamiento de aguas negras domésticas.

Este sistema de tratamiento, de patente mexicana, se encuentra en proceso de perfeccionamiento por el Grupo de Tecnología Alternativa S. C. que le dio origen, a raíz de la

investigación realizada en el Programa IDRC/GTA/SIRDO durante el período de 1989-1992 y financiada por la International Development Research Center (IDRC), Ottawa, Canadá.

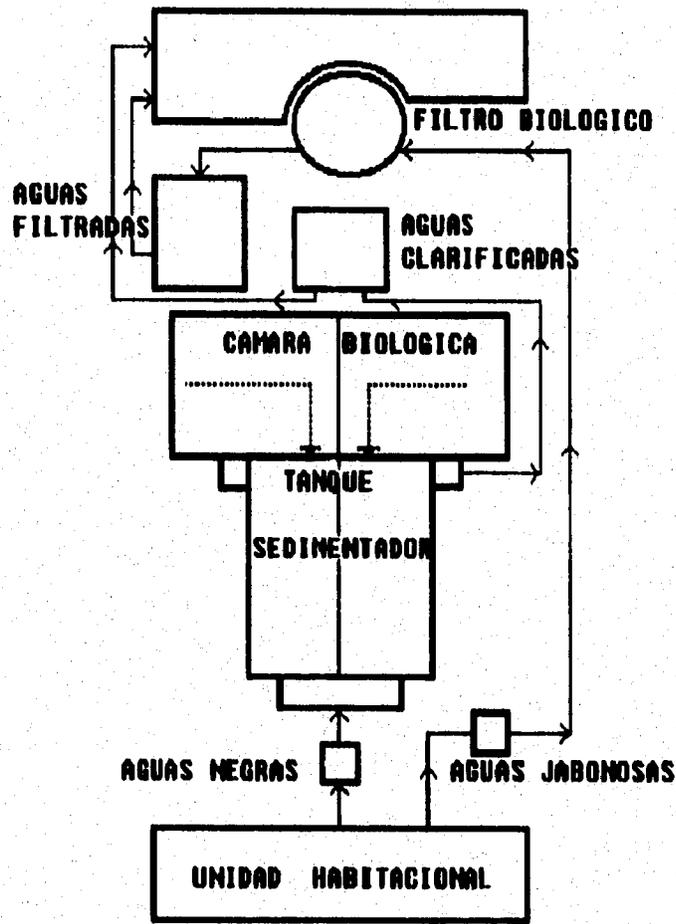
El SIRDO es un sistema híbrido facultativo, que contiene una fase anaeróbica de manejo rápido, la cual genera mediante un tanque de sedimentación acelerada, lodos aptos para aerobiosis a partir de un proceso anaeróbico, y una fase aeróbica lenta que permite la descomposición de todo desecho orgánico sólido, generando un biofertilizante de alta calidad exento de patógenos.

La operación del SIRDO involucra una separación previa de las aguas generadas en la vivienda en dos flujos: jabonosas y negras. Las aguas negras son generadas por los afluentes de los excusados, que pasan al tanque de sedimentación, iniciando un proceso primario de sedimentación acelerada de los sólidos arrastrados por los afluentes. Mediante este proceso se forman tres estratos: Natas, en la parte superior que periódicamente son vaciados a la cámara biológica; agua con sólidos en suspensión, en la parte intermedia, que pasa a una sedimentación secundaria en el lado gemelo del tanque; Por último, lodos frescos sedimentados en el resumidero del primer compartimiento del tanque de sedimentación, siendo rociados cada dos días al interior de la cámara biológica mediante un dispersor de lodos.

El elemento del sistema que transforma los desechos sólidos orgánicos se denomina Cámara Biológica; en ésta se lleva a cabo una descomposición aeróbica, mediante el uso alternativo semestral de un doble receptáculo; respondiendo a las dos fases del proceso aeróbico de degradación de la materia orgánica, ver Cuadro No. 5.

Se realiza la distribución de materia orgánica y es rociada con lodo en la fase de llenado. El uso de energía solar permite evaporar paulatinamente el exceso de líquidos en ambas fases; manteniendo la humedad adecuada en cada capa de desecho sólido introducido. Los desechos orgánicos son distribuidos por capas mediante un dispersor en el primer compartimiento de la cámara biológica, este compartimiento se emplea durante seis meses (fase de llenado), período durante el cual los lodos frescos provenientes del primer tanque de sedimentación son rociados sobre los desechos orgánicos, distribuidos diariamente sobre toda la superficie del compartimiento en uso. A los seis meses se clausura el uso del compartimiento y se comienza el proceso de llenado del segundo, es decir, ambos compartimientos operan alternadamente ocurriendo lo mismo en las dos fases del tanque sedimentador.

En la fase de Secado es donde se desarrolla la conversión de desechos orgánicos a compuestos más simples, toda vez que se favorece una descomposición microbiana de tipo enzimática,



**CUADRO NO. 5. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA SIRD, PATENTADO POR GRUPO DE TECNOLOGÍA ALTERNATIVA S. C. (GTA/IDRC/SIRD, 1990).**

atribuible principalmente a bacterias y hongos, lo que ocasiona una mejor disponibilidad de nutrientes.

Por otro lado, la cámara biológica confiere un microambiente adecuado, que logra un balance de temperatura, humedad, pH, relación C/N y otros nutrientes, favoreciendo una buena actividad de los microorganismos para transformar la materia orgánica en compuestos menos complejos (macro y micronutrientes). De este modo, el microambiente no es favorable a la propagación de microorganismos patógenos, cuya eliminación se logra precisamente mediante este balance.

Las temperaturas al interior de la cámara oscilan entre 35°C y 45°C en promedio, dependiendo esta fluctuación de la profundidad de la cámara de desechos, la actividad microbiana, humedad (40 y 60%) y relación C/N de 15 a 30%.

Una mayor actividad microbiana de organismos termófilos acelera el proceso deseado, disminuyendo la humedad conforme avanza el tiempo; por esto es importante que el colector solar funcione adecuadamente y que no entre agua a la cámara biológica, de lo contrario el producto será seriamente afectado, disminuyendo su calidad y los procesos de equilibrio en los que acontece la degradación.

El proceso de secado se estima en seis meses si las condiciones de temperatura son las óptimas, tiempo durante el cual se realiza una evaporación de excesos de líquidos, y una eliminación de parásitos indeseables, tanto bacterianos como protozoarios y nematelmintos.

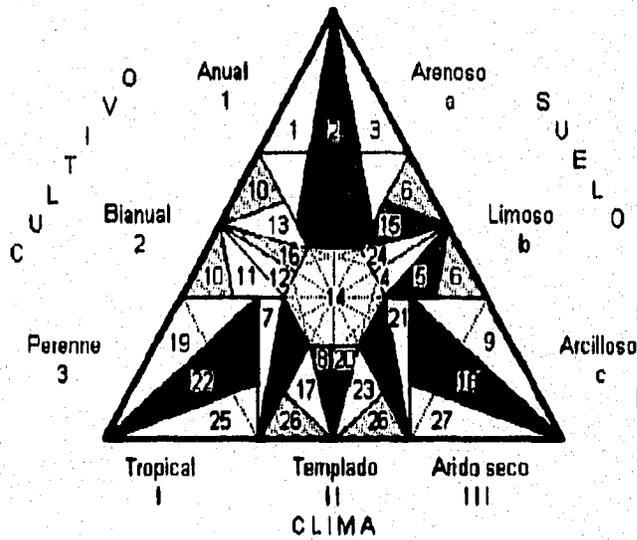
G.T.A. ha desarrollado experimentos contemplando la utilización del biofertilizante SIRDO en diferentes tipos de suelo con cultivos de hortalizas, leguminosas y flor de corte, para lo cual se realizó una clasificación del biofertilizante SIRDO en función del diámetro de partícula, clima, suelo y cultivo, obteniendo la matriz establecida en el Cuadro No. 6.

Ejemplo: En el caso (2-a-II) se tiene un cultivo bianual con un suelo arenoso en un clima templado (Col de bruselas). Para este se recomienda cribado medio, considerado con el # 11 de la Matriz.

Las características del biofertilizante SIRDO son el alto contenido de materia orgánica (entre 40 y 60%) y el alto contenido en macro y micro-nutrientes (Cuadro No. 7). Por otro lado se ha identificado la presencia de la giberelina fitohormona reguladora del crecimiento en una concentración de 2.23 mg/Kg de muestra seca de cribado fino (Laboratorio Nacional de Fomento Industrial, 1987).

CUADRO NO. 6

MATRIZ DE ESTANDARIZACION PARA EL USO DEL  
BIOFERTILIZANTE SIRDO



Elaborado por el Sub-programa agrícola.

Departamento de Investigación de GTA S.C.

Programa IDRC/GTA/SIRDO. 1989-92.

Clave	Tipo de abono	1=CM, CG	2=CM	3=CM	4=CM, CG
CG	Cribado Grueso	5=CM	6=CF	7=CM, CG	8=CF
CM	Cribado medio	9=CF	10=CG, CM	11=CM	12=CM
CF	Cribado fino	13=CM, CG	14=CM	15=CF	16=CM, CG
		17=CM	18=CF	19=CG	20=CG
		21=CM	22=CG	23=CG	24=CM, CF
		25=CG	26=CM, CG	27=CF, CM	

**CUADRO No. 7.**  
**COMPOSICIÓN PROMEDIO DEL BIOFERTILIZANTE SIRDO OBTENIDO**  
**DE LA UNIDAD SIRDO-300.**

COMPONENTE	NIVEL DE CONTENIDO	
pH	6.90-	7.50%
M.O.	60-	80 %
N Total	2.52-	2.75%
P	0.30-	0.57%
K	0.70-	0.80%
Ca	8.94-	9.33%
Mg	0.50-	0.70%
Na	1.00-	2.00%
B	34.4 -	45.5 ppm
Fe	18,000 -	23,000 ppm
Mn	425 -	497 ppm
Cu	43 -	48 ppm
Zn	150 -	331 ppm

Fuente: Grupo de Tecnología Alternativa S. C.  
 Departamento de Investigación  
 G.T.A./IDRC/SIRDO. 1990

Comparando el biofertilizante SIRDO (Cuadro No. 8) con los fertilizantes químicos y orgánicos (gallinaza), se ha observado en el desarrollo y crecimiento de los diversos cultivos hortícolas, una mayor significancia a favor del biofertilizante SIRDO con alta persistencia en el suelo.

Aunque los macro-nutrientes (N, P, K) en los fertilizantes químicos alcanzan porcentajes mayores, en el biofertilizante SIRDO la relación C/N se mantiene dentro de los rangos de 1/15-1/30, la cual hace al nitrógeno del biofertilizante SIRDO sea aprovechable por las plantas (Cuadro No. 8).

<b>CUADRO NO. 8. COMPOSICIÓN DE ELEMENTOS NUTRITIVOS DE LOS FERTILIZANTES QUÍMICOS Y ORGÁNICOS</b>			
<b>FERT. QUÍMICO</b>	<b>N (%)</b>	<b>P (%)</b>	<b>K (%)</b>
Urea	46	--	--
Triple 17	17	17	17
Cloruro de potasio	--	--	60
<b>FERT. ORGANICO</b>			
Equino	0.80	0.30	1.13
Bovino	0.50	0.18	0.80
Gallinaza	1.40	0.44	1.99
Biofertilizante SIRDO	2.75	0.51	2.49

Fuente: Síntesis Informativa G.T.A./IDRC/SIRDO. 1990.

## IV METODOLOGÍA

### 4.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

El área comprendida para la realización del presente proyecto se ubica en Marfa 13, La Cañada, Naucalpan, Estado de México.

Condiciones climáticas del municipio. Se tiene un clima  $C(w_1)(w)b(i')$  según Koppen modificado por Enriqueta García, los datos fueron tomados de la estación Madín, número 035, la cual se encuentra en la zona de influencia, localizado en las coordenadas  $19^{\circ}31'$  longitud Oeste y  $99^{\circ}18'$  latitud Norte.

Clima:  $C(w_1)(w)b(i')$ . Templado subhúmedo con lluvias en Verano, con Verano fresco y largo, Cuadro No. 9.

CUADRO NO. 9. TEMPERATURA, (García, 1981).	
Media anual	12.0 - 18.0°C
mes más frío	3.0 - 18.0°C
mes más caliente	6.5 - 22.0°C

Oscilación térmica entre 5 - 7°C.

Régimen de lluvias (Cuadro No. 10): precipitación del mes más seco menor a 40 mm, Por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvias del mes más húmedo de la mitad caliente del año que el mes más seco, el porcentaje de lluvias es menor al 15% del anual.

**CUADRO NO. 10. RÉGIMEN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN**  
(Estación Madín. García, 1981.)

	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm)
Años	7	28
Enero	11.0	7.8
Febrero	12.6	3.9
Marzo	15.4	6.6
Abril	16.6	22.7
Mayo	17.2	65.4
Junio	16.7	109.0
Julio	17.8	144.0
Agosto	16.7	131.0
Septiembre	16.7	129.0
Octubre	15.2	56.9
Noviembre	13.4	16.8
Diciembre	12.2	7.1

Temperatura media anual: 15°C

Precipitación media anual: 700.5 mm

#### **4.1.1. SUELO.**

Topográficamente es una zona variada, teniendo desde planicies hasta lomeríos muy accidentados (15 - 30% de pendiente), no siendo limitante aún en el caso de lomeríos la implantación de la explotación de champiñón.

Las condiciones del suelo son deficientes, altamente erosionados llegándose a tener la pérdida del Horizonte A y del B en algunos casos, esto también dificulta la implantación de cultivos en la zona bajo condiciones normales de manejo.

#### **4.1.2. URBANIZACIÓN.**

Por ser un municipio urbano, resulta ser un sitio adecuado para la explotación del cultivo de champiñón, ya que se cuenta con un mercado potencial en la zona y en los lugares aledaños; por lo tanto, el champiñón para consumo en fresco se puede vender a un precio más accesible para su consumo en fresco.

#### 4.2. MÉTODOS.

La sucesión experimental realizada en cultivo de champiñón (*Agaricus bisporus*), con la adición biofertilizante SIRDO como sustrato, abono y biofertilizante se realizó de la forma siguiente:

- i. Establecimiento de la infraestructura. Construcción del local; piso, muros, losa, aplanado y pintura del local color blanco; instalación eléctrica, contactos y focos.
- ii. Recubrimiento del piso, ventanas y puerta con polietileno calibre 500 de color negro.
- iii. El Biofertilizante SIRDO se obtuvo del SIRDO-300 localizado en el condominio Los Duraznos, Tepepan, D.F., procediendo a retirar los materiales no biodegradables y biodegradables de gran tamaño, homogenizando el sustrato para esterilizar con bromuro de metilo.
- iv. La semilla de champiñón (semilla de trigo inoculada con micelio) se obtuvo en Hongos Leben S.A. de C.V. México.
- v. Realización de análisis químicos y físicos del Biofertilizante SIRDO, previo al establecimiento de los 2 experimentos, para su caracterización, ver Cuadro No. 11.

CUADRO NO. 11.

DETERMINACIÓN	MÉTODO EMPLEADO
pH	Potenciométrico, relación suelo-agua 1:2.
Conductividad eléctrica	Obtención del extracto vía de saturación y determinada con puente de conductividad.
Capacidad de intercambio catiónico	Acetato de amonio 1N pH 7.0 por centrifugación.
Materia orgánica	Walkley and Black
Clasificación textural	Hidrómetro de Bouyoucos.
Nitrógeno total	Kjeldahl.
Fósforo	Bray-1.
Potasio	Extraído en Acetato de Amonio 1N pH 7.0 (Relación 1:5), y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
Calcio, magnesio	Extraído en Acetato de Amonio 1N pH 7.0 (Relación 1:5), y determinados por volumetría de EDTA.
Hierro, cobre, zinc, manganeso	Extraídos en DTPA en relación 1:4; y determinados por espectrofotometría de absorción atómica.

- vi Análisis del biofertilizante SIRDO, efectuado por el Laboratorio de Investigación y Servicio, Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo (14 de Junio de 1989).
- vii. Las materias primas requeridas para el establecimiento del experimento son: biofertilizante SIRDO, agrolita y semilla de champiñón (*Agaricus bisporus*).

#### 4.2.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.

En el primer experimento se utilizó el biofertilizante SIRDO como sustrato, el cual fue mezclado a diferentes porcentajes con el material inerte agrolita, para determinar si respondía como sustrato en el cultivo de champiñón, en base al siguiente procedimiento:

- a) Se realizó el llenado de las bolsas de polietileno calibre 300 agregando la mezcla de sustrato SIRDO y agrolita, a una profundidad de 21 cm de acuerdo al diseño experimental citado en el Cuadro No. 12.

**CUADRO NO. 12**  
**DISEÑO EXPERIMENTAL, SUSTRATO SIRDO.**

<b>PORCENTAJE DE MEZCLA</b>		
<b>SUSTRATO SIRDO (%)</b>	<b>AGROLITA (%)</b>	<b>TRATAMIENTO (T<sub>n</sub>)</b>
100	00	T <sub>1</sub> Testigo
75	25	T <sub>2</sub>
50	50	T <sub>3</sub>
25	75	T <sub>4</sub>

Con 9 repeticiones y un total de 36 unidades experimentales

- b) Siembra. Se efectuó el 19 de mayo de 1989 con 70g de semilla por unidad experimental, mezclandola con el sustrato a una profundidad de 10 cm.
- c) Riego. Se determinó la capacidad de campo del sustrato, para realizar los riegos a un 70 %, como se recomienda para el cultivo de champiñón utilizando un recipiente graduado, regadera y cubeta.

- d) **Temperatura.** Se mantuvo de 24°C-28°C durante el periodo vegetativo, es decir, en el desarrollo del micelio, disminuyendo de 16°C-18°C en el periodo generativo, mediante el uso de parrillas eléctricas y, para efecto de registro y control de la temperatura se utilizó el termómetro de máximos y mínimos.
- e) **Humedad relativa.** a un 90% en el periodo vegetativo del champiñón y a un 70% en el periodo generativo, se logró mediante vaporizaciones controladas.
- f) **Revocado.** Se realizó para inducir el cambio de periodo vegetativo al periodo generativo del champiñón, mediante la adición de una cobertura de sustrato.

#### **4.2.2. ABONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.**

En el segundo experimento se utilizó el biofertilizante SIRDO como Abono, el cual fue mezclado a diferentes porcentajes con paja, para determinar si respondía como abono en el cultivo de champiñón, en base diseño experimental establecido en el Cuadro No. 13.

Se realizó el compostaje de la mezcla y posteriormente se pasteurizó, procediendo después al llenado de las bolsas a una profundidad de 21 cm.

**CUADRO NO. 13.  
DISEÑO EXPERIMENTAL, ABONO SIRDO.**

ABONO SIRDO (t)	PAJA (t)	TRATAMIENTO. (T <sub>n</sub> )
15	85	T <sub>1</sub>
10	90	T <sub>2</sub>
5	95	T <sub>3</sub>
00	100	T <sub>4</sub> Testigo

4 Tratamientos

9 Repeticiones

Total: 36 Unidades Experimentales.

El control de las condiciones ambientales de temperatura y humedad, y el manejo del cultivo se realizó de la misma forma que en el primer experimento.

#### 4.2.3. BIOFERTILIZANTE SIRDO, TERCER EXPERIMENTO.

Realización de análisis químicos y físicos del biofertilizante SIRDO, previo al establecimiento del tercer experimento, realizado por el Laboratorio de Investigación y Servicio, Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma de Chapingo (diciembre, 1989).

En noviembre de 1989, se inició el acopio de materiales e insumos requeridos: biofertilizante SIRDO, composta paja, composta cuauti y composta leben; semilla de champiñón.

Se efectuó el desalojo de todo el material utilizado en el experimento anterior; sistema de enfriamiento, unidades experimentales, desechar el plástico que cubría el piso. Procediendo posteriormente a trapear el piso con agua y jabón.

Se sellaron ventanas y puerta para desinfectar el local, aplicando formaldehído o formol a una dosis de 0.3% en 15 lt de agua, utilizando una mochila manual para asperjar paredes, piso, ventanas y puerta. Una vez terminada la actividad permaneció cerrado durante 48 horas, para lograr una buena eficiencia del producto, transcurrido este tiempo se recubrió nuevamente el piso con polietileno transparente calibre 500.

Preparación de la composta paja: Se utilizó paja de trigo, sulfato de amonio, carbonato de calcio, sulfato de calcio a una relación de 30:0.3 Kg., humedeciendo la paja 3 días antes de proceder a aplicar el fertilizante químico; mezclando varias veces hasta obtener una buena homogenización de la mezcla. Fermentación: cada 3 días se mezclaba, adicionando agua para mantener húmeda la mezcla.

Por último, se esterilizó mediante pasteurización, utilizando una caldera con una capacidad de 60 lts y una parrilla eléctrica, bolsa tipo maya y un contenedor con orificios para permitir la salida del vapor a presión al tanque pasteurizador, evitando el contacto directo del agua con la composta. Una vez instalado y preparado se deja que el agua alcance su punto de ebullición, pasteurizando la composta durante un período de 20 minutos.

Se procedió al llenado de las bolsas de polietileno transparente calibre 300, de acuerdo al diseño experimental establecido en el Cuadro No. 14, para cada una de las compostas.

Siembra: se llevó a cabo en diciembre de 1989, utilizando 80g de semilla de champiñón por unidad experimental, mezclando con la composta y el biofertilizante SIRDO.

A los 15 días de efectuada la siembra se realizó el revocado adicionando una capa de 2-3cm de tierra, para inducir el cambio del período vegetativo al período generativo modificando las condiciones ambientales requeridas.

CUADRO NO. 14

DISEÑO EXPERIMENTAL, BIOFERTILIZANTE SIRDO.

ABONO SIRDO (%)	COMPOSTA PAJA (%)	TRATAMIENTO. (PT <sub>n</sub> )
15	85	T <sub>1</sub>
10	90	T <sub>2</sub>
5	95	T <sub>3</sub>
00	100	T <sub>4</sub> Testigo
Bf SIRDO (%)	COMPOSTA LEBEN (%)	TRATAMIENTO (LT <sub>n</sub> )
15	85	LT <sub>1</sub>
10	90	LT <sub>2</sub>
5	95	LT <sub>3</sub>
00	100	LT <sub>4</sub>
Bf SIRDO (%)	COMPOSTA CUAUTI (%)	TRATAMIENTO (CT <sub>n</sub> )
15	85	CT <sub>1</sub>
10	90	CT <sub>2</sub>
5	95	CT <sub>3</sub>
00	100	CT <sub>4</sub>

Bf = biofertilizante

Lo anterior con 12 tratamientos, 4 repeticiones

Total 48 unidades experimentales.

## **V RESULTADOS**

Los resultados de las determinaciones analíticas realizadas al biofertilizante SIRDO del condominio "Los Duraznos", Tepepan, D.F., utilizado en el cultivo de champiñón para el 1° y 2° experimento, se describen en el Cuadro No. 15.

### **5.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.**

A los tres días de efectuada la siembra, se observó el inicio del desarrollo del micelio y fue diferencial para cada uno de los tratamientos. En  $T_2$  y  $T_3$  el desarrollo del micelio es más abundante (7 de junio), le sigue  $T_4$  con desarrollo menos denso que los anteriores, finalmente  $T_1$  con el menor desarrollo del micelio, dando un aspecto de ralo, cabe aclarar que esta apreciación es de tipo cualitativo y se realizaron observaciones hasta la tercera semana del desarrollo del micelio antes de inducir a fructificación, apreciando lo siguiente:

$T_1$  (100% SIRDO- 00% agrolita), el micelio se estableció en forma muy raquítica y aislada, teniendo un aspecto fibroso y poco ramificado.

CUADRO NO. 15. DETERMINACIONES ANALÍTICAS, (U.A.CH., 1989).

	DETERMINACIÓN	RESULTADO
QUÍMICOS	pH	6.8
	Conductividad Eléctrica	15.5 dS/m
	Capacidad de intercambio catiónico	95.7 meq/100g
FÍSICO-QUÍMICO	Materia orgánica	31.4 %
FÍSICOS	Arena	52.4 %
	Limo	30.0 %
	Arcilla	17.6 %
	Clase Textural	Franco Arenoso
MACRONUTRIENTES	Nitrógeno total	1.82 %
	Fósforo	309 ppm
	Potasio	2,491 ppm
	Calcio	3,667 ppm
	Magnesio	973 ppm
MICRONUTRIENTES	Hierro	94.7 ppm
	Cobre	6.2 ppm
	Zinc	99.1 ppm
	Manganeso	36.3 ppm

T<sub>2</sub> (75% SIRDO-25% agrolita), el micelio mostró un desarrollo más abundante y aglomerado, dando el aspecto de filamentos más gruesos, dando lugar a la formación de granos, siendo este el momento del cambio del período vegetativo al generativo.

T<sub>3</sub> (50% SIRDO-50% agrolita), el desarrollo del micelio es abundante, se vuelve a la vez menos denso y aglomerado, con una mayor formación de filamentos delgados, distribuidos más homogéneamente en este tratamiento.

T<sub>4</sub> (25% SIRDO-75% agrolita), el micelio se ha establecido en forma menos abundante y densa, presentando filamentos más delgados que el T<sub>3</sub>, dando un aspecto de poco fibroso pero más desarrollado.

Se considera que no es adecuado el 100% SIRDO-00% agrolita de sustrato, para el desarrollo y crecimiento del micelio, observando más abundancia del micelio en el tratamiento de 75% SIRDO-25% agrolita.

Al inducir a fructificación, mediante el cambio de las condiciones ambientales, no se obtuvo ningún desarrollo de cuerpos fructíferos, por lo que se consideró la realización de un segundo experimento.

#### **5.2. ABONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.**

Los resultados obtenidos en este experimento son: Del crecimiento y desarrollo en el período vegetativo, el micelio se estableció en forma más densa desde el inicio, dando un aspecto de algodón, por lo que, se esperaba obtener mejores resultados

en la producción del cuerpo fructífero del champiñón. Para este experimento el mejor desarrollo del micelio se obtuvo en T<sub>2</sub> (10% SIRD0- 90% paja.). Pero al inducir a fructificación ésta no se logró. En el testigo T<sub>4</sub> (00% SIRD0-100% paja), hubo la emergencia de otro hongo (*Panaeolus sphinctrinus*) que alcanza una longitud de 5-6 cm, siendo de coloración verdosa, presente debido a la existencia de esporas de dicho hongo en la paja.

### 5.3. BIOFERTILIZANTE SIRD0, TERCER EXPERIMENTO.

Los resultados de las determinaciones analíticas del biofertilizante SIRD0, del condominio "Los Duraznos", Tepepan, D.F., se describen en el Cuadro No. 16.

Los resultados del tercer experimento en el periodo vegetativo del champiñón son los siguientes: Un crecimiento muy denso del micelio para el caso de LT<sub>n</sub>; menor desarrollo en CT<sub>n</sub> que en el anterior y; en relación a PT<sub>n</sub> no se obtuvo ningún resultado, debido a la presencia de ácaros del género *Tyroglyphus* durante el periodo vegetativo del cultivo, retirando del experimento las unidades experimentales de PT<sub>n</sub> para evitar la proliferación de ácaros a los otros tratamientos.

**CUADRO No. 16. DETERMINACIONES ANALÍTICAS, (U.A.CH. 1990).**

	DETERMINACIÓN	RESULTADO
QUÍMICOS	pH	6.8
	Conductividad eléctrica	14.0 dS/m
FÍSICO-QUÍMICO	Materia orgánica	30.3 †
FÍSICOS	Arena	51.4 †
	Limo	32.8 †
	Arcilla	15.8 †
	Clase Textural	Franco
MACRONUTRIENTES	Nitrógeno total	1.62 †
	Fósforo	329 ppm
	Potasio	13,204 ppm
	Calcio	4,529 ppm
	Magnesio	1,338 ppm

El brote de los cuerpos fructíferos se presentó desde el cuarto día de realizado el revocado, iniciando los cortes desde la primera hasta la tercera semana, logrando obtener producción de cuerpos fructíferos en mayor cantidad en LT<sub>n</sub> (Cuadro No. 17), cuantificando un total de 9 cortes (83.594 Kgs); en CT<sub>n</sub> solamente se logró obtener 3 cortes, descritos en el Cuadro No. 18. Con esto, se ha logrado cubrir el objetivo de trabajo de la investigación planteada para la producción del champiñón.

**CUADRO No.17. RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE LOS CORTES  
REALIZADOS EN EL CULTIVO, CON LA UTILIZACIÓN DEL  
BIOFERTILIZANTE SIRDO EN COMPOSTA LEBEN (LT<sub>n</sub>).**

REP.	LT <sub>1</sub>	LT <sub>2</sub>	LT <sub>3</sub>	LT <sub>4</sub>	TOTAL	X
1	7.023	6.120	5.023	2.373	20.539	5.135
2	8.040	5.846	5.272	1.987	21.145	5.286
3	7.508	6.804	4.815	2.012	21.139	5.285
4	7.481	6.256	4.731	2.303	20.771	5.193
TOTAL	30.052	25.026	19.841	8.675	83.594	---
( X )	7.513	6.257	4.960	2.169	---	5.225
VAR					4.009	
S.T.D.					2.002	

**CUADRO No.18. RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE LOS CORTES  
REALIZADOS EN EL CULTIVO, CON LA UTILIZACIÓN DEL  
BIOFERTILIZANTE SIRDO EN COMPOSTA CUAUTI (CT<sub>n</sub>).**

REP.	CT <sub>1</sub>	CT <sub>2</sub>	CT <sub>3</sub>	CT <sub>4</sub>	TOTAL	X
1	0.210	0.099	0.110	0.032	0.451	0.113
2	0.230	0.169	0.066	0.000	0.465	0.116
3	0.149	0.073	0.170	0.000	0.392	0.098
4	0.152	0.151	0.120	0.000	0.423	0.106
TOTAL	0.741	0.492	0.466	0.032	1.731	---
( X )	0.185	0.123	0.117	0.008	---	0.108
VAR					0.005	
S.T.D.					0.072	

## **VI ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **6.1. SUSTRATO SIRDO, PRIMER EXPERIMENTO.**

El poco crecimiento en  $T_1$  se atribuye a la alta concentración de materia orgánica que siendo de 31.4% no permitió un equilibrio en el balance nutricional del champiñón con el sustrato, por lo que su desarrollo fue abatido; a diferencia de  $T_2$ , donde se obtuvo el mejor desarrollo del micelio, debido posiblemente al equilibrio existente de la relación C/N con la materia orgánica, ya que la concentración disminuyó en función del volumen mezclado con agrolita.

En el caso  $T_3$ , hubo un abatimiento de nutrientes al mezclar 50% SIRDO-50% agrolita, quedando por debajo del contenido nutrimental requerido para el adecuado desarrollo del micelio, siendo menos denso y con filamentos más delgados, por lo que se deduce que el rango de mezcla óptimo puede estar entre los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$ ; para el caso  $T_4$  se obtuvo más desarrollo que en  $T_1$ , y menos en relación a  $T_2$  y  $T_3$ , siendo la posible causa el abatimiento de nutrientes al mezclar una porción menor de sustrato con una mayor de agrolita (25%-75%). Disminuyendo, por lo tanto, el contenido de materia orgánica, calcio, nitrógeno y la relación C/N.

En este experimento, únicamente se pudo apreciar en forma cualitativa el desarrollo del micelio, durante el período vegetativo del champiñón, y de los análisis de laboratorio efectuados al sustrato SIRDO, en función de la caracterización físico-química. Esperando corroborarlo o modificarlo de acuerdo a la producción del champiñón, en forma cuantitativa para un segundo experimento.

El Sustrato SIRDO, al mezclarse con un material inerte (Agrolita), no ofrece las condiciones nutricionales necesarias para el crecimiento y desarrollo normal del cultivo de champiñón, principalmente para el período generativo. Ya que, en el período vegetativo se ha logrado un mejor crecimiento del micelio, por lo anterior, se cambió de estrategia metodológica, considerando al sustrato SIRDO no como un soporte tal cual, sino como un abono, al contemplar su mezcla con un material orgánico (paja). Realizando el proceso de fermentación y pasteurización contemplados para el segundo experimento.

## **6.2. AONO SIRDO, SEGUNDO EXPERIMENTO.**

Se obtuvo un desarrollo más denso del micelio, dando un aspecto algodonoso, presentando un mejor desarrollo en el tratamiento 10% SIRDO-90% paja, pero al realizar el revocado no hubo emergencia de cuerpos fructíferos.

Considerando la sucesión experimental efectuada a la fecha, se establece que el biofertilizante SIRDO, no brinda las condiciones necesarias para el buen desarrollo de cuerpos fructíferos del champiñón ya sea como sustrato o abono, sin embargo, para el crecimiento del micelio en algunos porcentajes de mezcla, se lograron buenos resultados. Por lo que se decidió utilizarlo como biofertilizante, adicionado a tres compostas, para el establecimiento del tercer experimento.

### **6.3. BIOFERTILIZANTE SIRDO, TERCER EXPERIMENTO.**

Considerando los valores de varianza y desviación standar en las 2 compostas: 4.009 y 2.002 para  $LT_n$  (Cuadro No. 17) y; 0.005 y 0.072 para  $CT_n$  (Cuadro No. 18), representan una variación standar muy baja, debido a las condiciones medio-ambientales que se mantuvieron estrictamente controladas durante el desarrollo de la investigación en cada una de las etapas. Por lo anterior, la diferencia en la producción de champiñón en cada tratamiento fue originada unicamente por la adición del biofertilizante SIRDO en cada composta y no por el error experimental.

En la tabla de análisis de varianza (Anexo I), se determinó una diferencia altamente significativa entre tratamientos, aún en el nivel alfa de 0.01, con un valor  $F_{tablas} = 5.42$  inferior a la  $F_c = 209.46$ , por lo que se rechaza la igualdad de tratamientos; procediendo a realizar las pruebas de comparación

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

múltiple de medias (CMM), determinando los diferentes grados de significancia entre tratamientos.

Realizando la prueba de Tukey (Anexo II), que es una prueba exacta y muy confiable, consistente en el hecho de que cualquiera que sea el número de Medias que entran en la comparación, el nivel de significancia  $\alpha$ , se mantiene constante, obteniendo lo siguiente:

Se obtuvo diferencia altamente significativa (d \* \* \* \*) entre  $LT_1$  y  $LT_2$  que corresponden al 15% y 10% de biofertilizante SIRDO en relación al testigo  $LT_4$ . En  $LT_3$  con un porcentaje del 05% se logró un nivel c(\* \* \*) de significancia. Además, de presentarse diferencias significativas entre los tratamientos  $LT_1$  con  $LT_2$  y  $LT_3$ , con un nivel de significancia c (\* \* \*) y b (\* \*) respectivamente. Una situación similar se presentó en  $CT_n$  al compararse entre sí misma (Anexo III). Pero al compararse con  $LT_n$ , no obtiene ninguna diferencia significativa, quedando  $CT_n$  muy por abajo de lo registrado en  $LT_n$ .

## VII CONCLUSIONES

- \* El sustrato SIRDO, al mezclarse con un material inerte (agrolita), no ofrece las condiciones nutricionales necesarias para el crecimiento y desarrollo normal del cultivo de champiñón, principalmente en el período generativo y en el período vegetativo se ha logrado un mejor crecimiento del micelio
- \* El biofertilizante SIRDO es más eficiente en el cultivo de champiñón cuando se aplica como biofertilizante y no es recomendable su uso como sustrato o abono.
- \* Una adición del 15% de biofertilizante SIRDO en compostas elaboradas incrementa la producción del cultivo.
- \* Al adicionarlo en paja, no permite el buen desarrollo del cultivo.
- \* La composta  $LT_n$  responde mejor que  $CT_n$  a la adición del biofertilizante SIRDO.

## VIII BIBLIOGRAFÍA

- \* Calonge, F. (1986). Hongos. Mundi-Prensa. España.
- \* Crespo, M. (1987). Cultivo Comercial del Champiñón. Albatros. Buenos Aires.
- \* De la Cruz T., E. (1984). Estandarización del Proceso de Producción de Champiñón (*Agaricus bisporus* Lange). UACH. México.
- \* Douglas, S. (1970). Dinero y Alimento en las Setas. Tierra. México.
- \* Escamilla, A. y Ruiz, R. (1990). Valoración del Sustrato SIRDO, en Relación a Diferentes Porcentajes de Mezclas con Agrolita y Grosor de la Capa de Sustrato en cm., en Cultivo de Champiñón (*Agaricus bisporus*). Boletín de Semestre de Campo No. 5. FES-Cuautitlán, UNAM. México.
- \* Escamilla, A. y Ruiz, R. (1990). Tercer Informe Semestral, Subprograma Agrícola. IDRC/GTA/SIRDO. Ottawa, Canada.

- \* Fletcher y Gaze. (1991). Champiñones, Control de Enfermedades y Plagas. Acribia. España.
- \* García, E. (1980). Apuntes de Climatología. Offset Larios. México.
- \* García, E. (1981). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Offset Larios. México.
- \* Guzmán, G. (1975). New and Interesting Species of Agaricales of México. Cramer. Vaduz, Alemania.
- \* Guzmán, G. (1977). Identificación de los Hongos Comestibles, Venenosos, Alucinantes y Destruyores de la Madera. Limusa. México.
- \* Guzmán, G. (1978). Hongos. Limusa. México.
- \* Guzmán, G. (1983). Los Hongos de la Península de Yucatan. Biótica. Vol. 8-1. México.
- \* Guzmán y Martínez. (1985). Planta Productora de Hongos Comestibles sobre Pulpa de Café. Ciencia y Desarrollo # 65 año XI, Nov-Dic. México.

- \* Grupo de Tecnología Alternativa S. C. (1982). Manual del Bioterero, SIRDO húmedo. G.T.A. México.
- \* Grupo de Tecnología Alternativa S. C. (1990). Síntesis Informativa del Proceso SIRDO - Húmedo. Departamento de Investigación IDRC/GTA/SIRDO. México.
- \* Hayes, W. (1977). Compostig. M.G.A. London.
- \* Hunte, A. (1973). Champignonanbau im Haup-und Nebenerwerd, 7Th. Paul Parey, Herlin.
- \* Leal, H. (1985). Prospectiva de la Biotecnología en México. CONACYT. México.
- \* Leal, H. (1987). El Cultivo de Champiñón y otros Macromicetos Comestibles. CONACYT. México.
- \* López, E. (1990). Cultivo de Champiñón, la Trufa y otros Hongos. Aedos. España.
- \* Martínez, D. y Larqué, A. (1990). Biotecnología en la Producción de Hongos Comestibles. Ciencia y desarrollo. Vol. XVI, # 95. Noviembre-Diciembre. México.

- \* Martínez, Conrado y Salmones (1984). Perspectivas sobre el Cultivo de Hongos Comestibles en Residuos Agroindustriales de México. *Bol. Soc. Mex. Mic.* 19.
- \* Paccioni, G. (1987). El Cultivo Moderno del Champiñón. Vechi. España.
- \* Sholto, D. (1980). Dinero y Alimento en las Setas. Tierra. México.
- \* Steineck, H. (1987). Cultivo Comercial del Champiñón. Acribia. España.
- \* Vega, H. (1985). Evaluación de 5 Diferentes Sustratos Orgánicos para la Producción de Champiñón (*Agaricus bisporus*) bajo Condiciones de Invernadero. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México.
- \* Vedder, P. J. C. (1986). Cultivo Moderno del Champiñón. Mundi-Prensa. México.
- \* Villanueva, Galvan y Guzmán (1977). Estudio Florístico Sobre los Hongos. UNAM. México.

**ANEXOS**

## ANEXO I.

### ANÁLISIS DE VARIANZA, COMPOSTA LEBEN ( $LT_n$ ).

FACTOR DE CORRECCIÓN:  $(Y_{..})^2 + rt = (\sum Y_{ij})^2 + rt = Y^2_{..} + rt$

$$F. C. = (83.594)^2 + (4 \cdot 4) = 6\ 987.95 + 16 = 6\ 967.74$$

SUMA DE CUADRADOS TOTAL:  $\sum_{i,j} Y^2_{ij} - [(Y_{..})^2 + rt]$

$$SCTo = [(7.023)^2 + (6.120)^2 + \dots + (2.303)^2] - 436.74$$

$$SCTo = 500.88 - 436.74 = 64.14$$

SUMA DE CUADRADOS POR TRATAMIENTO:  $\sum_{i=1}^r Y_i \cdot r - Y^2_{..} + rt$

$$SCTrat = [(30.052)^2 + 4 + \dots + (8.675)^2 + 4] - 436.74$$

$$SCTrat = 499.58 - 436.74 = 62.84$$

SUMA DE CUADRADOS DEL ERROR:  $SCTo - SCTrat = 64.14 - 62.84 = 1.3$

TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA.  $LT_n$

MÓDELO:  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab ( )
TRATS.	t-1		Sct/GLt	Cmt/CME	0.05 0.01
	4-1 = 3	62.84	20.94	209.46	3.29 5.42
ERROR EN TRATS.	t(r-1)		SCE/GLE		
	4(4-1)=12	1.3	0.10		
TOTAL	rt-1				
	4 \cdot 4 - 1 = 15	64.14			

REGLA DE DECISIÓN. Si  $F_c > F_t \rightarrow$  RECHAZAR  $H_0: T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ , Y

ACEPTAR  $H_1: T_1 = T_2 = T_3 = T_4$

Si  $F_c < F_t \rightarrow$  No rechazar  $H_0$ :

$F_c = 209.46 > F_t = 5.42 \rightarrow$  Rechazamos  $H_0$ .

**ANEXO II.**

**PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS (CMM).**

TUKEY:  $An = g^2$

$r E \approx Sx$

$$Sx = \sqrt{\frac{S}{r}} = \sqrt{\frac{CME}{R}}$$

$$\frac{0.10}{4}$$

$$Sx = \sqrt{\quad} = 0.15$$

$$An = 4.20 \cdot 0.15 = 0.63$$

	00%	05%	10%	15%
	2.168	4.960	6.254	7.513
	1	2	3	4
	00%	05%	10%	15%
$Y_4 - Y_3$		7.513 - 6.256	1.257 > 0.63	(b) * *
$Y_4 - Y_2$		7.513 - 4.960	2.553 > 0.63	(c) * * *
$Y_4 - Y_1$		7.513 - 2.168	5.345 > 0.63	(d) * * * *
$Y_3 - Y_2$		6.256 - 4.960	1.296 > 0.63	(b) * *
$Y_3 - Y_1$		6.256 - 2.168	4.088 > 0.63	(d) * * * *
$Y_2 - Y_1$		4.960 - 2.168	2.792 > 0.63	(c) * * *

### ANEXO III.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA, COMPOSTA CUAUTI (CT<sub>n</sub>).

FACTOR DE CORRECCIÓN:  $(Y_{..})^2 + rt = (\sum Y_{ij})^2 + rt = Y^2_{..} + rt$

$$F. C. = (1.731)^2 + (4 \cdot 4) = 0.187$$

SUMA DE CUADRADOS TOTAL:  $\sum_{i,j} Y_{ij}^2$

$$\sum_{i,j} Y_{ij}^2 = [(Y_{..})^2 + rt]$$

$$SCTo = [(0.210)^2 + (0.099)^2 + \dots + (0.000)^2] - 0.187$$

$$SCTo = 0.270 - 0.187 = 0.083$$

SUMA DE CUADRADOS POR TRATAMIENTO:  $\sum_{i=1}^r Y_{i.}^2 + r - Y^2_{..} + rt$

$$\sum_{i=1}^r Y_{i.}^2 + r - Y^2_{..} + rt$$

$$SCTrat = [(0.741)^2 + 4 + \dots + (0.032)^2 + 4] - 0.187$$

$$SCTrat = 0.252 - 0.187 = 0.065$$

SUMA DE CUADRADOS DEL ERROR:  $SCTo - SCTrat = 0.083 - 0.065 = 0.018$

TABLA DE ANÁLISIS DE VARIANZA. CT<sub>n</sub>

MÓDELO:  $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F tab ( )
TRATS.	t-1		Sct/GLt	Cmt/CME	0.05 0.01
	4-1 = 3	0.065	0.021	21	3.29 5.42
ERROR EN	t(r-1)		SCE/GLE		
TRATS.	4(4-1)=12	0.018	0.001		
TOTAL	rt-1				
	4 \cdot 4 - 1 = 15	0.083			

REGLA DE DECISIÓN. Si  $F_c > F_t \rightarrow$  RECHAZAR  $H_0$ ;  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$ , Y

ACEPTAR  $H_1$ ;  $T_1 = T_2 = T_3 = T_4$

Si  $F_c < F_t \rightarrow$  No rechazar  $H_0$ :

$F_c = 21 > F_t = 5.42 \rightarrow$  Rechazamos  $H_0$ .

**ANEXO IV.**

**PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA DE COMPARACIÓN MULTIPLE DE MEDIAS (CMM).**

TUKEY.  $An = q^l$

,  $r E \approx Sx$

$$Sx = \sqrt{\frac{S}{r}}$$

$$\frac{S}{r} = \frac{CME}{R}$$

$$\frac{0.001}{4}$$

$$Sx = \sqrt{\frac{0.001}{4}} = 0.015$$

$$An = 4.20 \cdot 0.015 = 0.063$$

00%	05%	10%	15%
0.008	0.116	0.123	0.185
1	2	3	4
$Y_4 - Y_3$	0.185 - 0.123	0.062 > 0.063	NS
$Y_4 - Y_2$	0.185 - 0.116	0.068 > 0.063	(a) *
$Y_4 - Y_1$	0.185 - 0.008	0.177 > 0.063	(b) * *
$Y_3 - Y_2$	0.123 - 0.116	0.006 > 0.063	NS
$Y_3 - Y_1$	0.123 - 0.008	0.115 > 0.063	(a) *
$Y_2 - Y_1$	0.116 - 0.008	0.109 > 0.063	(a) *

**ANEXO V**

**SECUENCIA FOTOGRAFICA QUE  
MUESTRA LAS DIFERENTES  
ETAPAS DE LA SUCESION  
EXPERIMENTAL**

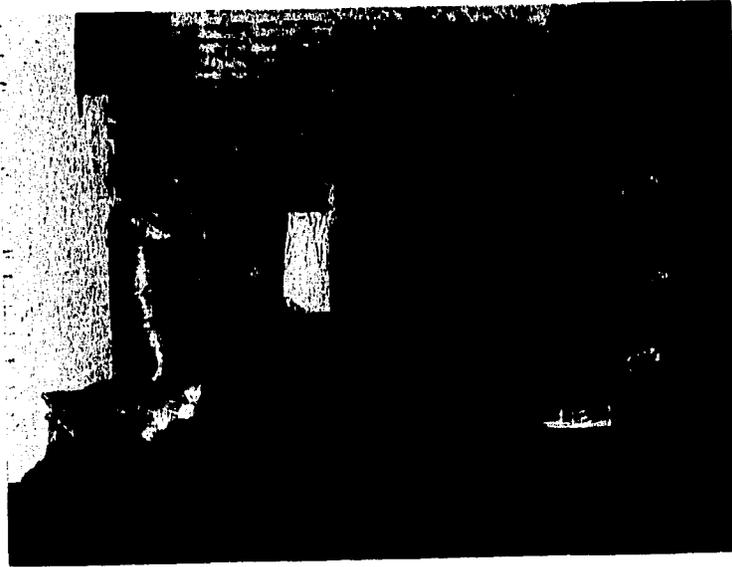


FOTO 1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS UTILIZADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LA SUCESIÓN EXPERIMENTAL REALIZADA.

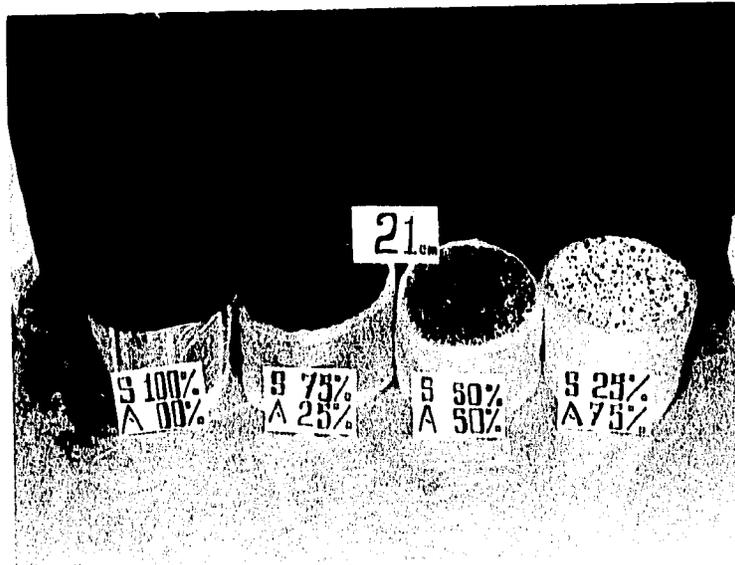


FOTO 2. ASPECTOS DE LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE MEZCLAS, ESTABLECIDOS EN EL PRIMER EXPERIMENTO (SUSTRATO SIRDO).



FOTO 3. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES POR TRATAMIENTO.



FOTO 4. PERSPECTIVA DEL TRATAMIENTO 75% SIRDO-25% AGROLITA, DESARROLLO ACEPTABLE DEL MICELIO.

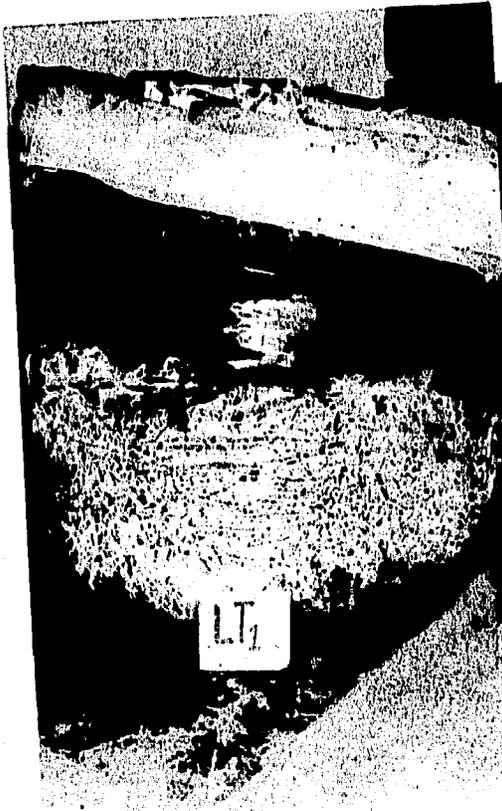


FOTO 5.

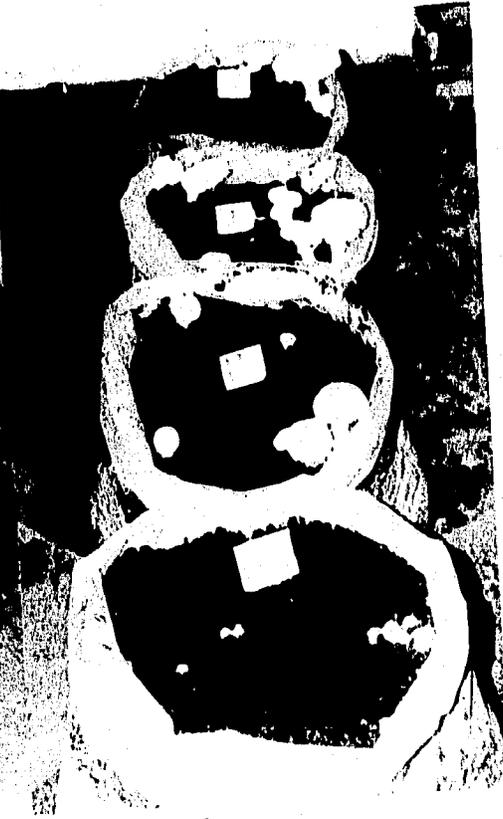


FOTO 6.

FOTO 5. PERSPECTIVA DE  $LT_1$ , SE OBSERVA EL DENSO DESARROLLO DEL MICELIO.

FOTO 6. PRODUCCIÓN DE CHAMPIÑÓN EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE  $LT_n$ .

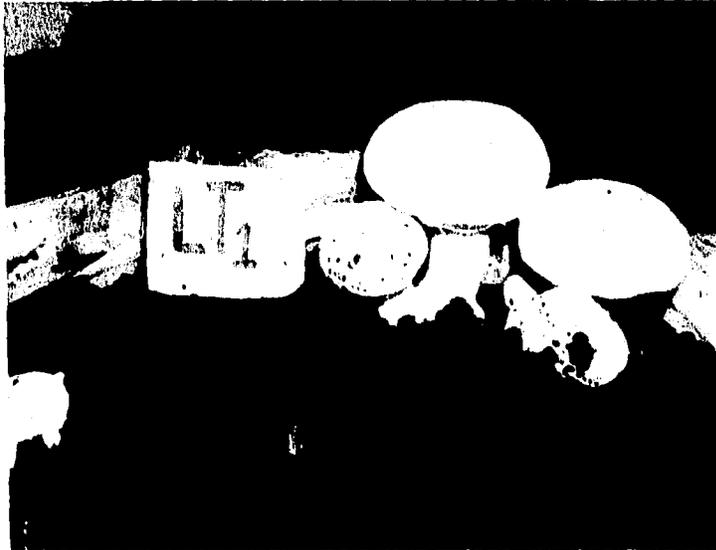


FOTO 7. TRATAMIENTO LT, SE OBSERVAN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL DESARROLLO DEL CHAMPIÑÓN DURANTE EL PERÍODO GENERATIVO.



FOTO 8. CARACTERÍSTICAS DEL CHAMPIÑÓN COSECHADO EN EL TERCER EXPERIMENTO (BIOFERTILIZANTE SIRD).