

11821  
23



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**EVALUACIÓN DE DAÑOS DE *Brennandania lambi* Y *Pediculaster  
mexembrinae* (Acari: Pygmephoroidea), EN SU INTERACCIÓN CON  
LA APLICACIÓN DE UN PAQUETE DE PRODUCTOS QUÍMICOS  
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CHAMPIÑÓN (*Agaricus bisporus*).**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERA AGRICOLA  
P R E S E N T A :  
CAROLINA PÉREZ MARTÍNEZ**

**ASESOR: M.C. YAZMÍN CUERVO USÁN  
COASESOR: DR. GABRIEL OTERO COLINA**

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. DE MEX.

2003

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1



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.



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

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 P R E S E N T E

SECRETARÍA DE  
 EXAMENES PROFESIONALES

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijare,  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

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

Evaluación de daños de *Brennandania lambi* y *Pediculaster mesembrinae* (Acari: Pygmephoridae), en su interacción con la aplicación de un paquete de productos químicos sobre la producción de champiñón (*Agaricus bisporus*).

que presenta la pasante: Carolina Pérez Martínez  
 con número de cuenta: 97561664 para obtener el título de :  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de Octubre de 2003

PRESIDENTE Dra. Rosa Navarrete Maya  
 VOCAL M.E. José Leonides Sánchez González  
 SECRETARIO M.C. María del Yazmín Cuervo Usán  
 PRIMER SUPLENTE Ing. Edgar Ornelas Díaz  
 SEGUNDO SUPLENTE M.C. Juan Roberto Guerrero Agama

*Rosa Navarrete Maya*  
*[Signature]*  
*[Signature]*  
*[Signature]*

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

## **Dedicatorias**

**A mis padres:  
Vicente y Maria**

Por el más grande y hermoso de los regalos "la vida", por la oportunidad, la confianza y el apoyo para seguir estudiando, ésta es para mí la mejor herencia que pudieron darme. Gracias por todos sus esfuerzos que fueron una base muy sólida para que concluyera mi carrera. Este trabajo es una manera en la que les digo gracias por todo.

**A mis hermanos:  
Ana, Vicente y Belem**

Por su apoyo de siempre, agradezco toda la felicidad que le dieron a mi infancia.

**A Everardo:**

Tu me has enseñado una forma nueva de ver la vida, me ayudas a creer que todo cuanto deseo lo puedo lograr, gracias por esa manera tan hermosa de amar, entregándolo todo, por tu apoyo incondicional.

A ti mi amor que desde que llegaste eres lo más importante en mi vida.

**A mis amigos:  
Marlene GPS, Jaime, Awii, Isrra, Janet y Tatiana**

Por ser estrellas muy especiales en mi vida, gracias por darme el privilegio de contar siempre con ustedes.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de pertenecer a ella y prepararme profesionalmente.

A la carrera de Ing. Agrícola, pues a través de ella he recibido muchas satisfacciones.

Al Dr. Gabriel Otero Colina, por su gran apoyo y confianza, que me brindo para realizar este trabajo, fue para mi fue todo un placer trabajar con alguien que además de ser un buen investigador es una gran persona.

A la M. C. Jazmín Cuervo Usan, por toda su ayuda, además de la amistad de todos estos años.

A todos los sinodales por la gran disposición y el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

Al Ing. Julio Enrique Camelo Priego, por brindarme su ayuda.

Al Colegio de Postgraduados por abrirme las puertas y permitirme realizar este trabajo.

Al Ing. Juan Carlos Sucarrats Dañobeitia, por permitirme el acceso a su empresa (Riojal).

A mi amigo David Gutiérrez, por los dibujos que realizó para este trabajo.

A todos los profesores de la carrera, especialmente a: Edgar Órnelas, Aurora Vázquez, Rocio Azcarraga, Elva Martínez, Salvador Castillo, por el amor que le tienen a su profesión.

A todos los compañeros de la generación 22, con los cuales compartí momentos increíbles, que me harán recordados siempre, ustedes hicieron que mi estancia en FESC fuera maravillosa, de forma especial agradezco a Homero, por todo su apoyo, confianza y paciencia que me brindó.

Por último a todas las personas que de una forma u otra me ayudaron a lograr este objetivo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# **PAGINACIÓN DISCONTINUA**

## INDICE.

|  | Pag.      |
|--|-----------|
| INDICE DE CUADROS .....  | iii       |
| INDICE DE FIGURAS .....  | iv        |
| INDICE DE GRÁFICAS .....   | iv        |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>OBJETIVOS</b> .....   | <b>3</b>  |
| Objetivo general.....  | 3         |
| Objetivos particulares .....   | 3         |
| <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....  | <b>4</b>  |
| El cultivo de hongos comestibles en México.....                              | 4         |
| Ciclo biológico del champiñón .....  | 5         |
| "Semilla" de champiñón.....  | 7         |
| Nutrición del champiñón.....   | 7         |
| Siembra.....   | 10        |
| Sistema de cultivo.....  | 10        |
| Locales de cultivo.....  | 10        |
| Etapas del ciclo de cultivo.....   | 10        |
| Planta productora de champiñones Riojal.....                                 | 13        |
| Alteraciones en el proceso productivo.....                                   | 16        |
| Ácaros potencialmente dañinos en Riojal.....                                 | 19        |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....  | <b>27</b> |
| Ubicación del experimento.....   | 27        |
| Composta.....  | 27        |
| Tierra de cobertura.....   | 28        |
| Establecimiento de colonias de <i>P. mesembrinae</i> y <i>B. lambi</i> ..... | 28        |
| Diseño experimental.....   | 29        |
| Manejo de pacas.....   | 29        |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Análisis de datos.....</b>   | <b>33</b> |
| <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>Evaluación del rendimiento del champiñón.....</b>                          | <b>35</b> |
| <b>Efecto de tratamientos químicos sobre el desarrollo del champiñón.....</b> | <b>41</b> |
| <b>Efecto de los productos químicos sobre los ácaros.....</b>                 | <b>44</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>  | <b>46</b> |
| <b>LITERATURA CITADA.....</b>   | <b>47</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>50</b> |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Índice de Cuadros.

|   | Pag       |
|---|-----------|
| <b>Cuadro 1. Organismos perjudiciales comúnmente asociados con el cultivo de champiñón.</b>   | <b>16</b> |
| <b>Cuadro 2. Lista de especies de ácaros colectados en las diferentes etapas del proceso de producción de composta y champiñones. Compañía Rlojal, Las Vigas de Ramírez, Veracruz, 2002.</b>  | <b>17</b> |
| <b>Cuadro 3. Medias de las condiciones ambientales registradas a lo largo del ciclo.</b>  | <b>30</b> |
| <b>Cuadro 4. Riegos y sustancias químicas aplicadas a las pacas de composta.</b>  | <b>31</b> |
| <b>Cuadro 5. Medias de cosecha obtenidos por paca, expresadas en gramos.</b>  | <b>35</b> |
| <b>Cuadro 6. Análisis de varianza de los valores de rendimiento acumulado de champiñones. Diseño de parcelas divididas.</b>   | <b>36</b> |
| <b>Cuadro 7. Promedios semanales de rendimiento de champiñones en parcelas grandes (sistemas de manejo con productos químicos y sin productos químicos) comparados mediante una prueba de Tukey en arreglo de parcelas divididas. Promedios expresados en gramos.</b> | <b>38</b> |
| <b>Cuadro 8. Promedios semanales de rendimiento de champiñones en parcelas chicas (niveles de infestación de ácaros) comparados mediante una prueba de Tukey en arreglo de parcelas divididas. Promedios expresados en gramos.</b>                                    | <b>39</b> |
| <b>Cuadro 9. Efecto de los productos químicos sobre el inicio de la cosecha.</b>  | <b>41</b> |
| <b>Cuadro 10. Días a la primera florada, comparados mediante una prueba de Tukey (0.05) en arreglo de parcelas divididas.</b>   | <b>41</b> |
| <b>Cuadro 11. Poblaciones promedio de <i>B. lambi</i> en paquetes con productos químicos y paquetes sin productos químicos. Las cifras representan el número estimado de ácaros en 20 g de composta más 50 g de tierra de cobertura.</b>                              | <b>44</b> |
| <b>Cuadro 12. Poblaciones promedio de <i>P. mesembrinae</i> en paquetes con productos químicos y paquetes sin productos químicos. Las cifras representan el número estimado de ácaros en 20 g de composta más 50 g de tierra de cobertura.</b>                        | <b>45</b> |

### Índice de Figuras.

|  | Pag |
|--|-----|
| Figura. 1 Ciclo de vida del champiñón  | 6   |
| Figura 2 Diseño del invernadero tipo túnel utilizado en Riojal                             | 13  |
| Figura. 3. Hembra de <i>B. lambi</i> (Krczal)  | 20  |
| Figura. 4. <i>P. mesembrinae</i>   | 24  |
| Figura 5. Peso de las muestras de composta y tierra de cobertura (método de Solomon, 1945) | 32  |
| Figura 6. Lavado y tamizado de las muestras (método de Solomon, 1945)                      | 32  |
| Figura 7. Conteo de ácaros (método de Solomon, 1945)                                       | 33  |
| Figura 8. Efecto del uso de productos químicos.  | 43  |

### Índice de Gráficas.

|   | Pag |
|---|-----|
| Grafica 1. Interacción entre tratamientos y medias de producción en diferentes niveles de infestación de ácaros. Rendimiento total. | 37  |
| Gráfica 2. Rendimiento entre los dos tratamientos.  | 38  |
| Gráfica 3. Rendimiento de champiñones entre los diferentes niveles de infestación de ácaros.  | 40  |

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del champiñón es un sistema agrícola controlado para producir una cosecha máxima de champiñones perfectamente formados. El éxito del sistema depende de muchos factores interrelacionados, y muchas veces las cosechas no alcanzan el nivel de producción esperado. Además, una cierta proporción de los champiñones de cada cosecha tienen alguna imperfección en su forma, lo cual puede reducir el valor de la misma. El rendimiento y la calidad se ven afectados por factores bióticos y abióticos. Para la mayoría de los cultivadores, los factores bióticos son los más preocupantes, porque su persistencia en la champiñonera afecta generalmente a la rentabilidad.

Las causas bióticas de las alteraciones que se presentan con más frecuencia son los insectos, los nemátodos, los hongos parásitos, los hongos antagonistas, las bacterias patógenas, los virus y los ácaros (Fletcher *et al.*, 1991).

Tradicionalmente, los ácaros han sido considerados como un problema menor del cultivo del champiñón, dado el escaso nivel de daños producidos. Únicamente el tarsonémido *Tarsonemus miceliophagus* (Hussey) puede afectar a las conexiones miceliarias del champiñón y producir ligeros daños en la parte basal de los estirpes. Otros ácaros presentes en el cultivo se alimentan de hongos de los géneros *Monilia sp* y *Chaetonium sp.*, como los acáridos *Tyrophagus sp.*, o de bacterias, como el anotéido *Histiostoma feronarum Dufour*. En general, se ha considerado que la presencia de estos ácaros en una explotación era un indicador de una composta de calidad deficiente obtenida a partir de una incorrecta pasteurización, ya que estas especies sólo pueden desarrollarse si la composta no es selectiva para el micelio de *Agaricus sp.* (Fleurrat y Nail, 1978; Clift y Terras, 1995).

En la primavera del año 2002 en los cultivos de la planta productora de champiñones Riojal, ubicada en Perote Veracruz, se detectó la presencia de poblaciones elevadas ácaros que se comportaban de forma muy diferente de lo habitual, provocando la desaparición del micelio del champiñón y la pérdida en la cosecha, la identificación del ácaro arrojó como resultado que se trataba de *Brennandania lambi* (Krczal) (Acari: Pygmephoroidae) (Otero-Colina, comunicación personal 2003).

La consulta de la bibliografía existente sobre esta especie demuestra que se trata de un problema con una incidencia económica importante, relativamente reciente y poco conocido, restringido, hasta ahora, a tres zonas geográficas: el sur de Australia y Nueva Zelanda, el este de China y España (Wu y Zhang a, 1993 y Ferragut *et al.*, 1997). No existen datos fuera de estas zonas geográficas mencionadas, por lo que su presencia en México constituye la primera cita en el continente Americano lo anterior hace evidente que se trata de una plaga introducida.

La peligrosidad de este ácaro diminuto se debe a que se alimenta del micelio de *Agaricus bisporus* (Clift y Toffolon, 1981b; Wu y Zhang b, 1993). Se desconocen muchos aspectos sobre la biología y ecología de *B. lambi*, especialmente los relacionados con la forma en que el ácaro infesta y se distribuye por el cultivo y las relaciones que establece con otras especies de micófitos o depredadores que coexisten en el medio, a pesar de que

su conocimiento es esencial para el desarrollo de medidas de control eficaces (Ferragut *et al.*, 1997). En Australia se sabe que *B. lambi* se dispersa encima de pequeñas moscas esciáridas que contribuyen así a su extensión (Clift y Toffolon a, 1981). No existen datos de la sensibilidad de estos ácaros a los productos químicos insecticidas, acaricidas. (Ferragut *et al.*, 1997).

Los estudios realizados para conocer la importancia de *B. lambi* han puesto de manifiesto que existe un complejo de especies de ácaros cuyo conocimiento es necesario para comprender el funcionamiento de medio que sustenta al sistema de producción del champiñón. Es por ello que este trabajo abarca el estudio de dos especies englobadas en la superfamilia Pygmephoroidae (Cross), de aspecto muy parecido pero cuyos hábitos alimentarios son muy diferentes; éstas son *B.Lambi* y *Pediculaster mesembrinae*. La importancia económica de *P. mesembrinae* se debe a que es uno de los principales vectores de hongos del género *Trichoderma*, ya que contribuye a su dispersión al almacenar las esporas de estos hongos y trasportarlas a ambientes favorables para su germinación (Al – Amidi, 1995; Terras *et al.*, 1995).

En cada una de las zonas donde *B. lambi* se ha desarrollado como perjudicial al cultivo de champiñón, se han puesto en práctica medidas de control diferentes. En la planta productora de champiñones Riojal, se detectó la presencia de *B. lambi*, y como medida de control se inició la aplicación de diazinón, mezclado con la composta al momento de inocular a ésta con semilla de *A. bisporus*, con el fin de controlar moscas esciáridas. Adicionalmente, durante el proceso productivo de champiñones se aplican regularmente plaguicidas, con el cual se tiene el propósito de controlar a los insectos y hongos que aparecen a lo largo del ciclo. Sin embargo, se sabe que tanto el diazinón como otros productos pueden tener un efecto tóxico sobre los champiñones, el cual da como resultado una merma en el rendimiento, a la vez que aumenta los costos de producción y se puede contaminar el producto final (Cantelo *et al.*, 1982).

Por todo lo anterior se realizó este estudio para describir los daños provocados por *B. lambi* y *P. mesembrinae*, así como del efecto que tienen los diferentes plaguicidas y desinfectantes sobre la producción de champiñón.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto que ocasionan los ácaros *Brennandania lambi* (Krczcal) y *Pediculaster mesembrinae* (Canestrini), en su interacción con la aplicación de productos químicos sobre la producción de champiñón (*Agaricus bisporus* Lange).

### **Objetivos particulares**

1. Comprobar la influencia de *B. lambi* y *P. mesembrinae*, de manera individual, sobre la producción de *A. bisporus*.
2. Determinar el efecto que provoca la aplicación de productos químicos sobre el desarrollo y rendimiento del champiñón (*A. bisporus*).
- 3.- Evaluar si el uso de productos químicos afecta a las poblaciones de *B. lambi* y *P. mesembrinae*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## REVISIÓN DE LITERATURA

### El cultivo de hongos comestibles en México

El cultivo comercial de hongos en México hizo su aparición hacia 1930, y para 1947 se formó una asociación de la cual nació la empresa Hongos de México, lo que hoy se conoce como grupo Monte Blanco (Martínez *et al*, 1991).

Durante más de cuatro décadas el desarrollo del cultivo de hongos fue casi monopólico, pues aunque el número de empresas se acrecentaba, éstas eran en su mayoría propiedad del mismo grupo empresarial. Este crecimiento unilateral en parte fue debido a la estrategia que aún se mantiene de hermetismo para el público en general, con lo que se logró también que este producto fuera en años anteriores en cierta forma de consumo elitista.

A principio de los noventas, coincidentemente se construyen varias empresas en diferentes estados de la República Mexicana; tales fueron los casos de: PROVEMEX S.A. de C.V., hoy Campeones de los Altos; del Grupo Monteblanco y Campeones de Occidente en el Edo. de Jalisco; Gigante Verde, hoy Campeones San Miguel, en el Edo. de Guanajuato; Campeones de Camargo en el Edo. de Chihuahua; Campeones las Capillas en el Edo. De San Luis Potosí; Agroindustrias MARVEL, en Toluca, Edo. de México; Michoacana de Campeones en el Edo. de Michoacán; Alimentos Selectos de Tlaxcala en el Edo. de Tlaxcala; y actualmente algunas otras que están en vías de construcción y rehabilitación en los estados de Jalisco, Nuevo León, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Veracruz, Hidalgo, Chiapas .

A la fecha están en construcción algunas nuevas empresas productoras de champiñón y en los próximos cinco años se estima que la producción y consumo se incrementarán en 100%. Actualmente la producción está cercana a las 30,000 toneladas anuales. El enorme potencial de mercado que Latinoamérica representa hará que tanto el capital local como el extranjero fije la mirada en este cultivo y en este continente (Fernández, 2001).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Posición taxonómica del champiñón comestible

Reino: Fungi  
División: Amastigomycetes  
Subdivisión: Basidiomycotina  
Clase: Basidiomycetes  
Orden: Agaricales  
Familia: Agaricaceae  
Género: *Agaricus*  
Especie: *A. bisporus*

Fuente: Harold *et al.* (1988).

## Ciclo biológico del champiñón

El ciclo de vida del champiñón es una sucesión de etapas, que va desde la germinación de las esporas hasta la formación de cuerpos fructificantes. Figura 1

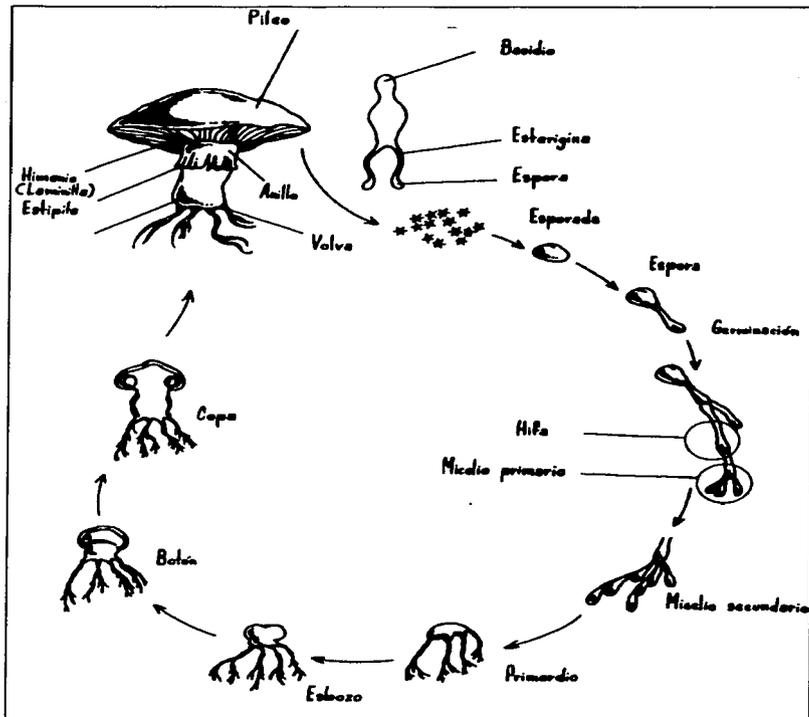
Bajo condiciones adecuadas (humedad, temperatura, pH del sustrato) las esporas germinan, desarrollando un tubo germinal que crece y origina una hifa. Ésta se ramifica desarrollando en su conjunto el micelio primario, el cual continúa ramificándose hasta formar micelio secundario. El micelio es desde el punto de vista funcional similar al sistema radicular de los vegetales, ya que la absorción de los nutrientes se efectúa por este medio; además, tiene la función de anclar los esporóforos al sustrato. Esta primera etapa de crecimiento micelial es conocida como fase vegetativa.

El cambio de las condiciones ambientales (temperatura, humedad y ventilación) induce a este organismo a pasar de un desarrollo vegetativo a uno generativo (fase generativa). Primeramente se forman primordios que crecen y dan origen a la estructura visible, comúnmente conocida como "hongo", champiñón o científicamente como cuerpo fructificante o esporóforo. El desarrollo de un esporóforo comienza con la aglomeración de filamentos de micelio que van a formar una pequeña esfera conocida como primordio o cabeza de alfiler. Después de unos días, el primordio alcanza el tamaño de un chicharro y posteriormente se distingue un estipite y un pileo. Cuando madura el esporóforo se producen las esporas sexuales en la parte inferior del pileo, comúnmente conocido como sombrero (Leal, 1985).

El crecimiento de los champiñones se da en ciclos llamados oleadas o floradas. Dependiendo de la cepa, estos brotes normalmente tienen un intervalo de producción de 7 a 10 días. El 70% de la producción total se recoge en las tres primeras oleadas (Veeder, 1978).

TESIS CON  
PALI A DE ORIGEN

**Ciclo de vida del Champiñón.**



**Figura. 1** Ciclo de vida del champiñón  
 Elaborado por: David Gutiérrez Castillo (2003)  
 Fuente: (Leal, 1985).

### **"Semilla" de champiñón**

La semilla es un material biológico utilizado para sembrar el sustrato destinado a la producción de champiñón. La semilla está constituida por hifas fúngicas crecidas sobre semillas de trigo o de centeno que funcionan a modo de medio nutritivo, a la vez que permiten una difusión fraccionada del hongo en la masa del sustrato final (composta) con lo que se consigue un gran número de puntos de siembra.

La preparación de la semilla está separada de las actividades culturales. Esta preparación se realiza en laboratorios especializados; existen grandes empresas que se dedican a su preparación, y la distribuyen a empresas productoras de champiñón (Ferri, 1985).

### **Nutrición del champiñón**

El champiñón, como organismo heterótrofo saprofito, no es capaz de sintetizar su propio alimento, por lo que se debe de suministrar un medio en que estén presentes los elementos nutritivos necesarios. A este sustrato, que se produce para que sirva de alimento única y exclusivamente para el champiñón, en el ámbito champiñonero se le conoce como composta.

Los nutrientes que necesita el champiñón se puede dividir en varios grupos:

- Agua: alrededor del 92% del champiñón está formado por agua, esta sustancia la va a tomar del sustrato.
- Fuentes de carbono: Los carbohidratos sencillos, tales como azúcares y almidón, tienen poca importancia para el champiñón. Las sustancias más importantes son compuestos complejos que forman parte de la pared celular de las plantas, tales como la celulosa, hemicelulosa y lignina, mismas que están presentes en la composta.
- Fuentes de nitrógeno: Estas incluyen proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos, pero también ácido úrico, urea y amoníaco, que se encuentran en varios tipos de estiércoles. Los champiñones no son capaces de absorber nitratos, el amoníaco gaseoso ( $\text{NH}_3$ ) les es perjudicial pero el nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) si puede ser absorbido. Una gran parte del nitrógeno que necesitan los champiñones puede ser suministrado por el que se encuentra en la lignina después del compostaje, en lo que se conoce como "complejo lignina-humus rico en nitrógeno".
- Vitaminas: Como la tiamina y botina, además de varios factores de crecimiento.
- Minerales: Tales como fósforo, azufre, potasio, calcio y magnesio. También son importantes un cierto número de minerales, necesarios sólo en pequeñas cantidades y conocidos como elementos traza. Éstos incluyen cobre, zinc, manganeso y molibdeno. Por regla general, estos últimos están presentes en cantidades suficientes en la composta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por tanto, se puede definir la composta para cultivo de champiñón como un complejo ligno-celulósico de un tipo húmico rico en nitrógeno, en el que se encuentran todos los nutrimentos necesarios para el crecimiento de *A. bisporus*. Al mismo tiempo, debe ser un medio selectivo; es decir, no debe favorecer el desarrollo de otros organismos distintos del champiñón (Gerrits, 1988).

#### **Elaboración de la composta: compostaje**

El compostaje es un proceso de fermentación microbiana, en estado sólido, mediante el cual diversos subproductos vegetales lignocelulósicos considerados como materiales de base, junto con otros aditivos nitrogenados o materiales de enriquecimiento, son transformados en un medio de cultivo selectivo para el crecimiento y desarrollo del champiñón.

Los materiales comúnmente empleados son los que se mencionan a continuación:

Materiales de base o volumen:

- Pajas de cereales (trigo, cebada, maíz).

Aditivos (sustancias de enriquecimiento):

- Fertilizantes (urea, sulfato amónico, nitrato amónico).
- Materiales residuales orgánicos: (gallinaza).
- Otros (neutralizadores y correctores): yeso y cal.

#### **Procedimientos generales para la elaboración de la composta**

Para elaborar composta, que servirá de alimento para el champiñón, son necesarias dos etapas o fases.

**Fase I o fase de fermentaciones libres.** Se inicia con la mezcla y humidificación de las materias primas en grandes montones planos, colocados en cámaras al aire libre. Los montones así formados son cambiados varias veces de cámara para unificar la mezcla y homogeneizar la fermentación y riego de la masa, invirtiéndose un total de de 10 a 13 días en este proceso. Se voltean varias veces con objeto de oxigenar suficientemente para la fermentación aerobia. Mediante las aplicaciones de agua se consigue estimular la actividad microbiana, y con la adición de los activadores (aditivos) se asegura una suficiente cantidad de nitrógeno para mantener la actividad.

En estas etapas iniciales de compostaje al aire libre, los microorganismos comienzan a crecer rápidamente y a liberar energía en forma de calor. Una vez que los montones han finalizado la primera etapa de fermentación se trasladan a un área de fermentación cubierta, se les dan tres vueltas con ayuda de máquinas compostadoras, a intervalos de tres días, añadiéndose los aditivos y correctores necesarios. En total, se requiere de nueve días en esta segunda etapa.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cada vez que la pila se voltea, la actividad biológica se estimula y la composta se calienta a niveles mayores que los precedentes al volteo.

La fase I es un proceso que comienza con la conversión inicial del sustrato, pero aún más importante, es un periodo en el que la sucesión y acción de los diferentes microorganismos prepara el terreno para las reacciones químicas que se producen a temperaturas más elevadas. Cuando las temperaturas se elevan por encima de 60°C, los termófilos comienzan a desaparecer y el calor derivado de las reacciones químicas causa la caramelización y las otras reacciones de pardeamiento esenciales para la formación de un sustrato específico para el cultivo del champiñón (Gea y Tello, 1997).

**Fase II o fase de fermentaciones dirigidas y controladas.** El sustrato procedente de la fase I se introduce en las cámaras de pasteurización, acondicionadas técnicamente para este fin y provistas de un ventilador con las correspondientes condiciones para recircular el aire del interior e introducir aire nuevo a voluntad. El sustrato se coloca en la cámara sobre tabloncillos (o vigas de hormigón), situado a unos 60 cm. del suelo, dejando una separación entre ellos, a modo de rejilla, para que pase el aire que impulsa el ventilador y atraviese la masa de composta, oxigenando y uniformando la temperatura en toda ella.

La fase II tiene fundamentalmente dos propósitos: pasteurización, también denominada "fermentación dirigida y controlada" (F.D.C.), y acondicionamiento final de la composta, para convertirla en específica para el champiñón (ausencia de amoníaco y carbohidratos fácilmente disponibles) (Cailleux, 1973).

La pasteurización se realiza normalmente a continuación del llenado de la cámara, y también tiene como finalidad eliminar todos los organismos parásitos y competidores del champiñón (nematodos, ácaros, moscas, hongos, etc.) que pueden existir en la composta.

Una vez concluida la pasteurización, se inicia el llamado acondicionamiento. El objetivo de esta maniobra es hacer selectivo el sustrato para el champiñón, eliminando el amoníaco; esto se logra ventilando. La ventilación debe ser regulada, de tal manera que se mantenga una tasa de enfriamiento no más rápida que 2.5 °C cada 24 horas (Shisler, 1982).

Por tanto, la formación de una composta de buena calidad se completa durante la fase II, y es el resultado de una sucesión ecológica controlada de microorganismos termófilos, que utilizan selectivamente los componentes nitrogenados inestables y los carbohidratos disponibles que permanecen en la composta. Si la sucesión ha transcurrido adecuadamente, el amoníaco y los componentes carbonados sencillos se habrán consumido y no estarán presentes en la composta. De lo contrario pueden aparecer hongos competidores no patógenos, que pueden comportarse como antagonistas para el crecimiento del champiñón, o como competidores de nutrientes. Terminada esta etapa y comprobada la desaparición del amoníaco libre, se puede dar por finalizado el proceso de elaboración de un sustrato selectivo para la producción de champiñón (Gea y Tello, 1997).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Siembra**

Una vez que el sustrato (composta) está listo, se mezcla con la "semilla"; esto se realiza de forma mecánica, con ello se logra que la "semilla" se encuentre de forma uniforme en todo el sustrato, Fletcher *et al.* (1991), recomiendan utilizar una proporción de semilla aproximada del 0.5% (óptimo económico).

## **Sistema de cultivo**

Cuando el sustrato se ha mezclado con la semilla, se comprime en pacas y se envuelve en plástico; las pacas se colocan después en estantes especialmente contruidos, los cuales tienen de tres a cuatro niveles. Este es el sistema de cultivo más moderno.

Anteriormente se hacía un sistema de cultivo tipo monozona; es decir, en la misma nave de cultivo se llevaba a cabo la segunda fase para la preparación de composta. El sustrato se colocaba en bandejas o charolas las cuales se maniobraban mecánicamente y se procedía a la pasteurización; este sistema ocasionaba que los problemas causados por plagas y enfermedades fueran grandes. En contraste, el sistema de cultivo en bolsas reduce la incidencia de plagas y enfermedades (Fletcher, *et al.*, 1991).

## **Locales de cultivo**

En la antigüedad, el champiñón sólo se cultivaba al aire libre. Con el transcurso del tiempo se fueron utilizando galerías o cuevas, pues cumplían con las condiciones ambientales necesarias durante cierta parte del año. Actualmente se desarrolla casi exclusivamente, en naves contruidas para tal efecto; esto proporciona grandes beneficios, ya que permite un control de las condiciones ambientales, lo que se permite mantener el cultivo durante todo el año.

El local de cultivo más frecuente es la nave semienterrada, con paredes de bloques de hormigón, de unos 30-40 m de longitud por 5-6 m de ancho, y una altura de 2.20 a 2.50 m. En la entrada posee una antecámara con dos ventanas o una puerta en la parte frontal. En el extremo opuesto de la nave hay una o dos chimeneas, que facilitan la ventilación del interior del local (Bonet, 1986).

## **Etapas del ciclo de cultivo**

El champiñón, a lo largo de su ciclo de cultivo pasa por diferentes fases en las que las necesidades medioambientales y las operaciones a llevar a cabo en cada una de ellas, presentan algunas diferencias considerables. Cuando se realizan de forma correcta y oportuna, permiten obtener el máximo rendimiento de la combinación composta/micelio.

Durante un ciclo de cultivo, es necesario controlar varios factores ambientales, como son: la temperatura, el contenido en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la humedad relativa. El ambiente no es uniforme en todo el local (microclima y macroclima); el macroclima

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

corresponde a lo que se puede medir en el local, el microclima corresponde al que existe sobre la tierra de cobertura y que rodea primordios y carpóforos (Hermans, 1988).

### **Etapas de incubación**

En esta etapa, el micelio en los granos de inóculo se extiende por toda la masa de la composta. Para que esta colonización del hongo en la composta por el hongo sea lo más rápida posible, es necesario mantener las condiciones del cultivo dentro de los valores óptimos. La temperatura del local debe ser de 22 a 24°C y la de la interior de la composta de 25°C según Hermans (1988), o de 25 a 27°C según Vedder (1986); la humedad relativa del aire debe mantenerse próxima al 95%, y así debe permanecer hasta la etapa de fructificación. Durante esta fase vegetativa, una concentración alta de CO<sub>2</sub> (superior al 0,1%) ejerce una influencia positiva en el crecimiento del micelio. El micelio sólo detiene su crecimiento a muy altas concentraciones de CO<sub>2</sub> (superiores al 30%) (Hermans, 1988). Por tanto, la ventilación debe mantenerse al mínimo durante la germinación. Los procesos metabólicos del micelio y la microflora en la composta harán que el contenido en CO<sub>2</sub> del local aumente.

Al cabo de dos a tres semanas, el micelio del hongo ha colonizado totalmente el sustrato, invadiendo las bolsas, con lo que éstas toman un color blanquecino, tanto en el interior como la superficie, lo que indica que se puede proceder a iniciar la siguiente fase.

### **Cobertura**

La tierra de cobertura es el material que se utiliza como recubrimiento superior de la composta, en el que se desarrollan los cuerpos fructíferos. Una composta totalmente invadida con micelio de *A. bisporus* apenas produce cuerpos fructíferos. Sin la tierra de cobertura, los champiñones aparecerían únicamente en pequeña cantidad o no aparecerían en absoluto.

La necesidad de la cobertura, cuyo mecanismo de acción no está perfectamente comprendido, surge de la ausencia de otro medio para conseguir la producción de champiñones en cantidades que hagan el cultivo rentable (Pardo, 1990). La tierra de cobertura cumple varias funciones:

- Es un soporte físico en donde se desarrollan los carpóforos.
- Protege la superficie de la composta de desecación.
- Absorbe agua (funciona como reservorio).
- Contiene y favorece los factores que inducen la fructificación (gradiente de contenido de CO<sub>2</sub>, cambio del microclima, bacterias estimuladoras, etc.).
- Mantiene un ambiente aireado.
- Está libre de plagas y enfermedades.

Para cada bolsa se usa tierra suficiente para formar una capa de 2 a 3 cm. de espesor. La composición de la tierra de cobertura varía de país a país (Vedder, 1978). En la tierra de cobertura pueden existir esporas fúngicas, ácaros, nematodos, insectos etc.; por

ellos se hace necesario desinfectar la mezcla de cobertura antes de usarla (Gea y Tello 1997).

### **Fase de prefructificación**

Durante esta fase continúa la colonización de la composta y de la capa de cobertura por parte del micelio de *A. bisporus*, manteniendo los factores climáticos con valores idénticos a los expresados en la etapa de incubación.

El objetivo inmediato, después de aplicar la capa de cobertura, es saturarla de agua, pero evitando que un riego excesivo produzca una infiltración en la composta. Aprovechando esta circunstancia, se realizan los tratamientos fitosanitarios correspondientes, con la finalidad de controlar las posibles plagas y enfermedades (Gea y Tello, 1997).

### **Inducción de la fructificación**

Al cabo de siete a nueve días después de la cobertura, tiene lugar la aparición de micelio en la superficie de la tierra, momento que se aprovecha para dar paso a la inducción de la fructificación, deteniendo el crecimiento vegetativo del micelio. Este cambio se logra variando las condiciones climáticas del local, de forma que la temperatura ambiente se baja a 16-18°C y se incrementa la ventilación, evitando que los niveles máximos de CO<sub>2</sub> superen el 0.08 % en volumen, al tiempo que se mantiene la humedad relativa próxima al 85-90% (Gea y Tello, 1997).

### **Fructificación y cosecha**

A los 35 a 40 días de entrada del sustrato en el local de cultivo, tiene lugar la recolección de los primeros champiñones, los cuales se suceden en floradas (oleadas), cuya velocidad de aparición depende de la variedad y temperatura del cultivo. El periodo de interfloradas puede oscilar entre 5 y 10 días.

Las condiciones medioambientales necesarias son diferentes a las etapas anteriores, ya que interesa mantener la humedad relativa próxima al 85% en la primera florada, disminuyendo al 70-75% hacia el final del cultivo. La temperatura ambiente debe situarse entre 15-20°C y hay que ventilar activamente la superficie de cultivo para evitar la acumulación de CO<sub>2</sub>, que no debe exceder de 0.08% en volumen.

Los cuidados culturales durante este periodo son muy exigentes en mano de obra, ya que además de la recolección, hay que realizar riegos, limpieza de bolsas (Gea y Tello, 1997).

## Planta productora de champiñones Riojal

La planta Riojal se estableció en 1995 en el municipio de las Vigas Ramírez, en el estado de Veracruz, para producir principalmente composta de calidad y otros complementos tales como la tierra de cobertura, además de asesorar técnicamente a los productores de champiñón del municipio, a los cuales les compra el total de su cosecha.

### Elaboración de composta

Materiales empleados:

- Paja de trigo
- Urea
- Gallinaza

El método utilizado para la elaboración de composta en Riojal, es idéntica al descrito anteriormente.

### Siembra

La siembra es mecánica.

### Sistema de cultivo.

De forma mecánica se elaboran de pacas de composta, las cuales se envuelven en plástico.

### Locales de cultivo

En Riojal se tienen invernaderos tipo túnel, con una capacidad para 3,600 paquetes de composta, se mantienen en producción durante todo el año. (fig. 2)

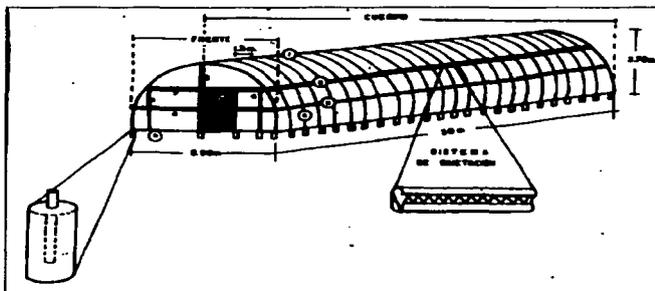


Figura 2 Diseño del invernadero tipo túnel utilizado en Riojal

Fuente: Hernández, 2001

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Ciclo de cultivo**

**Etapas de incubación.** Esta etapa inicia cuando los paquetes llegan al invernadero, inmediatamente después de una desinfección primaria; las pacas se acomodan de tal manera que exista el menor espacio entre ellos, y que el nivel de espesor sea lo más homogéneo posible.

Una vez acomodados los paquetes se desinfectan con hipoclorito de sodio; por cada 100 L de agua se incorporan 6 L de cloro comercial, posteriormente en la parte superior de cada paquete se hacen dos cortes de unos 25 cm de largo, éstas se hacen con un cuchillo o navaja, entre cada abertura debe haber aproximadamente 6 cm de distancia.

En esta etapa la humedad relativa (H.R) debe ser alta (99% si es posible) por lo que se dan riegos continuos a pisos y paredes mientras que el invernadero se mantiene cerrado.

La temperatura de la composta debe establecerse entre 27 y 30°C (óptimo 28°C), esto se alcanza en tres días, de no ser así se enciende un calefactor eléctrico.

Los niveles de CO<sub>2</sub> deben estar en el orden de 2000- 3000 ppm.

Todos los días se hace una supervisión de avance del micelio, para determinar el momento de retirar el plástico de la parte superior; esto puede ser después del día 12.

Si los niveles de CO<sub>2</sub> o de temperatura excedieran lo deseado, se ventila el invernadero, para regularlos.

**Etapas de cobertura.** Antes de colocar la tierra de cobertura, debe bajarse la temperatura de las pacas a 25°C; esto se hace poco a poco, con la ayuda de ventilación.

Una vez que se bajo la temperatura, se debe retirar el plástico de la parte superficial de la paca, esto se hace con la ayuda de una navaja.

Encima de la composta se coloca una capa de tierra de cobertura con un espesor de 3-4 cm, la tierra debe de estar muy húmeda, y su distribución debe ser muy homogénea, se debe procurar no compactar la tierra.

Después de colocar la tierra, se hace un riego pesado, nuevamente se subirá la temperatura a 27°C, y la humedad debe estar entre 90 – 95 %.

A partir del día 15 el manejo es muy específico, es por ello que se detalla día por día.

Día 15. Se hacen dos riegos, la temperatura y humedad continúan igual, el CO<sub>2</sub> debe encontrarse entre 2000 y 3000 ppm.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Día 16. Se realizan dos riegos en la mañana con agua limpia, y en la tarde se realiza otro agregando formol (16 L. por 1200 L de agua) para desinfectar. Las condiciones de humedad, temperatura y CO<sub>2</sub> se mantienen igual.

Día 18 Se realiza un riego a la tierra de cobertura agregando Dimilin (1 L por 400 L de agua) Nota: el ingrediente activo es diflubenzurón; el cual se usa para el control de dípteros Las condiciones de humedad, temperatura y CO<sub>2</sub> se mantienen igual.

Día 20 Se realiza un riego con agua más basudín (1 L de basudín en 400 L de agua), el ingrediente activo es diazinón, cuya función es el control de dípteros y ácaros.

Día 22 Se realiza un riego acompañado con un litro de Sportak, diluido en 400L de agua su ingrediente activo es: Procloraz, el cual usa para el combate de hongos patógenos y antagonistas.

Día 23. Remoción de la tierra de cobertura, ésta se realiza con los dedos tan profundos como sea posible pero sin mezclar composta con tierra.

Las condiciones de humedad y CO<sub>2</sub> se mantienen igual hasta ver avance del micelio en un 75% del espesor de la tierra de cobertura, sin que se presente por completo en la superficie.

**Etapas de inducción.** Se baja gradualmente la temperatura en la composta hasta 18-19 °C aproximadamente; la H.R. se baja de 90 a 80%, logrando esto con riegos en pisos y paredes; el nivel de CO<sub>2</sub> se bajará a 500 ppm.

Estas condiciones se mantienen algunos días hasta que se manifiesta mayor cantidad de micelio.

**Etapas de producción.** A partir de este momento, siempre y cuando aparezcan champiñones, se ventila el invernadero más frecuentemente con aire fresco, los riegos en pisos y paredes se suspenden, el nivel de CO<sub>2</sub> baja hasta sus límites (500 ppm) y se inicia el periodo de corte.

La temperatura se mantiene entre 18 y 19°C, la H.R. entre 80 y 90 %, la concentración de CO<sub>2</sub> se mantiene entre 80 y 100 ppm.

El corte se realiza diario y al término de éste es conveniente barrer y lavar los pisos interiores, de ser necesario se da un riego y se extrae el exceso de CO<sub>2</sub> (extracción) (Hernández, 2001).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Alteraciones en el proceso productivo

Las condiciones óptimas bajo las que se desarrolla el cultivo del champiñón, resultan favorables para muchos otros organismos causantes de alteraciones, que de manera normal ocasionan una reducción en el rendimiento y/o en la calidad.

Los organismos causantes de alteraciones encontrados con más frecuencia son los insectos, los ácaros, los nemátodos, los hongos parásitos, los hongos antagonistas, las bacterias patógenas y los virus ( Fletcher *et al.*, 1991). En el cuadro 1, se muestran algunas de las alteraciones que se presentan con más frecuencia en el cultivo de champiñón.

**Cuadro 1. Organismos perjudiciales comúnmente asociados con el cultivo de champiñón.**

| Nombre común        | Nombre científico          | Daños  |
|---------------------|----------------------------|--|
| Molec húmeda        | <i>Mycogone perniciosa</i> | Provoca deformaciones en los champiñones, cuando se presenta tempranamente en el cultivo y no se controla causa pérdidas importantes.      |
| Telaraña            | <i>Hypomyces rosellus</i>  | Crecimiento de un micelio grueso que cubre la superficie de los champiñones.   |
| Mancha bacteriana   | <i>Pseudomonas tolaasi</i> | Aparición de manchas pardas oscuras en la superficie del champiñón.  |
| Moho verde          | <i>Trichoderma viride</i>  | El hongo se extiende por toda la superficie de la composta, y sobre él nacen champiñones agritados, deformados o definitivamente no nacen. |
| Mosca del champiñón | <i>Lycoriella solania</i>  | Las larvas forman galerías en la base de los pies de los champiñones, además de atacar botones en desarrollo.                              |

Fuente: Fletcher, *et al.* (1991)

### Los ácaros

Los ácaros son pequeños organismos que se pueden encontrar en casi cualquier hábitat de la naturaleza, en ambientes terrestres y acuáticos, incluyendo aguas termales. Es un grupo muy diverso y complejo, por lo que presenta diferencias muy marcadas en morfología y hábitos de vida (micófagos, bacteriófagos, depredadores, fitófagos, etc.). Muchos de ellos son parásitos de insectos, de otros invertebrados y de vertebrados, incluso del hombre (Hoffman, 1988).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Existen ácaros que se pueden establecer en las plantas productoras de champiñones en todas las etapas del proceso productivo, los ácaros son abundantes en la composta durante la primera fase del compostaje. A la mayoría de las especies que se ven con facilidad son depredadores, que se alimentan principalmente de nemátodos y de otras especies de ácaros presentes al mismo tiempo. Una pasteurización eficaz mata a todos los ácaros (Fletcher *et al*, 1991).

### Ácaros asociados a champiñones comerciales en la planta Riojal

Algunas especies de ácaros producen alteraciones al sistema de producción de los champiñones, siendo necesario conocer las especies que viven en este sistema y los daños que le puede ocasionar al mismo.

Los datos que se muestran en el cuadro 2, son el resultado de un muestreo realizado por el Dr. Gabriel Otero Colina (comunicación personal), en la planta productora de champiñones Riojal, en el año 2002, que reúne las especies colectadas en las diferentes etapas del proceso productivo.

**Cuadro 2. Lista de especies de ácaros colectados en las diferentes etapas del proceso de producción de composta y champiñones. Compañía Riojal, Las Vigas de Ramírez, Veracruz, 2002.**

| Organismo colectado                          | Cámara de pasteurización | Paquetes de composta c/semilla | Tierra cobertura antes de uso | Invernaderos | Sobre moscas |
|--|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| <i>Arctoseius cetratus</i> (Sellnick)        |                          | ■                              |                               | ■            | ■            |
| <i>Parasitus americanus</i> Berlese          |                          | ■                              |                               | ■            |              |
| <i>Histiostoma feroniarum</i> Dufour         |                          |                                |                               | ■            |              |
| <i>Histiostoma feroniarum</i> Dufour hipopus |                          |                                |                               | ■            | ■            |
| <i>Macrocheles merdarius</i> Berlese         |                          | ◆                              |                               | ◆            |              |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Continuación cuadro 2. Lista de especies de ácaros colectados en las diferentes etapas del proceso de producción de composta y champiñones. Compañía Riojal, Las Vigas de Ramírez, Veracruz, 2002.**

| Organismo colectado                                       | Cámara de pasteurización | Paquetes de composta c/semilla | Tierra cobertura antes de uso | Invernaderos | Sobre moscas |
|---|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|
| <i>Brennandania</i><br><i>tambí</i> Krezal                |                          |                                | ♦                             | ♦            | ♦            |
| <i>Pediculaster</i><br><i>mesembrinae</i><br>(Canestrini) |                          |                                | ♦                             | ♦            | ♦            |
| <i>Pediculaster</i><br><i>pseudomanicatus</i><br>Camerik  |                          |                                |                               | ♦            |              |
| <i>Tyrophagus</i><br><i>putrescentiae</i><br>Schrank      |                          |                                |                               | ♦            |              |
| <i>Eotetranychus</i> sp.                                  |                          |                                |                               |              |              |
| Oribatulidae  |                          |                                |                               |              |              |

- Habitantes del suelo o contaminares de la paja, no representan peligro, para la explotación de los champiñones (no se hablará más de ellas).
- Su papel ecológico es variable.
- ♦ Importantes plagas de champiñón, como sus enemigos naturales.

**Distribución y hábitos alimentarios de las especies de ácaros asociados a champiñones comerciales en la planta Riojal.**

***Arctosieus cetratus* (Sellnick), familia Ascidae**

**Distribución:** Se reporta desde América del Norte (Lindquist, 1985) hasta Europa (Kovac *et al* 1999).

**Hábitos alimentarios:** Es un depredador, por lo que no representa un peligro para la explotación de champiñones, si bien podría ser un enemigo natural de las especies dañinas.

***Parasitus (Coleogamasus) americanus* Berlese**

**Distribución:** Desde Rusia hasta Argentina (Bregotova, 1977).

**Hábitos alimentarios:** No se conocen, aunque por el grupo al que pertenece puede tratarse de un depredador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

***Histiostoma feroniarum* Dufour, familia Histiostomatidae**

**Distribución:** Cosmopolita.

**Hábitos alimentarios:** Se alimenta de bacterias y no prospera sobre *A. bisporus* (Hussey, 1964).

***Macrocheles merdarius* (Berlese), familia Macrochelidae**

**Distribución:** Podría llamarse cosmopolita, pues se detecto en numerosas partes del mundo (Axtell, 1963; Costa, 1966; Evans y Browning, 1956; Krantz y Filipponi, 1964).

**Hábitos alimentarios:** se alimenta de huevos de moscas, pequeños insectos y nematodos

***Tyrophagus putrescentiae* Schrank, familia Acaridae**

**Distribución:** Cosmopolita.

**Hábitos alimentarios:** Partículas en suspensión, bacterias ( De Lillo, 1990).

Hasta aquí las especies de ácaros mencionadas no representan ningún riesgo para la producción de comercial de champiñones (o al menos hasta ahora no se ha comprobado). A continuación se describen las dos especies (*Brennandania lambi* y *Pediculaster mexembrinae*), las cuales son el eje de nuestro estudio.

**Ácaros potencialmente dañinos en Riojal**

*Brennandania lambi*

**Posición Taxonómica**

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Acariformes

Superfamilia: Pygmephoroidca

Familia: Microdispidae

Genero: *Brennandania*

Especie: *B. lambi*

Fuentes: Krantz (1978); Cross (1965)

**Diagnosis (características morfológicas)**

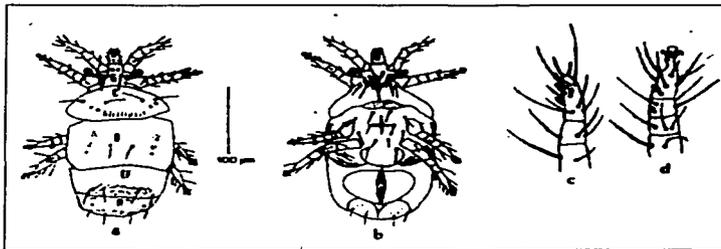
Datos tomados de Ferragut *et al.* (1997). Hembra con unos 250 µm de longitud. Gnatosoma con dos pares de setas dorsales, la anterior muy corta y difícil de ver, la posterior gruesa, serrada y situada junto a los órganos pseudocestrigáticos.(fig. 3)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Superficie dorsal del idiosoma con cuatro terguitos (denominados C, D, EF y H), todos ellos llevan setas gruesas y ligeramente serradas, de una longitud media (entre los 16 y 28  $\mu\text{m}$ ) y su superficie está ligeramente granulada y surcada en ocasiones por muy ligeras estriaciones. El terguito C con dos pares de sedas y ornamentado con estrias longitudinales en su margen posterior. Terguito D con un par de setas que no alcanzan el margen posterior de la placa y un par de poros situados cerca de los márgenes laterales, terguito EF con dos pares de setas y ligeramente estriado en su mitad posterior. Terguito H con dos pares de setas cortas y un par de poros que se localizan por encima de las inserciones del par de setas exterior.

La superficie ventral con dos apodemas (resaltantes esclerosados del tegumento) en forma de Y entre los dos primeros pares de patas y superpuestos, alrededor de los cuales se encuentran cuatro pares de setas. Apodema en forma de cruz entre las bases del tercer par de patas que no llega a las coxas de estos apéndices. El idiosoma termina con dos pares de setas cortas y de la misma longitud.

Tarso de la pata I (primer par de patas) sin uña terminal y con tres solenidios (setas quimiosensibles) cortas y redondeadas, pata II terminada en un par de uñas y un empodio membranoso, con dos solenidios situados en la base del tarso, el mayor y sobre la tibia, el más pequeño.



**Figura. 3. Hembra de *B. lambi* (Kreczal)**  
**a) superficie dorsal, b) superficie ventral**  
**c) Primer par de patas, y d) segundo par de patas..**  
 Fuente: Ferragut *et al.* (1997)

## Historia y distribución, su asociación con los champiñones.

La consulta de la bibliografía existente sobre esta especie demuestra que desde un punto de vista agronómico se trata de un problema con una incidencia económica importante, relativamente reciente, poco conocido y restringido hasta ahora a tres zonas geográficas concretas: al sur de Australia, Nueva Zelanda, al este de China y España (Fraggat *et al.*, 1997).

*B. lambi* fue descrita a partir de unos ejemplares recolectados sobre champiñón en Nueva Zelanda (Krczal, 1964). Posteriormente, su presencia fue señalada en Nueva Gales del Sur (Australia), asociado siempre a champiñones cultivados donde produce pérdidas de consideración (Clift y Toffolon, 1981 a,b), y más recientemente en el este de China, donde se considera la plaga más importante del champiñón en la provincia de Shanghai (Gao *et al.*, 1986).

Hasta 1997 no existían datos fuera de las zonas geográficas mencionadas, pero en la primavera del 2002 se detectó en la Planta productora de champiñones Riojal. Llamó la atención la presencia de poblaciones elevadas de pequeños ácaros que se comportaban de forma muy diferente de lo habitual, provocando una desaparición del micelio del champiñón y una pérdida de la cosecha; la identificación del ácaro arrojó como resultado que se trataba de *Brennandania lambi* (Krczal) (Acari: Pygmephoroidae) (Otero-Colina, 2002, comunicación personal), por lo que su presencia en México constituye la primera cita en el continente Americano.

## Biología.

Los estadios de *B. lambi* son: huevo-larva-adulto, la larva pasa por un estado quiescente. Según Clift y Toffolon (1981 b, citados por Gao y Zou, 2001) el tiempo que transcurre para que se lleve a cabo un ciclo completo (huevo-huevo) a 18°C es de 17 días, y a 27°C es de 10 días, esto se aproxima mucho para la temperatura de 28 °C, en lo reportado por Gao *et al* (2001) su resultado fue de 10.3 días, pero para la temperatura de 18°C reportan 23 días.

Las larvas pasan en tan sólo unas horas a un estado quiescente, los machos emergen uno o dos días antes que las hembras, las esperan a emerger para de inmediato aparearse. Las hembras adultas buscan un lugar con abundante micelio de *A. bisporus*, después de alimentarse de éste por cuatro días comienzan a ovopositar (21-161 huevos por hembra), después de ello mueren. Los machos no se alimentan, por lo que es la hembra la que resulta peligrosa. La población de *B. lambi* puede duplicarse en tan solo 2.5 días, tiene una relación de 1.9 hembras por macho. La temperatura óptima para el desarrollo de *B. lambi* es de 28°C, cuando se alcanzan los 30°C, ya no se reproducen (Gao y Zou, 2001).

La peligrosidad de este ácaro diminuto que no alcanza los 0.3 mm. de longitud, se debe a que se alimenta exclusivamente del micelio de *A. bisporus*. Clift y Toffolon (1981B) y Wu y Zhang (1993 b) han estudiado los hábitos alimentarios de esta especie comparándola con otras que se desarrollan en el cultivo del champiñón. Clift y Toffolon

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

demuestran que *B. lambi* puede alimentarse y reproducirse sobre *A. bisporus* y *A. bitorquis*, pero no sobre *Trichoderma* sp., *Chaetomium* sp., *Scopulariopsis* sp. y *Coprinum* sp. Por su parte, Wu y Zhang (1993), en el estudio más completo realizado sobre las preferencias alimentarias de este ácaro confirman su afinidad por *A. bisporus*, señalando que puede reproducirse también cuando es alimentado con los micelios de *Auricularia auricula* (Hook.) Under, *Hericium erinaceus* (Fr.) Pers. y *Tremella fuciformis* (Berk.). Sin embargo, no es capaz de completar su desarrollo sobre *Lentinus edodes* (Berk.) Sing., *Flammulina velutipes* (Fr.) Kar., *Pleurotus ostreatus* Fr. ni *P. sajor-caju* (Fr.) Sing.

#### **Daños.**

En China las pérdidas de producción por la presencia de este ácaro pueden llegar hasta el 30% (Wu y Ma, 1988). Cuando la densidad de los ácaros es pequeña su presencia pasa inadvertida; sin embargo, su número se multiplica rápidamente y se llegan a formar grandes enjambres que emigran a la superficie de la tierra de cobertura. Cuando se alcanza esta fase la pérdida de la producción es notoria y en muchos casos prácticamente no se cosechan champiñones.

#### **Control.**

En Australia se sabe que *B. lambi* se dispersa encima de pequeñas moscas de la familia Sciaridae que contribuyen así a su dispersión (Clift y Tofolon, 1981 a,b), por lo que estos autores proponen la eliminación de los dípteros como la medida que contribuye mejor a reducir las poblaciones de pigmeofóridos. En Shangai, por el contrario, la contaminación a través de moscas que transportan a los ácaros tiene poca importancia y la fuente de infección principal es la semilla que está ya contaminada cuando se mezcla con el composta (Wu y Ma, 1988; Wu y Zhang, 1993 a).

En cada zona donde *B. lambi* se manifiesta como perjudicial al cultivo se han desarrollado medidas de control diferentes. En China, donde la infección tiene lugar a través de la semilla, se ha estudiado el efecto de temperaturas extremas sobre la supervivencia de los ácaros. Se sabe que la exposición a 50°C durante una hora o a -10°C durante 24 horas produce la muerte de todos los estados de desarrollo, por lo que un correcto tratamiento calórico durante la fase II de compostaje junto a la congelación de la semilla durante 24 horas a -10°C elimina o al menos reduce los problemas causados por esta plaga (Wu y Zhang, 1993a). Asimismo, Wu y Zhang (1993b) demuestran que la congelación de la semilla no produce ningún efecto negativo sobre la viabilidad de este material ni sobre la posterior cosecha.

La utilidad del control químico no ha sido considerada, hasta ahora para combatir esta plaga. En principio, no se contempla el uso de insecticidas o acaricidas por la toxicidad que puede representar su aplicación directa sobre los champiñones, aunque podrían utilizarse para desinfectar las naves en los momentos en que no hay producción.

No se conoce la sensibilidad de *B. lambi* a los productos químicos y hay poca información sobre el efecto de estas sustancias sobre los dípteros que actúan como vehículo para la dispersión de los ácaros. En este sentido, hay que tener en cuenta que aunque las

plagas del champiñón suelen tener un carácter cosmopolita, las especies de mosquitos en las que se desplazan los ácaros son diferentes según las zonas geográficas (Ferragut, *et al.*, 1997).

En este sentido, cuando se hace referencia al uso de plaguicidas, hay que subrayar dos aspectos importantes: por un lado la dificultad de llevar a cabo una eficaz aplicación del producto químico por toda la masas de la composta, y por otro lado el posible efecto micotóxico que puede tener esta operación sobre el micelio del champiñón.

Por el momento las medias de control recomendadas se basan principalmente en la observación estricta de medidas higiénicas, entre las cuales destacan las siguientes:

- Controlar los riesgos de contaminación de la semilla.
- Realizar una correcta pasteurización y acondicionamiento de la composta, procurando filtrar el aire utilizado para enfriar la composta.
- Garantizar el control de los dípteros, especialmente en la fase de incubación del micelio.
- Asegurar el lavado y desinfección de las cajas de recolección.
- Realizar una desinfección eficaz del local de cultivo vacío, procurando dejarlo 10 días entre cultivo y cultivo.
- Depositar la composta y los residuos generados durante el ciclo del cultivo en vertederos o centros de recogida de composta utilizada. No verter en lugares no controlados (Ferragut *et al.*, 1997).

*Pediculaster mesembrinae*

#### **Posición Taxonómica.**

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Acariformes

Superfamilia: Pygmephorioidea

Familia: Pygmephoridae

Género: *Pediculaster*

Especie: *mesembrinae*

Fuentes: Krantz (1978); Camerik (2001)

#### **Diagnosis ( características morfológicas)**

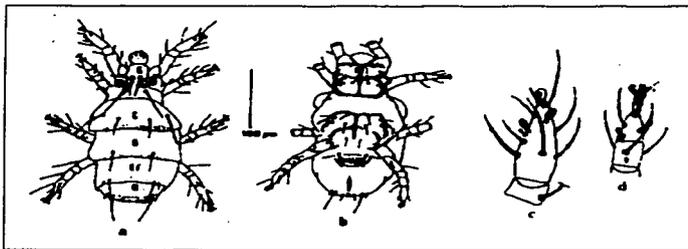
Datos tomados de Ferragut *et al.* (1997). Hembra de unos 265  $\mu\text{m}$  de longitud. Gnatosoma con tres pares de setas dorsales largas y bien visibles, las dos anteriores situadas entre los estigmas y los órganos pseudoestigmáticos. La posterior muy larga alcanza la inserción de las setas del terguito C. (fig. 4)

Terguitos dorsales con setas largas, gruesas y serradas y con el tegumento de las márgenes posteriores granulado. Terguito C con dos pares de setas, siendo las exteriores de mayor longitud. Terguito D con una par de setas que superan el margen posterior de la

placa. Terguito EF con dos pares de setas, de las que el par exterior es muy corto y el interior muy largo, ya que alcanza el final del cuerpo. Terguito H con dos pares de setas, las exteriores cortas y las internas largas, gruesas y serradas.

Superficie ventral con gruesos apodemas entre los dos primeros pares de patas, alrededor de los cuales se localizan seis pares de setas: apodemas interrumpidos hasta las coxas del tercer par de patas. Apodemas interrumpidos hasta las coxas de las patas IV. El idiosoma termina con tres pares de setas, de las cuales el primer y tercer par son cortas y el segundo largas.

Tarso de la pata I con gruesa uña terminal curvada en forma de gancho y cuatro solenidios de tamaños diferentes. Pata II terminada en un par de uñas y un empodio membranoso y con un solenidio situado cerca de la base del tarso



**Figura. 4. *P. mesembrinae***  
**a) superficie dorsal, b) superficie ventral, c) primer par de patas**  
**d) segundo par de patas.**

#### **Historia y distribución, su asociación con los champiñones.**

Esta especie tiene una amplia distribución, pues se le ha detectado en varias partes del Continente Americano (Smiley, 1978), Europa (Gurney y Hussey, 1967) y Australia (Clift y Terras, 1995), entre otros. Su posición taxonómica es incierta, pues se cita con los nombres de *Pygmephorus americanus*, *Siteroptes*, *Bakerdania* y *Pygmephorus mesembrinae*, y es probable que se trate de más de una especie. Sin embargo, la especie que se asocia con los champiñones sin duda se ha dispersado en todo el mundo debido al comercio de material vivo contaminado. En este trabajo se le llamará *Pediculaster mesembrinae*, siguiendo las recomendaciones de Camerik (2001).

### **Biología.**

Los estadios de *P. mesembrinae* son: huevo-larva-adulto, el tiempo que transcurre para que se lleve a cabo un ciclo completo (huevo-huevo) es de 7 días a 16°C y 4 días a 24°C. La hembra puede reproducirse mediante partenogénesis o bien ser fecundada por el macho, llega a poner 160 huevos, la ovoposición dura 5 días, de los huevos fecundados surgen hembras ninfas con seis patas, de los huevos sin fecundar surgen machos con ocho patas, los cuales no mudan hasta ser adultos, la población tiene una tasa de 100 hembras por macho (Witch y Snetsinger, 1971)

Según De Lillo (1990), *P. mesembrinae*, tiene capacidad de alimentarse y reproducirse en un sustrato invadido por: *C. sitophila*, *M. pernicioso* y *T. viride* y es incapaz de alimentarse y reproducirse sobre un sustrato colonizado por: *A. bisporus* y *P. eryngii*.

Cuando grandes enjambres de *P. mesembrinae* se acumulan sobre y alrededor de los champiñones, las camas toman un color café que se los productores españoles y mexicanos han llamado "Colacao" (el nombre comercial del chocolate soluble en España), en alusión al hecho de que toman el aspecto de chocolate rociado en abundancia sobre la tierra de cobertura.

Lo corto de su ciclo biológico, el hecho de que las hembras estén listas para la partenogénesis y el predominio del sexo femenino, explican el veloz incremento de la población en los hongos. Además de valerse de herramientas utilizadas por los trabajadores de las champiñoneras y moscas, para alcanzar la superficie y así iniciar un viaje a otras cepas o incluso otros invernaderos o naves ( a este viaje. se le conoce como foresia) (De Lillo, 1990).

### **Daños.**

Los productores no le dan mucha importancia y regularmente conviven con este ácaro; sin embargo, al parecer el ácaro tiene en su cuerpo estructuras en las que puede portar esporas de *Trichoderma sp.*, las que transporta y estimula para su desarrollo, con lo que el hongo citado compite con *Agaricus* y con ello inhibe su desarrollo (Lindquist, 1985). Clift y Terras (1995) determinaron que el ataque conjunto de *P. mesembrinae* e *H. feroniarum* resulta en mermas importantes en el rendimiento de champiñones.

### **Control.**

Dado la escasa importancia que hasta el momento se le ha dado, no existe un control que vaya dirigido a *P. mesembrinae*; sin embargo, el control de moscas utilizado de forma normal en las champiñoneras, sirve para evitar que este ácaro se pueda dispersar.

### **Uso de agroquímicos en el cultivo del champiñón.**

Para controlar con éxito las plagas y enfermedades que pueden aparecer en cualquier champiñonera hace falta desplegar una estrategia integral. Con frecuencia el

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

control de una plaga o patógeno determinado dependerá de diversos factores. También es fundamental comprender la biología de los organismos: por ejemplo es importante conocer su forma de penetración en los cultivos, y sus métodos de dispersión en la champiñonera y de una a otra instalación. Esto junto con las medidas de control químico disponibles, nos darán las mejores posibilidades de alcanzar un nivel de control satisfactorio. Fundamentalmente de deben llevar a cabo las medidas encaminadas a conservar la salud de los champiñones, solo cuando no bastaron las medidas preventivas debe recurrirse a la práctica de una lucha.

Se dispone de un gran número de productos químicos, pero solo su uso adecuado proporciona los resultados deseados. Ante todo se debe pensar en la salud del consumidor. Por no poder analizar el cultivador de champiñones su producción, en lo que se refiere a la presencia de residuos, es conveniente utilizar los productos protectores de sus cultivos únicamente en las concentraciones indicadas. Además que deben dejarse transcurrir plazos de seguridad desde la última aplicación hasta el día de iniciación de la cosecha ( Hellmut, 1987).

El uso de productos químicos puede provocar micotoxicidad, la mayor parte de estos casos ha tenido lugar cuando se ha realizado la aplicación sin seguir estrictamente la práctica recomendada, por ejemplo:

- Cuando se ha mezclado un pesticida con la cobertura en lugar de aplicarlo como riego al cultivo.
- Cuando se ha excedido el volumen recomendado de agua por unidad de superficie para aplicar el plaguicida.
- Cuando se ha excedido la misma cantidad de plaguicida.
- Cuando se han empleado productos químicos en momentos diferentes de los recomendados, por ejemplo durante la cosecha cuando la etiqueta estipula que ha de usarse solo antes de la cosecha.

Muy raras veces se producen casos imprevistos de micotoxicidad incluso cuando el pesticida se ha aplicado correctamente, según las recomendaciones de su etiqueta. En estos casos raros, se presentan muchas veces combinaciones simultáneas de diversos factores que inducen a la micotoxicidad. Por ejemplo el diazinón, incorporado a la composta en una cantidad recomendada han originado alguna vez efectos micotóxicos si se ha empleado una variedad sensible ( Fletcher, 1991).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, laboratorio de Acarología, ubicado en Montecillo, Texcoco, México. Para evaluar los efectos de los ácaros *B. lambi* y *P. mesembrinae* y su interacción con la aplicación de productos químicos sobre la producción de *A. bisporus*, se estableció un ciclo productivo de este último. Para ello se adaptó un área (sótano), de tal manera que cumpliera con las condiciones ambientales necesarias para el desarrollo del champiñón (temperatura, humedad relativa, nivel de CO<sub>2</sub>). Se instalaron los siguientes aparatos de medición, para asegurar que las condiciones ambientales se cumplieran:

- Termómetro ambiental
- Detector de CO<sub>2</sub>, Marca: W.E. Kuriger Associates, modelo: 301A-1, Intervalo de Medida: 0-3000 ppm de CO<sub>2</sub>. Tiempo de reacción menor de un minuto
- Higrómetro

Además de ello se instaló un extractor de aire, que cumplía también la función de ventilación, y que se utilizó de acuerdo a los requerimientos. Las condiciones necesarias (nivel de CO<sub>2</sub> y la temperatura) se mencionaron en el apartado de etapas del ciclo de cultivo. Se tomaron lecturas por ocho días para comprobar si el área destinada cumplía con las condiciones necesarias.

Se realizó una prueba previa, colocando 20 paquetes de composta provenientes de Riojal, para verificar que el desarrollo del micelio (*A. bisporus*) fuera el adecuado. Los paquetes se dejaron durante la etapa de incubación (15 días). Una vez que se comprobó que el desarrollo era el adecuado, se retiraron los paquetes y se desinfectó el área utilizando permanganato de potasio y formol (1 g. mL<sup>-1</sup>, respectivamente).

### Composta

Los paquetes para la producción de champiñones que se usaron fueron proporcionados por la compañía Riojal. Consistieron en paja fermentada (composta), inoculada con semilla de champiñón de la variedad Amycel Delta. Cada paquete tenía una cubierta de polietileno y pesaba aproximadamente 18 Kg.

Los paquetes destinados al manejo con productos químicos recibieron un tratamiento con diazinón, el cual se utiliza para el combate de las moscas esciáridas, aplicado por aspersión al momento de la siembra. Mientras que los paquetes destinados al manejo sin productos químicos, no se les aplicó diazinón.

Todos los paquetes de composta fueron colocados en el interior de bolsas de polietileno. Inmediatamente después de que se les empacó, se les selló con cinta adhesiva

para evitar cualquier tipo de contaminación. Enseguida se les transportó al laboratorio y se les mantuvo sellado, hasta que se les introdujo en el área de trabajo (sótano).

### Tierra de cobertura

Para preparar la tierra de cobertura se utilizaron turba del musgo *Sphagnum* sp., con el nombre comercial de Peat Moss, más piedra caliza triturada, en proporciones de 9.7 Kg. por 40 kg, respectivamente. En la tierra de cobertura destinada al manejo con productos químicos, la desinfección se hizo por aplicación de formaldehído (60ml disuelto en 100 L), mientras que la tierra de cobertura destinada al manejo sin tratamientos químicos fue esterilizada mediante tres pasos de autoclave a 121°C durante una hora cada uno, en paquetes de aproximadamente 1 Kg en bolsas de polipapel.

### Establecimiento de colonias de *P. mesembrinae* y *B. lambi*

Para establecer las colonias de ácaros se utilizaron botes plásticos con capacidad de un litro, a los cuales se les perforó la tapa; esa perforación se cubrió con malla de serigrafía (de 300 hilos por pulgada cuadrada) para evitar que los ácaros escaparan. La función de esa perforación fue la de facilitar el intercambio gaseoso. En cada bote se colocaron 200 g de composta previamente mezclada con semilla de *A. bisporus* (6.6 g de semilla por kilogramo de composta), variedad Amycel delta.

Es importante mencionar que este composta también provenía de Riojal, pero se tomaba antes de salir de la cámara de pasteurización para evitar que se contaminara. Los botes se sellaron con película plástica para envolver (marca Reynolds, modelo No. 905SP), y se colocaron en una cámara de pasteurización a 25°C (temperatura ideal para el desarrollo de *A. bisporus*). En esta incubadora permanecían alrededor de 15 días. Después de ese tiempo el micelio invadió completamente la composta, de esta manera estaba lista para ser infestada con ácaros de una sola especie.

Para fundar colonias de *B. lambi* y *P. mesembrinae* se tomaron muestras de composta procedentes de invernaderos de la planta Riojal, las que se llevaron al laboratorio para su observación al microscopio estereoscópico. Para verificar que se trataba de la especie de interés, se hicieron montajes temporales en ácido láctico, y se observaron al microscopio. Una vez que se confirmó la identidad de los ácaros, éstos se colectaron con ayuda de una aguja con punta de pestaña para evitar pasar diferentes especies. Se pusieron 50 a 100 ácaros en cada bote, se sellaron con película plástica para envolver (Reynolds), y se colocaron en charolas llenas con agua y jabón, el cual se usó para romper la tensión superficial y evitar que los ácaros se escaparan y contaminaran otros botes.

Se colocaron de cuatro a seis botes por charola, los cuales permanecieron en la incubadora a 25°C, hasta que los ácaros invadían la composta (proceso que duraba de 20 a 35 días). Este método funcionó perfectamente para *B. lambi*, la cual se multiplicó con éxito. Sin embargo no ocurrió igual para *P. mesembrinae*, puesto que esta especie se alimenta de *Trichoderma* sp., por lo que se optó por utilizar ácaros provenientes de Riojal, pues en la época que del estudio existieron grandes enjambres de ellos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Diseño experimental**

Para este trabajo se realizó un diseño de parcelas divididas con el siguiente arreglo:

#### **Parcelas grandes:**

- Manejo con tratamiento químico.
- Manejo sin tratamiento químico.

#### **Parcelas chicas:**

- Infestado con *B. lambi*.
- Infestado con *P. mesembrinae*.
- Testigo no infestado.

Cada parcela chica tuvo seis repeticiones, cada una representada por un paquete de composta.

Entre cada uno de los subtratamientos (parcelas chicas) existía una separación de 50 cm.

Los tratamientos fueron:

**P/S** = *P. mesembrinae* manejo sin productos químicos.

**B/S** = *B. lambi* manejo sin productos químicos.

**T/S** = Testigo manejo sin productos químicos.

**B/C** = *B. lambi* manejo con productos químicos.

**P/C** = *P. mesembrinae* manejo con productos químicos.

**T/C** = Testigo manejo con productos químicos.

### **Manejo de pacas**

Las condiciones ambientales requeridas para el desarrollo de *A. bisporus* son diferentes para cada etapa del ciclo productivo, por lo que el manejo para mantenerlas dentro de lo óptimo fue muy variado e incluyó actividades de ventilación, incremento de H.R, riego y calefacción, según fuese necesario para mantener las condiciones ideales para el desarrollo de los champiñones. En el cuadro 3 se muestran las medias de las condiciones registradas en el experimento durante cada etapa del ciclo productivo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 3. Medias de las condiciones ambientales registradas a lo largo del ciclo.**

| Etapa      | Pacas °C | Ambiente °C | H.R % | CO <sub>2</sub> ppm |
|------------|----------|-------------|-------|---------------------|
| Incubación | 27.9     | 22.56       | 88.1  | 3114.4              |
| Cobertura  | 27.3     | 22.6        | 80.2  | 2204.3              |
| Inducción  | 24       | 21.3        | 72    | 775                 |
| Cosecha    | 20.1     | 21.2        | 68.9  | 512.0               |

Las pacas de composta recibieron un manejo semejante al realizado en Riojal, con la única diferencia que los paquetes destinados a un manejo sin productos químicos, no se les aplicó ningún producto químico.

A continuación se describen algunas actividades relevantes realizadas en cada etapa del cultivo.

#### **Etapa de incubación**

Al llegar las pacas fueron desinfectadas; se limpiaron en la parte superficial (es decir el plástico que las envuelve) con agua y cloro (100 mL de cloro comercial por 1 L de agua), se colocaron sobre estantes contruidos con tubular de fierro (PTR), se acomodaron según el diseño (parcelas divididas) y de tal manera que quedara un espacio de 50 cm entre cada tratamiento. Estos espacios se impregnaron con pegamento Biotac, con el fin de evitar que los ácaros se dispersaran y contaminaran otros tratamientos; también se colocaron discos de acetato de celulosa impregnados con el mismo pegamento entre cada tratamiento, los cuales funcionaron como trampas para moscas.

Una vez que el micelio había invadido la composta (día 14), se colocaron los individuos de *P. mesembrinae* y de *B. lambi* en las pacas destinadas a recibir los tratamientos correspondientes. En cada una de las pacas destinadas al *B. lambi* se colocaron al menos una hembra fisiogástrica y aproximadamente 50 adultos, los cuales se encontraban en composta invadida de *A. bisporus*, los ácaros fueron distribuidos en tres sitios equidistantes.

Para la infestación de *P. mesembrinae* se utilizó tierra de cobertura proveniente de Riojal, la cual fue examinada al microscopio estereoscópico para verificar que no existieran ácaros contaminantes. Se eligió tierra de cobertura que estaba invadida por un gran colacao, esto es una gran colonia de hembras adultas, listas para la fovecía, la composta no se utilizó, pues en ella se encuentran diferentes estadios de los ácaros y se corría el riesgo de que entre la muestra existieran huevos de otras especies. La estimación del número de ácaros se hizo tomando como referencia el método de recuento de Solomon (1945), el cual se explicara más adelante. En cada paca se colocaron aproximadamente 28,000 ácaros adultos, la manera de colocarlos fue idéntica a la técnica usada para los ácaros de *B. lambi*.

La diferencia en el número de ácaros de las dos especies utilizadas se debe a que, en el momento de la infestación, las colonias fundadas de *B. lambi*, no eran muy

abundantes, en contraste con el material usado para infestación (tierra de cobertura) de *P. mesembrinae* que contenía un gran número de ácaros. Debe destacarse que esta diferencia no representa ningún problema para nuestros objetivos, pues conocemos el número inicial de ácaros colocados en cada paca y con ello podemos determinar el aumento de las poblaciones y el daño que estas causan.

#### **Etapa de cobertura**

En esta etapa se iniciaron las aplicaciones de los productos químicos, en las parcela destinada a manejo con productos químicos, estos se aplicaron en distinta fechas, y dosis, de acuerdo a las técnicas utilizadas en Riojal.

El Cuadro 4 resume los riegos y productos químicos aplicados a las pacas después de que se les agregó la tierra de cobertura.

**Cuadro 4. Riegos y sustancias químicas aplicadas a las pacas de composta.**

| <b>Día</b> | <b>Manejo con tratamiento químico</b> | <b>Manejo sin tratamiento químico</b> |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 20         | 830 mL de agua + 2.1 mL de formol     | 830 mL de agua                        |
| 22         | 830 mL de agua +0.9 g. de Dimilin     | 830 mL de agua                        |
| 23         | 830 mL de agua + 0.275 mL de Basudin  | 830 mL de agua                        |
| 24         | 830 mL de agua + 0.554 mL de Sportak  | 830 mL de agua                        |

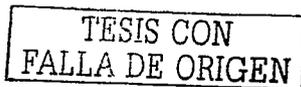
El ingrediente activo de los productos químicos utilizados es el siguiente:

| <b>Nombre comercial</b> | <b>Ingrediente activo</b> |
|-------------------------|---------------------------|
| Formol                  | Formaldehido              |
| Dimilin                 | Diflubenzurón             |
| Basudin                 | Diazinón                  |
| Sportak                 | Procloraz                 |

#### **Etapa de cosecha**

Cuando alcanzaron el tamaño adecuado en términos comerciales (cuando el champiñón tenga 7 cm. de diámetro en su pileo), los champiñones cosechados se pesaron, y su registro se hizo en gramos por paca por día. Se tomó la primera y segunda muestra para determinar la población de ácaros los días 57 y 67 del proceso productivo, que sirvieron para evaluar la población de ácaros. De cada uno de los tratamientos, se seleccionaron al azar cuatro pacas, en cada una de las pacas seleccionadas se muestreó al azar un área, para de ahí tomar 50 gramos de tierra de cobertura y 20 gramos de composta. Las muestras se embolsaron y etiquetaron por separado.

La extracción de las dos especies de ácaros de las diferentes muestras de composta y de tierra se llevó a cabo mediante el método de recuento de Solomon (1945) el cual se describe a continuación:

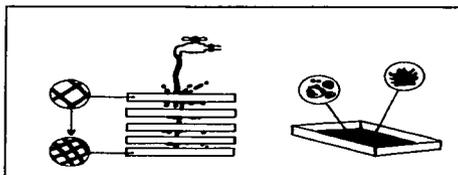


1.- Las muestras se pesaban, 20 gramos para composta y 50 gramos para tierra de cobertura.



**Figura 5. Peso de las muestras de composta y tierra de cobertura (método de Solomon, 1945)**  
Elaborado por: David Gutiérrez Castillo (2003)

2.- Muestras pesadas se sometían al proceso de lavado y tamizado.



**Figura 6. Lavado y tamizado de las muestras (método de Solomon, 1945)**  
Elaborado por: David Gutiérrez Castillo (2003)

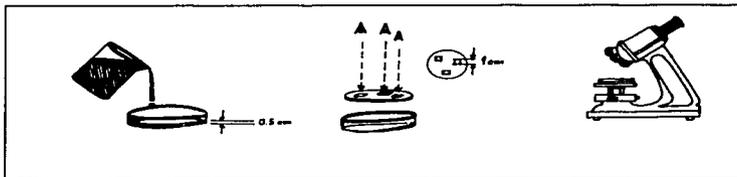
Los tamices utilizados fueron:

- 6 hilos por pulgada cuadrada
- 30 hilos por pulgada cuadrada
- 325 hilos por pulgada cuadrada

Estos tamices se escogieron después de realizar una serie de pruebas en las que se verificó, que después del lavado, los ácaros permanecieran en el tamiz más fino (325 hilos); los otros dos tamices sirven para retener los restos de composta o tierra de cobertura (partículas grandes). Las muestras de tierra de cobertura y composta fueron procesadas por separado. Los tamices se colocaron uno sobre otro. El tamiz más fino en la

parte inferior. Sobre el tamiz mas grueso se colocó a muestra. Los tres tamices se ponen bajo un chorro de agua, al cabo de un minuto se retira el tamiz de 6 hilos; el siguiente tamiz (30 hilos) se retira después de 50 segundos; en el tamiz más fino (325 hilos por pulgada cuadrada) se encuentran restos finos de tierra de cobertura, composta y los ácaros.

3.-Los restos que contenía el tamiz más fino se procesaban para obtener el número de ácaros por muestra



**Figura 7. Conteo de ácaros (método de Solomon, 1945)**  
**Elaborado por: David Gutiérrez Castillo (2003)**

Los ácaros obtenidos después del lavado y tamizado se colocaron en una caja petri para contarlos bajo el estereoscopio, para repartirlos se vierte agua en la caja petri a una profundidad de 0.5 cm; los ácaros permanecieron ahí sin hundirse ni escaparse. Sobre la caja Petri se colocó una plantilla de acetato con tres orificios de 1 cm<sup>2</sup> destinados a ser el área de recuento de ácaros; se contaron todos los ácaros presentes en esos 3 cm<sup>2</sup> y el número multiplicaba por 20.28; este número fue calculado como factor para extrapolar al área total de la caja Petri (60.80 cm), con lo que se estimaba el total de ácaros presentes en toda la muestra. El método de Solomon recomienda utilizar una plantilla con una área destinada al conteo de ácaros, la cual abarque el 30 % de la superficie de la caja petri.

Después de conocer el número de ácaros por muestra, se colocaron 100 ácaros en un portaobjetos excavado, con ácido láctico, y se observaron en el microscopio de contraste de fases, para tener la certeza de que se trataba de una sola especie de ácaros por muestra.

#### **Análisis de datos**

Los datos de rendimiento de champiñones por semana se compararon mediante análisis de varianza y prueba de Tukey al 0.05%, en un arreglo de parcelas divididas. Se usó el paquete estadístico SAS versión 6.11.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los datos de cosecha se agruparon por oleadas, pues generalmente éstas tenían límites discretos y cuando no fue así, se asignaron apreciativamente las cosechas a las floradas sucesivas. Para determinar los posibles efectos de los tratamientos en el tiempo en que ocurrieron las floradas, se estimó el tiempo en el cual se había cosechado la mitad de la florada correspondiente. Para ello se usó la siguiente fórmula:

Formula 1:

$$\hat{Y} = \sum d \cdot Y_d / \sum Y_d$$

Donde:

$\hat{Y}$  = día en que se había cosechado la mitad del rendimiento de la florada.

d = día de cosecha.

$Y_d$  = peso de hongos cosechados por paca en el día d.

Los valores anteriores se compararon mediante ANOVA y prueba de Tukey al 0.05%, en un arreglo de parcelas divididas, mediante el programa SAS 6.11 y Mini Tab.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación del rendimiento del champiñón.

La cosecha de champiñones obtenida a lo largo del ciclo productivo se agrupo en semanas como se muestra en el cuadro 5, en el que se aprecia la diferencia de cosecha total que existe entre tratamientos con productos químicos y sin productos químicos. Los productos químicos provocaron una disminución en el rendimiento total. Sin embargo en el tratamiento de *B. lambi* la producción fue menor cuando no se le aplicaron químicos, esto podría deberse a que las pacas infestadas con *B. lambi* sin químicos se vieron afectadas por *Trichoderma sp.*, el cual es un hongo antagonista que muy comúnmente ataca al champiñón, este hongo se extiende sobre toda la composta y después sale a la superficie de la tierra de cobertura y sobre el nacen champiñones agrietados, deformados o definitivamente no nacen (Fletcher, *et al.*, 1991).

El uso de químicos también provocó, que la cosecha en la primera semana fuera mucho menor, en comparación con los tratamientos a los cuales no se les aplicaron productos químicos (cuadro 5).

Los productos químicos aplicados en paquetes infestados con ácaros afectaron el rendimiento, pues en la cuarta semana tuvieron un mínimo de producción, y para la quinta semana no se presentó producción. Esto podemos atribuirlo al efecto negativo de los productos químicos aplicados más el efecto negativo del los ácaros (cuadro 5).

**Cuadro 5. Medias de cosecha obtenidos por paca, expresadas en gramos.**

| Tratamientos  | Semana<br>1 | Semana<br>2 | Semana<br>3 | Semana<br>4 | Semana<br>5 | Total         |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b><i>B. lambi</i> con<br/>productos químicos</b>       | 45          | 1128.6      | 648.6       | 8           | 0           | <b>1830.3</b> |
| <b><i>P. mesembrinae</i> con<br/>productos químicos</b> | 271.9       | 1104.1      | 164.3       | 3.5         | 0           | <b>1543.9</b> |
| <b>Testigo con<br/>productos químicos</b>               | 320.1       | 1341.8      | 459         | 108.1       | 21.8        | <b>2251.1</b> |
| <b><i>B. lambi</i> sin<br/>productos químicos</b>       | 951.9       | 453.6       | 198.6       | 105.6       | 0           | <b>1709.9</b> |
| <b><i>P. mesembrinae</i> sin<br/>productos químicos</b> | 991.8       | 1132.4      | 74          | 361.7       | 96.6        | <b>2636.3</b> |
| <b>Testigo sin productos<br/>químicos</b>               | 943.3       | 886.6       | 430.5       | 370         | 9.7         | <b>2634.4</b> |

Los resultados totales de cosecha de champiñón, fueron sometidos a un análisis de varianza, en un diseño de parcelas divididas, dicho análisis arrojó los siguientes resultados; existió diferencia significativa entre los rendimientos obtenidos en pacas con manejo sin productos químicos y pacas con manejo con productos químicos. De igual manera para las parcelas chicas (infestación con ácaros), existió una diferencia significativa. (cuadro 6)

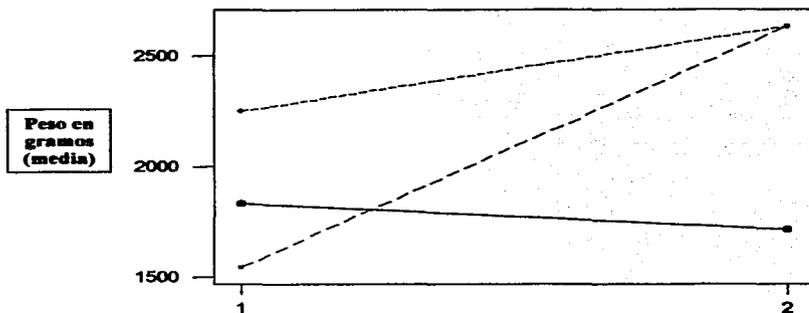
**Cuadro 6. Análisis de varianza de los valores de rendimiento acumulado de champiñones. Diseño de parcelas divididas.**

| Fuente de variación     | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|-------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo) | 1  | 1836716.15        | 1836716.15       | 7.79       | 0.0113 |
| PCH(infestación ácaros) | 2  | 2716851.97        | 1358425.98       | 5.76       | 0.0106 |
| PG*PCH                  | 5  | 2227312.86        | 1113656.43       | 4.72       | 0.0209 |
| Error                   | 27 | 7771863           | 259062           |            |        |
| Total                   | 35 | 14552744          |                  |            |        |

P= 0,05 %

El mismo análisis (cuadro 6) muestra que existe interacción significativa de parcelas chicas (especies de ácaros) y grandes (sistema de manejo de los champiñones). Como puede observarse en grafica 1, las pacas infestadas con *B. lambi* tuvieron el menor rendimiento. También puede apreciarse que tanto para *P. mesembinae*, como para el testigo su producción fue menor al aplicar productos químicos. Y aunque para *B. lambi* no existió una disminución del rendimiento por la aplicación de químicos, su producción fue menor que la del testigo; lo cual puede deberse a una afectación de los productos químicos sobre el champiñón.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



1. Tratamiento con productos químicos.
  2. Tratamiento sin productos químicos.
- *B. lambi*.
  - *P. Mesembrinae*.
  - Testigo

**Grafica 1. Interacción entre tratamientos y medias de producción en diferentes niveles de infestación de ácaros. Rendimiento total.**

Después de conocer que existió diferencia significativa tanto en parcelas grandes como en parcelas chicas y en la interacción de ambas. Los resultados de cosecha fueron agrupados en semanas y sometidos a un análisis de varianza y prueba de Tukey (anexos 1-5).

El Cuadro 7 muestra los rendimientos comparativos entre pacas sometidas a manejo con productos químicos y sin. Como puede apreciarse, el rendimiento fue significativamente menor en los tratamientos sometidos a manejo con productos químicos, lo que muestra que este sistema de manejo tuvo un efecto negativo, sobre el potencial efecto útil como control de ácaros.

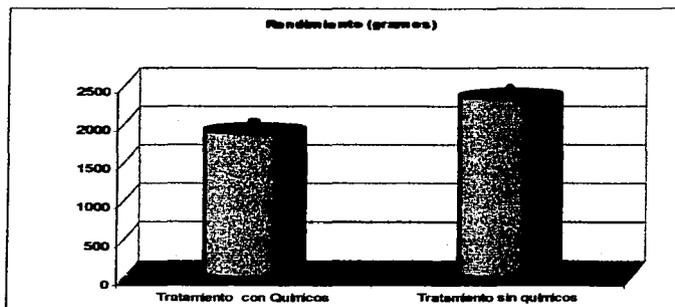
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 7. Promedios semanales de rendimiento de champiñones en parcelas grandes (sistemas de manejo con productos químicos y sin productos químicos) comparados mediante una prueba de Tukey en arreglo de parcelas divididas. Promedios expresados en gramos.**

|                          | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Total   |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| Tratamiento con químicos | 212B     | 1191.55A | 424.03A  | 39.89B   | 7.28A    | 1875.1B |
| Tratamiento sin químicos | 962.4A   | 824.22B  | 234.39A  | 279.12A  | 26.78A   | 2326.9A |

Valores en una columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey al 0.05%)

Para ejemplificar los valores totales de cosecha, se muestra en la grafica 2, el resultado del promedio de rendimiento. En ella se aprecia que el uso de productos químicos provocó un descenso en la producción, resultando por la prueba de Tukey (0.05) diferencias estadísticas significativas entre parcelas grandes. Teniendo el paquete con productos químicos una cosecha total del 1875.1 gramos por paca, mientras que el paquete sin productos químicos su cosecha total por pacas fue de 2326.9 gramos, lo que representa un 19.4% de diferencia.



**Gráfica 2. Rendimiento entre los dos tratamientos.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Según Cantelo *et al.* (1982), el uso de diazinón provoca una disminución del 30% en el rendimiento y disminuye el número de champiñones, por lo que la merma en el rendimiento podemos atribuirla a efectos negativos provocados por los productos químicos. Durante las cuatro primeras semanas de cosecha existió diferencia significativa, el hecho de que en la quinta semana no existiera esta diferencia puede ser porque la cosecha en este tiempo consistió simplemente en restos de la tercera florada.

El Cuadro 8 muestra los promedios de rendimiento semanales en las parcelas chicas, en él se observa que en el testigo (no infestado) las cosechas fueron más uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo, en contraste con los tratamientos inoculados con *P. mesembrinae* y *B. lambi*, los que tuvieron descensos importantes en las semanas 3 y 4, el hecho de no encontrar diferencias en la primera y segunda semanas puede atribuirse a que probablemente los ácaros todavía no alcanzaban altas poblaciones, mientras que la quinta semana tuvo una cosecha muy baja. Por tanto, la tendencia general encontrada muestra un efecto causado por los ácaros *P. mesembrinae* y *B. lambi* sobre la producción de champiñón. Particularmente, los tratamientos con *B. lambi* siempre presentaron más bajos rendimientos en comparación con los infestados por *P. mesembrinae* y los testigos al grado de no tener producción en la quinta semana, lo cual provocó, en cuanto a los rendimientos totales, una pérdida estimada en 27.5%; estos datos se aproximan a los consignados por Ferragut *et al.* (1997), quienes afirmaron que en China las pérdidas atribuidas a este ácaro alcanzaron un 30%.

**Cuadro 8. Promedios semanales de rendimiento de champiñones en parcelas chicas (niveles de infestación de ácaros) comparados mediante una prueba de Tukey en arreglo de parcelas divididas. Promedios expresados en gramos.**

|                       | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Total    |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>B. lambi</i>       | 498.5A   | 791.2A   | 423.7A   | 56.83B   | 0A       | 1770.1B  |
| <i>P. mesembrinae</i> | 631.9A   | 1114.2A  | 119.2B   | 182.6AB  | 38.17A   | 2090.1AB |
| Testigo               | 631.7A   | 1118.3A  | 444.8A   | 239.08A  | 12.92A   | 2442.8A  |

Valores en una columna con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey al 0.05)

Por otra parte, no se observó diferencia significativa en el rendimiento entre las pacas infestadas por *P. mesembrinae* y el testigo no infestado (Cuadro 8); sin embargo, el promedio total de rendimiento en las pacas con el ácaro mencionado fue de 2090.1 gramos, mientras que el rendimiento del testigo fue de 2442.8 gramos, lo que equivale a un 14.4 % inferior al del testigo. Esta situación pudo deberse al efecto de los químicos que disminuyeron el rendimiento en el orden de 58.56 % entre el tratamiento infestado con *P. mesembrinae* (1543.9 g) y el testigo sin producto químico (2634.4 g).

Sin embargo, no puede ser sólo imputable la baja del rendimiento a los productos químicos, pues el tratamiento en *P. mesembrinae* con aplicación de químicos, tuvo una

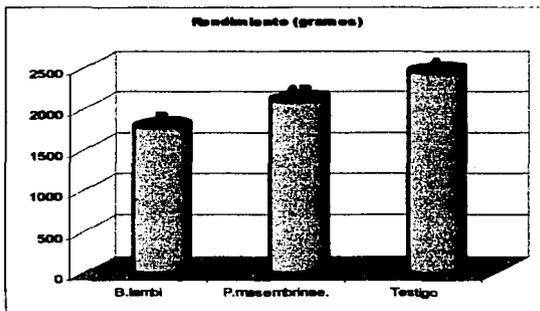
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

menor producción (1543.9 g) que aquellos donde no se infestó, pero si se aplicaron químicos (2251.1 g) (cuadro 5).

Adicionalmente, las pacas infestadas con *P. mesembrinae* no se vieron afectadas de manera aparente por *Trichoderma sp.*, no podemos despreciar la posibilidad de su existencia pues podría haberse encontrado sólo en la composta, y así pasar desapercibido, como sucede muchas veces en Riojal, no hay que olvidar que *P. mesembrinae* posee estructuras llamadas esporotecas, en las que almacena esporas de *Trichoderma sp* para después infestar el medio el que se encuentra y con ello poder alimentarse, el hecho de haber infestado las pacas con *P. mesembrinae* cuando el micelio de *A. bisporus* ya había invadido la composta pudo provocar que *Trichoderma sp* tuviera un desarrollo limitado o no existiera (De Lillo, 1990).

*P. mesembrinae* es considerada una especie poco dañina, por lo que no se emprende ninguna acción para controlarla. Esto es un error, por lo que se ha dicho antes; la poca percepción de los daños causados puede atribuirse a que los productores están muy habituados a la presencia de los ácaros y/o a que los daños se confunden con otros, como el uso de semilla de calidad inferior o la ocurrencia de un clima desfavorable

Para ejemplificar los valores totales de cosecha se muestra la grafica 3, resultado de las pruebas de tukey realizadas a los datos de cosecha total. En ella se aprecia que el descenso mayor en la producción lo ocasiona el ácaro *B. lambi*.



Gráfica 3. Rendimiento de champiñones entre los diferentes niveles de infestación de ácaros.

### **Efecto de tratamientos químicos sobre el desarrollo del champiñón.**

Para hacer esta evaluación, los rendimientos de cosecha se agruparon en oleadas.

En el Cuadro 9 aparecen los resultados de la aplicación de la fórmula (1), en la que se calcula la media de la primera florada. Estos valores muestran que los tratamientos con manejo con productos químicos tuvieron un atraso de alrededor de dos días en la primera florada en comparación con los que tuvieron manejo sin productos químicos, independientemente de si estaban infestados con ácaros o no.

**Cuadro 9. Efecto de los productos químicos sobre el inicio de la cosecha.**

| <b>Tratamientos</b>                                      | <b>Días a la primera florada</b> |
|--|----------------------------------|
| <i>B. lambi</i> tratamiento con productos químicos       | 41.6                             |
| <i>P. mesembrinae</i> tratamiento con productos químicos | 40.3                             |
| Testigo tratamiento con productos químicos               | 40.7                             |
| <i>B. lambi</i> tratamiento sin productos químicos       | 38.6                             |
| <i>P. mesembrinae</i> tratamiento sin productos químicos | 38.8                             |
| Testigo tratamiento sin productos químicos               | 39.1                             |

El análisis de varianza muestra diferencias estadísticas significativas en parcelas grandes (anexo 6), las cuales se confirman al realizar la prueba de Tukey (cuadro 10). Donde se observa que el uso de productos químicos provocó un atraso en el inicio de la cosecha.

**Cuadro 10. Días a la primera florada, comparados mediante una prueba de Tukey (0.05) en arreglo de parcelas divididas.**

| <b>Tratamientos</b>    | <b>Días a la primera florada</b> |
|------------------------|----------------------------------|
| Con productos químicos | 40.9 A                           |
| Sin productos químicos | 38.8 B                           |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Ya que el tratamiento con productos químicos incluye el uso de formaldehído, diazinón, diflubenzurón y procloraz, no hay forma de saber cual de ellos pudo ser el causante de un atraso en la florada, o de que forma interactuaron. No se encontró ninguna información acerca del retraso en la primer florada ocasionado por los productos químicos. Sin embargo, sí existe información acerca del efecto provocado en el rendimiento y número de champiñones; según Cantelo *et.al.* (1982) el uso de diazinón provoca una disminución del 30 % en la cosecha total y el 26 % de los champiñones resultan más pequeños.

En la figura 8 se aprecia el efecto que tuvieron los productos químicos sobre el desarrollo de los champiñones. Las fotografías se tomaron el mismo día. En las pacas tratadas con productos químicos solo existían primordios, mientras que en las pacas que no se les aplicaron productos químicos, hubo champiñones completamente formados, además que el número fue mucho mayor en comparación a los primordios existentes es pacas tratadas con químicos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**A) Pacas sin tratamiento químico.**



**B) Pacas con tratamiento químico**

**Figura 3. Efecto del uso de productos químicos.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Efecto de los productos químicos sobre los ácaros.

No se reporta el conteo en los tratamientos no infestados, pues no se encontraron ácaros de ninguna especie lo que nos indica que las barreras físicas fueron efectivas ya que no hubo contaminación.

**Cuadro 11. Poblaciones promedio de *B. lambi* en paquetes con productos químicos y paquetes sin productos químicos. Las cifras representan el número estimado de ácaros en 20 g de composta más 50 g de tierra de cobertura.**

| <i>B. lambi</i>      |                    |                    |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Tratamiento          | Conteo 1<br>día 57 | Conteo 2<br>día 67 |
| Paquetes con químico | 71,791             | 633,790            |
| Paquetes sin químico | 156,258            | 499,232            |

Las poblaciones de *B.lambi* se comportaron indiferentes al uso de productos químicos (cuadro 11), ya que en el primer conteo existe un número menor de ácaros en pacas con tratamiento químico, pero para el segundo conteo esto se invierte, el menor número de ácaros se presentó cuando no se les aplicó productos químicos. Lo anterior confirma lo mencionado por Gea (1997), quien dijo que el uso de acaricidas ha resultado ineficaz para controlar a *B. lambi*. Para el caso de *P. mesembrinae* (cuadro 12), en el primer conteo existe una menor población de ácaros cuando no se usaron tratamientos químicos y para el segundo conteo, la menor población se encuentra cuando se aplicó tratamiento químico. Por lo anterior, podemos decir que tuvo un comportamiento similar al encontrado en *B. lambi*.

Con los resultados de cuadros 11 y 12 podemos inferir que el uso de los acaricidas y/o insecticidas dimilin (ingrediente activo diflufenzuron), y basudín (ingrediente activo diazinón), además del formaldehído, no ejercieron un control sobre las poblaciones de *B. lambi* y *P. mesembrinae*. Se requiere de un estudio más detallado para determinar si la falta de eficiencia de estos productos esta o no relacionada con la escasa penetración de los mismos a la masa de sustrato (tierra de cobertura más composta)

*P. mesembrinae* (cuadro 12) presentó poblaciones más bajas que *B. lambi* (cuadro 11). Sin embargo, con los dos conteos realizados podemos concluir que su reproducción fue más limitada que la de *B. lambi*. Esto podemos atribuirlo a que no se encontraba en un medio ideal para su desarrollo pues, según De Lillo (1990), *P. mesembrinae* no puede

alimentarse ni reproducirse sobre *A. bisporus*, por lo que el hecho de encontrar ácaros en ambos conteos pudo deberse a que *P. mesembrinae*, utilizó las esporas que porta en sus esporotecas para diseminar *Trichoderma sp.*, hongo del cual se alimenta (Linsdquist, 1985).

**Cuadro 12. Poblaciones promedio de *P. mesembrinae* en paquetes con productos químicos y paquetes sin productos químicos. Las cifras representan el número estimado de ácaros en 20 g de composta más 50 g de tierra de cobertura.**

| <i>P. mesembrinae</i>            |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|
|                                  | Conteo 1 | Conteo 2 |
| Paquetes con tratamiento químico | 11,052   | 344      |
| Paquetes sin tratamiento químico | 3,386    | 52,930   |

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CONCLUSIONES

- *B. lambi* causó mermas de 27.5% en el rendimiento de champiñones.
- *P. mesembrinae* a pesar de no haber tenido una diferencia estadística significativa, presentó un rendimiento promedio 14.4 % abajo al del testigo.
- La aplicación de los productos químicos (formaldehído, Dimilin, Basudin y Sportak) provocaron una pérdida del 19.4% en comparación con el sistema sin uso de productos químicos.
- El tratamiento con productos químicos causó un retraso en la primera florada de aproximadamente dos días.
- Los productos químicos utilizados (formaldehído, Dimilin, Basudin y Sportak) no afectaron las poblaciones de *B. lambi* y *P. mesembrinae*.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## LITERATURA CITADA

- Al -Amidi, A.H.K.1995. Occurrence of insects and mites in mushroom compost in Ireland. *En. Science and Cultivation of Edible Fungi*, Elliot (Ed.). VA: A Balkema. Rotterdam. pp.:539- 546
- Axtell R.C. 1963. Acarina occurring in domestic animal manure. *Annals of the Entomological Society of America* 56: 628-633.
- Bregetova N.G. 1977. Key to the soil inhabiting mites: Mesostigmata. M.S. Gilyarov. Izdatel'stvo "Nauka", Leningrad.
- Bonet, J.M., 1986, El cultivo del champiñón, *El campo*, 102:48-54.
- Cantelo, W.W., Henderson, D and Argauer. 1982. Variation in sensitivity of mushroom to diazinon compost treatment, *Science and education administration*, E.U, 123-125.
- Camerik A.M. 2001. Redescription of holotype of *Pediculaster manicatus* (Berlese) 1904 and description of *P. pseudomanicatus* n.sp. (Acari: Pygmephoridae). *International Journal of Acarology* 27(1): 13-28.
- Cailleux, R. 1973. Mycoflore du compost destiné à la culture du chanpinnon de cauche, *Rev. De Mycol.*, XXXVII (1-2) : 14-35.
- Clift, A. D and Terras, M.A., 1995, Mites as indicators of compost conditioning. *En Science and Cultivation of Edible Fungi*, Elliot. Rotterdam: 507-513.
- Clift, A. D and Toffolon, R.b., 1981a, Biology, fungal host preferences and economic significance of two Pygmephorid mites ( Acarina: Pygmephoridae) in cultivated mushrooms, N.S.W., Australia. *Mushroom Science* XI: 245-253.
- Clift, A.D and Toffolon, R. B., 1981b, Insects and mites associated with mushroom cultivation on three commercial farms near Sydney, N.S.W., Australia, *Mushroom Science* XI: 537-549.
- Costa M. 1966. The present stage of knowledge of mesostigmatid mites in Israel (Acari, Mesostigmata). *Israel Journal of Zoology* 15: 69-82.
- Cross E.A. 1965. The generic relationships of the family Pyemotidae (Acarina: Trombidiformes). *Kansas Univ. Sci. Bull.* 45: 29-275.
- De Lillo, E., 1990. Insetti ed acari dannosi al *Pleurotus Erygii* (D.C. ex fr)quel. ( Cardoncello). Possibilita di controllo., *professione Agricoltore*, 1990.
- Evans G.O and Browning E.1956. British mites of the subfamily Macrochelinae Trägårdh (Gamasina-Macrochelidae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Zoology* 4(1): 1-55 + 4 placas.
- Fleurat L., F and Nail, P., 1978. Les acariens des chapignonnières et leur action sur les cultures. *Proceedings of the Tenth International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi* . *Mushroom Science X (part II)* pag. 357-366.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fletcher, J.T., White, P.F. y Gaze, R. H. 1991. Champiñones, Control de enfermedades y plagas, Acribia, España:17-23.

Ferragut, F. Gea , F. J y Garcia – Morrás, J. A., 1997. The mushrooms mite *Brennandania lambi* (Krcal) ( Acari: Pygmephoroidae). Introduction in Spain, economic important and distinction of related species. Bol. San Veg. Plagas , 23(3): 301-311

Ferri, F., 1985, I funghi, micologia, isolamento, coltivazione, Edagricole, Bologna:398.

Fernández, F.M, 2001, Manual practico de producción comercial de champiñón , ZOE Tecno-Campo, <http://www.zoetecnocampo.com>, México.

Gao, J. R; ZOu, P. and Ma, E. P., 1986. Two new records of mushrooms pygmephorid mites from China, Acta Agric. Shanghai, 2(3) 27-32

Gea, A.F.J y Tello, J.M., 1997, Micosis del cultivo del champiñón, mundi prensa, España.

Gerrits, J.P.G., 1988. Nutrition and compost. In The cultivation of mushrooms. Van Griensvan, L.J.I.D., Ed. Interlingua , Sussex: 29-72.

Gurney G.and Hussey N.W. 1967. Pygmephorus species (Acarina: Pyremotidae) associated with cultivated mushrooms. Acarologia 9(2):353-358.

Harold, C. y Alexopolus, C.J., 1988. Morfología de plantas y hongos, Omega, Barcelona: 697-793.

Hellmut, S., 1987. Cultivo comercial del champiñón, Acribia, segunda edición, 5-10, España.

Hermans, C.1988. Climate and cultivation technique. In: The cultivation of mushrooms, Van Griensven, L.J.L.D (E.d.) Interlingua, Sussex, 213-248.

Hoffmann, A.,1988, Animales desconocidos, relatos acarológicos, La ciencia, México, 7-34.

Hernandez. M., 2001. Manual del cultivador, Riojal, México,2-40.

Hughes, A. M. 1969. The mites of stored food and houses. Tech. Bull. Min. Agr. Fish., London.

Hussey N.W. 1964. Mites as pests of cultivated mushrooms. Rep. Glasshouse Crops Res. Inst. 1963: 114-117.

Krantz G.W., Filipponi A. 1964. Acari della famiglia Macrochelidae (Mesostigmata) nella collezione del South Australian Museum Rivista di Parassitologia 25(1): 35-54.

Krantz G.W. 1978. A manual of Acarology. Oregon State University Book Sotres, Inc.

Kovac L; Schnitzerova E; Miklisova D; Mati R. 1999. Gamasina communities (Acari, Parasitiformes) of arable soils with two different soil types. Pedobiologia. 43: 1, 54-63.

Leal, L.H., 1985. El cultivo del champiñón y otros macromicetos comestibles es el desarrollo de la biotecnología en México. , CONACYT, pp. 235-257.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Lindquist E.E. 1985. Discovery of sporothecae in adult female *Trichometridium* Cross, with notes on analogous structures in *Siteroptes* Amerling (Acari: Heterostigmata). *Experimental and Applied Acarology* 1: 73-85.

Martínez, D., Rodolfo L., Porfirio M., Mercedes S. y Alfonso L., 1991, Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México, CONACYT, Enc. Feb. 1991 Vol. XVI num. 96: 33 - 34, Mex. D.F.

Pardo, J., 1990., productividad de un compost y economía de su elaboración: Criterios de evaluación basados en una analítica sistemática, Patronato de promoción Económica, Cuenca: 37-58.

Solomon, ME. 1945: Tyroglyphid mites In stored products. Methods for the study of population density, *Ann. appl. Biol.*, Vol. 32 Págs. 71 a 75.

Smiley R.L. 1978. Taxonomic studies of *Pygmephorus* species from the Western Hemisphere, with a key to females and an overview of the current problems for classification (Acari: Pyemotidae and Pygmephoridae). *International Journal of Acarology* 4(2): 125-160.

Shisler, L.C., 1982. Biochemical and mycological aspects of mushroom composting. In: Penn State handbook for commercial mushroom growers. West, P. J y Benstson, G. D (Eds). The Pennsylvania State University: 3-10.

Terras, M.A., M.A. Hales, D.f. y Ellioto, T.J. 1995. Red pepper mites are vectors of *Trichoderma*. *En Science and Cultivation of Edible Fungi*, Elliot, Róterdam. Vol. 2: 485-490.

Vedder, P.J.C.1978. Cultivo moderno del champiñón, Mundi-Prensa, Madrid:374.

Vedder, P.J.C.1986. Cultivo moderno del champiñón, Mundi-Prensa, Madrid:85-89.

Witch, M.C y Snetsinger, R, 1971. Observation on mushroom-infesting Pyemotid mites in the United States. *Ent. News*, 82: 183-190.

Wu, J. y Ma , E. P., 1988, Studies of biological characters of *Brennandania lambi* (Kerczal) the most harmful mite for mushroom production in Shanghai region . *Acta Agric. Shanghai*. 4(3): 41-46 ( en chino)

Wu, J. y Zhang, Z-Q., 1933a, Host feeding, damage and control of the mushroom pest, *Brennandania lambi* (acari: Pygmephoroidea) in China. *Experimental y Applied Acarology*, 17:233-240.

Wu, J. y Zhang, Z-Q., 1993b, Control of *Brennandania lambi* ( Acari: Pygmephoroidea) by freezing , evaluation of its efficacy and effects on mushroom growth and yield. *Experimental and Applied Acarology*, 17:531-540.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ANEXOS

**Anexo 1. Análisis de varianza de los valores de rendimiento de champiñones en la primera semana de cosecha. Diseño de parcelas divididas.**

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 5062342.5         | 5062342.5        | 44.17      | 0.0001 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 142303.3          | 71151.65         | 0.62       | 0.5475 |
| PG*PCH                   | 5  | 124860.33         | 62430.16         | 0.54       | 0.5884 |
| Error                    | 27 | 2292115.10        | 114605.75        |            |        |
| Total                    | 35 | 9287796.98        |                  |            |        |

P= 0.05 %

**Anexo 2. Análisis de varianza de los valores de rendimiento de champiñones en la segunda semana de cosecha. Diseño de parcelas divididas.**

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 1214381.96        | 121<br>4381.96   | 9.64       | 0.0056 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 845568.28         | 422784.14        | 3.36       | 0.0554 |
| PG*PCH                   | 5  | 776715.18         | 388357.59        | 3.08       | 0.0681 |
| Error                    | 27 | 2519310.72        | 125965.53        |            |        |
| Total                    | 35 | 6461848.77        |                  |            |        |

P= 0.05 %

**Anexo 3. Análisis de varianza de los valores de rendimiento de champiñones en la tercera semana de cosecha. Diseño de parcelas divididas.**

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 323669.97         | 323669.97        | 4.45       | 0.0477 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 796784.22         | 398392.11        | 5.48       | 0.0127 |
| PG*PCH                   | 5  | 310763.19         | 155381.6         | 2.14       | 0.1442 |
| Error                    | 27 | 1454586.24        | 72729.31         |            |        |
| Total                    | 35 | 3836944.27        |                  |            |        |

P= 0.05 %

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Anexo 4. Análisis de varianza de los valores de rendimiento de champiñones en la cuarta semana de cosecha. Diseño de parcelas divididas.

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 515093.29         | 515093.29        | 26.34      | 0.0001 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 208890.74         | 104445.37        | 5.34       | 0.0139 |
| PG*PCH                   | 5  | 104114.85         | 52057.42         | 2.66       | 0.0944 |
| Error                    | 27 | 391182.97         | 19559.14         |            |        |
| Total                    | 35 | 1430778.03        |                  |            |        |

P= 0.05 %

Anexo 5. Análisis de varianza de los valores de rendimiento de champiñones en la quinta semana de cosecha. Diseño de parcelas divididas.

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 3422.25           | 3422.25          | 1.98       | 0.1748 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 9044.39           | 4522.19          | 2.62       | 0.0979 |
| PG*PCH                   | 5  | 15012.17          | 7506.08          | 4.34       | 0.0272 |
| Error                    | 27 | 34572.11          | 1728.60          |            |        |
| Total                    | 35 | 79160.97          |                  |            |        |

P= 0.05 %

Anexo 6. Análisis de varianza de los días a la primera florada. Diseño de parcelas divididas.

| Fuente de variación      | GL | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor de F | Pr > F |
|--------------------------|----|-------------------|------------------|------------|--------|
| PG (Sistemas de manejo)  | 1  | 37.23033611       | 37.23033611      | 49.11      | 0.0001 |
| PCH (infestación ácaros) | 2  | 1.66082222        | 0.83041111       | 1.10       | 0.3537 |
| PG*PCH                   | 5  | 4.24915556        | 2.12457778       | 2.80       | 0.0845 |
| Error                    | 27 | 15.16215556       | 0.75810778       |            |        |
| Total                    | 35 | 66.48529722       |                  |            |        |

P= 0.05 %

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**