

5 00376



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

## FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO COMPARATIVO DEL DESARROLLO DE  
*Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO COMO SUSTRATOS  
PAÑALES DESECHABLES Y PAJA

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS EN ECOLOGIA  
Y CIENCIAS AMBIENTALES

PRESENTA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ROSA MARIA ESPINOSA VALDEMAR

NOTA: TESIS ONDULADA TODA.

ASESORA DE TESIS: DRA. SYLVIE TURPIN MARION



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**Comité tutorial:**

**Dra. Sylvie Turpin Marion**

**Dra. Irma Rosas Pérez**

**Dr. Joaquín Cifuentes Blanco**

... a la Dirección General de Bibliotecas de la  
NAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Rosa María Espinosa  
Valderrama

FECHA: Nov 13/2002

FIRMA: [Firma]

... Dirección General de Bibliotecas de la  
NAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcional.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **Dedicatorias**

**A Efraín con amor, por su amor, su apoyo, por ser él y por todo lo que representa en mi vida**

**A mis hijos Yunuen y Efraín con amor por ser motivo e inspiración de este esfuerzo**

**A mis padres**

**A Ana y Mauro por entenderme y apoyarme**

**A Gaby por nuestro sueño compartido**

**A Miguel Angel y Glicinia por compartir la “experiencia de la maestría”**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **Agradecimientos**

**A la Dra. Sylvie Turpin Marion quién a lo largo de este trabajo ha representado diferentes roles para mí: Tutora, Jefa y Coordinadora y en todos ellos me ha demostrado su apoyo incondicional, agradezco especialmente sus enseñanzas, su impulso en momentos difíciles y su amistad.**

**A la M en C Irma Delfín Alcalá por su valioso apoyo en esta investigación y por ser “mi mamá académica”**

**A la Q.F.B. Adela Hernández Ortíz por su apoyo incondicional, por su dedicación en las pruebas analíticas y por su amistad**

**A Don Leo y Martín por su apoyo solidario e incondicional siempre**

**A la Ing Griselda González C., por su ayuda en el sentido más amplio de la palabra, sobre todo en tiempos difíciles**

**A la M en C. Rebeca Ramírez Carrillo por su valiosa y desinteresada ayuda en el análisis estadístico**

**Al Sr. Roberto Cano por su rápido apoyo en el material fotográfico**

**Al Departamento de Energía y todo su personal por su apoyo y amistad**

**Gracias a la vida, que me ha dado tanto**

# ÍNDICE

## RESUMEN

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>I INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1 Hongos comestibles	3
2.2 Caracterización de <i>Pleurotus ostreatus</i>	4
2.2.1 Ubicación taxonómica	4
2.2.2 Morfología	4
2.2.3 Reproducción	4
2.2.4 Nutrición	5
2.3 Cultivo de <i>P. ostreatus</i>	6
2.3.1 Etapas del cultivo	6
2.3.2 Factores que afectan el cultivo	8
2.4 Aprovechamiento de residuos para el cultivo de <i>P. ostreatus</i>	10
2.5 Problemática de los residuos postcultivos	13
2.6 Pañales desechables	13
2.6.1 Problemática de los pañales desechables	13
2.6.2 Composición de los pañales desechables	14
2.6.3 Tratamiento de los pañales desechables	15
<b>III OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
<b>IV METODO</b>	<b>18</b>
4.1 Obtención de los sustratos	18
4.1.1 Paja	18
4.1.2 Orujo de uva	18
4.1.3 Pañal desechable	20
4.2 Acondicionamiento de los sustratos	20
4.2.1 Paja de trigo	20
4.2.2 Orujo de uva	20
4.2.3 Pañal desechable	20
4.3 Eliminación de microorganismos en los sustratos	22
4.3.1 Pasteurización	22
4.3.2 Esterilización	22
4.4 Obtención del inóculo de <i>P. ostreatus</i>	23
4.4.1 Obtención de la cepa	23
4.4.2 Resiembra de la cepa	23
4.5 Preparación del inóculo	23
4.6 Siembra y fructificación <i>P. ostreatus</i>	23
4.6.1 Condiciones del área de cultivo	23
4.6.1.1 Cuarto de cultivo	23
4.6.1.2 Cámara de cultivo	23
4.6.1.3 Control de las condiciones ambientales	24
4.7 Siembra	24
4.7.1 Ajuste de volumen	24
4.7.2 Proceso de siembra	25
4.8 Invasión y fructificación	25
4.9 Cosecha	26
4.10 Parámetros de evaluación del cultivo de <i>P. ostreatus</i>	26

4.10.1 Eficiencia biológica	26
4.10.2 Análisis de la calidad de los hongos cosechados	26
4.10.2.1 Análisis bromatológico	26
4.10.2.2 Análisis microbiológico	27
4.11 Parámetros de estudio para evaluar la degradación de los sustratos	27
4.11.1 Reducción de peso	28
4.11.2 Reducción de volumen	28
4.11.3 Variación del peso volumétrico	29
4.11.4 Análisis de celulosa	29
4.11.5 Análisis de lignina	29
4.12 Determinación de la composición en subproductos de los residuos postcultivo	30
4.13 Análisis estadístico	30
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>31</b>
5.1 Sustratos	31
5.2 Cultivo de <i>P. ostreatus</i>	31
5.2.1 Invasión	31
5.2.2 Fructificación	35
5.2.3 Cosecha	35
5.3 Evaluación del cultivo de <i>P. ostreatus</i>	37
5.3.1 Eficiencia biológica	37
5.3.2 Calidad de los hongos cosechados	40
5.3.2.1 Calidad bromatológica	40
5.3.2.2 Calidad microbiológica	41
5.4 Condiciones más apropiadas para el cultivo de <i>P. ostreatus</i> sobre el sustrato de pañal desechable usado	41
5.5 Evaluación de la degradación de los sustratos	42
5.5.1 Reducción de peso	42
5.5.2 Reducción de volumen	46
5.5.3 Variación del peso volumétrico	48
5.5.4 Reducción de celulosa	49
5.5.5 Reducción de lignina	51
5.6 Evaluación y comparación de la degradación de los sustratos	53
5.7 Composición de los materiales postcultivo	54
<b>VI CONCLUSIONES</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO</b>	<b>60</b>
<b>ACERVO FOTOGRÁFICO</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>73</b>

# ESTUDIO COMPARATIVO DEL DESARROLLO DE *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO COMO SUSTRATOS PAÑALES DESECHABLES Y PAJA

## RESUMEN

El hongo *Pleurotus ostreatus* se ha utilizado para investigar el aprovechamiento de diversos sustratos agroindustriales, debido principalmente a su capacidad para degradar residuos lignocelulósicos, a la relativa sencillez de su cultivo y a las altas eficiencias obtenidas. Esta práctica se ha revelado como una buena alternativa para reutilizar los millones de toneladas de residuos agroindustriales que se generan mundialmente y que constituyen un recurso potencial como sustrato para la producción de alimentos.

Dada la capacidad de degradación de este hongo, en este trabajo se planteó la posibilidad de cultivarlo en un sustrato no convencional que actualmente representa un problema ambiental grave por la cantidad que de él se genera: el pañal desechable. Este residuo representa alrededor del 5% del total de la generación de los residuos municipales y que actualmente es depositado en rellenos sanitarios, sin recibir ningún tratamiento. La composición de las diversas clases de pañales desechables varía, pero su componente mayoritario es la celulosa, que es biodegradable y que puede ser aprovechada como fuente de carbono y energía para el desarrollo de *P. ostreatus*, en especial si se complementa con otro desecho con alto contenido de lignina.

El presente trabajo consistió en establecer las condiciones que permitan la utilización de los pañales desechables usados como sustrato para *P. ostreatus*, y evaluar la degradación de éstos, tomando como referencia el sustrato paja de trigo, adaptando una metodología ya descrita. Se utilizó la cepa de *P. ostreatus* IE-8. Los sustratos fueron paja de trigo que es empleada comercialmente y pañales desechables usados seleccionando sólo los que contenían residuos líquidos. Los pañales fueron sometidos a diversos tratamientos previos a su inoculación: con y sin plástico, desmenuzado manualmente o molido mecánicamente y con y sin complemento de orujo de uva. Los sustratos se sometieron a dos procesos de tratamiento térmico: pasteurización y esterilización. Se hicieron 5 repeticiones de cada tratamiento.

Los parámetros de estudio estuvieron enfocados a dos aspectos: el primero a la eficiencia del cultivo en los diferentes sustratos, y el segundo a la degradación del sustrato. Para el primero se utilizó la eficiencia biológica y para el segundo las reducciones de peso y de volumen, la variación de peso volumétrico y las reducciones de celulosa y de lignina; adicionalmente se evaluó la calidad microbiológica y bromatológica de los cuerpos fructíferos. El tiempo total de la fase experimental fue de 68 días, incluyendo las fases oscura y luminosa y el tiempo de secado de los sustratos residuales.

Dentro de las condiciones para preparar los sustratos, la esterilización en autoclave demostró ser más eficiente y adaptable a las características del pañal. Los resultados obtenidos de eficiencia biológica fluctuaron entre 0 y 34.34%,

siendo el mejor sustrato la PAJA, seguida por SPMU (sin plástico molido + orujo de uva) y CPMU (con plástico molido + orujo de uva). Se encontró que los sustratos de pañales con plástico, molidos y complementados con orujo de uva tuvieron las mejores eficiencias. Los hongos cultivados mostraron buen color, tamaño y consistencia, su calidad bromatológica fue comparable con los hongos cultivados en otros sustratos y el análisis microbiológico garantizó la ausencia de patógenos.

Los resultados obtenidos de degradabilidad, medida como reducción de peso y volumen, fueron altos ya que se alcanzaron porcentajes hasta de 90%. El peso volumétrico se incrementó hasta en 300%. La reducción de celulosa fue hasta 50% y para la lignina de 47%. Se encontró que los sustratos de pañales con o sin plástico, molidos y complementados con orujo de uva presentaron la mayor degradabilidad.

Este estudio mostró que el cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pañales desechables usados, podría constituir una alternativa de solución a dos problemas: la producción de alimentos y el tratamiento de residuos.

## RELACIÓN DE CUADROS, FIGURAS y FOTOS

### CUADROS

Cuadro 1	Relación de residuos utilizados como sustrato para el cultivo de <i>P.ostreatus</i>
Cuadro 2	Generación nacional de residuos sólidos municipales
Cuadro 3	Composición porcentual de los residuos sólidos municipales
Cuadro 4	Composición porcentual de un pañal desechable
Cuadro 5	Relación y proporción de los sustratos utilizados
Cuadro 6	Análisis bromatológico de los cuerpos fructíferos
Cuadro 7	Análisis microbiológico de los cuerpos fructíferos
Cuadro 8	Resultados de humedad promedio
Cuadro 9	Tiempo de secado, valores promedio de todos los sustratos
Cuadro 10	Observaciones realizadas en los sustratos esterilizados durante las etapas de invasión y fructificación
Cuadro 11	Datos obtenidos en la cosecha
Cuadro 12	Datos obtenidos en la fructificación
Cuadro 13	Composición de los cuerpos fructíferos
Cuadro 14	Análisis microbiológico de los hongos cosechados
Cuadro 15	Diferencias significativas entre los sustratos
Cuadro 16	Porcentaje de variación en el peso volumétrico
Cuadro 17	Resumen de resultados
Cuadro 18	Porcentaje en peso de subproductos por sustrato

### FIGURAS

Figura 1	Secuencia general del trabajo experimental
Figura 2	Eficiencia biológica por sustrato
Figura 3	Cinética de reducción de peso
Figura 4	Porcentaje de reducción de peso
Figura 5	Reducción de volumen
Figura 6	Porcentaje de reducción de volumen
Figura 7	Pesos volumétricos inicial y final
Figura 8	Reducción de celulosa
Figura 9	Porcentaje de reducción de celulosa
Figura 10	Reducción de lignina
Figura 11	Porcentaje de reducción de lignina

### FOTOS

Foto 1	Preparación de los sustratos
--------	------------------------------

<b>Foto 2</b>	<b>Registro de peso de los sustratos</b>
<b>Foto 3</b>	<b>Cámara experimental</b>
<b>Foto 4</b>	<b>Invasión inicial en pañales</b>
<b>Foto 5</b>	<b>Invasión total en pañales</b>
<b>Foto 6</b>	<b>Riego de los sustratos</b>
<b>Foto 7</b>	<b>Iniciación de fructificación en PAJA</b>
<b>Foto 8</b>	<b>Fructificación en el sustrato SPM</b>
<b>Foto 9</b>	<b>Fructificación en el sustrato CPM</b>
<b>Foto 10</b>	<b>Fructificación en el sustrato CPDU</b>
<b>Foto 11</b>	<b>Fructificación en el sustrato CPMU</b>
<b>Foto 12</b>	<b>Fructificación en el sustrato SPMU</b>
<b>Foto 13</b>	<b>Fructificación en el sustrato SPDU</b>
<b>Foto 14</b>	<b>Minimización del sustrato, volumen del sustrato antes y después del cultivo</b>

## I INTRODUCCIÓN

Los hongos integran uno de los reinos más diversos y fascinantes de la naturaleza, los estudios realizados sobre ellos muestran su amplia distribución en múltiples hábitats. En su gran mayoría, son organismos saprobios que desempeñan un papel relevante en los ecosistemas como biodegradadores de la materia vegetal: celulosa, hemicelulosa y lignina, actividad substancial en el ciclo del carbono, además ayudan a las bacterias en el proceso de nitrificación, lo que los hace ser no solamente útiles sino indispensables. También enriquecen los suelos ya que parte de la materia orgánica proviene en buena proporción de los mismos micelios de los hongos cuando éstos mueren desempeñando una función importante en el equilibrio ecológico de la naturaleza. [Herrera y Ulloa, 1990 y Casas Campillo en Guzmán *et al.*, 1993].

Desde el punto de vista antropocéntrico, pueden utilizarse como alimento humano y animal y como fuente de sustancias de interés médico o industrial, como hormonas y enzimas en instalaciones biotecnológicas [Bis'ko & Bilay, 1992]. También existen hongos que provocan grandes perjuicios, pues se pueden desarrollar en diversos productos alimenticios del hombre y de los animales causando su descomposición, algunos pueden contaminar productos comerciales como papel, maderas, telas, pieles. Pueden ser causantes de enfermedades e intoxicación en el hombre, plantas y animales.

Entre los aspectos relacionados con los hongos, uno de los más importantes es su utilización como parte de la dieta humana, a tal grado que para algunos pueblos los hongos han llegado a ser el "vegetal diario" [Bautista *et al.*, 1998]. Su valor nutricional es significativo ya que contienen porcentajes elevados de proteína y son fuente de algunos de los aminoácidos esenciales, así como de vitaminas y ácidos grasos insaturados.

El cultivo doméstico y comercial de los hongos comestibles se ha extendido por todo el mundo [Bautista *et al.*, 1998]. El desarrollo de tecnologías aplicables al cultivo para autoconsumo en instalaciones rurales y para el cultivo en mayor escala en instalaciones semi-comerciales y comerciales es alentado por la extraordinaria actividad metabólica de estos organismos y por el hecho de que su propagación masiva se ve favorecida por la notable capacidad de invasión del micelio en el sustrato.

Entre las especies de importancia comercial se encuentra *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer, debido a la relativa sencillez y fácil implantación de las condiciones propias de su cultivo. Además es la especie que se utiliza con mayor frecuencia en la investigación de sustratos alternativos tales como los residuos agroindustriales [Martínez-Carrera *et al.*, 1993]

Por otro lado el notable incremento de la población observado en las últimas décadas, aunado a los cambios en el estilo y ritmo de vida de los núcleos urbanos

de nuestro país, han propiciado un mayor consumo de artículos "suntuarios" que procuran comodidad a los usuarios. El uso de estos productos tiene como consecuencia la generación de una mayor cantidad de desechos.

Un claro ejemplo de lo anterior se encuentra en la aparición, en la década de los 70, de los pañales desechables. La Comisión Nacional de Ecología señala que el 3.42% de las 80 746 toneladas diarias de residuos sólidos municipales generadas en el país en el año de 1994, correspondió a pañales desechables [INE, 1995], es decir, aproximadamente 2800 toneladas diarias.

Los componentes mayoritarios del pañal desechable que representan 80-90% del total son: algodón (celulosa), textiles naturales y fibras sintéticas; el resto lo constituyen materiales plásticos como el polietileno y el polipropileno, además de una pequeña cantidad de un polímero sintético superabsorbente. Los porcentajes específicos de cada uno de estos componentes varían dependiendo de la marca y clase de pañal desechable.

Siendo la celulosa el componente principal de este residuo, se propone su utilización como sustrato para la producción de *P. ostreatus*. Esto constituye una alternativa biotecnológica relevante por la combinación de los resultados que pueden obtenerse, por un lado la producción de alimentos y por el otro el tratamiento de residuos.

## II MARCO TEORICO

### 2.1 Hongos Comestibles

Desde épocas remotas, el consumo de hongos ha sido una práctica común en algunas regiones entre las que se puede mencionar a Mesoamérica, Europa meridional y el sureste de Asia, zonas donde las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de estos organismos. Se calcula que existen alrededor de 250 000 especies de hongos, de los que una pequeña fracción es comestible. [Martínez-Carrera, 1990].

El cultivo de hongos comestibles representa una alternativa prometedora para la obtención de alimentos de alto valor nutricional, gracias a su contenido proteínico y vitamínico. Para su producción pueden utilizarse como sustrato diversos residuos agroindustriales solos o combinados, reciclando de esta manera materiales que por su elevado volumen de generación, representan un problema de contaminación del suelo.

A nivel mundial se han logrado cultivar cerca de 80 especies de hongos en laboratorios e instalaciones experimentales, de las cuales 22 son cultivadas comercialmente pero sólo 10 se producen a escala industrial [Martínez-Carrera, 1993].

No obstante que en nuestro país se tiene, desde la época prehispánica, una amplia tradición en el consumo de hongos y que se han registrado más de 200 especies de hongos comestibles, su cultivo es una actividad poco explotada ya que a nivel comercial sólo se cultivan dos especies: el champiñón y la seta.

La especie que tiene mayor importancia desde el punto de vista comercial es el "champiñón" (*Agaricus bisporus*), seguida de la "seta", "pleuroto", "oreja" u "oreja de cazahuate" (*Pleurotus ostreatus*). El cultivo "doméstico" del champiñón se inició a mediados de los años 30, pero se necesitaron más de 20 años para que dicha actividad se desarrollara a escala industrial. La "seta" (*P. ostreatus*) empezó a cultivarse en 1974, en instalaciones domésticas destinadas al autoconsumo, [Martínez-Carrera, 1991].

A finales de los 80's, en la unidad de producción más grande de México, se cosechaban alrededor de veinte toneladas diarias de champiñón y apenas tres toneladas mensuales de setas. [Martínez-Carrera, 1991]. El cultivo de las setas muestra una tendencia ascendente y a últimas fechas ha alcanzado gran importancia debido a su demanda nacional e internacional [López-Nolasco *et al.*, 1995].

## 2.2 Caracterización de *Pleurotus*

### 2.2.1 Ubicación taxonómica

La ubicación taxonómica permite clasificar a los hongos, como a otros seres vivos, siguiendo una serie de caracteres morfológicos y biológicos, a continuación se presenta la ubicación propuesta para *P. ostreatus* de acuerdo con: Herrera y Ulloa [1990] y Guzmán, [1993]:

Reino: Fungi

División: Eumycota

Subdivisión: Basidiomycotina

Clase: Holobasidiomycetes

Subclase: Hymenomycetae

Orden: Agaricales

Familia: Tricholomataceae

Género: *Pleurotus*

Especie: *ostreatus*

***Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer**

### 2.2.2 Morfología

A continuación se describe la morfología de *P. ostreatus* según: Alexopolus, [1996], Guzmán, [1993] y Sánchez y Royse [2001].

*Pleurotus ostreatus* presenta un píleo liso convexo raramente redondo casi siempre en forma de concha de ostra. Puede presentar escamas hacia el centro o en la base y los cuerpos fructíferos son por lo general concrecentes. El píleo puede medir entre 5 y 12 cm de diámetro, su color es generalmente grisáceo, a veces amarillento rosado o blanco. Sus laminillas son muy decurrentes, anastomosadas en la base, anchas blancas y algunas veces amarillas. Carece de estípites o bien éste es lateral o excéntrico, corto y poco diferenciado, generalmente mide alrededor de 2 cm de largo, 1-2 cm de grosor. Las esporas son de color lila o crema, elipsoides con una talla promedio de 9.5 x 3.5 micras

El micelio crece en forma radial y por ello forma masas discoidales sobre la superficie. Los micelios son en general laxos y blancos [Guzmán *et al.*, 1993 y Sánchez y Royse, 2001].

### 2.2.3 Reproducción

La reproducción puede ser sexual o asexual:

La asexual no involucra fusión de núcleos, se puede dar por fragmentación del micelio, el cual al colocarse bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y sustratos, da origen a un nuevo individuo. Esta forma de reproducción es muy utilizada para multiplicar los hongos comestibles en el laboratorio, pues

permite mantener las características de la cepa que se está cultivando. En otros casos da origen a esporas asexuales por división mitótica; las cuales se denominan según el nombre de la estructura que las produce [Sánchez y Royse 2001].

Las esporas asexuales presentan formas, tamaños y colores muy variados y juegan un papel importante en la propagación de especies, pues favorecen la ocupación de nichos disponibles al producir un gran número de individuos en corto tiempo. Este tipo de reproducción es poco frecuente en hongos comestibles [Alexopoulos, 1996].

La reproducción sexual implica unión de hifas o gametas (somatogamia) fusión de núcleos (carigamia) y la producción de gametos por meiosis. Las hifas que forman el micelio (primario) actúan como gametos y se fusionan con hifas compatibles y dan origen por somatogamia a un compartimiento hifal con dos tipos de núcleos diferentes. A partir de este compartimiento se produce la dicarionización del micelio (secundario) para dar origen a los que es llamado micelio heterocariótico (con diferentes tipos de núcleos). La cariogamia generalmente se presenta tiempo después de la somatogamia, por lo que el micelio heterocariótico se puede multiplicar y mantener sin dificultad. La fusión de núcleos sólo se dará en la basidia, la cual originará por meiosis las esporas, 4 basidioesporas en el caso de *Pleurotus*. La reproducción sexual en hongos permite la variación genética y capacita a las especies para ocupar nuevos nichos o sobrevivir a condiciones adversas y les permite tener una vida más larga que aquellos que solo se reproducen sexualmente. La mayoría de los hongos presentan ciclos alternos de reproducción sexual y asexual como parte de su desarrollo [Alexopoulos, 1996; Herrera y Ulloa, 1990].

#### 2.2.4 Nutrición

Como todos los hongos, *Pleurotus* requiere que en el sustrato en el que se desarrolla, se encuentren todas las sustancias que necesita, como el carbono y el nitrógeno. El carbono se utiliza como fuente de energía y para la elaboración de estructuras celulares, entre las fuentes de carbono más comúnmente empleadas, están los carbohidratos (mono y polisacáridos), ácidos orgánicos, aminoácidos, algunos alcoholes y la lignina. El nitrógeno se necesita para la elaboración de proteínas y sus principales fuentes de nitrógeno se obtienen a partir de la degradación de aminoácidos, peptona, caseína y otros y de la urea o por medio de sulfatos y nitratos de amonio, sodio, potasio y calcio [Sánchez y Royse, 2001].

Entre los minerales más importantes para el crecimiento de los hongos están el hierro, cobre, magnesio, sodio, potasio, calcio y fósforo, los cuales se pueden administrar por medio de cloruros, fosfatos y carbonatos, entre otras sales [Sánchez y Royse, 2001].

Herrera y Ulloa, [1990] mencionan que gracias a su capacidad de desdoblar la lignina sin que sea necesario efectuar una fermentación previa u otro tipo de preparación química o biológica, *P. ostreatus* puede cultivarse en un medio preparado con materiales celulósicos al que se le adicionan algunas sales minerales, también es cultivado en tocones o troncos de árboles muertos y en una amplia variedad de residuos lignocelulósicos, los cuales contienen aproximadamente 60-70% de celulosa y 15% de lignina. Guzmán *et al.*, [1993] por su parte, mencionan que los sustratos agrícolas empleados en el cultivo de hongos están constituidos principalmente por celulosa (40-60%, hemicelulosa (15-50 %) y lignina (10 - 30%) de los cuáles esta última es más difícil de digerir debido a su complejidad, por lo que se recomienda hacerlos digeribles mediante procesos de fermentación.

La pared celular de los tejidos vegetales está compuesta de celulosa, además de hemicelulosa y lignina, que son sustancias químicas muy complejas, difíciles de degradar y que solamente los hongos (y algunas bacterias) descomponen debido a que poseen enzimas que rompen tales moléculas y liberan a la celulosa y hemicelulosa de la lignina. De esas tres sustancias, la lignina es la más difícil de degradar y dependiendo de cómo la ataquen, los organismos se clasifican en hongos de la pudrición blanca y hongos de la pudrición oscura, debido a los cambios físicos causados en la madera, por su acción. Los primeros tienen la capacidad de metabolizar totalmente la lignina, como es el caso de *Pleurotus*, *Lentinus* y *Auricularia*. Los hongos de la pudrición oscura sólo modifican la estructura de la lignina, sin llegar a degradarla totalmente, pero sí liberan a la celulosa y la hemicelulosa que aprovechan para su nutrición, [Guzmán *et al.*, 1993].

## 2.3 Cultivo de *P. ostreatus*

### 2.3.1 Etapas del cultivo

El cultivo de *P. ostreatus* se realiza en varias etapas, las cuáles se describen a continuación:

a) Obtención de la cepa. El proceso de cultivo se inicia con la obtención de la cepa, que es el micelio desarrollado, la cuál se puede obtener de forma comercial o de algún laboratorio especializado con su identificación taxonómica. Debe conservarse en refrigeración y sembrarse periódicamente en el medio de cultivo apropiado. También puede obtenerse de un hongo fresco seleccionado y posteriormente identificado [Guzmán *et al.*, 1993].

b) Preparación del inóculo. La siguiente etapa consiste en el desarrollo masivo del micelio para la preparación del inóculo que también se conoce como semilla, hay dos tipos de semilla: la semilla madre o primaria y la secundaria. La primaria proviene directamente del micelio del hongo cultivado sobre un medio a base de agar, mientras para producir la secundaria se inoculan granos con una semilla

primaria. Comúnmente se utilizan granos de cereales para preparar semilla primaria o secundaria, estos granos son trigo, centeno, mijo y sorgo [Sánchez y Royse, 2001].

c) Acondicionamiento del sustrato. El principal grupo de materias primas utilizadas en la elaboración de sustratos para el cultivo de las diferentes especies de *Pleurotus* lo forman las pajas de cereales que son de fácil disponibilidad y con alto contenido lignocelulósico y contenido de nitrógeno por debajo del 1% [Sánchez y Royse, 2001]

Otro grupo de materiales corresponde a los tallos, hojas o restos de cultivos de plantas destinadas a uso o aprovechamiento industrial ( algodón, tabaco, lino, etc) o derivados de cultivo de algunos frutos [Stamets y Chilton, 1983].

Un tercer grupo de materiales aprovechables para el cultivo lo constituyen varios subproductos agroindustriales como son: cascarillas de semillas, harinas, orujos, pulpas o bagazos [Sánchez y Royse, 2001].

Para el cultivo de *Pleurotus* se han utilizado varias técnicas para el acondicionamiento del sustrato, entre ellas destacan:

- Reducción a fragmentos mediante su troceo, picado o molienda
- Secado al sol
- Fermentación y almacenamiento de 6 a 8 meses después de un proceso de secado al sol [Bermúdez *et al.*, 1994]
- Hidratación (24 horas, 3 días; 1 hora, sin hidratar; varias horas; 4 días; 2 ó 3 horas) [Zervakis & Balis, 1992, Martínez-Carrera y col, 1990, Sobal, 1993, Rinker, 1991 y Bermúdez *et al.*, 1994]
- Suplementarlo o enriquecerlo con materiales altos en lignina, materiales nitrogenados como el salvado de trigo y/o sales inorgánicas como el carbonato y el sulfato de calcio o el hidróxido de sodio
- Drenado del agua excedente (humedad de 60-70%)
- Pasteurizarlo (45 min a 85°C; 30 min a 70°C; 30 min a 80°C; 60 h a 65°C + 8 h a 50°C; 60 min a 80°C) [Sobal, 1993, Martínez-Carrera, 1990 y Rinker, 1996]
- Esterilizarlo (2 horas a 121°C; 40 min a 200°C), [Zervakis & Balis, 1992 Bis'ko and Bilay, 1992]

d) Etapa de inoculación. Después del acondicionamiento del sustrato, se procede su inoculación, que consiste en mezclar el inóculo con el sustrato [Sánchez y Royse, 2001]. Conviene efectuar esta operación con:

- Bolsas estériles
- Cepas desarrolladas en trigo estéril
- Inóculo en proporción de 5% o 10% en relación al peso del sustrato

e) Etapa de invasión. Es la etapa que permite la colonización del sustrato por el hongo [Guzmán *et al.*, 1993] y requiere:

- Oscuridad total utilizando bolsas de color negro o protegidas de la luz y cerradas herméticamente
- Humedad relativa, del 70 - 80%,
- Temperatura de 25° a 30°C,
- Concentración de CO<sub>2</sub> de 20, 000 ppm.
- Duración aproximada 10 a 15 días.

f) Etapa de fructificación. Es la etapa en la que se inicia la formación de los primordios y el desarrollo de los cuerpos fructíferos [Guzmán *et al.*, 1993] para ésta se requiere:

- Perforar o retirar las bolsas para disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> a 600 ppm y permitir el paso de la luz (2 000 lux / hora durante 12 horas por día).
- Rociar con agua para mantener húmeda y limpia la superficie de los anaqueles, para evitar la presencia de insectos y el desarrollo de hongos competidores como *Penicillium* y *Aspergillus*, riego una o dos veces al día para que la superficie se mantenga húmeda hasta que los cuerpos fructíferos alcancen 40% del tamaño de cosecha
- Ventilar para remover el aire
- Humedad relativa de 95%
- Temperatura ambiente alrededor de 15°C
- Duración aproximada 7 a 14 días

g) Etapa de cosecha. Es la etapa en la que los cuerpos fructíferos han alcanzado su madurez y están listos para ser cosechados antes de que se curven hacia arriba [Sánchez y Royse, 2001]. Durante la totalidad de esta etapa se requiere:

- Riego regular para prevenir que las copas se agrieten y mantener viables los nuevos primordios.
- Humedad relativa del 85 a 92%
- Temperatura ambiente entre 15° y 18°C
- Concentración de CO<sub>2</sub> menor a 600 ppm, de 4 a 6 intercambios de aire fresco por hora
- Exposición a la luz igual a la etapa anterior
- Duración aproximada 5 a 7 semanas

### 2.3.2 Factores que afectan el cultivo de *Pleurotus*

Para evaluar el rendimiento del cultivo se utiliza como uno de los parámetros la eficiencia biológica que es la relación entre el peso de los cuerpos fructíferos cultivados y el peso seco del sustrato, es decir los kg de hongos que se obtiene a partir de cada kg de sustrato seco [Tichierpe y Hartman, 1977].

Entre los factores más importantes que afectan el rendimiento, es decir la eficiencia biológica y la calidad del producto, se encuentran: la cepa, el sustrato, temperatura, humedad, iluminación y aireación. Una vez seleccionada la cepa y el sustrato, los demás parámetros son cuidadosamente controlados para que se mantengan dentro de límites estrechos en instalaciones industriales. Algunos ejemplos del efecto de éstos y de otros factores sobre el cultivo del hongo se describen a continuación:

- La mayor eficiencia biológica [Bernabé-González *et al.*, 1993] no se asocia necesariamente con un mayor tamaño de las setas. En un estudio se encontró que si bien la paja de trigo tenía mayor eficiencia biológica que el olote de maíz, el tamaño de los hongos era más pequeño en el primer sustrato.
- El elevado contenido de lignina en algún sustrato, como la paja de trigo (13 a 16%), actúa como una barrera para la ruptura de la fibra de celulosa y retarda la aparición de los cuerpos fructíferos según un estudio en que se le comparó con el olote de maíz [Zervakis & Balis, 1992]. En otro estudio se obtuvieron resultados similares al comparar el rendimiento en lino (alto contenido de lignina) con el obtenido en paja de trigo (bajo contenido de lignina) en que el rendimiento del primero fue apenas el 40% del rendimiento del segundo, [Rinker, 1991].
- En materiales con mayor concentración de nitrógeno se han obtenido rendimientos mayores. En un estudio en que se trabajó con paja de cebada (bajo contenido nitrogenado) y rastrojo de dos leguminosas: haba y frijol, el rendimiento de estas últimas [99 a 137%] fue superior al de paja de cebada (70.5%), [Sobal *et al.*, 1993].
- En el mismo estudio en que se trabajó con rastrojo de dos leguminosas, se observó una importante diferencia en el tiempo requerido para la aparición de los cuerpos fructíferos: 12 días en el caso del haba y 22 días en el caso del frijol. No se investigaron las causas, pero podrían estar relacionadas con el contenido de nitrógeno en el sustrato, [Sobal *et al.*, 1993]. En otro trabajo [Martínez-Carrera *et al.*, 1990], usando bagazo de caña de azúcar (0.18% de nitrógeno), se evidenció un bajo rendimiento al compararlo con el mismo sustrato enriquecido con paja de cebada (65.05%) o con pulpa de café (96.96%).
- La temperatura del cultivo una vez terminada la invasión del sustrato, tiene una influencia determinante. En un estudio [Zervakis & Balis, 1992], en que se utilizó bagazo de caña suplementado con pulpa de café, se obtuvieron rendimientos de 110% a 12°C y de sólo 75% al trabajar a 20°C. Los esporóforos aparecieron más pronto en cultivos a 15°C que en aquellos a 22°C.
- En relación con la capacidad de retención de agua, [Martínez-Carrera *et al.*, 1990], el bagazo de caña tiene limitada capacidad por lo que se seca la

superficie, lo que de alguna manera impide la aparición de nuevos cuerpos fructíferos (segunda o tercera cosechas). Lo mismo se menciona en relación con el cultivo en fragmentos de lino, [Rinker 1991], material con baja retención de humedad, que se secaba rápidamente lo que evitaba la formación de más cuerpos fructíferos y favorecía el desarrollo de *Penicillium* y *Aspergillus*.

- En cuanto al número de “cosechas sucesivas” se debe evaluar si conviene coleccionar sólo la primera y quizá la segunda, sin esperar las siguientes dado su escaso significado en el rendimiento total, [Sobal *et al.*, 1993]. La primera cosecha en lino y paja de trigo, representó de 52 a 62% del rendimiento total [Rinker, 1991].
- La presencia de organismos patógenos en el sustrato, (hongos, bacterias, insectos), puede disminuir la eficiencia biológica hasta en 40%. En la investigación realizada por López Nolasco [1995], la mayor disminución en el rendimiento (30%) fue atribuida a *Trichoderma* spp y el 10% restante a otros competidores. En este estudio se identificó a la mosca del género *Lycoriella* como un vector importante en la contaminación del sustrato por hongos y bacterias. Este problema puede presentarse a nivel industrial, por un almacenamiento inadecuado del sustrato, (almacenar la paja en lugares húmedos y calientes lo que propicia una alta concentración de microorganismos indeseables y presencia de sus productos metabólicos).

#### 2.4 Aprovechamiento de residuos para el cultivo de *P. ostreatus*

*P. ostreatus*, tiene menos requerimientos químicos y ambientales que el champiñón, y debido a ello es la especie que se utiliza con mayor frecuencia en la investigación de sustratos alternativos aprovechables para el cultivo de hongos comestibles. Por ello desde hace más de quince años, se han venido realizando investigaciones tendientes a identificar la potencialidad de diferentes materiales lignocelulósicos, como sustrato para el cultivo de este hongo.

En México se producen anualmente, como “desperdicio” de la actividad agrícola, millones de toneladas de residuos agroindustriales o esquilmos y subproductos. [SAGAR, 1995]

La producción comercial de setas usando como sustrato esquilmos, ha mostrado sus bondades tanto en países altamente industrializados como en países en vías de desarrollo del sureste de Asia [Quimio, 1986].

Como ya se ha mencionado, *P. ostreatus* es capaz de degradar y metabolizar eficientemente la lignina y la celulosa contenidas en residuos vegetales [Guzmán & Martínez, 1985]. Esa característica bioquímica poco frecuente en otros organismos, ha sido aprovechada para el uso de diversos desechos celulósicos agroindustriales, solos o combinados. La celulosa, bajo la forma de papel, aserrín de pino o de encino, paja de gramíneas, harina de frijol u otros desperdicios es la

fueron los pioneros en la producción de *P. ostreatus* sobre residuos agroindustriales tales como la paja o desperdicios de palma de aceite.

Entre los sustratos que se han ensayado en México se encuentran: pulpa de café, [Guzmán, Martínez, 1985] y [Soto-Velasco, 1986], residuos de hojas utilizadas para la extracción de aceites esenciales, [Martínez, 1986], pulpa seca de café, [Soto-Velasco, 1987], pulpa de cardamomo, [Morales, 1987], bagazo de caña de azúcar, [Guzmán Dávalos, 1987], tamo y olote de maíz, [Acosta, 1988], pulpa de café y paja de cebada [Martínez-Carrera, 1988] y bagazo de maguey tequilero, [Soto-Velasco, 1989].

A nivel internacional, Sharma [1987] utilizó desperdicios de lino. Muller [1987] desarrolló setas sobre residuos de la planta medicinal *Cassia spp.* El uso de los esquilmos de plantas medicinales como sustrato para el cultivo, tendría como ventaja adicional que el hongo metabolizaría los compuestos activos residuales potencialmente tóxicos.

De León-Chocooj [1990] utilizó lirio acuático, como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* con una eficiencia biológica de 170%. Vázquez [1995] cita el empleo de mezclas paja-pasto, con una eficiencia biológica de 90%. En ese mismo trabajo se mencionan estudios realizados, a nivel laboratorio, utilizando como sustrato papel y cartón, de los que no se informa su eficiencia biológica.

En el cuadro 1 se resumen los datos de eficiencia biológica obtenida con los residuos ensayados con mayor frecuencia. Como puede observarse, existe mucha diferencia entre los valores obtenidos que van desde 15% hasta 280%, dependiendo del sustrato en estudio, de su composición, de su acondicionamiento, de la cepa utilizada y de las condiciones ambientales.

Los valores más altos corresponden a la paja de trigo que es, en general, el sustrato utilizado para la producción comercial de este hongo, a nivel nacional. De acuerdo con los valores obtenidos, algunos de los sustratos han mostrado la posibilidad de ser utilizados para este mismo fin.

**Cuadro 1. Relación de residuos utilizados como sustrato para el cultivo de *P.ostreatus***

Autor	SUSTRATO	% Eficiencia Biológica (E.B.)
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1984	Pulpa fresca de café	113.35
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1985	Pulpa de café y paja	102.68
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1985	Pulpa de café fermentada	132.00
Soto Velasco <i>et al.</i> , 1986	Pulpa de café fermentada	132.10
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1986	Hojas de zacate de limón	113.01
	Hojas de canela	81.85
	Hojas de pimienta	56.79
Guzmán-Dávalos <i>et al.</i> , 1987	Bagazo de maguey	60.20
Guzmán-Dávalos <i>et al.</i> , 1987	Bagazo de caña de azúcar	49.08
Martínez -Carrera 1987	Pulpa de café fermentada	113-160
Soto <i>et al.</i> , 1987	Pulpa de café secada al sol	142.45 - 159.68
Morales 1987	Pulpa de cardamomo	113.64
Acosta <i>et al.</i> , 1988	Bagazo de caña de azúcar	15.7
	Tamo	186.00
	Olote de maíz	50.00
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1988	Pulpa de café	138.13
	Paja de cebada	96.04
Soto Velasco <i>et al.</i> , 1989	Bagazo de maguey fermentado	60.2
	mezclado con paja de trigo	96.4
Martínez -Carrera <i>et al.</i> , 1990	Bagazo de caña	14.15
	Bagazo de caña y paja de cebada	65.05
	Bagazo de caña y pulpa de café	96.96
De León-Chocooj 1990	Lirio acuático	170
Sobal M. <i>et al.</i> , 1993	Rastrojo de haba	113.5- 118
	Rastrojo de frijol	99.8- 137
	Paja de cebada	62.1- 78.1
Bernabé González <i>et al.</i> , 1993	Fibra de coco mezclada con pulpa de café	80.6
		152.2
Bernabé González <i>et al.</i> , 1994	Cáscara de cacahuete	85.44
	Hoja seca de maíz	144.85
	Cacahuete y hoja seca de maíz	95.7
Mata <i>et al.</i> , 1995	Hojas de caña de azúcar	40.9 a 89.4
Vázquez 1995	Paja-pasto	90
Bautista-Justo <i>et al.</i> , 1998	Desechos de aguacate y piña	193.72
	Paja de trigo	281.43
	Fibra de coco	80.6
	Fibra coco y pulpa de café	152.2
	Corona de piña	225.14

E. B. (%) =  $\frac{\text{peso fresco de hongos producidos}}{\text{peso seco del sustrato utilizado}} \times 100$

## 2.5 Problemática de los residuos postcultivo

El interés de los investigadores al trabajar con residuos agroindustriales es el de reaprovecharlos, además de producir un alimento. Estos trabajos se han dirigido fundamentalmente a evaluar la eficiencia biológica de los cultivos en diferentes sustratos, sin considerar la problemática que representa el residuo del sustrato que queda después del cultivo. No obstante algunos investigadores han abordado este problema y han aportado información acerca del estudio del residuo postcultivo:

Hadar *et al.*, [1992] cultivaron *Pleurotus*, sobre tallos de algodón, sometidos a un pretratamiento de fermentación, donde evaluaron a través de: la degradación de la materia orgánica, medida como el cambio en el contenido de cenizas, su digestibilidad *in vitro*, degradación de celulosa y la desintegración de los tallos seguida a través de microscopía electrónica. Los resultados indican que *Pleurotus* fue capaz de degradar la lignina eficientemente por lo que la digestibilidad de este residuo agrícola se incrementó y puede ser utilizado como alimento para ganado.

Oriaran *et al.*, [1989] hicieron un estudio en que compararon la degradación de la lignina en viruta de madera dura y en viruta de madera suave, después del cultivo, la degradación de lignina permitió que esta madera pudiera ser empleada como pulpa para la industria del papel.

## 2.6 Pañales Desechables

### 2.6.1 Problemática de los pañales desechables

En México se generan más de 90 mil toneladas/día de residuos sólidos municipales (RSM), esta cantidad se ha venido incrementando continuamente, como se observa en los datos del cuadro 2.

**Cuadro 2. Generación nacional de residuos sólidos municipales [SEDUE, 1998]**

Año	Generación total / día (toneladas)
1988	58,619
1992	70,754
2000	92,838

Dentro de estos residuos se encuentran los pañales desechables que también han mostrado un incremento considerable en su generación en los últimos años, no sólo por el aumento de la población del país, sino también porque se han convertido en un artículo de *primera necesidad*, dependiendo de los hábitos de consumo y el nivel socioeconómico de cada zona. En 1997 este residuo representaba, en las diferentes regiones del país, entre 2.54 y 8.31% del total de los RSM, es decir, el promedio nacional era de 6%, como se ve en el cuadro 3.

**Cuadro 3. Composición porcentual de los residuos sólidos municipales**  
**[SEDUE 1998, SEDESOL 1999]**

Subproductos	Zona geográfica									
	Fronteriza		Norte		Sur		Centro		D.F.	
	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97
Cartón	2.96	3.97	4.20	4.37	4.08	1.83	4.43	4.84	3.28	5.36
Residuos finos	4.59	1.37	9.52	2.23	6.16	3.51	6.25	8.08	0.94	1.21
Hueso	0.51	0.50	0.58	0.64	0.93	0.27	0.60	0.25	0.82	0.08
Hule	0.70	0.28	0.77	0.20	0.89	0.09	0.30	0.35	0.21	0.20
Lata	3.07	2.93	2.42	1.40	2.06	1.70	2.75	2.97	1.59	1.58
Metal ferroso	0.50	1.18	0.45	1.48	0.85	0.29	1.35	0.40	0.51	1.39
Metal no ferroso	0.22	0.23	0.56	0.65	0.44	0.94	0.99	1.70	0.21	0.06
Papel	13.83	12.13	9.98	10.60	8.63	13.68	6.77	8.85	12.43	14.58
<b>Pañal desechable</b>	<b>4.87</b>	<b>6.55</b>	<b>2.54</b>	<b>8.31</b>	<b>2.74</b>	<b>6.00</b>	<b>3.94</b>	<b>5.72</b>	<b>3.00</b>	<b>3.37</b>
Plástico película	2.63	4.79	3.72	5.12	3.26	1.66	3.89	1.72	5.04	6.24
Plástico rígido	2.75	2.90	2.34	3.15	1.93	1.95	2.34	1.23	4.76	4.33
Residuos de jardín	15.05	16.10	7.34	19.76	6.92	7.11	7.73	26.98	3.97	5.12
Residuos alimenticios	25.22	26.97	37.73	21.27	37.46	38.54	40.26	16.34	44.14	34.66
Trapo	2.48	1.97	1.91	2.40	1.97	0.81	1.23	2.16	2.37	0.64
Vidrio color	3.91	2.06	3.30	0.93	2.81	4.25	3.88	0.60	2.50	4.00
Vidrio transparente	4.14	4.59	4.19	5.25	4.07	5.05	4.20	3.72	4.32	6.67
Otros	13.37	11.50	8.45	2.27	14.08	12.33	9.05	14.10	9.91	10.41
Totales	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

El residuo de pañal desechable es resistente a la degradación, no sólo por su composición sino además, por la forma en que se envuelve antes de ser desechado: el fabricante recomienda "envolverlo" en el plástico y asegurarlo con la cinta adhesiva. En esta forma, la celulosa queda en el interior, *protegida* por un material impermeable no biodegradable, que dificulta su desintegración y con ello contribuye a la acumulación y permanencia de este residuo en los sitios de destino final.

### 2.6.2 Composición de los pañales desechables

La composición del pañal ha variado significativamente, sobre todo en los últimos diez años, periodo en que los avances tecnológicos han contribuido de manera notable a reducir su tamaño, mejorar su presentación e incrementar su eficiencia. Los componentes siguen siendo los mismos, pero ha cambiado la proporción en que se encuentran. A principios de los ochenta, los componentes mayoritarios del pañal desechable, entre 80 y 90% eran: algodón (celulosa *fluff*), textiles naturales y fibras sintéticas; el resto eran materiales plásticos como el polietileno y el polipropileno y en los pañales de alto costo se comenzaba a incorporar un polímero superabsorbente (poliacrilato de sodio). Los porcentajes específicos de cada componente dependían de la marca y clase del producto. [Juárez y García, 1990].

Actualmente el pañal desechable tiene una composición diferente según el tipo que se encuentre, de más de 15 marcas comerciales, sin considerar el amplio mercado que representan los pañales que se venden a granel. A manera de ejemplo, en el Cuadro 4, se describe la composición obtenida experimentalmente,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

del pañal de una de las marcas más conocidas; señalando que la celulosa sigue siendo el elemento fundamental.

**Cuadro 4. Composición porcentual de un pañal desechable**

Componente	Porcentaje
Algodón	13.64
Plástico	10.00
Polímero	8.10
Celulosa	68.24

\* peso seco 55.5 g

Uno de los componentes fundamentales del pañal es el, poliacrilato de sodio, (algunos fabricantes de pañales lo identifican como "samwet"), polímero responsable de la gran capacidad absorbente de los pañales desechables actuales.

Al contacto con el agua, este material se transforma en una masa gelatinosa aparentemente homogénea, aunque las partículas hidratadas mantienen su individualidad y permanecen separadas. El polímero absorbe hasta 500 veces su peso en agua destilada, capacidad de absorción que se reduce cuando el agua contiene iones en solución; el efecto depende de la naturaleza y concentración de la especie química. La hidratación del polímero es un proceso reversible pues al eliminarse el agua (por calentamiento, presión elevada o vacío) el gránulo recupera su tamaño original [Po, 1994].

El material es resistente a la biodegradación en condiciones aerobias, pero en condiciones anaerobias el gel puede ser destruido. Los polímeros que tienen mayor capacidad absorbente son más sensibles a este tipo de degradación [Flesher, 1994].

### 2.6.3 Tratamiento de pañales desechables

Actualmente no se aplican métodos de tratamiento o reaprovechamiento de estos residuos, por lo que en su totalidad se depositan en tiraderos a cielo abierto o en rellenos sanitarios. Los materiales celulósicos se consideran potencialmente degradables, pero recalcitrantes, debido a que el tiempo requerido para su destrucción en condiciones naturales va desde algunos años hasta cientos de ellos [Eyzaguirre, 2000].

Por comunicación personal [Iribe] se sabe que se han realizado esfuerzos aislados para recuperar algunos de los componentes del pañal, pero dichos esfuerzos no han dado buenos resultados por lo que se han abandonado. En la literatura no se han encontrado datos concretos al respecto.

También se ha hecho referencia a su carácter combustible, lo que implica que su destino puede ser incinerarlo para aprovechar la energía calorífica desprendida, [INEGI, 1997].

Desde 1991, en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco existe un proyecto de investigación denominado "alternativas de tratamiento para los pañales desechables usados", cuyo objetivo es proponer formas de aprovechar los componentes del pañal desechable usado y de esta manera minimizar este residuo, [Espinosa *et al.*, 1995, 1999 y 2000]. Enmarcado en este proyecto, en el presente trabajo se cultivó *P. ostreatus* utilizando como sustrato el pañal desechable usado.

Este tratamiento podría considerarse una forma especializada de composteo que, además de minimizar el residuo, proporciona como beneficio la producción de un recurso alimentario con un alto valor proteínico.

### III OBJETIVOS

#### GENERAL:

- COMPARAR EL DESARROLLO DE *Pleurotus ostreatus* UTILIZANDO COMO SUSTRATOS PAÑALES DESECHABLES Y PAJA DE TRIGO

#### ESPECÍFICOS:

- Proponer y desarrollar un método para acondicionar los residuos de pañales desechables como sustratos para el cultivo de *P. ostreatus*
- Comparar las eficiencias biológicas de los sustratos utilizados para el cultivo de *P. ostreatus*
- Analizar la calidad bromatológica y microbiológica de los cuerpos fructíferos cultivados sobre pañales
- Establecer las condiciones más apropiadas para el cultivo de *P.ostreatus* sobre residuos de pañal desechable usado
- Proponer los parámetros de estudio que permitan medir la biodegradación de los sustratos: paja trigo y pañales desechables usados
- Evaluar cuantitativamente y comparar la biodegradación de los sustratos de paja de trigo y de pañales desechables usados
- Proponer alguna alternativa de disposición final de los sustratos residuales

## IV METODO

Para determinar las modificaciones necesarias para adaptar el cultivo de *P. ostreatus* en pañales desechables, sustrato que no había sido ensayado antes, se revisaron las condiciones de cultivo de este hongo en diversos sustratos vegetales.

Para la paja de trigo, el otro sustrato a emplearse en este estudio, no fue necesario hacer modificaciones ya que la paja es el sustrato que se emplea más comúnmente a nivel comercial por lo que las condiciones de cultivo ya están establecidas. Se utilizó la metodología propuesta por Guzmán *et al.*, [1993].

El trabajo se desarrolló en los laboratorios del Área de Procesos y Medio Ambiente del Departamento de Energía, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Para cumplir con los objetivos de este trabajo se diseñó una secuencia general, que a continuación se detalla y que se muestra en la figura 1.

### 4.1 Obtención de los sustratos

#### 4.1.1 Paja de trigo

Se utiliza la paja de trigo por ser el sustrato más utilizado para el cultivo comercial de este hongo a nivel nacional, Martínez-Carrera *et al.*, [1991] y Guzmán *et al.*, [1993]. La paja se compró en una forrajera del Estado de México, se buscó que fuera un material fresco.

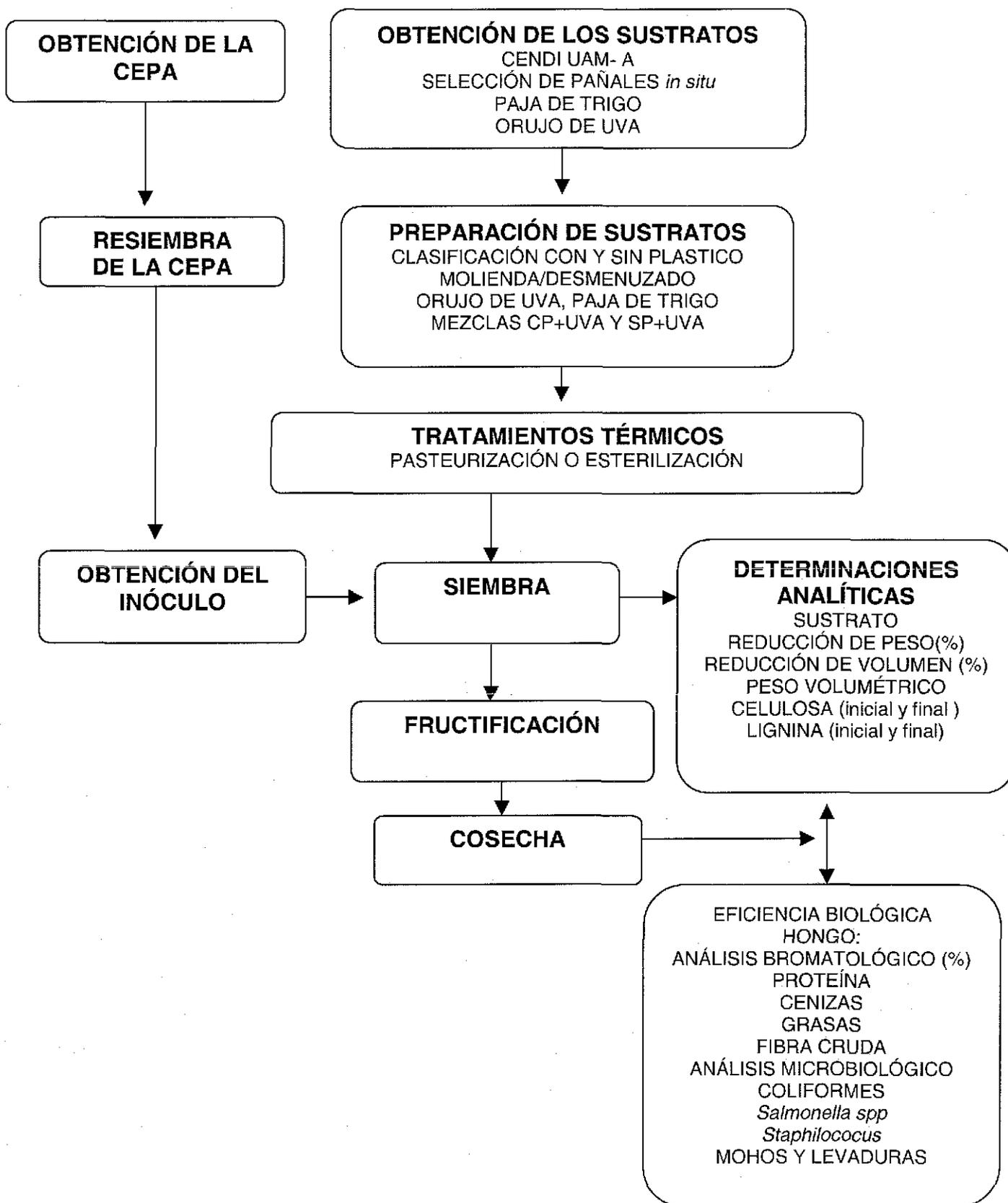
#### 4.1.2 Orujo de uva

Dado que entre los requerimientos nutricionales de *P. ostreatus* se encuentran: 60 – 70% de celulosa y 15% de lignina, y como el pañal no contiene lignina, se decidió suplementar la mitad de los sustratos con algún material que la aportara, de preferencia un desecho, por la posibilidad de aprovecharlo.

La revisión bibliográfica de contenidos de lignina en diferentes residuos agroindustriales permitió seleccionar al orujo de uva; contenido teórico de lignina de 35%, [Flores, 1988], como material para suplementar. Es el residuo que se obtiene después de varias extracciones para obtener concentrados de uva. Se trata de un material abundante en ramas pequeñas y semillas, y con escasa presencia de cáscara y se consideró una buena alternativa para aportar lignina a los sustratos de pañales desechables usados.

Se estableció contacto la empresa Valle Redondo S.A. de C.V. de Aguascalientes para obtener el orujo de uva y se hizo la donación del desecho de su planta vitivinícola correspondiente a la producción de la temporada más reciente.

**Figura 1. Secuencia general del trabajo experimental**



### 4.1.3 Pañal desechable

Se consideró conveniente que la muestra de pañales, alrededor de 30 kg, fuera una mezcla de todos los tipos, tamaños y clases de pañales que se encuentran en el mercado, para que fuera representativa y que en la misma fuente generadora, se pudiera realizar la separación de este desecho.

Sólo se trabajó con los que contenían residuos líquidos, con el objeto de facilitar su manejo y evitar la presencia de microorganismos patógenos.

La muestra de pañales se colectó y separó en el Centro de Desarrollo Infantil (CENDI) 1 de la UAM Azcapotzalco, seleccionando aquellos pañales que sólo contenían residuos líquidos. La muestra estuvo formada por una mezcla de todos los tipos, tamaños y marcas comerciales de pañal desechable.

## 4.2 Acondicionamiento de los sustratos

### 4.2.1 Paja de trigo

La paja se fragmentó reduciendo su tamaño a trozos de 5-10 cm, posteriormente se remojó durante 24 horas para que alcanzara la máxima retención de humedad, después se drenó el exceso de agua.

### 4.2.2 Orujo de uva

El orujo de uva se mantuvo en refrigeración, a pesar de lo cual sufrió un cambio ya que cuando se recibió contenía ramas y semillas y cuando se le preparó, su apariencia más bien era como la de un suelo.

El material se lavó con agua corriente durante 15 minutos aproximadamente, para arrastrar la tierra, y se escurrió antes de su utilización.

### 4.2.3 Pañal desechable

**a) Con plástico y sin plástico.** A la mitad de los pañales se les quitó el plástico manualmente, el resto se dejó intacto. Esto se hizo para:

- Evaluar el efecto del plástico sobre la eficiencia biológica del cultivo
- Investigar si el plástico pudiese proporcionar cierta estructura al sustrato, lo que permitiría espacios de aire, condición favorable para el cultivo porque ayuda a crear condiciones aerobias
- Facilitar el manejo del sustrato, ya que conservando el plástico, se ahorra tiempo en la preparación

El acondicionamiento de los sustratos con plástico no presentó dificultad, ya que únicamente se desdoblaron los pañales para proceder a su desmenuzado o molido. En cambio para el acondicionamiento de los sustratos sin plástico, el

proceso fue un poco más lento, se dificultó al tratar de separar manualmente la parte superior de los pañales ya que en ésta, se encuentran adheridas varias capas.

- b) Molidos o desmenuzados.** Para investigar si el tamaño de los fragmentos del sustrato era un factor importante en la eficiencia del cultivo, se trabajó con sustratos molidos y sustratos desmenuzados. La literatura para el cultivo con residuos agroindustriales siempre se refiere a que éstos son troceados o desmenuzados, para permitir una mayor área de contacto para la actividad del hongo, por lo que se buscaron condiciones semejantes, sin embargo también se consideró seleccionar el tratamiento mecánico que facilita el proceso ya que el desmenuzado es manual y la molienda es mecánica.

Para ello, la mitad de los pañales con plástico y la mitad de los pañales sin plástico, se desmenuzaron hasta obtener trozos de entre 5-10 cm y el resto se procesó en un molino de martillos (marca Guadalajara).

La apariencia y consistencia inicial de los sustratos molidos mecánicamente, tanto con plástico como sin plástico, fueron notoriamente distintas a las de los sustratos desmenuzados manualmente. En tanto aquellos mostraban una apariencia homogénea, la apariencia de estos últimos era heterogénea

- c) Con orujo y sin orujo de uva.** El orujo de uva se eligió para aportar lignina al pañal; al igual que en los casos anteriores sólo la mitad de los sustratos fue complementada. El enriquecimiento consistió en mezclar de manera homogénea 66% de pañal con 33% de orujo de uva, en relación peso-peso. En los pañales en los que se incorporó, este material, debido al cambio en su estructura ya no contribuyó a mantener espacios de aire.

Las muestras de pañales acondicionadas de acuerdo a los pretratamientos mencionados fueron preparadas en las proporciones descritas en el cuadro 5. Para ello se utilizó un recipiente de plástico de aproximadamente 40 L de capacidad, en el que se colocaron los materiales previamente pesados y se revolvieron manualmente hasta obtener una mezcla homogénea. La cantidad de cada sustrato fue de alrededor de 2.5 kg, para obtener 5 unidades experimentales (repeticiones) por tipo de sustrato. Foto1.

También se incluyeron sustratos control de paja y pañal sin inocular para investigar la posible degradación por organismos ambientales.

**Cuadro 5. Relación y proporción de los sustratos utilizados**

<b>Sustrato</b>	<b>Proporción</b>	<b>Nomenclatura</b>
PAJA DE TRIGO	100%	<b>PAJA</b>
PAÑAL SIN PLÁSTICO DESMENUZADO	100%	<b>SPD</b>
PAÑAL CON PLÁSTICO DESMENUZADO	100%	<b>CPD</b>
PAÑAL SIN PLÁSTICO DESMENUZADO + ORUJO DE UVA	66%-33%	<b>SPDU</b>
PAÑAL CON PLÁSTICO DESMENUZADO + ORUJO DE UVA	66%-33%	<b>CPDU</b>
PAÑAL SIN PLÁSTICO MOLIDO	100%	<b>SPM</b>
PAÑAL CON PLÁSTICO MOLIDO	100%	<b>CPM</b>
PAÑAL SIN PLÁSTICO MOLIDO + ORUJO DE UVA	66%-33%	<b>SPMU</b>
PAÑAL CON PLÁSTICO MOLIDO +ORUJO DE UVA	66%-33%	<b>CPMU</b>

### 4.3 Tratamiento térmico de los sustratos

Un aspecto importante en relación con este cultivo, es la eliminación en los sustratos de microorganismos no deseados. Se debe garantizar el desarrollo de *P. ostreatus* impidiendo o limitando el desarrollo de organismos competidores y la presencia de patógenos. En la técnica tradicional de cultivo, esto se realiza mediante la pasteurización del sustrato, pero dada la naturaleza (origen) de uno de los sustratos en estudio, se consideró conveniente probar como tratamiento alternativo, la esterilización por autoclave.

#### 4.3.1 Pasteurización

La mitad de cada sustrato ya preparado, de acuerdo con el cuadro 5, se pasteurizó, por tipo de sustrato, colocándola en una canastilla cilíndrica de rejilla metálica con una tela plástica de malla cerrada, con las dimensiones necesarias para introducirla en un tambo de 200 litros. La canastilla se mantuvo durante 40 minutos en agua a 70°C; posteriormente, se sacó, se dejó escurrir y se dejó enfriar hasta 30°C, manteniendo en un área estéril.

Cabe mencionar que los sustratos pasteurizados no requirieron de ajuste de humedad ya que ésta la aporta el mismo proceso.

#### 4.3.2 Esterilización

La otra mitad de los sustratos se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos, pero el proceso de esterilización, al contrario de la pasteurización, no hidrata al sustrato como para alcanzar el 60% de humedad, que es el recomendado para el desarrollo de *P. ostreatus*, entonces fue necesario aportar el agua de otra forma.

Para ello se calculó la cantidad de agua necesaria para tener un contenido de 60% de humedad en cada muestra, la cual se agregó a la otra mitad de cada

sustrato ya preparado, (foto 1). Se llenaron bolsas de polipapel (termoresistentes), de 15 x 18 cm, con estas muestras, hasta un volumen preestablecido de 2000 mL.

#### **4.4 Obtención del inóculo de *P. ostreatus***

##### **4.4.1 Obtención de la cepa**

La cepa de *Pleurotus ostreatus* utilizada fue la IE8 procedente del Instituto de Ecología A.C. de Xalapa, Veracruz.

##### **4.4.2 Resiembra de la cepa**

Para la resiembra de la cepa se utilizaron cajas de Petri conteniendo agar extracto de malta (Bioxón), según el método de Guzmán *et al.*, [1993].

#### **4.5 Preparación del inóculo**

El inóculo, comúnmente conocido como *semilla*, se preparó colocando en frascos de vidrio granos de trigo limpio y remojado durante 24 horas, los frascos preparados fueron esterilizados en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Una vez fríos se inocularon con un fragmento del agar conteniendo micelio del hongo. Los frascos inoculados se incubaron a 29°C manteniéndose a esta temperatura hasta que el micelio del hongo había invadido totalmente al trigo. El tiempo de incubación se programó para disponer de un inóculo reciente para el momento de la siembra [Guzmán, *et al.*, 1993].

#### **4.6 Siembra y fructificación de *P. ostreatus***

##### **4.6.1 Condiciones del área de cultivo**

###### **4.6.1.1. Cuarto de cultivo**

El *cuarto de cultivo* es un espacio pequeño, 3 x 3 m, que fue adaptado para realizar el cultivo de *P. ostreatus*. Antes de iniciar la siembra, se limpiaron y desinfectaron el piso y las paredes; las orillas de las ventanas y paredes fueron cubiertas con silicón para evitar la entrada de polvo e insectos.

###### **4.6.1.2 Cámara de cultivo**

Como cámara de cultivo se acondicionó un estante de metal de cuatro entrepaños, se pintó de color blanco para identificar la acumulación de suciedad o contaminación y facilitar su limpieza.

Se fabricaron dos cubiertas para la cámara, una para la fase oscura de plástico negro con cierre de contacto para manipular las bolsas; la otra similar pero en plástico transparente con paredes laterales de tela de mosquitero para permitir el intercambio de aire evitando el paso de insectos.

#### **4.6.1.3 Control de condiciones ambientales**

Según Guzmán *et al.*, (1993), las condiciones ambientales a controlar son: temperaturas, humedad relativa, luz e intercambio gaseoso.

Para el control de temperatura se utilizó un calentador eléctrico conectado sólo por las noches, para reducir el efecto de las bajas temperaturas. Durante la etapa de invasión la temperatura se mantuvo entre 25-29°C y durante la fructificación la temperatura fue de 22-25°C.

La humedad ambiente se controló entre 70-80%, utilizando humidificadores comerciales, adicionalmente se regaban el piso y las paredes de la cámara de cultivo.

Para evitar la acumulación de CO<sub>2</sub>, producto de la respiración del hongo, y permitir un mejor intercambio gaseoso en la cámara de cultivo, se hizo circular el aire utilizando un ventilador comercial de aspas.

Se llevó un registro de humedad relativa y temperatura ambiente durante toda la fase experimental. Todas las unidades experimentales se mantuvieron en las mismas condiciones ambientales.

### **4.7 Siembra**

#### **4.7.1 Ajuste de volumen**

Para cumplir con el objetivo principal de este trabajo y poder comparar la eficiencia del cultivo entre los diferentes sustratos, se consideró como criterio el volumen del sustrato. Por lo tanto el volumen inicial en cada unidad experimental a sembrar, fue el mismo. Dado que el pañal desechable usado es considerado como un residuo municipal, se investigó dentro de las normas oficiales vigentes en la materia, alguna que pudiera adaptarse para realizar este ajuste.

Se encontró que la NOM-AA-19-1985 (determinación de peso volumétrico de residuos sólidos municipales), podría adaptarse a este proceso. Para ello, se ensayó con varias opciones encontrándose como una técnica conveniente el utilizar un vaso de precipitados de 2 litros, sin fondo, que se colocaría dentro de la bolsa que contendría los sustratos. Se llenó el recipiente hasta el tope con uno de los sustratos homogeneizados (muestras). El recipiente se golpeó suavemente contra la mesa para que el material se acomodara. Esta operación se realizó dos veces más. Se determinó el peso del sustrato en cada bolsa y se consideró que el

volumen constante era igual a 2000 mL. Se procedió de igual forma en cada unidad experimental.

#### 4.7.2 Proceso de siembra

La siembra se realizó de la manera convencional sugerida por Guzmán *et al* [1993]:

a) **Sustratos pasteurizados.** Después de la pasteurización, los sustratos ya fríos y escurridos, dentro de un área estéril, se introdujeron en bolsas de plástico transparente de 15 x 18 cm, previamente etiquetadas, intercalando una capa de sustrato y una porción del inóculo (semilla) que se esparció sobre dicha capa, así hasta ajustar el volumen de sustrato/bolsa a 2000 ml.

La cantidad de semilla fue aproximadamente de 4% en relación con el peso del sustrato. Las bolsas inoculadas se cerraron para evitar deshidratación y/o contaminación. Se sembraron 5 bolsas de cada uno de los tipos de sustratos indicados en el cuadro 5.

b) **Sustratos esterilizados.** Se sembraron las bolsas conteniendo los diferentes sustratos de pañal, con temperatura inferior a 30°C. Para ello dentro de un área estéril de trabajo se abrieron las bolsas y se mezclaron con el inóculo de *P. ostreatus*. Las bolsas inoculadas se cerraron para evitar deshidratación y/o contaminación. Se sembraron 5 unidades experimentales de cada uno de los tipos de sustrato.

c) **Paja de trigo.** La siembra en este sustrato se realizó tal y como se describe en los párrafos anteriores, según el tipo de tratamiento térmico al que fue sometido.

Para tener el registro del tiempo 0, se tomaron muestras de esos mismos sustratos para las determinaciones de celulosa y lignina, determinaciones que se hicieron por triplicado (técnicas que se describen en los apartados 4.11.4 y 4.11.5) y se registró el peso de cada unidad experimental, (foto 2).

Las bolsas inoculadas se colocaron en un ordenamiento al azar en la cámara de cultivo. A la cámara se le colocó una cubierta de plástico negro (condiciones de obscuridad) durante el período de invasión del micelio. Seis días después, las bolsas se perforaron, usando una navaja desinfectada con alcohol, para permitir el intercambio gaseoso y se mantuvieron en las mismas condiciones hasta que el sustrato había sido invadido, (foto 3).

#### 4.8 Invasión y fructificación

Una vez que el sustrato había sido invadido por el micelio del hongo se sustituyó la cubierta negra por una de plástico transparente (fase luminosa). A cada unidad

experimental se le hicieron perforaciones de manera que los cuerpos fructíferos pudieran crecer sin que la bolsa estorbara. Los sustratos se dejaron dentro de las bolsas perforadas, con el fin de evitar pérdida de masa. El riego se realizó por aspersión directa sobre los sustratos, (foto 6).

Se registró el peso de los sustratos cuando empezó la fase de fructificación y posteriormente a diversos intervalos de tiempo hasta el final del cultivo. Sólo se determinó la humedad al inicio y final del experimento, para el resto de las determinaciones, la humedad, se consideró constante.

#### **4.9 Cosecha**

Una vez desarrollados los cuerpos fructíferos, éstos se cosecharon cortándolos desde su base con una navaja y se registró su peso en fresco. También se registraron las características de los hongos como: tamaño, color y textura.

#### **4.10 Parámetros de evaluación del cultivo de *P. ostreatus***

Para evaluar el cultivo de *P.ostreatus* en pañales desechables y en la paja, se utilizó la eficiencia biológica que es el método más común para medir la productividad o rendimiento del cultivo.

Además, dada la novedad de uno de los sustratos, con el que se trabaja por primera vez para el cultivo de *P. ostreatus*, otro parámetro que se consideró fue el de la calidad de los cuerpos fructíferos producidos, desde el punto de vista bromatológico y microbiológico, es decir su calidad y aceptación para consumo humano. Para ello se utilizaron las normas oficiales mexicanas para alimentos.

##### **4.10.1 Eficiencia biológica**

La eficiencia biológica del cultivo expresa el porcentaje de la relación entre el peso fresco de los hongos obtenidos y el peso seco del sustrato utilizado [Tschierpe y Hartman, 1977]:

$$E. B. = \frac{\text{peso fresco de hongos producidos}}{\text{peso seco del sustrato utilizado}} * 100$$

##### **4.10.2 Análisis de los hongos cosechados**

###### **4.10.2.1 Análisis bromatológico**

Los cuerpos fructíferos obtenidos se secaron en estufa según la norma para la determinación de humedad en alimentos (NOM-116-SSAI-1994). La muestra se

obtuvo mezclando las cosechas de todos los sustratos experimentales, excepto las obtenidas en paja. Se realizó el análisis bromatológico proximal, determinándose los contenidos de nitrógeno, cenizas, humedad, fibra cruda, carbohidratos y grasas, de acuerdo con las normas oficiales indicadas en el cuadro 6:

**Cuadro 6 Análisis bromatológico de los cuerpos fructíferos**

<b>Análisis</b>	<b>NOM</b>
Cenizas (%)	NMX-66-SSAI-1994
Humedad (%)	NOM-116-SSAI-1994
Grasa (%)	NOM-086-SSAI-1994
Fibra cruda (%)	NMX-F-90-SSAI-1994
Proteína (%)	NOM-131-SSAI-1995

#### 4.10.2.2 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se utilizó la misma muestra que para el análisis bromatológico. Se realizaron las siguientes determinaciones: coliformes fecales, coliformes totales, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras. Se utilizaron las técnicas descritas en las normas oficiales para alimentos; como lo marca el cuadro 7:

**Cuadro 7. Análisis microbiológico de los cuerpos fructíferos**

<b>Análisis</b>	<b>NOM</b>
Coliformes totales,	NOM-113-SSA1-1994
Coliformes fecales	NOM-112-SSA1-1994
<i>Salmonella spp</i>	NOM-114-SSA1-1994
<i>Staphylococcus aureus</i>	NOM-115-SSA1-1994
Mohos y levaduras	NOM-111-SSA1-1994

#### 4.11 Parámetros de estudio para evaluar la degradación del residuo de los sustratos

Dada la generación de los pañales desechables usados y la problemática que de ella se deriva, es importante considerar que el cultivo de *P. ostreatus* puede ser una tratamiento para minimizarlos, de forma que ocupen menos espacio en los sitios de su disposición final, por esto es muy importante cuantificar su degradación física y química.

Para evaluar la degradación del sustrato durante el cultivo de *P. ostreatus*, se consideraron 5 parámetros:

- minimización en volumen
- minimización en peso
- variación en peso volumétrico
- degradación de la celulosa (%)
- degradación de lignina (%)

La elección de los parámetros se realizó considerando aquellos que pudieran brindar información cuantitativa sobre la degradación de los sustratos, para evaluar su degradación física se eligieron las reducciones de volumen, peso y peso volumétrico. Para evaluar la degradación del componente mayoritario de los pañales, la celulosa, se eligió su evaluación directa y como algunos sustratos fueron complementados con lignina también se midió su degradación.

Es importante mencionar que la literatura sobre cultivo de *P. ostreatus* no cita la aplicación de estos parámetros, o de otros que permitan evaluar la degradación del sustrato, ya que en general se refiere solamente a la eficiencia biológica.

Las determinaciones de estos parámetros se realizaron en dos tiempos: valor inicial en el momento de la siembra (T0) y valor final después de la cosecha de los cuerpos fructíferos (Tf).

Para las determinaciones de celulosa y de lignina, la técnica utilizada fue la de Van Soest, 1970, [cit. en Tejada, 1983]. Para los demás parámetros, no se encontró en la literatura, alguna técnica establecida, por lo que se procedió a adaptar técnicas para medición de peso, volumen y peso volumétrico conforme a las normas oficiales para residuos sólidos municipales.

#### **4.11.1 Reducción de peso**

La reducción total de peso del sustrato se determinó a partir del peso seco del sustrato al momento de la siembra (T0) y el peso seco al final de la experimentación (Tf). El peso seco inicial se midió por el porcentaje de humedad que contenían los diferentes sustratos. El peso seco final se obtuvo directamente después de que los sustratos se secaron a temperatura ambiente. La diferencia entre el tiempo cero y el tiempo final se consideró como la reducción de peso, y se expresó en porcentaje. Para evaluar la cinética de reducción de peso se midió el peso a diferentes intervalos de tiempo a lo largo del experimento. Los pesos se determinaron en una balanza semianalítica marca Sautter.

#### **4.11.2 Reducción de volumen**

Todos los sustratos se habían ajustado inicialmente a un volumen de 2 litros. Al final de la experimentación se midió de nuevo el volumen. La reducción del volumen consideró la diferencia entre el volumen inicial y el final, y se expresó en porcentaje.

#### 4.11.3 Variación del peso volumétrico

El peso volumétrico es la relación peso/volumen y es una determinación que se utiliza de manera rutinaria en la composición física de los residuos sólidos municipales. Se consideró que éste sería un parámetro importante para evaluar la degradación del sustrato.

Con los valores iniciales de peso y volumen (T0) se calculó el peso volumétrico inicial para compararlo con el peso volumétrico final obtenido a partir de los datos de peso y volumen final con base en la norma NMX-AA-19-1985.

#### 4.11.4 Análisis de celulosa

Las determinaciones de celulosa y de lignina se realizaron por el método descrito por Goering y Van Soest, 1970 [cit. en Tejada, 1983] para la determinación de fibra cruda, en el que se realiza una digestión ácida para disolver la hemicelulosa, seguida de una digestión alcalina que disuelve la lignina y una digestión oxidativa para degradar la celulosa. Finalmente el residuo se somete a secado y calcinación para determinar minerales. Los componentes individuales se determinan por diferencia de pesos, antes y después de cada tratamiento.

Dado que la técnica requiere 3 digestiones sucesivas, lo que consume mucho tiempo y propicia errores experimentales, sólo se determinaron los valores al inicio (T0 después de la siembra) y al final del experimento (Tf), por duplicado, de los sustratos que mostraron las eficiencias biológicas más altas.

Se utilizaron muestras homogéneas de los sustratos y se tomó la misma cantidad de muestra independientemente de su composición en plástico. Cabe mencionar que los resultados obtenidos se expresan en porcentaje en peso de celulosa en la muestra.

#### 4.11.5 Análisis de lignina

Las muestras analizadas corresponden a las mismas utilizadas para el análisis de celulosa.

Considerando que los sustratos de pañales desechables sin complementar con orujo de uva, no contienen lignina, se esperaba obtener un valor de cero para este parámetro, pero como la técnica empleada registra como "lignina" la porción de fibra soluble en  $\text{KMnO}_4$  y como el pañal contiene algodón en fibra, sí se espera obtener valores para este parámetro.

#### **4.12 Determinación de la composición en subproductos de los residuos postcultivo**

Considerando que algunos materiales de los pañales desechables, que permanecen como residuos después del cultivo, pudieran ser recuperados para su posible reutilización, se procedió a realizar su separación, clasificación y cuantificación, para conocer su composición.

Se eligieron al azar 2 muestras de los sustratos finales de SPDU y CPDU. En dichas muestras se identificaron los materiales que los conforman y se clasificó su composición en subproductos de la siguiente manera:

Los sustratos, ya secos y colocados sobre un tamiz, se lavaron manualmente al chorro de agua manteniendo intermitente el fluido, luego se separaron los subproductos, también de manera manual. Una vez clasificados, cada subproducto se secó para determinar el peso y porcentaje de los materiales por muestra de sustrato.

#### **4.13 Análisis estadístico**

El trabajo se realizó con base en un diseño aleatorio con 8 tratamientos y 5 repeticiones, utilizando como testigo el cultivo en el sustrato comercial: paja de trigo.

Los resultados obtenidos se procesaron con el paquete de cómputo SPSS versión 10 para windows manejando: análisis de varianza para encontrar diferencias entre los tratamientos, la prueba de Duncan para clasificarlos y la prueba de contrastes ortogonales para conocer la influencia de la composición de los sustratos, con un nivel de confianza del 0.05.

---

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Sustratos

La obtención y acondicionamiento de los sustratos se realizó de acuerdo con la metodología descrita en las etapas correspondientes, sin presentar mayor contratiempo.

Sin embargo al someter los sustratos a los dos tratamientos térmicos, se presentaron algunas dificultades que se describen a continuación.

#### Pasteurización

Finalizando el proceso al sacar los sustratos de pañal del agua caliente, se observó una gran cantidad de superabsorbente gelatinizado alrededor de la canastilla y en el agua, complicando el manejo de éstos, ya que el material se sentía resbaloso al tacto.

En particular en los sustratos de pañales sin plástico (SP), la cantidad de polímero gelatinizado, aparentemente, era mayor que en los demás sustratos.

Cabe mencionar que la malla no retenía bien el material ya que había una gran cantidad de gel fuera de la canastilla.

La PAJA no presentó problema alguno en este proceso.

#### Esterilización

Los sustratos esterilizados en autoclave no presentaron problemas de manejo, no hubo pérdida de humedad ya que las bolsas estaban cerradas.

### 5.2 Cultivo de *P. ostreatus*

El proceso de siembra de *P. ostreatus* en los sustratos acondicionados, se realizó de acuerdo a la metodología.

A continuación se reportan los resultados obtenidos durante las etapas de invasión, fructificación y cosecha.

#### 5.2.1 Invasión

En esta etapa se presentaron diferencias en tiempo y grado de invasión, muy marcadas, entre los sustratos pasteurizados y los esterilizados, las cuales se discuten a continuación.

## Sustratos pasteurizados

En estos sustratos, no se presentó invasión en los tiempos establecidos (entre 9 y 21 días), sin embargo treinta días después de la siembra, empezó a notarse una ligera invasión en la parte superior de las bolsas que sólo llegó hasta ahí. No hubo desarrollo de los hongos porque la consistencia de los sustratos era muy gelatinosa debido a la presencia del superabsorbente y su alta capacidad de retención de agua lo que propició condiciones anaerobias que no son adecuadas para el desarrollo de *P. ostreatus*.

Para corroborar si el contenido de humedad en los sustratos estaba fuera de los límites recomendados, se tomaron muestras de cada uno de ellos y se procedió a hacer las determinaciones de humedad. Se encontraron los resultados que se indican en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Humedad promedio en los sustratos pasteurizados**

Sustratos		% humedad
PAÑAL SIN PLÁSTICO DESMENUZADO	SPD	96.8
PAÑAL CON PLÁSTICO DESMENUZADO	CPD	96.6
PAÑAL SIN PLÁSTICO DESMENUZADO + UVA	SPDU	89.4
PAÑAL CON PLÁSTICO DESMENUZADO + UVA	CPDU	89.6
PAÑAL SIN PLÁSTICO MOLIDO	SPM	96.8
PAÑAL CON PLÁSTICO MOLIDO	CPM	96.5
PAÑAL SIN PLÁSTICO MOLIDO + UVA	SPMU	90.1
PAÑAL CON PLÁSTICO MOLIDO + UVA	CPMU	89.8

Los valores obtenidos son muy superiores a lo recomendado (60%), lo que explica la ausencia de invasión. Considerando que este proceso es más económico que la esterilización, se investigó la posibilidad de ajustar la humedad de los sustratos después de la pasteurización, mediante un proceso de secado.

Muestras de los sustratos se sometieron entonces a diferentes tiempos de secado en estufa, para encontrar el tiempo en el que se alcanzaría el porcentaje de humedad recomendado, los resultados obtenidos se muestran en Cuadro 9.

**Cuadro 9. Tiempo de secado**  
Valores promedio de pérdida de humedad de los sustratos pasteurizados

Tiempo (horas)	% de pérdida de humedad
1 h	14.10
2 h	33.17
3 h	41.83
4 h	64.17
5 h	82.60

Se observa que el tiempo de secado para obtener una humedad del 60%, es decir 40% de humedad pérdida, fue de 3 horas, este tiempo es demasiado largo, como para considerar una fase de secado en el proceso, además del incremento de los costos.

La falta de invasión debido al exceso de humedad y el alto costo que tendría el secar los sustratos, hace suponer que este tratamiento térmico es inoperable para los pañales.

### **Sustratos esterilizados**

En todas las unidades experimentales hubo invasión, aunque con diferencias, tanto en tiempo como en la cantidad de micelio de *P. ostreatus*. Las observaciones correspondientes a esta etapa se muestran en el Cuadro 10.

Todos los sustratos complementados con orujo de uva tuvieron un tiempo de invasión de 16 días, con invasión total del sustrato, observándose sustratos con buena apariencia, sin contaminación aparente, con contenido de humedad adecuado y sin disgregarse. Esos sustratos se veían, incluso, mejor que los de la PAJA, que presentaron invasión homogénea pero escasa. El sustrato CPM presentó invasión en este mismo tiempo, pero ésta fue escasa y parcial.

Los sustratos SPD, CPD y SPM, no presentaron invasión, por lo que se mantuvieron bajo las condiciones iniciales (obscuridad) durante 5 días más y aún así la invasión fue parcial y escasa, además la alta retención de humedad propició que la semilla se "lavara". Es decir que la "semilla" de estos sustratos tenía apariencia de semilla de trigo escasamente cubierta con micelio.

Esto posiblemente, se deba a la ausencia de orujo de uva, ya que este residuo, además de ser un aporte importante de lignina, pese a haberse modificado su apariencia, también ayudó a dar estructura al sustrato y con ello a evitar la compactación.

Los tiempos de invasión observados para los sustratos esterilizados, se encuentran dentro de los valores estándares reportados para sustratos como, bagazo de maguey fermentado, [Soto Velasco *et al*, 1989] pulpa de café [Bermúdez *et al*, 1994] y hojas de caña de azúcar [Mata *et al*, 1995], entre otros, (fotos 4 y 5).

Los experimentos control, que no fueron inoculados, no presentaron modificación.

**Cuadro 10. Observaciones realizadas en los sustratos esterilizados durante las etapas de invasión y fructificación**

<b>Sustrato</b>	<b>Invasión</b>	<b>Consistencia / humedad del sustrato</b>	<b>Aspecto semilla</b>	<b>Fructificación</b>	<b>Observaciones</b>	
<b>SPD</b>	21	Escasa y parcial	Buena/ exceso	Lavada	Escasa 2 u.experimentales/ 5 unidades totales	Coloración café, hongos de buen aspecto, pequeños
<b>CPD</b>	21	Escasa y parcial	Buena/ exceso	Lavada	Parcial 4 u.experimentales/ 5 unidades totales	Coloración amarilla, cubierta superficial reseca, hongos pequeños y resacos
<b>SPDU</b>	16	Buena y homogénea	Ligeramente apelmazada / aceptable	Normal	Buena 5 u.experimentales/ 5 unidades totales	Buen aspecto en general, hongos de buen aspecto, color y tamaño
<b>CPDU</b>	16	Buena y homogénea	Buena / aceptable	Normal	Buena 5 u.experimentales/ 5 unidades totales	Cubierta superficial reseca, hongos de buen aspecto, color y tamaño
<b>SPM</b>	21	Regular y parcial	Compacta / exceso	Lavada	Sin fructificación 0 u.experimentales/ 5 unidades totales	Contaminación con hongos ambientales e insectos, coloración café
<b>CPM</b>	16	Escasa y parcial	Compacta / aceptable	Lavada	Escasar 2 u.experimentales/ 5 unidades totales	Contaminación con hongos ambientales e insectos, coloración café
<b>SPMU</b>	16	Buena y homogénea	Ligeramente apelmazada / aceptable	Normal	Regular 3 u.experimentales/ 5 unidades totales	Buen aspecto en general, hongos de buen aspecto, color y tamaño
<b>CPMU</b>	16	Buena y homogénea	Buena / aceptable	Normal	Buena 5 u.experimentales/ 5 unidades totales	Buen aspecto en general, hongos de buen aspecto, color y tamaño
<b>PAJA</b>	16	Escasa y homogénea	Compacta/ baja	Normal	Buena (5/5)	Sustrato poco integrado con tendencia a disgregarse
<b>PAJA SINOCULAR</b>	-	Sin invasión	Buena / aceptable	-	Sin fructificación	
<b>PANAL SINOCULAR</b>	-	Sin invasión	Buena / aceptable	-	Sin fructificación	

**SPD** sin plástico desmenuzado

**CPD** con plástico desmenuzado

**SPDU** sin plástico desmenuzado + uva

**CPDU** con plástico desmenuzado + uva

**SPM** sin plástico molido

**CPM** con plástico molido

**SPMU** sin plástico molido + uva

**CPMU** con plástico molido + uva

**PAJA**

### 5.2.2 Fructificación

Después de los 21 días correspondientes a la etapa de invasión, las unidades experimentales esterilizadas: SPD1, SPD2, SPD5, CPD1, SPM1, SPM2 y SPM4 fueron retiradas de la cámara de cultivo por que:

- presentaron invasión escasa,
- estaban muy contaminadas y
- en ninguna hubo fructificación.

Las 45 unidades pasteurizadas también fueron retiradas de la fase experimental, ya que no presentaron invasión, como se mencionó en el inciso 5.2.1.

Los sustratos esterilizados que se retiraron, se dejaron secar a temperatura ambiente y se les hicieron las mediciones finales de peso y de volumen.

De las 38 unidades experimentales restantes, 31 presentaron fructificación. Las observaciones realizadas durante esta etapa, agrupadas de acuerdo al tipo de sustrato, se presentan en el cuadro 10.

Los sustratos SPDU, CPDU, CPMU y PAJA, presentaron fructificación en sus 5 unidades, en CPD fructificaron las 4 unidades conservadas, SPMU presentó fructificación en 3 unidades experimentales, SPD presentó fructificación en sus 2 unidades experimentales conservadas y CPM, de sus 5 unidades experimentales, solamente fructificaron 2.

SPM fue el único sustrato en el que ninguna de sus unidades experimentales presentó fructificación, aquí se conjuntaron condiciones como:

- ausencia de orujo de uva, que desde el punto de vista nutricional era importante para el desarrollo del hongo y para dar estructura al sustrato
- sin plástico que podría dar cierta estructura
- molienda, tratamiento que dio como resultado una estructura muy compacta con alta retención de humedad generando condiciones anaerobias para el hongo.
- semilla lavada, a pesar de haberse iniciado la invasión ésta, parece haberse detenido por las condiciones adversas para continuar con el desarrollo.

Con estos resultados se pone en evidencia que la composición y el acondicionamiento de los sustratos son factores importantes para la fructificación ya que, a pesar de que hubo invasión en todos los sustratos, no en todos se desarrollaron cuerpos fructíferos, (fotos 7,8, 9,10,11 ,12 y 13).

### 5.2.3 Cosecha

Los datos obtenidos durante la cosecha se muestran en el cuadro 11.

**Cuadro 11. Resultados obtenidos en la cosecha**

SUSTRATO	*u.e.		HONGOS		HONGOS TAMAÑO cm
			FRESCOS (g)		
			cosecha		
		1ª	2ª		
SPD	1	retirada			3.5 – 9.0
	2	retirada			
	3		18	-	
	4		8	-	
	5	retirada			
CPD	1	retirada			1.0 – 7.4
	2		4	-	
	3		2	-	
	4		1.5	-	
	5		12	-	
SPDU	1		16	10	2.8 – 7.3
	2		30	8	
	3		16	6	
	4		14	-	
	5		38	4	
CPDU	1		18	10	2.0 – 11.0
	2		20	-	
	3		6	-	
	4		20	1	
	5		6	-	
SPM	1	retirada			
	2	retirada			
	3	retirada	-	-	
	4	retirada			
	5	S/fruct.	-	-	
CPM	1		4	-	1.1 – 1.9
	2	S/fruct.			
	3	S/fruct.			
	4		2	-	
	5	S/fruct.			
SPMU	1		20	14	4.6 – 20.6
	2		34	8	
	3		10	-	
	4	S/fruct			
	5	S/fruct			
CPMU	1		4	-	3.2 – 19.5
	2		18	-	
	3		14	-	
	4		18	-	
	5		24	2	
PAJA	1		36	8	5.0 - 14
	2		14	-	
	3		34	4	
	4		42	4	
	5		52	20	

\*u.e. unidad experimental

La primera cosecha se realizó entre los 26 y 34 días después de la inoculación de los sustratos, el primer tiempo de 26 días se encuentra dentro de los valores reportados para sustratos como bagazo de maguey (27 días) y hojas de canela (26 días) [Guzmán-Dávalos *et al.*, 1987 y Martínez-Carrera *et al.*, 1986].

La cantidad de hongos cosechados es mucho mayor en la primera cosecha que en la segunda, como en todos los casos reportados en la literatura, encontrándose proporciones que varían desde: 20:1 hasta 1.6 :1.

En la segunda cosecha hubo una producción muy baja y se produjo en menos de la mitad de los sustratos. Sólo una de las unidades de PAJA, una de SPDU, una de CPDU y una de SPMU tuvieron una segunda cosecha equivalente a la mitad de la que se había obtenido en la primera.

En cuanto al tiempo requerido para la segunda cosecha, éste fue de 38 a 48 días, tiempo muy largo si se compara con los obtenidos para sustratos como cáscara de cacahuate y hoja de maíz [ Bernabé *et al.*, 1993], en los que para esos mismos tiempos, se obtenía la tercer cosecha.

La fase experimental concluyó a los 68 días de la siembra, debido a que no aparecieron nuevos cuerpos fructíferos. Adicionalmente se observó que la mayoría de los sustratos mostraron un alto grado de disgregación, presencia de insectos y contaminación por hongos ambientales.

### **5.3 Evaluación del cultivo de *P. ostreatus***

#### **5.3.1 Eficiencia biológica**

La eficiencia biológica se evaluó en las 31 unidades experimentales en las que hubo fructificación sin contaminación. En el cuadro 12 se muestran los datos obtenidos por sustrato y por unidad experimental.

En este cuadro se observa que existe dispersión de los datos y que algunos en particular se disparan por lo que no se tomaron en cuenta para el cálculo de la eficiencia biológica promedio por sustrato que se muestra en la figura 2.

El sustrato PAJA tuvo la mayor eficiencia biológica, 34.43% en este estudio. Para este sustrato se encuentran grandes diferencias con los datos reportados en la literatura. Por ejemplo: Martínez –Carrera [1988] al trabajar con 8 cepas diferentes de *Pleurotus* obtuvo eficiencias biológicas desde 34.4% hasta 96%. En otro estudio, Sobal [1993] reporta para el mismo sustrato eficiencias biológicas de 62.9% y 78.1%. Lo que muestra que además del sustrato, es importante la cepa con que se trabaje.

Las mayores eficiencias en los sustratos de pañales se obtuvieron en CPMU y SPMU con 12.66% y 19.35% respectivamente. Al comparar estos últimos

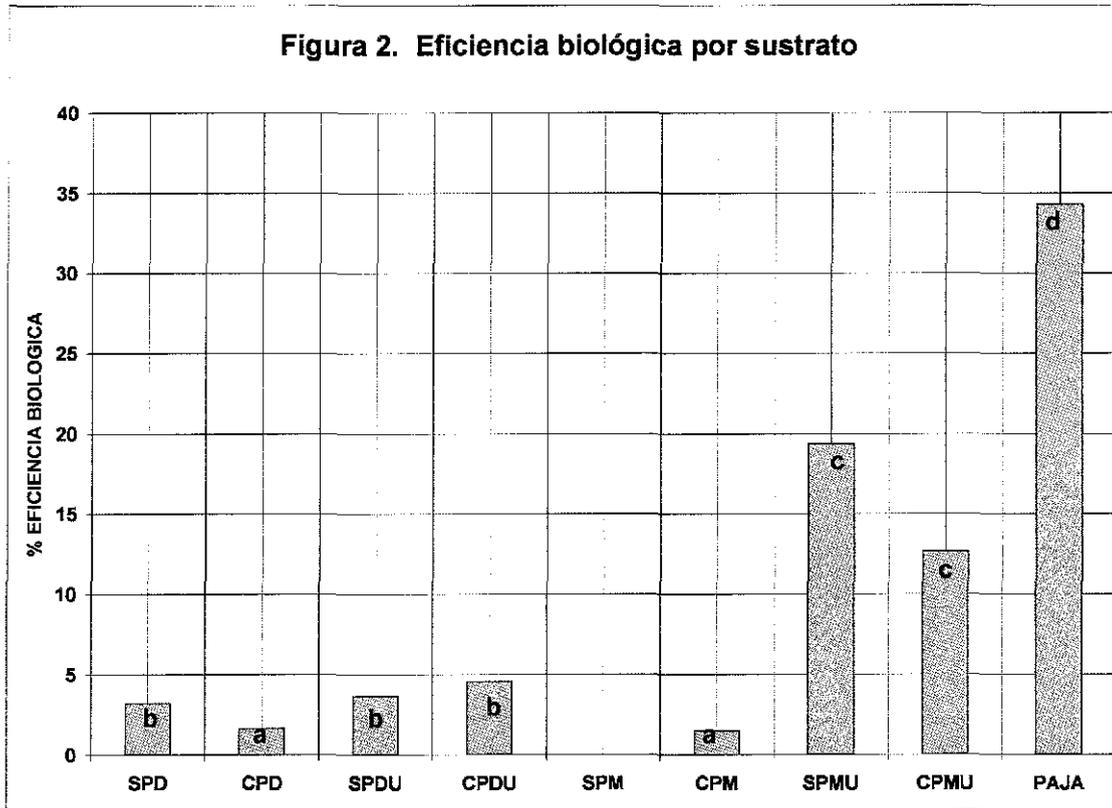
resultados con los citados en la literatura, se encuentra que son semejantes a los obtenidos en dos estudios, ambos en bagazo de caña de azúcar, Acosta [1988] y

**Cuadro 12. Resultados obtenidos en la fructificación**

SUSTRATO	EFICIENCIA BIOLÓGICA (%)		EFICIENCIA BIOLÓGICA (%) Promedio** $\pm \sigma$
	u.e.*		
SPD	3	4.2	3.25 $\pm$ 1.34
	4	2.3	
CPD	2	2.4	1.63 $\pm$ 0.71
	3	1.5	
	4	1.0	
	5	7.4	
SPDU	1	4.3	3.6 $\pm$ 0.76
	2	7.3	
	3	3.8	
	4	2.8	
	5	7.1	
CPDU	1	11.0	4.56 $\pm$ 1.44
	2	5.4	
	3	2.0	
	4	5.4	
	5	2.9	
SPM	1-5	0	0
CPM	1	1.9	1.5 $\pm$ 0.56
	4	1.1	
SPMU	1	18.5	19.45 $\pm$ 1.2
	2	20.2	
	3	4.6	
CPMU	1	3.2	12.66 $\pm$ 1.65
	2	14.5	
	3	11.3	
	4	12.2	
	5	19.5	
PAJA	1	27.9	34.43 $\pm$ 9.08
	2	12.6	
	3	30.6	
	4	44.8	
	5	66.3	

\* u.e. : unidad experimental

\*\* sin considerar datos más dispersos



Martínez-Carrera [1990] reportan valores de 15.7% y 14.5%. Sin embargo, Guzmán – Dávalos [1987] reportó valores de 49.5% para este mismo sustrato; como puede observarse existen muchas diferencias en cuanto a la eficiencia biológica de un mismo sustrato ya que su composición puede variar ampliamente dependiendo de factores como: región geográfica, época del año, condiciones del cultivo, calidad y edad de la semilla utilizada y, la propia cepa de *P. ostreatus*.

Se realizó un análisis estadístico de varianza a los valores promedio de eficiencia biológica que mostró que los tratamientos se pueden agrupar en 4 clases como se indica a continuación y en la figura 2:

- a: Los sustratos CPM y CPD
- b: Los sustratos SPD, SPDU y CPDU
- c: Los sustratos SPMU y CPMU.
- d: El sustrato PAJA.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para analizar los resultados de la eficiencia biológica con respecto a la composición del sustrato, se realizó una prueba estadística de contrastes y se encontró que el único factor que influye en los resultados de eficiencia biológica es

el que los pañales estén desmenuzados o molidos, obteniéndose mejores resultados en estos últimos.

Los factores como presencia o ausencia de plástico no presentaron influencia al igual que el suplementar o no los sustratos con orujo de uva.

En general, los resultados de eficiencia biológica estuvieron por debajo de los que se obtienen en sustratos comerciales y en otros residuos agroindustriales, lo que indica que las condiciones ambientales prevalecientes en el área de experimentación no fueron probablemente las más adecuadas para el cultivo de *P. ostreatus*. Entre estos factores se encuentran la temperatura y la humedad. La temperatura se mantuvo dentro de los intervalos reportados en trabajos anteriores; en tanto que la humedad ambiental, que se controlaba con humidificadores y riego manual, estaba relacionada con la capacidad de retención de agua de los diferentes sustratos. La retención de agua no pudo controlarse ya que algunos de los sustratos mostraban resequedad superficial, pese a que en el interior del mismo había una alta concentración de agua que dio lugar al lavado de las semillas y problemas de contaminación con mohos e insectos.

En resumen, los resultados obtenidos para la eficiencia biológica, muestran que:

- La presencia de plástico no fue un factor determinante ya que no hubo diferencias significativas en sustratos que tenían o no este material.
- El moler o desmenuzar el sustrato fue un factor importante, obteniéndose, en general, eficiencias biológicas mayores en los sustratos molidos.
- La presencia del orujo de uva, desde el punto de vista estadístico no influye en la eficiencia biológica.

### **5.3.2 Calidad de los hongos cosechados**

#### **5.3.2.1 Calidad bromatológica**

El análisis bromatológico proximal, de las fructificaciones se realizó sobre una muestra en que se mezclaron hongos de todos los sustratos, excepto la PAJA, ya que la cantidad obtenida por sustrato era insuficiente para dicha determinación de manera individual. Los análisis se realizaron por triplicado y los resultados, expresados en base seca, se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Composición de los cuerpos fructíferos**

<b>DETERMINACION</b>	<b>RESULTADOS</b> <b>X ± σ</b>	<b>Bautista et al</b> <b>1999</b>
Cenizas	9.97 ± 0.01	7.37
Extracto etéreo (grasas)	1.08 ± 0.02	5.09
Fibra Cruda	11.97 ± 0.007	6.04
Proteínas (factor 6.25)	32.76 ± 0.07	33.44
Carbohidratos (por diferencia)	44.22 ± 0.31	48.04

Estos resultados son comparables con los obtenidos por Bautista *et al.*, [1999] para esta misma cepa de *P. ostreatus* y con los de otros autores, entre los que se pueden mencionar a Chang y Miles [1989] y Bano y Rajarathnam [1982].

Las características organolépticas de las setas producidas en este trabajo, corresponden a las de las cultivadas comercialmente con buen tamaño, aspecto, color y sabor.

### 5.3.2.2 Calidad microbiológica

Se realizó sobre la misma muestra húmeda, que se utilizó para el análisis bromatológico. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Análisis microbiológico de los hongos cosechados**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>
Coliformes totales	N C
Coliformes fecales	N C
<i>Salmonella</i> sp	N C
<i>Staphylococcus aureus</i>	N C
Mohos y levaduras	N C

Estos resultados indican que el tratamiento de esterilización que recibieron los sustratos en la fase inicial, fue eficaz ya que los hongos cultivados en pañales desechables usados, están libres de los patógenos señalados en las Normas Oficiales Mexicanas.

### 5.4 Condiciones más apropiadas para el cultivo de *P. ostreatus* sobre el sustrato de pañal desechable usado

En este estudio como ya se mencionó, las condiciones ambientales no fueron tan favorables para el cultivo de *P. ostreatus*, que fue más eficiente en PAJA que en el

pañal desechable usado. Sin embargo si se quiere mejorar la eficiencia biológica en pañal usado, será necesario darle un acondicionamiento, el cual, con base en los resultados obtenidos en los puntos 5.1 a 5.4, se establece a continuación:

- Con plástico o sin plástico. Se demostró que el plástico no fue un factor determinante en la eficiencia del cultivo, por lo tanto, para fines prácticos es mejor no retirarlo, ahorrando de esta forma tiempo y dinero.
- Molidos o desmenuzados. Se demostró que los sustratos molidos tuvieron las eficiencias biológicas más altas por lo tanto, es recomendable moler el pañal; este acondicionamiento incrementará los costos de inversión, operación y mantenimiento, sin embargo se compensa garantizando una mayor productividad.
- Con orujo y sin orujo. La suplementación de los pañales con orujo de uva (u otro material equivalente) debe evaluarse para observar si permite mejorar la estructura del sustrato y así incrementar los rendimientos.
- Tratamientos térmicos para disminuir la carga microbiana. La pasteurización que es el método convencional de eliminación de microorganismos, por ser fácil de implementar y relativamente económico, mostró, en el caso del pañal desechable, ser inoperable. El polímero superabsorbente presente en el pañal, provoca que éstos retengan demasiada agua, lo que conduce a condiciones anaerobias que no son adecuadas para el desarrollo de *P. ostreatus*. Además este exceso de agua “lava la semilla” disminuyendo e incluso impidiendo la invasión del sustrato. Otro aspecto a remarcar es que estos sustratos son difíciles de manejar, por ser muy resbalosos.

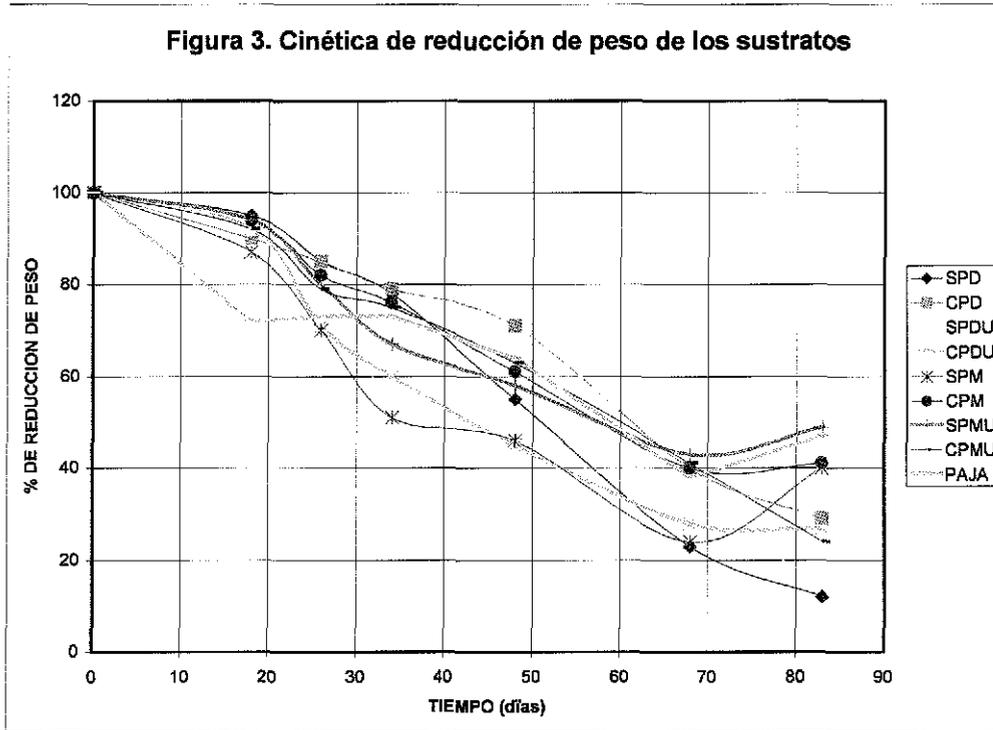
Tampoco el secar los pañales pasteurizados fue una buena opción, dado que los tiempos necesarios fueron muy largos, representando un costo alto.

Finalmente la esterilización en autoclave demostró ser una alternativa viable, por lo que es la más recomendable.

## 5.5 Evaluación de la degradación de los sustratos

### 5.5.1 Reducción de peso

La cinética de la reducción de peso por sustrato en función de los días transcurridos se muestra en la figura 3. Los datos corresponden al promedio de las unidades experimentales de cada sustrato, para los tiempos: 0, 18, 26, 34, 48, 68 y 83 días de cultivo.



La mayor reducción de peso, en todas las unidades experimentales, correspondió a la etapa de fructificación como puede observarse en la figura 3. En la primera etapa de los 0 – 16 días (invasión), la reducción de peso fue menor a 10%, esta etapa puede considerarse como de adaptación del hongo al sustrato. A partir de los 16 días, la pendiente empieza a descender de manera más rápida, esto corresponde a la etapa de desarrollo del hongo, en la que es mayor la actividad de degradación y por ello de reducción de peso.

Se realizó un análisis estadístico de varianza de la reducción de peso comparando los 9 sustratos para diferentes tiempos, los resultados se muestran en el cuadro 15, letras distintas indican diferencia significativa.

**Cuadro 15. Diferencias significativas entre los sustratos en la reducción de peso**

Días	SPD	CPD	SPDU	CPDU	SPM	CPM	SPMU	CPMU	PAJA
18	a	b	b	b	b	b	b	b	c
26	a	a	d	d	d	b	c	c	d
34	a	a	a	a	a	a	a	a	a
48	c	a	c	c	c	c	c	c	b
68	b	b	b	b	b	a	a	a	b
83	d	c	d	c	c	b	a	b	b

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A los 18 días se presentaron 3 grupos: a: SPD. b SPMU, SPDU, CPDU, CPMU CPD y SPM y c: PAJA.

A los 26 días se encontraron 4 grupos diferentes: a: SPD – CPD, b: CPM, c: SPMU - CPMU y d: PAJA, SPDU, CPDU Y SPM.

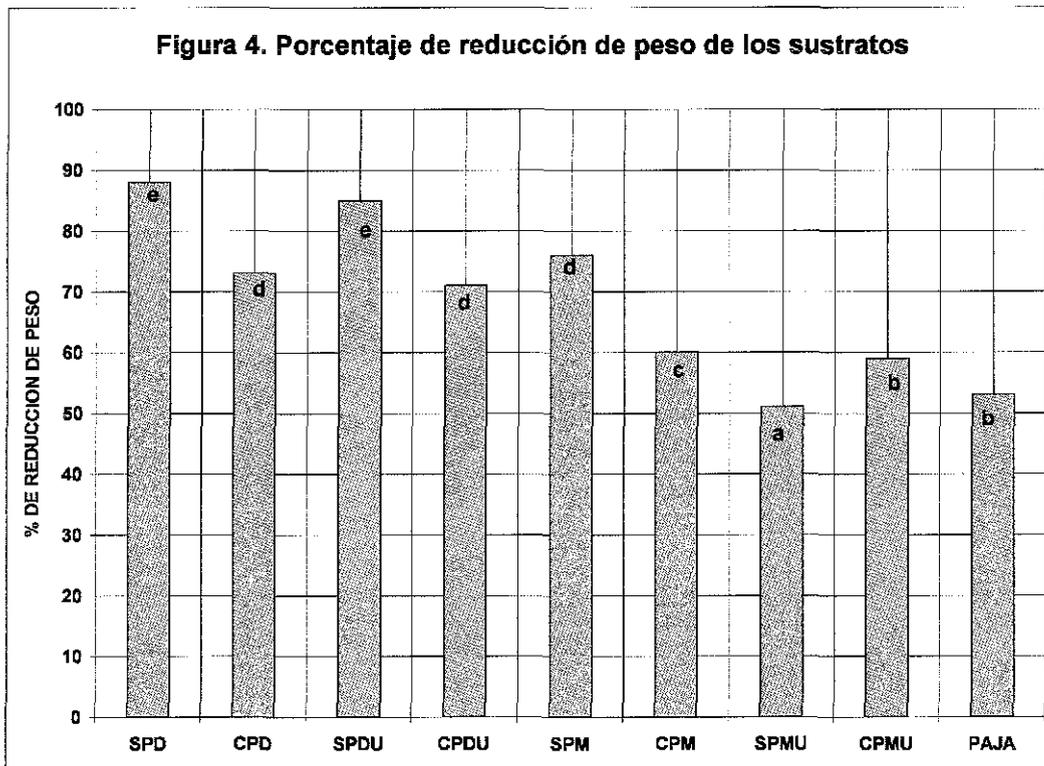
A los 34 días, la reducción de peso no presentó diferencias significativas entre ninguno de los sustratos de forma que solo existe un grupo con comportamiento homogéneo.

A los 48 días, se formaron 3 grupos: a: CPD, b: PAJA y c: SPD-SPDU-CPDU-SPM-CPM-SPMU-CPMU

A los 68 días se encontraron dos grupos: a: SPMU-CPMU-CPM y b: CPD-SPD-SPDU-CPDU-SPM.

A los 83 días al final del experimento, se encontraron 4 grupos: a: SPMU, b: PAJA-CPMU-CPM, c: CPDU-CPD-SPM y d: SPDU-SPD.

El porcentaje de reducción de peso al final del experimento se ilustra en la figura 4. En la tabla 1 del anexo 1, aparecen los valores experimentales de peso seco inicial y final, la reducción de peso y el porcentaje de dicha reducción para cada unidad experimental.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Todos los sustratos presentaron reducciones de peso mayores al 50%. La mayor reducción de peso correspondió a los sustratos SPDU (85%) y SPD (88%), lo que puede asignarse al acondicionamiento que recibió el sustrato antes de la inoculación: desmenuzado manualmente, que permite espacios de aire, y con ello una mayor degradación del sustrato.

El sustrato con la menor reducción de peso fue SPMU, lo que, en principio, podría explicarse por el tratamiento previo del sustrato: molido mecánicamente, es decir reducido a polvo fino, pero posiblemente la adición de orujo de uva propició una estructura al sustrato que permitió mejores condiciones para el desarrollo del hongo y por ello el valor de eficiencia biológica es mayor. Probablemente esta baja eficiencia de reducción de peso/ alta eficiencia biológica, pueda explicarse en función de que los sustratos con mayor reducción de peso, sufrieron una contaminación más severa, principalmente por hongos ambientales de forma que, debido a la acción combinada (protooperación), esto favoreció la degradación del sustrato y en el caso de SPMU, *P. ostreatus* pudo superar a sus competidores, pero con una menor degradación del sustrato.

En los sustratos sin inocular (testigos) sometidos a las mismas condiciones que los demás sustratos, la reducción de peso al término de los 83 días de cultivo fue menor al 5%. Esta degradación provocada por organismos ambientales y no por *P. ostreatus*, es poco significativa por lo que se decidió no considerarla en relación con los demás sustratos.

Se realizó un análisis estadístico de varianza de la reducción de peso final, el cual clasificó a los sustratos en 5 grupos: a: SPMU, b: PAJA-CPMU, c: CPM, d: CPDU-CPD-SPM y e: SPDU-SPD. Además se realizó una prueba de contrastes para determinar si existe o no relación entre reducción de peso y acondicionamiento del sustrato encontrándose que éste no influye en la reducción de peso.

En resumen, los resultados obtenidos en la reducción de peso de los sustratos muestran que:

- La degradación de los sustratos fue más eficiente en la etapa de fructificación, alcanzando reducciones finales entre 50 y 87%.
- La ausencia o presencia de plástico no afecta la reducción de peso.
- Los sustratos desmenuzados presentaron diferencias significativas con respecto a los molidos que tuvieron menor reducción de peso.
- El orujo de uva, aunque indispensable al cultivo, parece no tener influencia en el porcentaje de reducción de peso, ya que la prueba de contrastes indicó que no hay diferencia significativa entre los sustratos con y sin suplementar.

### 5.5.2 Reducción de volumen

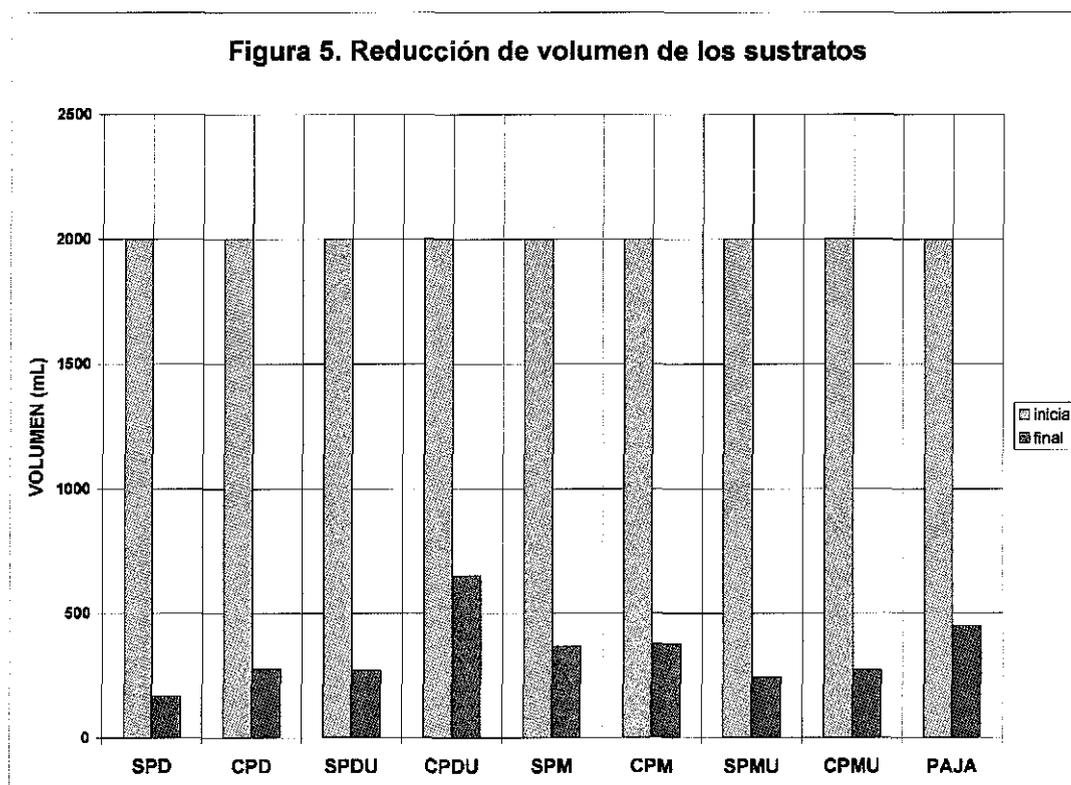
La reducción de volumen fue el indicador más claro de que *P. ostreatus* fue eficiente en la degradación de los sustratos, ya que la disminución fue tan importante que pudo evaluarse a simple vista. Foto 14.

La figura 5 ilustra la reducción de volumen en donde se compara el volumen inicial contra el final. En la figura 6, se muestra el porcentaje promedio de reducción de volumen, por tipo de sustrato.

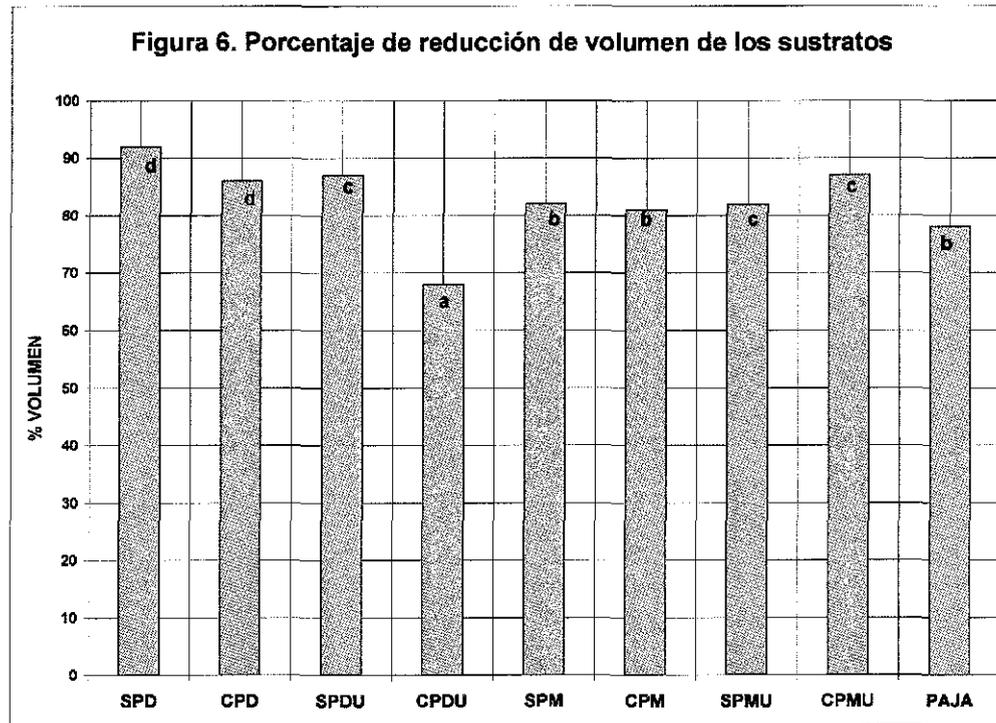
Los valores de reducción de volumen para cada unidad experimental se muestran en la tabla 2 del anexo 1.

Los sustratos con valores más altos de reducción de volumen fueron: SPD con 92%, SPDU con 80%, CPMU y SPDU con 87%, los valores más bajos correspondieron a los sustratos CPDU (68%) y PAJA (78%), el resto de los sustratos muestra reducciones superiores al 80%. Al igual que en la reducción de peso, el sustrato SPD alcanzó los valores más altos de reducción de volumen.

El análisis estadístico de varianza aplicado permitió clasificar a los sustratos en 4 grupos: a: CPDU, b: PAJA-CPM-SPM, c: CPMU-SPDU-SPMU y d: CPD-SPD.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Con respecto a la relación entre reducción de volumen y acondicionamiento del sustrato, la prueba de contrastes permitió encontrar que la forma de acondicionar el sustrato no influye en la reducción.

En resumen, los resultados obtenidos en la reducción de volumen de los sustratos muestran que:

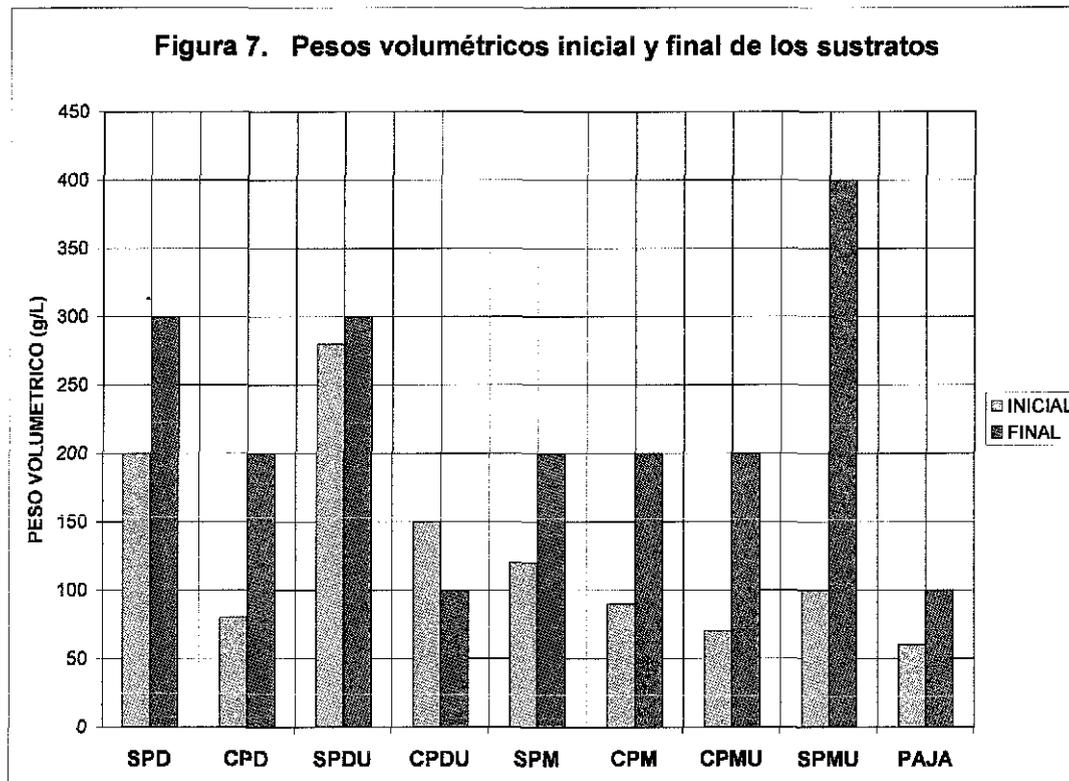
- La reducción de volumen obtenida mediante el cultivo fue muy alta.
- La presencia de plástico permitió una igual o mayor reducción de volumen, en todos los sustratos. La diferencia más importante de reducción entre las parejas de sustratos fue de 15% para CPDU y SPDU.
- El moler o desmenuzar el sustrato no fue un factor determinante en la reducción de volumen.
- Los sustratos complementados con orujo de uva se obtuvieron mayores reducciones de volumen.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 5.5.3 Variación del peso volumétrico

La figura 7 ilustra la relación entre el peso volumétrico inicial (pvi) y el peso volumétrico final (pvf).

Los datos de pesos volumétricos iniciales y finales por cada unidad experimental, se muestran en la tabla 3 del anexo 1.



El peso volumétrico inicial osciló entre los valores de 60 a 300 g/L, en tanto que el peso volumétrico final varió desde 100 hasta 500 g/L, dependiendo de la composición de los sustratos.

En el Cuadro 16, se muestran las variaciones, promedio por sustrato, encontradas entre el pvi y pvf. Se observa que todos los sustratos se densificaron, con excepción de CPDU que presentó una reducción de peso importante pero no así en la reducción de su volumen.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro16. Porcentaje de Variación en el Peso Volumétrico por sustrato**

Sustrato	Variación de peso volumétrico (%)
SPD	+ 50
CPD	+ 150
SPDU	+7
CPDU	-33
SPM	+66
CPM	+122
SPMU	+300
CPMU	+185
PAJA	+66

De acuerdo con estas variaciones y en relación con el acondicionamiento del sustrato se puede deducir que:

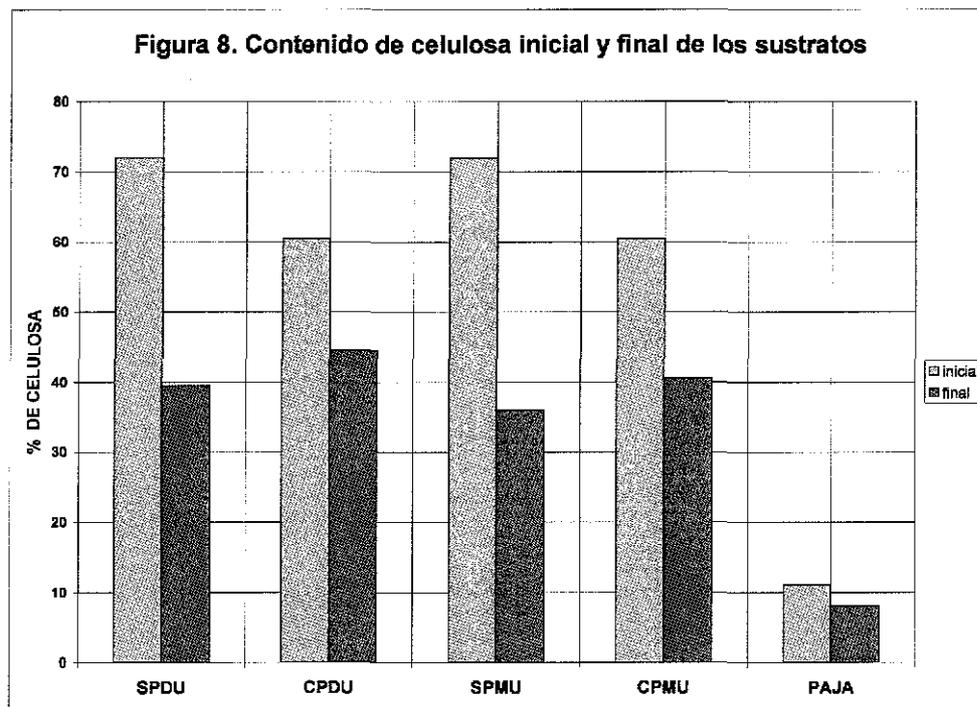
- La presencia de plástico parece no tener efecto, ya que no hay un comportamiento homogéneo. En los sustratos sin este material: PAJA, SPM y SPD tampoco hubo un comportamiento regular.
- Al comparar los sustratos molidos vs los desmenuzados, se observa una notable diferencia en incremento de peso volumétrico en los sustratos molidos.
- Los sustratos complementados con uva y sin complementar no muestran un comportamiento regular de variación en el peso volumétrico.

#### 5.5.4 Reducción de celulosa

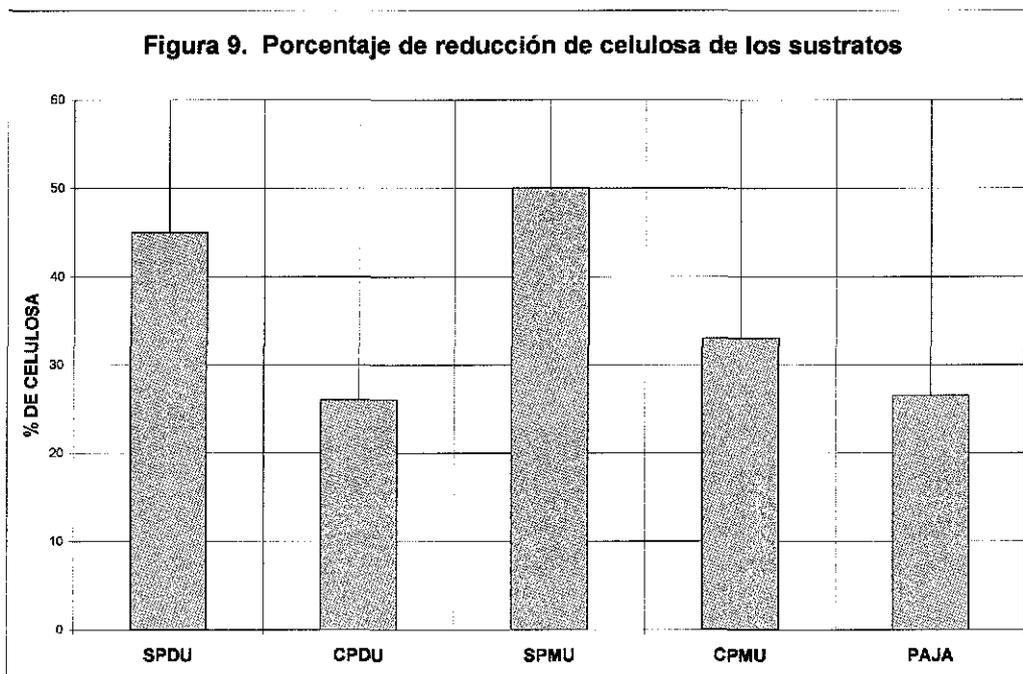
La técnica para la determinación de celulosa presentó problemas metodológicos, sobre todo en los primeros análisis, sin embargo éstos se fueron superando al hacerse algunas modificaciones (cambio de material y equipo utilizado). Dadas las semejanzas en los valores obtenidos para cada par de repeticiones, los resultados se consideran confiables.

Cabe aclarar, como se indicó en el capítulo Método en el inciso 4.11.4, que los resultados de los análisis se expresan en porcentaje en peso de celulosa en la muestra.

El análisis final del contenido de celulosa, se realizó sólo en aquellos sustratos que mostraron los valores más altos de eficiencia biológica y que fueron: CPMU, SPMU; SPDU, CPDU y PAJA. Los contenidos de celulosa, iniciales y finales, en porcentaje en peso, se muestran en la figura 8.



Los valores iniciales del contenido de celulosa fueron más altos en el caso de los sustratos sin plástico, en relación con los que si contenían este material, la diferencia fue un poco mayor al 10%, y probablemente corresponda a la cantidad de plástico presente en las muestras. El menor contenido de celulosa correspondió a la PAJA. En la figura 9 se indica el porcentaje de reducción del contenido de celulosa en los diferentes sustratos.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Estos valores oscilaron entre 26 y 50%. Los sustratos con mayores valores en la degradación de este polímero fueron SPMU, con 50% y SPDU con 45%, valores altos si se considera que las condiciones ambientales en las que se desarrolló el cultivo no fueron las más adecuadas, lo que permite suponer que si se mejoran estas condiciones se puede incrementar, todavía más, la degradación de la celulosa.

La PAJA tuvo el valor inicial de 11% de celulosa y mostró una reducción de 26.5 %.

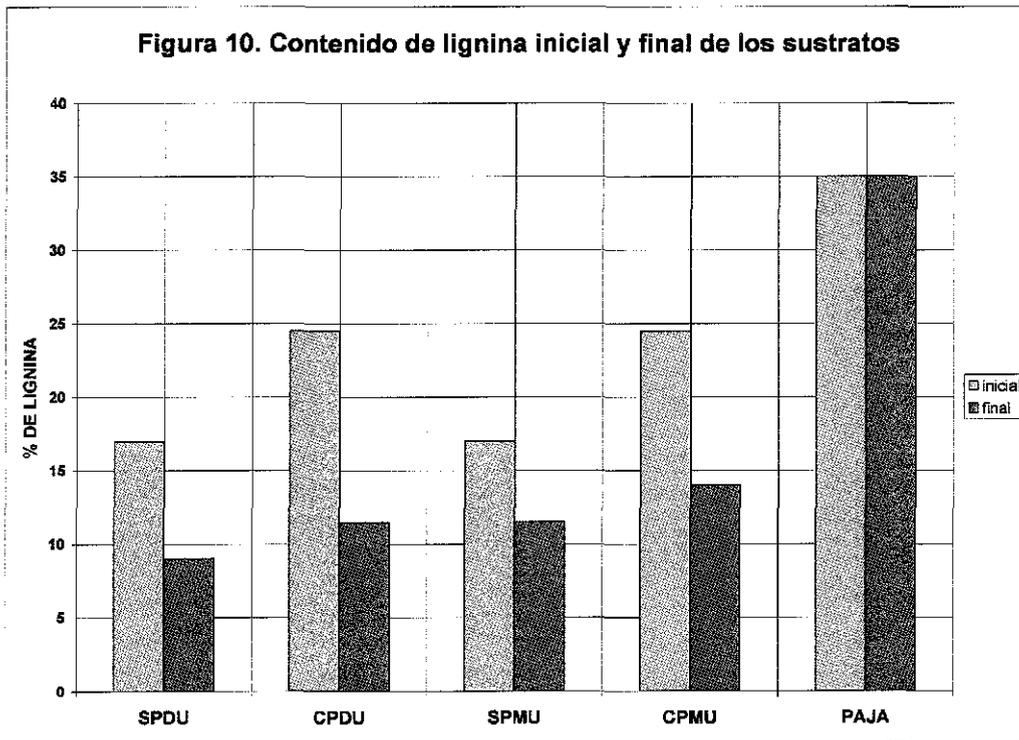
El análisis estadístico de varianza permitió clasificar los sustratos en dos grupos: a: CPDU-PAJA y b: CPMU-SPDU-SPMU.

Los resultados de la prueba de contrastes no permiten inferir que la forma de acondicionar el sustrato influye en la reducción de celulosa.

### 5.5.5 Reducción de lignina

Los análisis de lignina se realizaron sobre las mismas muestras utilizadas en la determinación de celulosa.

El contenido de lignina (% en peso) a los tiempos T0 y Tf, para los sustratos considerados, se muestra en la figura 10.

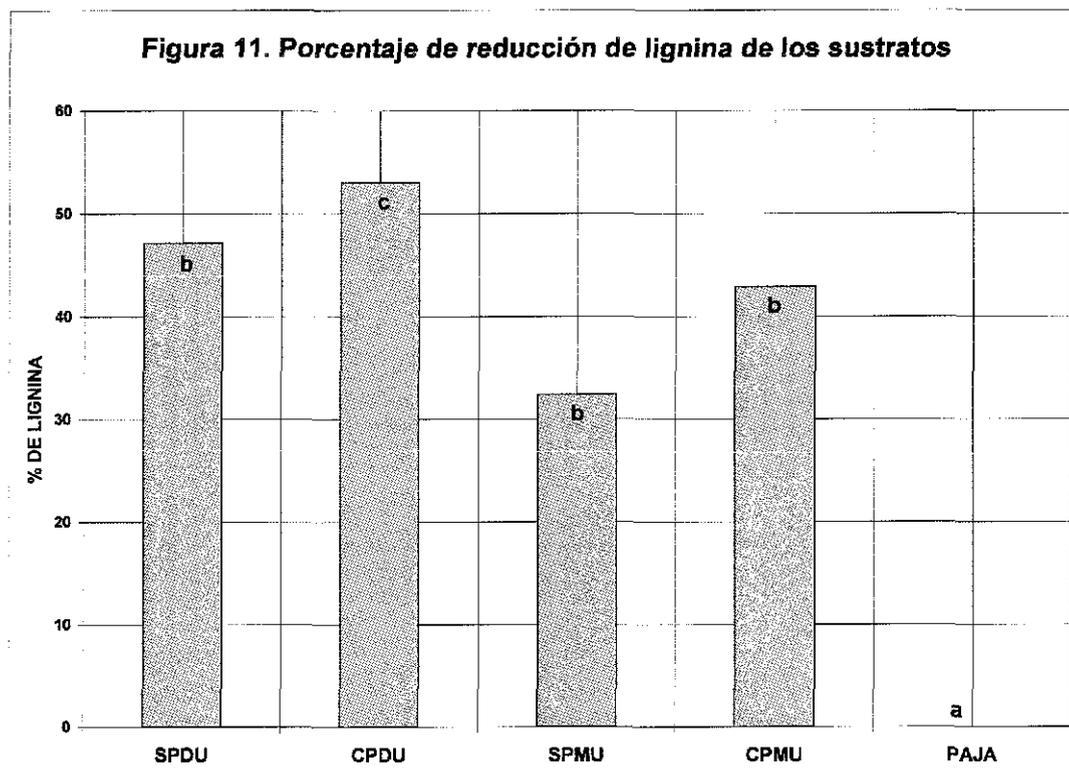


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los valores para T0 fluctuaron entre 17 y 35%, el más alto correspondió a la PAJA, cuyo valor se encuentra entre los recomendables para el cultivo de *P. ostreatus*, mientras que los sustratos CPDU, SPDU y SPMU obtuvieron 17% en cada caso, a pesar de haber sido complementados con orujo de uva, para un aporte teórico de 33% de lignina, esto se debe, posiblemente, al cambio que sufrió el orujo de uva antes de ser utilizado, por lo que sólo pudo aportar la mitad de lo calculado. Los contenidos finales, Tf, después del proceso de degradación estuvieron entre 8.4 y 35%.

La reducción de la lignina, medida en porcentaje, se muestra en la figura 11.

Para los sustratos de pañales el porcentaje de reducción de lignina osciló entre 32.4% y 53%. La mayor reducción se presentó en el sustrato CPDU con un 53%, en tanto que en la PAJA no hubo reducción, se mantuvo el valor inicial.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Al comparar la degradación de lignina y celulosa, la mayor reducción de celulosa corresponde a la menor reducción de lignina.

El análisis estadístico de varianza permitió clasificar los sustratos en 3 grupos: a: PAJA, b: SPMU-CPMU-SPDU y c: CPDU.

En relación con el acondicionamiento del sustrato y la reducción de lignina la prueba de contrastes permitió encontrar que la forma de acondicionar el sustrato no influye en la reducción.

## 5.6 Evaluación y comparación de la degradación de los sustratos

De acuerdo con los parámetros elegidos para evaluar la degradación de los sustratos, se encontró que en general los resultados son muy alentadores ya que éstos mostraron altos valores de reducción. Sin embargo no hay coincidencia aparente entre los sustratos con mejores eficiencias biológicas y los más degradables.

Para ello, se elaboró el Cuadro 17, que muestra el resumen de los resultados obtenidos remarcando los que destacaron por sustrato y por parámetro de estudio.

**Cuadro17. Resultados finales de la fase experimental**

Parámetro	Sustrato	PAJA	SPD	CPD	SPDU	CPDU	SPM	CPM	SPMU	CPMU
E.B	Eficiencia Biológica (%)	<b>36.4</b>	3.2	3.1	5.1	5.3	0	1.5	14.1	12.1
D E G R A D A C I O N	Reducción de Peso (%)	53	<b>88</b>	73	<b>85</b>	71	76	60	51	59
	Reducción de Volumen (%)	63	<b>92</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	68	82	60	<b>88</b>	<b>87</b>
	Variación de Peso Volumétrico (%)	+66	+50	+15 0	+7	-33	+66	+122	<b>+300</b>	<b>+185</b>
	Reducción de Celulosa (%)	26.5	-	-	<b>45</b>	26	-	-	<b>50</b>	33
	Reducción de Lignina (%)	0	-	-	<b>47.1</b>	32.4	-	-	32.4	<b>42.9</b>

De acuerdo con este cuadro, los mejores sustratos fueron SPMU, CPMU y SPD, los primeros por presentar la mejor eficiencia biológica y el tercero por ser el más degradado.

Los resultados obtenidos por el sustrato SPD, en cuanto a su degradabilidad, como ya se explicó en incisos anteriores, no son atribuibles a la actividad de *P. ostreatus*, si no a microorganismos ambientales que contaminaron el sustrato y que en protooperación lograron su degradación.

Ahora bien para encontrar el acondicionamiento del sustrato que permita mejorar la eficiencia biológica y degradabilidad, se remarca que:

Al comparar los sustratos SPMU y CPMU, se encuentra que los resultados no presentan variaciones importantes, lo que es muy significativo ya que la única diferencia entre ellos es la presencia de plástico y si éste no es un factor determinante, pensando en facilitar el proceso durante el acondicionamiento del sustrato y ahorrar tiempo y dinero, la mejor opción es CPMU.

La pareja SPDU-CPDU mostró valores intermedios en eficiencia biológica y buenos valores para reducción del sustrato; esta pareja, a diferencia de la pareja anterior, incluye el desmenuzamiento en su acondicionamiento, operación que es manual y que requiere de más tiempo. Esta comparación permite sostener que CPMU sigue siendo la mejor opción si se quiere una mejor eficiencia biológica.

La pareja SPM-CPM obtuvo los valores de eficiencia biológica más bajos y a pesar de haber obtenido valores altos en reducción de peso y de volumen, no es buena candidata para el cultivo, ni para la degradación del sustrato.

La pareja SPD-CPD muestra un comportamiento similar al caso anterior.

De acuerdo con lo anterior, se encuentra que si existe una coincidencia entre los sustratos con mejores eficiencias biológicas y los más degradables y que la mejor combinación en el acondicionamiento del sustrato, es entonces: con plástico, molido y complementado con uva (CPMU).

### 5.7 Composición de materiales postcultivo

Los subproductos encontrados en los dos sustratos residuales tratados: SPDU y CPDU fueron: plástico, tela de algodón, polímero, orujo de uva, restos de materia orgánica del hongo y granos de trigo.

El plástico y la tela de algodón pudieron separarse completamente limpios. También se separó, el orujo de uva, la materia orgánica del hongo y granos de trigo restantes.

Se logró aislar el polímero, en algunos casos prácticamente limpio y en otros mezclado con restos de materia orgánica.

Los porcentajes de pesos obtenidos para cada subproducto se reportan en el Cuadro 18 de acuerdo al sustrato analizado.

**Cuadro 18. Composición porcentual de productos degradados y no degradados**

Sustratos	Material degradado	Material no degradado			Total
		Plástico	Tela de algodón	Polímero + materia orgánica	
SPDU	85%	0	5.25%	9.72%	100%
CPDU	68%	9.08%	8.3%	14.43%	100%

La propuesta para los materiales recuperados es la siguiente:

- ✓ Plástico y algodón, realizar un estudio de mercado para su comercialización.
- ✓ Materia orgánica ( restos de hongo, orujo de uva y granos de trigo), aprovechar sus características de ser fuente de carbono y nitrógeno para microorganismos, mezclar con el suelo para enriquecerlo
- ✓ Polímero superabsorbente, aprovechar su capacidad de retener agua para aplicar en suelos con esta carencia.

Esta posibilidad de recuperación de materiales permite visualizar al cultivo de *P. ostreatus* como una alternativa de manejo integral de los pañales desechables, ya que todos sus componentes pueden ser aprovechados.

## VI CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados para este estudio y con base en los resultados obtenidos se puede concluir:

### **Métodos propuestos y desarrollados para acondicionar los pañales como sustratos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.**

Un aporte importante para la primera etapa de este trabajo fue el desarrollar una metodología que permitiera utilizar los pañales desechables como sustrato para el cultivo de *P. ostreatus*, y se propuso acondicionar el pañal con las siguientes alternativas: con y sin plástico, molido o desmenuzado y con y sin orujo de uva.

Otro aspecto importante dentro de la metodología propuesta y empleada fue el proceso de tratamiento térmico de los sustratos en donde al comparar la pasteurización con la esterilización en autoclave, se encontró que la esterilización demostró ser más adaptable a las características del pañal, ya que permite que conserve la humedad y garantiza la eliminación de microorganismos.

### **Comparación de la eficiencia biológica en diferentes sustratos para el cultivo de *P. ostreatus***

Los resultados obtenidos de eficiencia biológica fluctuaron entre 0 y 34.43 %, siendo los mejores sustratos la PAJA, SPMU y CPMU lo que indica que la composición del sustrato influye en la eficiencia biológica ya que:

- La presencia de plástico no fue un factor determinante ya que se obtuvieron resultados muy semejantes en sustratos que tenían o no este material.
- El moler o desmenuzar el sustrato fue un factor importante, obteniéndose, en general, eficiencias biológicas mayores en los sustratos molidos.
- Las mezclas con orujo de uva condujeron a una mayor producción de cuerpos fructíferos.

Otros factores determinantes en la eficiencia del cultivo fueron las condiciones ambientales tales como temperatura y humedad. La temperatura se mantuvo dentro de los intervalos reportados en trabajos anteriores; en tanto que la humedad, que se controlaba con humidificadores y riego manual, estaba relacionada con la capacidad de retención de agua de los diferentes sustratos. La retención de agua no pudo controlarse ya que algunos de los sustratos mostraban resequedad superficial, pese a que en el interior del mismo había una alta concentración de agua que dió lugar al lavado de las semillas y problemas de contaminación con otros hongos e insectos.

## **Calidad bromatológica y microbiológica de los cuerpos cultivados sobre pañales**

El valor nutricional de los hongos cultivados correspondió al que se obtiene en sustratos comerciales convencionales. El aspecto, color, textura y sabor de los hongos fueron similares a los producidos comercialmente.

La calidad microbiológica de los hongos cosechados satisface los estándares sanitarios de este tipo de productos, referente a: *coliformes totales y fecales*, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras.

Los resultados obtenidos indicaron que los hongos cultivados en los pañales desechables pueden destinarse a: consumo humano, como saborizante en alimentos y complemento proteínico entre otros.

## **Condiciones más apropiadas para el cultivo de *P.ostreatus* sobre el sustrato de pañal desechable usado**

Con base en los resultados obtenidos de eficiencia biológica para el cultivo de *P. ostreatus*, en los que, como era de esperarse el sustrato PAJA obtuvo las mejores eficiencias, se propone que para mejorar la eficiencia biológica en pañal usado, será necesario acondicionarlo como se establece a continuación:

- Con plástico
- Molido
- Con orujo de uva u otro residuo lignocelulósico
- Esterilizado en autoclave
- Con condiciones ambientales mejor controladas

## **Parámetros de estudio para evaluar la degradación de los sustratos**

Los parámetros de estudio para evaluar la degradación del sustrato durante el cultivo de *P. ostreatus*, fueron:

- minimización en volumen
- minimización en peso
- variación en peso volumétrico
- degradación de la celulosa (%)
- degradación de lignina (%)

Su elección se basó en aquellos que pudieran brindar información cuantitativa de la degradación de los sustratos.

## **Evaluación de la degradación de los sustratos**

Los parámetros elegidos fueron útiles ya que permitieron una evaluación cuantitativa del sustrato. Al relacionar los parámetros de estudio con el acondicionamiento del sustrato en cuanto a la degradación del sustrato, se encontró que:

La ausencia de plástico favoreció las reducciones de peso, peso volumétrico y de celulosa y no fue un factor determinante en la reducción de volumen, por lo que pensando en eliminar una etapa de la metodología es mejor que se conserve el plástico.

El moler los sustratos fue un factor determinante en la mayoría de los parámetros y dicho proceso facilita el acondicionamiento del sustrato.

La presencia de orujo de uva favoreció la reducción de los sustratos por lo que se concluye que su presencia (o la de cualquier material que aporte lignina) es indispensable.

El cultivo empleado en este estudio se dirigió, en esta primera etapa, a la reutilización de sólo uno de los subproductos, la fibra de celulosa, pero un tratamiento posterior permitiría reciclar todos los materiales de manera integral.

## **Composición de materiales postcultivo**

La composición de los materiales postcultivo permitió ver el cultivo de *P. ostreatus* sobre pañales como una alternativa que permite la separación, recuperación y reciclamiento de los otros componentes del pañal, por ejemplo: el plástico y el polímero superabsorbente.

De acuerdo con lo anterior se concluye que:

El cultivo de *P. ostreatus* en pañales desechables usados aparece como una alternativa conveniente para este subproducto de los residuos municipales, ya que la minimización del residuo, disminución en peso y volumen y el incremento en el peso volumétrico contribuyen a reducir el impacto ambiental de este residuo, además muestran la factibilidad de obtener como beneficio adicional un alimento de alto contenido proteínico que podría destinarse al consumo humano o adicionarse como complemento en el alimento destinado a otras especies animales.

Es posible mejorar la eficiencia biológica del cultivo trabajando sobre algunos de los factores participantes: especie y variedad del hongo *Pleurotus*, composición de los sustratos (relación lignina/celulosa), enriquecimiento con desechos lignocelulósicos, condiciones ambientales (humedad, temperatura, aireación y concentración bióxido de carbono) entre otros.

Un aspecto interesante de esta propuesta es que el pañal desechable podría ser recolectado con facilidad en establecimientos como hospitales de maternidad, guarderías, centros de desarrollo infantil y centros educativos para preescolares, en que se da atención a los pequeños usuarios. Su separación y acopio no requerirían instalaciones ni procedimientos especiales y la problemática derivada del alto consumo de pañales desechables tendría una posible alternativa de solución. Los pañales usados podrían mezclarse con los productos defectuosos o fuera de especificación desechados por los fabricantes.

## ANEXO

TABLA 1 Reducción de peso en gramos y en porcentaje (base seca).

Sustrato	peso inicial	peso final	% reducción de peso	Sustrato	peso inicial	peso final	% reducción de peso
<b>SPD1</b>	440	68	85	<b>CPM1</b>	205	76	63
<b>SPD2</b>	431	65	85	<b>CPM2</b>	181	72	60
<b>SPD3</b>	354	30	92	<b>CPM3</b>	191	82	57
<b>SPD4</b>	356	31	91	<b>CPM4</b>	175	62	64
<b>SPD5</b>	427	54	87	<b>CPM5</b>	181	78	57
<b>Promedio</b>	<b>400</b>	<b>49</b>	<b>88</b>	<b>Promedio</b>	<b>186</b>	<b>74</b>	<b>60</b>
<b>CPD1</b>	229	36	84	<b>SPMU1</b>	183	96	47
<b>CPD2</b>	168	42	75	<b>SPMU2</b>	207	90	56
<b>CPD3</b>	137	54	61	<b>SPMU3</b>	213	88	59
<b>CPD4</b>	150	48	68	<b>SPMU4</b>	211	126	40
<b>CPD5</b>	163	44	73				
<b>Promedio</b>	<b>169</b>	<b>45</b>	<b>72</b>	<b>Promedio</b>	<b>203</b>	<b>100</b>	<b>51</b>
<b>SPDU1</b>	605	96	84	<b>CPMU1</b>	123	55	55
<b>SPDU2</b>	524	74	85	<b>CPMU2</b>	124	51	59
<b>SPDU3</b>	573	96	83	<b>CPMU3</b>	124	54	57
<b>SPDU4</b>	506	76	85	<b>CPMU4</b>	147	67	54
<b>SPDU5</b>	593	90	85	<b>CPMU5</b>	133	40	70
<b>Promedio</b>	<b>560</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>Promedio</b>	<b>130</b>	<b>53</b>	<b>59</b>
<b>CPDU1</b>	254	88	65	<b>PAJA1</b>	151	72	52
<b>CPDU2</b>	368	94	74	<b>PAJA2</b>	111	48	57
<b>CPDU3</b>	304	96	68	<b>PAJA3</b>	124	56	55
<b>CPDU4</b>	391	104	73	<b>PAJA4</b>	103	50	51
<b>CPDU5</b>	204	66	68	<b>PAJA5</b>	109	56	48
<b>Promedio</b>	<b>304</b>	<b>89</b>	<b>71</b>	<b>Promedio</b>	<b>119</b>	<b>56</b>	<b>53</b>
<b>SPM1</b>	241	72	70				
<b>SPM2</b>	243	58	76				
<b>SPM4</b>	258	38	85				
<b>SPM5</b>	253	72	72				
<b>Promedio</b>	<b>248</b>	<b>60</b>	<b>76</b>				

SPD sin plástico desmenuzado

CPD con plástico desmenuzado

SPDU sin plástico desmenuzado + orujo de uva

CPDU Con plástico desmenuzado + orujo de uva

SPM Sin plástico molido

CPM con plástico molido

SPMU Sin plástico molido + orujo de uva

CPMU con plástico molido + orujo de uva

**TABLA 2 Reducción de volumen**

Sustrato	vol inicial	vol final	% reducción volumen	Sustrato	vol inicial	vol final	% reducción vol
<b>SPD1</b>	2 000	n.d.	n.d.	<b>CPM1</b>	2 000	300	85
<b>SPD2</b>	2 000	n.d.	n.d.	<b>CPM2</b>	2 000	400	80
<b>SPD3</b>	2 000	150	93	<b>CPM3</b>	2 000	450	77.5
<b>SPD4</b>	2 000	200	90	<b>CPM4</b>	2 000	n.d.	n.d.
<b>SPD5</b>	2 000	150	93	<b>CPM5</b>	2 000	350	83
<b>Promedio</b>	2 000	<b>167</b>	<b>92</b>	<b>Promedio</b>	2 000	<b>375</b>	<b>81</b>
<b>CPD1</b>	2 000	300	85	<b>SPMU1</b>	2 000	450	78
<b>CPD2</b>	2 000	180	91	<b>SPMU2</b>	2 000	350	83
<b>CPD3</b>	2 000	200	90	<b>SPMU3</b>	2 000	n.d.	n.d.
<b>CPD4</b>	2 000	250	88	<b>SPMU4</b>	2 000	300	85
<b>CPD5</b>	2 000	270	87				
<b>Promedio</b>	2 000	<b>275</b>	<b>86</b>	<b>Promedio</b>	2 000	<b>366</b>	<b>82</b>
<b>SPDU1</b>	2 000	250	88	<b>CPMU1</b>	2 000	250	88
<b>SPDU2</b>	2 000	250	88	<b>CPMU2</b>	2 000	300	85
<b>SPDU3</b>	2 000	250	88	<b>CPMU3</b>	2 000	250	88
<b>SPDU4</b>	2 000	350	83	<b>CPMU4</b>	2 000	250	88
<b>SPDU5</b>	2 000	250	88	<b>CPMU5</b>	2 000	300	85
<b>Promedio</b>	2 000	<b>270</b>	<b>87</b>	<b>Promedio</b>	2 000	<b>270</b>	<b>87</b>
<b>CPDU1</b>	2 000	n.d.	n.d.	<b>PAJA1</b>	2 000	650	68
<b>CPDU2</b>	2 000	n.d.	n.d.	<b>PAJA2</b>	2 000	300	85
<b>CPDU3</b>	2 000	650	68	<b>PAJA3</b>	2 000	400	80
<b>CPDU4</b>	2 000	650	68	<b>PAJA4</b>	2 000	400	80
<b>CPDU5</b>	2 000	n.d.		<b>PAJA5</b>	2 000	500	75
<b>Promedio</b>	2 000	<b>650</b>	<b>68</b>	<b>Promedio</b>	2 000	<b>450</b>	<b>78</b>
<b>SPM1</b>	2 000	450	78				
<b>SPM2</b>	2 000	350	83				
<b>SPM4</b>	2 000	n.d.	n.d.				
<b>SPM5</b>	2 000	300	85				
<b>Promedio</b>	2 000	<b>366</b>	<b>82</b>				

n.d. Los datos que faltan no pudieron determinarse porque los sustratos estaban muy contaminados, disgregados con notable pérdida de muestra.

**SPD** sin plástico desmenuzado

**CPD** con plástico desmenuzado

**SPDU** sin plástico desmenuzado + orujo de uva

**CPDU** Con plástico desmenuzado + orujo de uva

**SPM** Sin plástico molido

**CPM** con plástico molido

**SPMU** Sin plástico molido + orujo de uva

**CPMU** con plástico molido + orujo de uva

**Tabla 3. Peso volumétrico g/L (base seca)**

Sustrato	P/V inic. g/L	P/V final g/L	Sustrato	P/V inic. g/L	P/V final g/L
<b>SPD1</b>	220		<b>CPM1</b>	100	300
<b>SPD2</b>	220		<b>CPM2</b>	90	200
<b>SPD3</b>	180	200	<b>CPM3</b>	100	200
<b>SPD4</b>	180	200	<b>CPM4</b>	90	
<b>SPD5</b>	210	400	<b>CPM5</b>	90	200
<b>Promedio</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>Promedio</b>	<b>90</b>	<b>200</b>
<b>CPD1</b>	110	100	<b>SPMU1</b>	90	400
<b>CPD2</b>	80	200	<b>SPMU2</b>	100	300
<b>CPD3</b>	70	300	<b>SPMU3</b>	110	400
<b>CPD4</b>	80	200	<b>SPMU4</b>	110	50
<b>CPD5</b>	80	200			
<b>Promedio</b>	<b>80</b>	<b>200</b>	<b>Promedio</b>	<b>100</b>	<b>40</b>
<b>SPDU1</b>	300	400	<b>CPMU1</b>	60	200
<b>SPDU2</b>	260	300	<b>CPMU2</b>		
<b>SPDU3</b>	290	400	<b>CPMU3</b>	60	200
<b>SPDU4</b>	250	200	<b>CPMU4</b>	70	300
<b>SPDU5</b>	300	400	<b>CPMU5</b>	70	100
<b>Promedio</b>	<b>280</b>	<b>300</b>	<b>Promedio</b>	<b>70</b>	<b>200</b>
<b>CPDU1</b>	130		<b>PAJA1</b>	80	100
<b>CPDU2</b>	180		<b>PAJA2</b>	60	200
<b>CPDU3</b>	150	100	<b>PAJA3</b>	60	100
<b>CPDU4</b>	200	200	<b>PAJA4</b>	50	100
<b>CPDU5</b>	100		<b>PAJA5</b>	50	100
<b>Promedio</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>Promedio</b>	<b>60</b>	<b>100</b>
<b>SPM1</b>	120	200			
<b>SPM2</b>	120	200			
<b>SPM4</b>	130				
<b>SPM5</b>	130	200			
<b>Promedio</b>	<b>120</b>	<b>200</b>			

n.d. Los datos que faltan no pudieron determinarse porque los sustratos estaban muy contaminados, disgregados con notable pérdida de muestra.

**SPD** sin plástico desmenuzado

**CPD** con plástico desmenuzado

**SPDU** sin plástico desmenuzado + orujo de uva

**CPDU** Con plástico desmenuzado + orujo de uva

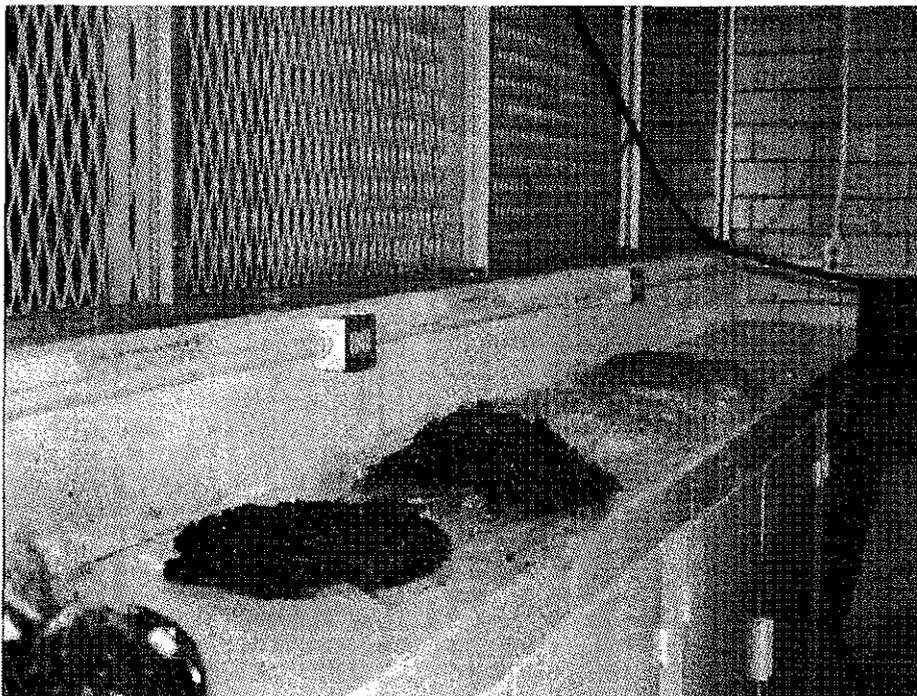
**SPM** Sin plástico molido

**CPM** con plástico molido

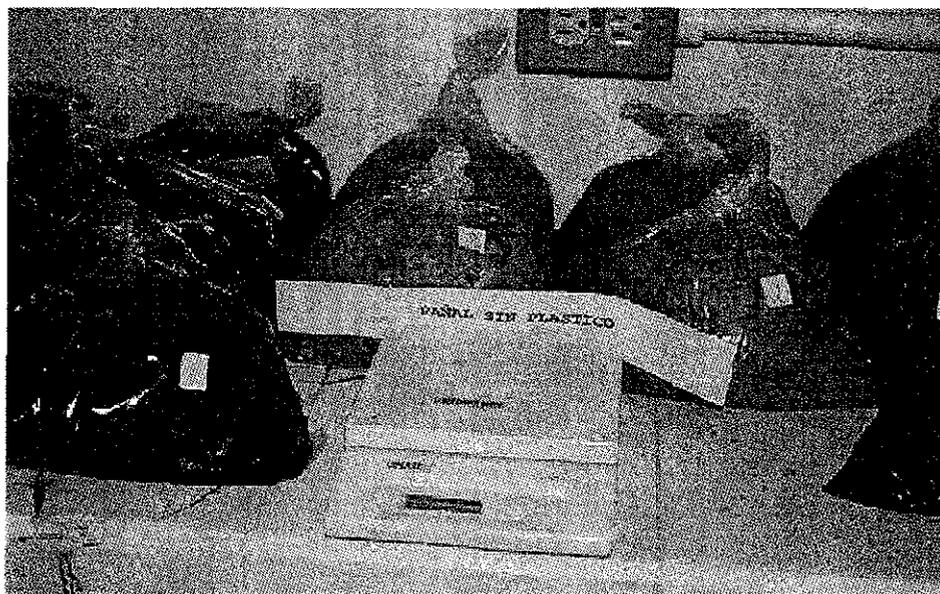
**SPMU** Sin plástico molido + orujo de uva

**CPMU** con plástico molido + orujo de uva

**Foto 1. Preparación de los sustratos**

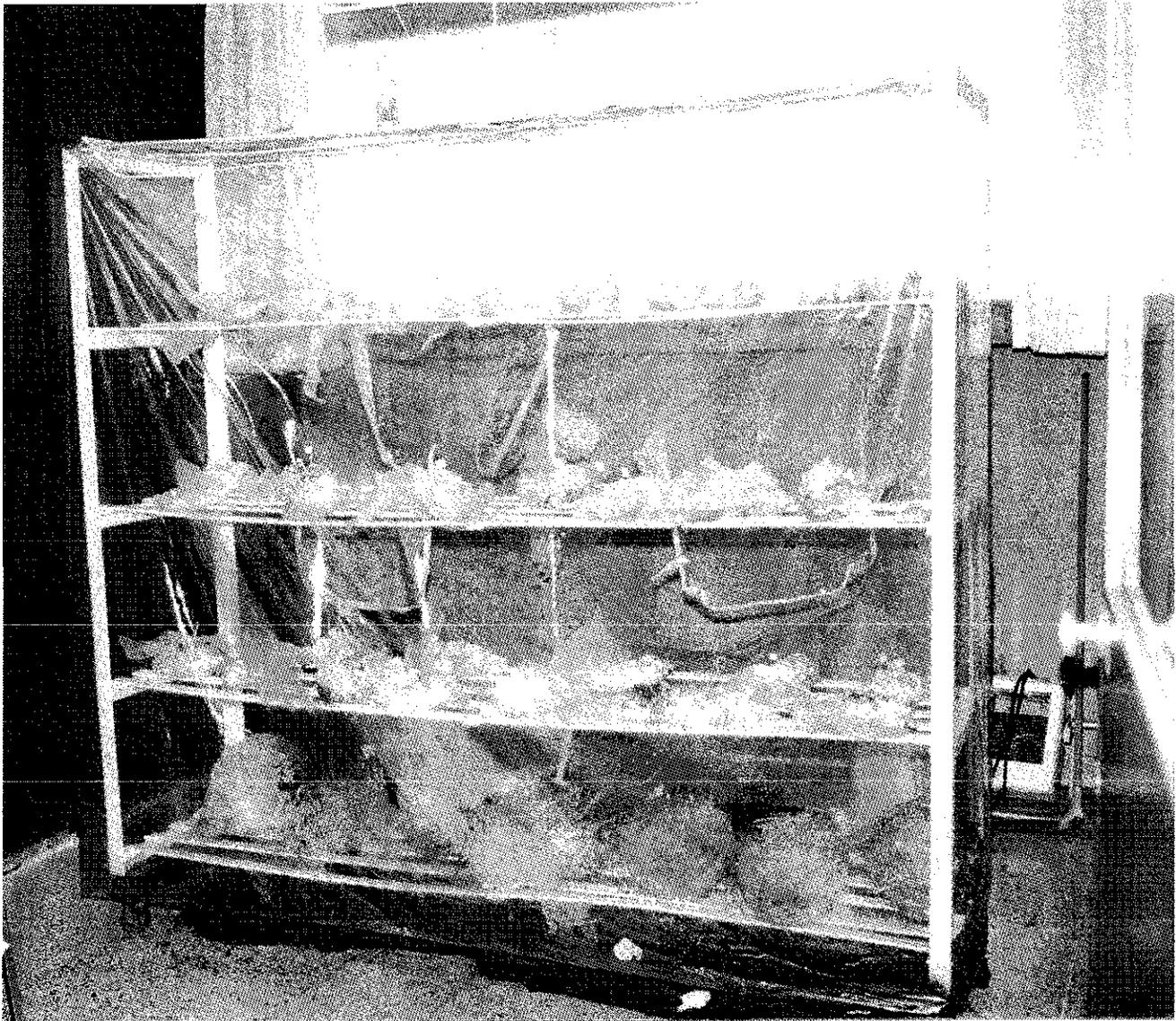


**Foto 2. Registro de peso de los sustratos**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 3. Cámara experimental**

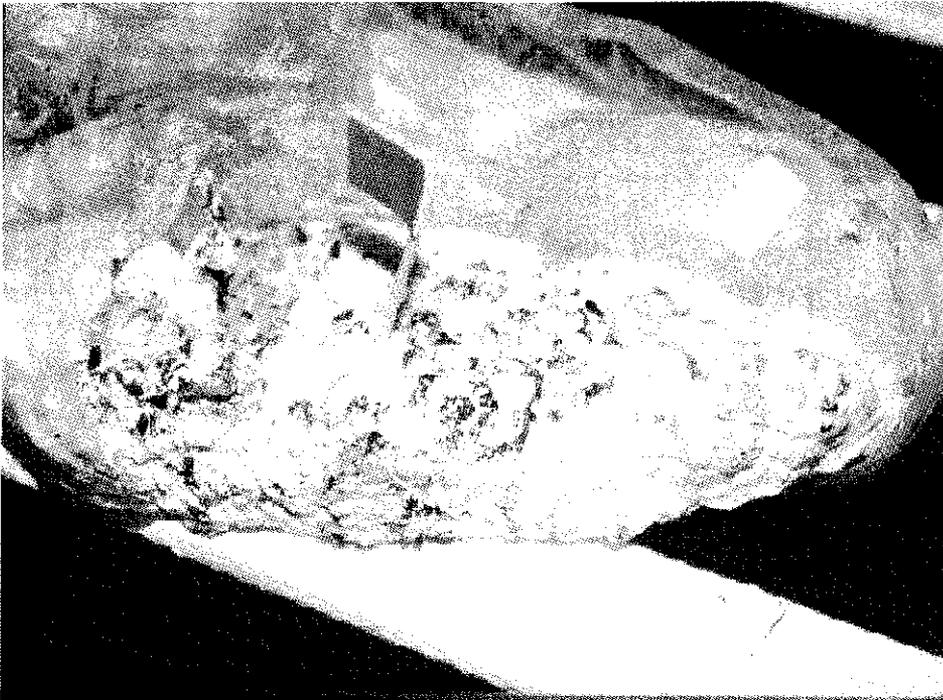


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 4. Etapa de invasión**

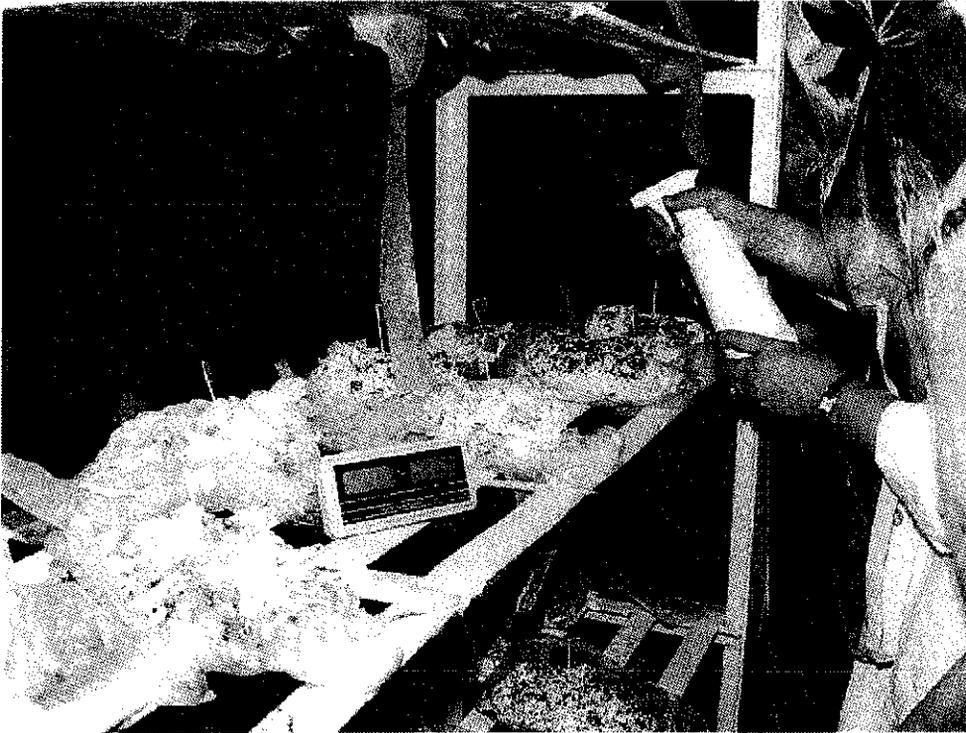


**Figura 5. Invasión total en pañales**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 6. Riego de los sustratos**

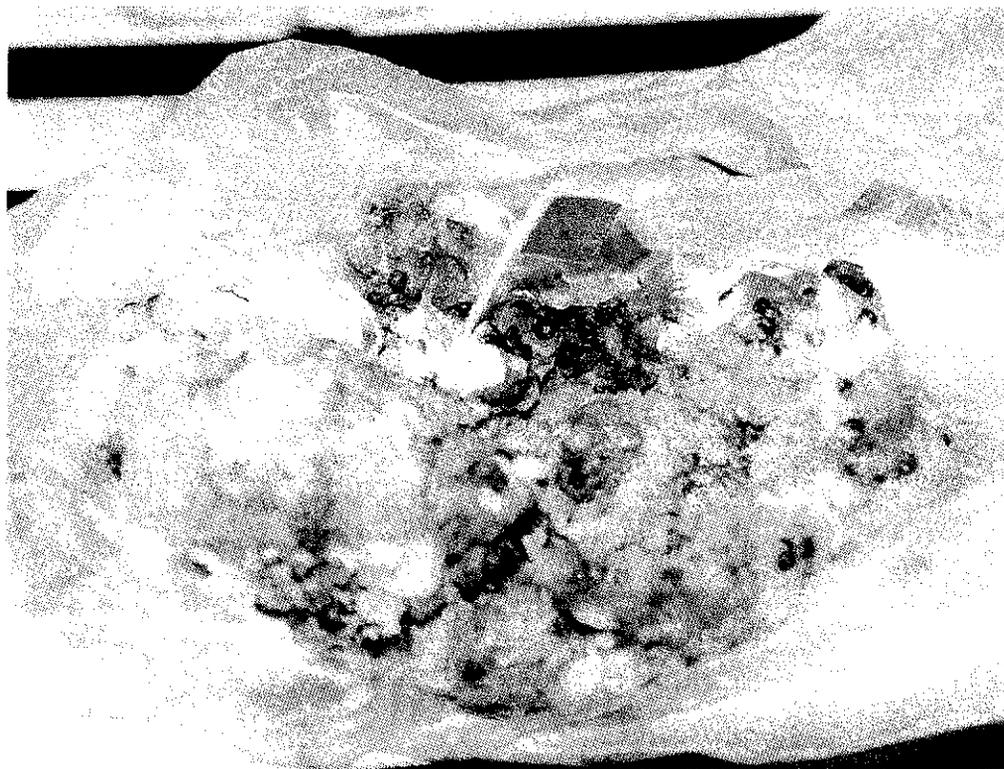


**Figura 7. Iniciación de fructificación en PAJA**

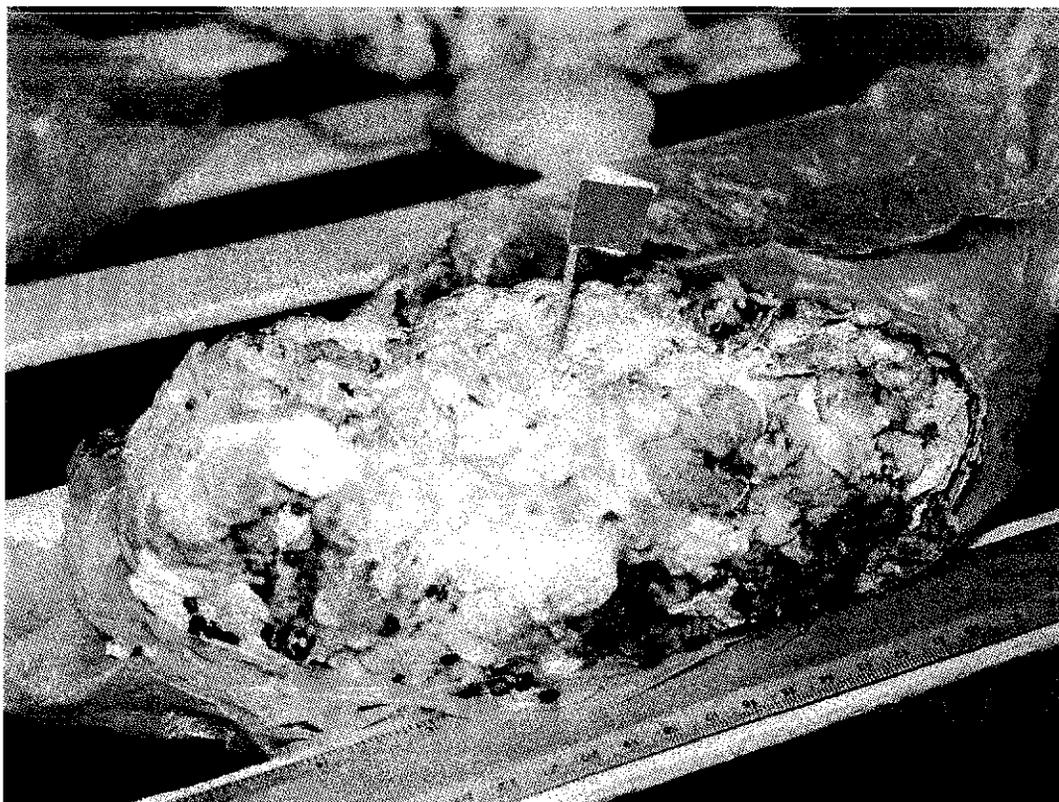


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 8. Fructificación en el sustrato SPM**

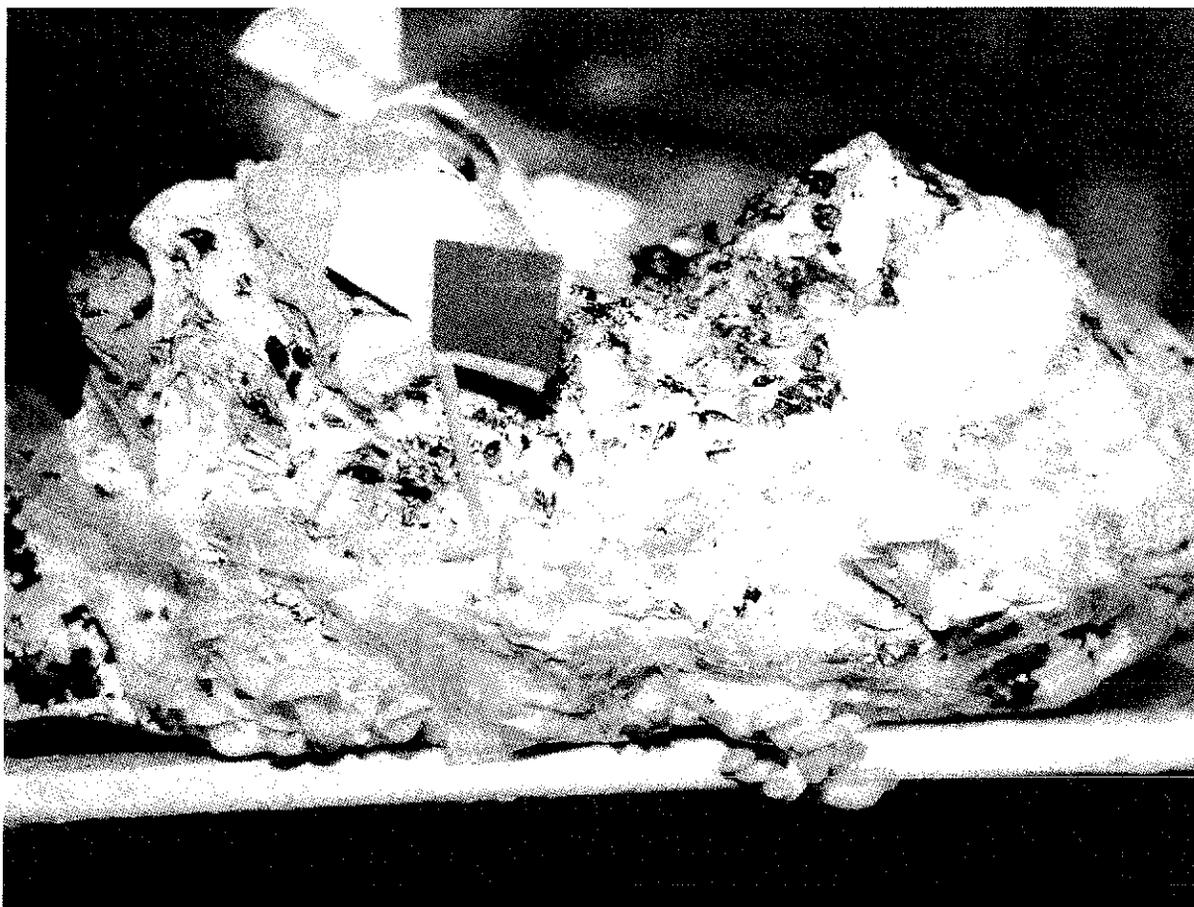


**Figura 9. Fructificación en el sustrato CPM**



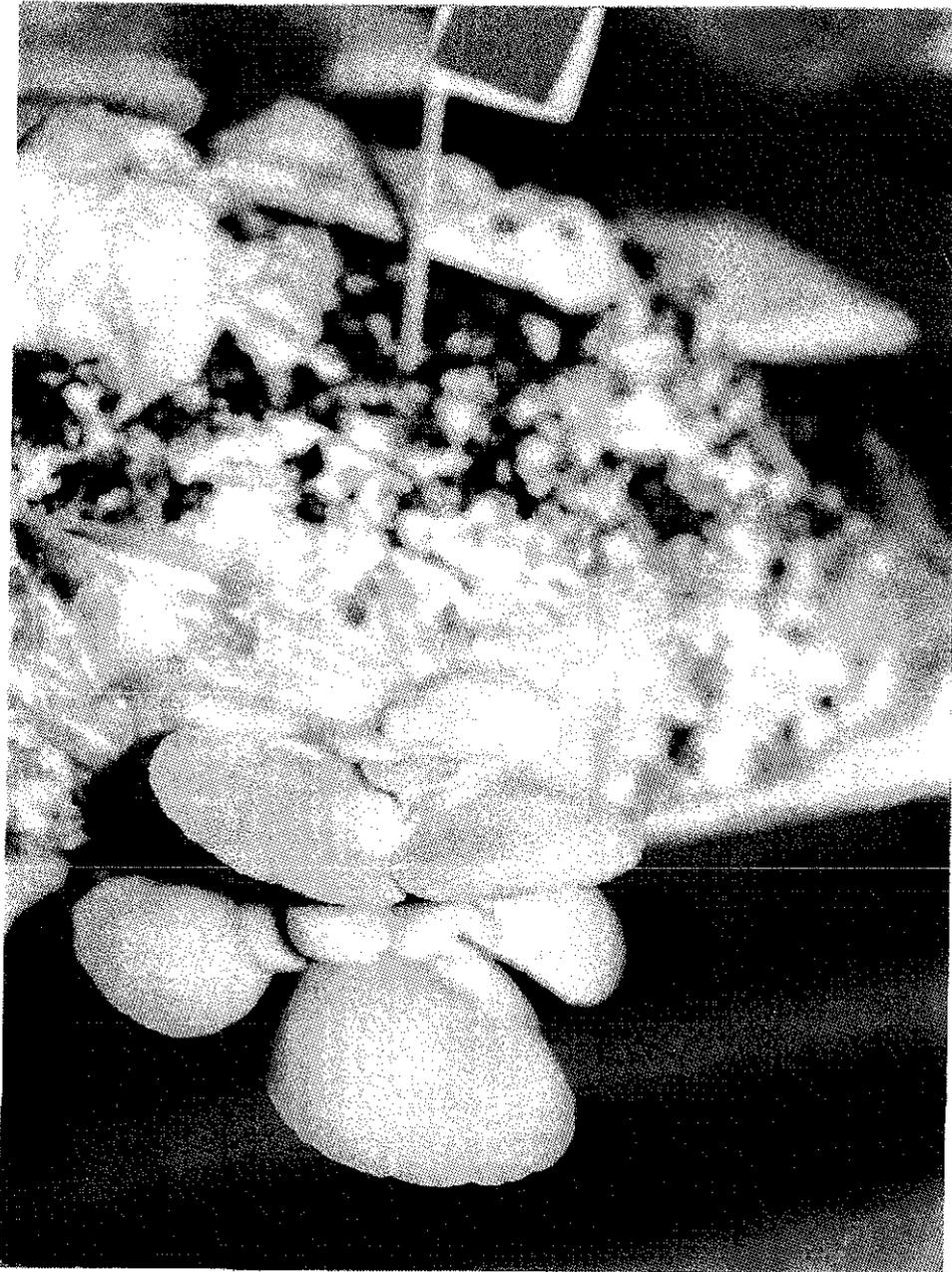
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 10. Fructificación en el sustrato CPDU**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 11. Fructificación en el sustrato CPMU



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SE  
DESAHARRÓ EN EL  
CC/

**Figura 12. Fructificación en el sustrato SPMU**



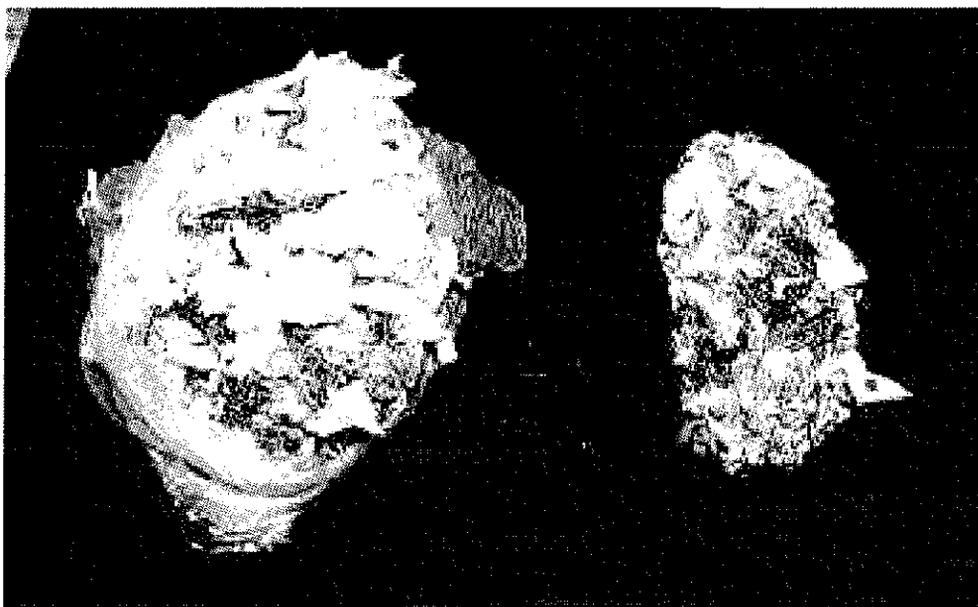
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 13. Fructificación en el sustrato SPDU**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 14. Minimización del sustrato. Volumen del sustrato antes y después del cultivo**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

Acosta, U. L.; Bustos, Z. G. y Portugal, P. D. [1988] **Aislamiento y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* y su cultivo en residuos agroindustriales en el Estado de Morelos.** Rev. Mex. Mic., 4:13-20.

Bano, Z. and. Rajarathnam S, [1982] ***Pleurotus* mushroom as a nutritious food.** In: Chang, S.T. y Chimio T.H. ( eds), **Tropical mushrooms. Biological nature and cultivation methods.** The Chinese University Press, Hong Kong.

Bautista, J. M.; Franco, B. L.; Martínez, S. G. Gamiño, S. Z. y Ocaña, C.R.[1998] **Valor nutritivo de setas (*Pleurotus ostreatus*) cultivadas en desechos de aguacate y piña** Acta Universitaria 8 (1). Redes internacionales. Internet.

Bermúdez, R.C.; Traba, J.A.; Verdecia, M.J. y Gross, P. [1994] **Producción de *Pleurotus* sp. cfr. Florida sobre residuales de la agroindustria cafetalera en Cuba.** Micol. Neotrop. Apl. 7: 47-50.

Bernabé-González, T. and Arzeta-Gómez, J. M. [1994] **Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on peanut hull and dry corn leaves.** Rev. Mex. Mic. 10: 15-20.

Bernabé-González, T.; Domínguez-Rosales, M.S. y Bautista-Baltazar, S.A. [1993] **Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var florida sobre fibra de coco y pulpa de café.** Rev. Mex. Mic. 9: 13-18

Bis'ko, N. A. and Bilay, V. T. [1992] **The growth of *Pleurotus ostreatus* on lignocellulosic materials.** Micol. Neotrop. Apl. 5: 49-57

Chang, S.T. and Hayes W.A. [1978] **The biology and cultivation of edible mushroom.** Academic Press, Nueva York.

Chang,S.T. and Miles P.G. [1989] **Edible mushrooms and their cultivation.** CRC Press, Boca Ratón.

De León-Chocooj, R. [1990] **Cultivo de los hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre lirio acuático y determinación de metales pesados en las muestras obtenidas** Tesis de maestría. Fac de Ciencias UNAM. México D.F., México.

Diario Oficial de la Federación [1985] Norma Oficial Mexicana (NOM-AA-19-1985). Método para la determinación del peso volumétrico *in situ* para los residuos sólidos.

Diario Oficial de la Federación [1985] Norma Oficial Mexicana (NOM-AA-16-1984) Método para la determinación de humedad para los residuos sólidos.

Espinosa-Valdemar. R. M [1995] **Tratamiento de pañales desechables** Reporte de investigación interno 363 Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco CBI-Energía. México, D.F., México.

Espinosa, V. R. M.; Turpin, M. S.; Delfín, A. I. y Hernández, O. A. [1999] **Minimización de pañales desechables.** En: Memorias del VI Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente. Disquete. Monterrey, México.

Espinosa, V. R. M.; Turpin, M. S.; Delfín, A. I. y Hernández, O. A. [2000] **Minimización por biotransformación de un residuo sólido municipal: pañales desechables.** En: Memorias del XII Congreso Nacional de la FEMISCA . Morelia, Mich., México

Eyzaguirre, J. [2000] **Lignocellulose biodegradation. Enzyme structure and function.** [www.bio.puc.cl/profs/jeyzag/jeyzag1.htm](http://www.bio.puc.cl/profs/jeyzag/jeyzag1.htm)

Flores, M.J.A. [1988] **Análisis bromatológico.** Ed. Limusa, México D.F., México.

Flesher, P. [1994] **The Development and Industrial Application of Speciality Polymers,** J. Soc. Leather Technol. Chem. 3: 78.

Guzmán, G. y Martínez-Carrera, D. [1985] **Planta productora de hongos comestibles sobre pulpa de café.** Ciencia y Desarrollo, 65: 41-48.

Guzmán, G.; Mata, G.; Salmones, D.; Soto-Velasco, C. y Guzmán-Dávalos, L. [1993] **El cultivo de los hongos comestibles: Con especial atención a especies tropicales y subtropicales en esquilmos y residuos agro-industriales.** Instituto Politécnico Nacional. México D.F., México.

Guzmán-Dávalos, L.; Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y Soto-Velasco, C. [1987] **El cultivo de hongos comestibles [*Pleurotus*] sobre el bagazo de maguey de la industria tequilera.** Rev. Mex. Mic. 3: 47-49.

Guzmán-Dávalos, L.; Soto-Velasco, C. y Martínez-Carrera, D. [1987] **El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* en Jalisco.** Rev. Mex. Mic. 3: 79-82.

Hadar, Y.; Kerem, Z.; Gorodecki, B. and Ardon, O. [1992] **Utilization of lignocellulosic waste by the edible mushroom, *Pleurotus*.** Biodegradation 3:189-205.

Herrera, T. y Ulloa, M. [1990] **El Reino de los hongos. Micología básica y aplicada.** UNAM - Fondo de Cultura Económica, México D.F., México.

INE [1995] **Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. SEDUE.** Instituto Nacional de Ecología, 1993-94 México D.F., México. p 237.

INEGI [1997] **Estadísticas del medio ambiente.** Internet: [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

Juárez, L. y García M. [1989] **El rollo de la industria** en Revista del consumidor. 115: 18-20.

López- Nolasco J.E.; Fucikovsky Zack, L.; Osada Kawasoe S y de Bauer L.I., [1995] **Microorganismos causantes de problemas de producción durante el cultivo de *Pleurotus ostreatus*,** Micol. Neotrop. Apl: 8: 39-46.

Martínez-Carrera, D., Guzmán, G. and C. Soto [1985-a] **The effect of fermentation of coffe pulp in the cultivation of *Pleurotus ostreatus* in México.** Mush. Newsletter for the Tropics 6 (1): 21-28.

Martínez-Carrera, D.; Soto, C. y Guzmán, G. [1985-b] **Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café con paja como sustrato.** Rev. Mex. Mic. 1: 101-108.

Martínez-Carrera, D. ; Larqué- Saavedra, A.; Morales, P.; Sobal, M.; Martínez, W. y Aguilar, A. [1993] **Los hongos comestibles en México: Biotecnología de su reproducción.** Ciencia y Desarrollo 111: 41-50.

Martínez-Carrera, D.; Leben, R.; Morales, P.; Sobal, M. y Larqué-Saavedra, A. [1991] **Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México.** Ciencia y Desarrollo, 96: 33-43.

Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y Sobal, M. [1988] **Cultivo de diversas cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café y paja de cebada.** Rev. Mex. Mic. 3: 153-160.

Martínez-Carrera, D.; Quirarte, M.; Soto C.; Salmones, D. y Guzmán, G. [1984] **Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México.** Bol. Soc. Mex. Mic. 19: 207-219.

Martínez-Carrera, D.; Morales, P.; Soto-Velasco, C. ; Murrieta, M.E. y Guzmán G. [1986] **Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre hojas usadas en la extracción de aceites esenciales.** Rev. Mex. Mic. 2: 119-124.

Martínez-Carrera, D.; Morales, P. y Sobal, M. [1990] **Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de caña enriquecido con pulpa de café o paja de cebada.** Micol. Neotrop. Appl. 3: 49-52.

Mata, G. y Gaitán H. R. [1995] **Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar.** Rev. Mex. Mic. 11: 17- 22.

Morales, P. [1987] **Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre la pulpa de cardamomo.** Rev. Mex. Mic. 3: 71-73.

Muller, J. [1987] **Cultivation of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jack. ex Fr.) Kummer, on cassia substrate.** Mush J. Tropics 7: 89-95.

Oriaran, T.P.; Laboski, P. Jr. and Royse, D.J. [1989] **Lignin degradation capabilities of *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* and *Phanerochaete chrysosporium*.** Wood Fiber sci. 21:183-192.

Po, R. [1994] **Water Absorbent Polymers.** A patent survey. J. Macromol. Sci. 2: 607-662.

Quimio, T.H. [1986]. **Guide to low cost mushroom cultivation in the tropics.** University of the Philippines at Los Balaños, La Laguna.

Rinker, D. L. [1991] **Residuo de lino como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.** Micol. Neotrop. Appl. 4: 1-7.

SAGAR [1995] **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.** SIN 1405-2571. Tomo I. P. 362-488 México D.F., México.

Sancho y Cervera J. y Rosiles G., [1999] **Situación actual del manejo integral de los residuos sólidos en México.** SEDESOL. México D.F., México.

SEDUE [1998] **Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México.** México D.F., México.

Sharma, H.S.S. [1987] **Comparative study of the degradation of flax shive by strains *Pleurotus*.** Appl. Microbiol. Biotechnol. 25: 542-546.

Sobal, M.; Soto-Hernández, M. , Larqué-Saavedra, A. y Martínez-Carrera, D. [1992] **Producción de etileno por *Pleurotus ostreatus* empleando sustratos pasteurizados.** Micol. Neotrop. Appl. 5: 59-66.

Sobal, M.; Morales, P. y Martínez-Carrera, D. [1993] **Utilización de los rastrojos de haba y frijol como sustratos para el cultivo de *Pleurotus*.** Micol. Neotrop. Appl., 6: 137-141.

Soto-Velasco, C, Martínez-Carrera, D., P. Morales y M Sobal. [1987] **La pulpa de café secada al sol como una forma de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.** Rev. Mex. Micol. 3: 133-136.

Soto-Velasco, C. y Guzmán-Dávalos, L. [1986] **La producción de los hongos comestibles sobre la pulpa de café en la región de Xalapa-Coatepec, Ver., durante 1985-1986.** Rev. Mex. Mic. 2: 437-441.

Soto-Velasco, C.; Guzmán-Dávalos, L. y Rodríguez, O. [1989] **Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo.** Rev. Mex. Mic., 5: 97-101.

Tejada, I. [1983] **Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal.** Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A.C., México D.F. México.

Tichierpe, M. J. and Hartman, K. [1977] **A comparison of different growing methods.** Mush. Jour. 60: 404-416.

Vázquez, S. L.[1995] **Cultivo de tres cepas comerciales del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* ( Jacq. ex Fr.) Kummer sobre los subproductos del beneficiado de café (pulpa, capulín y pergamino).** Tesis de Licenciatura. ENEP-Iztacala-UNAM.

Zervakis, G. and Balis, C. [1992] **Comparative study on the cultural characters of *Pleurotus* species under the influence of different substrates and fruiting temperatures.** Micol. Neotrop. Appl., 5: 39-4