



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

"REUSO DE PAPEL Y CARTÓN COMO SUSTRATOS ALTERNATIVOS  
PARA EL CULTIVO DE *Pleurotus spp.*"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIOLOGO

**P R E S E N T A :**

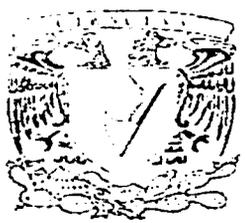
VLADIMIR TEODORO CASTAÑEDA DE LEÓN

**DIRECTOR DE TESIS :**

QUIM. JOSÉ MARÍA BARBA CHÁVEZ

2002

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**





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.



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
SECRETARÍA DE CULTURA Y FOLCLORE  
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

**DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA**  
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Reuso de papel y cartón como sustratos alternativos para  
el cultivo de *Pleurotus* spp."

realizado por Vladimir Teodoro Castañeda de León.

con número de cuenta 8819277-8 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Quim. José María Barba Chávez

Propietario

Dr. Sigfrido Sierra Galván

Propietario

Dr. Ángel Moreno Fuentes

Suplente

M. en B.E. Javier Isidoro López Cruz

Suplente

M. en C. Victor Hugo Valenzuela Gasca

Consejo Departamental de Biología

FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



DEPARTAMENTO

## INDICE

<b>I. RESUMEN</b> .....	1
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	6
Sección III. 1.....	6
Morfología, taxonomía y biología de los hongos.....	6
Macromicetos.....	7
Morfología, taxonomía y biología de <i>Pleurotus</i> sp.....	11
Sección III. 2.....	13
Hongos comestibles.....	13
México país micofago.....	15
Propiedades alimenticias de los hongos.....	16
Sección III. 3.....	18
Biogeografía de México.....	18
Biodiversidad de hongos en el mundo y México.....	19
Sección III. 4.....	20
Destrucción ambiental de México.....	20
El problema de la basura.....	22
Sección III. 5.....	25
Proceso para la obtención de papel y cartón.....	25
Enzimas, degradación de celulosa por el hongo <i>Pleurotus</i> sp.....	27
<b>IV. ANTECEDENTES</b> .....	29
Historia del cultivo de hongos comestibles.....	29
Cultivo del género <i>Pleurotus</i> en México.....	30
<b>V. OBJETIVOS</b> .....	33
Objetivo general.....	33
Objetivos particulares.....	33

<b>VI. MATERIAL Y MÉTODO</b> .....	34
Cepa fúngica.....	34
Propagación vegetativa.....	34
Materiales: sustratos y materiales.....	35
Preparación de inóculo.....	37
Inoculación de sustratos.....	38
Obtención de cuerpos fructíferos.....	39
Diagrama de flujo para el cultivo.....	41
Determinación de eficiencia biológica.....	42
Análisis proximal o bromatológico.....	43
Determinación de humedad.....	43
Determinación de cenizas.....	44
Determinación de grasa.....	45
Determinación de fibra cruda.....	46
Determinación de proteína.....	47
<b>VII. RESULTADOS</b> .....	48
Algunos aspectos sobre el cultivo.....	48
Eficiencias biológicas.....	48
Temperatura promedio.....	52
Humedad relativa.....	53
Aparición de primordios.....	54
Dimensiones de píleo.....	55
Análisis bromatológico.....	57
<b>VIII. DISCUSIÓN</b> .....	62
<b>IX. CONCLUSIONES</b> .....	71
<b>X. APÉNDICE</b> .....	73
<b>XI. LITERATURA CITADA</b> .....	82

## I. RESUMEN:

Dentro de la diversidad de los hongos comestibles, los hongos del género *Pleurotus*, son unos de los más importantes que se producen en diversos residuos agroindustriales de México. Se desarrolla abundantemente sobre pulpas, bagazos, rastrojos y hojas, entre otros materiales lignocelulósicos. Es un hongo comestible que también es susceptible de cultivarse a escala doméstica, pequeños productores, cooperativas e industrial, que promueve una alternativa excelente para satisfacer la demanda alimenticia, ya que es un producto relativamente fácil de cultivar y económico, de rápida producción, a su vez ayuda a manejar y aprovechar en forma mas racional los desechos agroindustriales de México.

En esta investigación se propuso la utilización de una mezcla de papel-paja de cebada (1:1) y cartón-paja de cebada (1:1) como sustratos alternativos para el crecimiento del hongo comestible *Pleurotus* spp. Se obtuvieron dos cepas diferentes, por medio de aislamiento vegetativo, a partir de cuerpos fructíferos de hongos silvestres de Tlaxcala y Guerrero caracterizados y determinados como *Pleurotus* Tlaxcala (P. Tlax) y *Pleurotus* Guerrero (P. Guer), a través del laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles de la UAM-I.

Determinando el sustrato y la cepa más adecuada para su cultivo, el producto de cada uno de estos es expresada como la eficiencia biológica (EB). Con el fin de establecer la composición nutricional de los hongos producidos, por un lado, se realizó el análisis químico proximal, porcentajes de humedad, cenizas, proteína, grasas y fibra cruda. Por otro, se determinó el tiempo de fructificación, los porcentajes de humedad relativa, y las temperaturas promedio de incubación y fructificación.

El registro del peso fresco de los hongos producidos, así como el peso seco de los sustratos propuestos fueron indispensables para calcular la eficiencia biológica. Se logró un rendimiento, para la cepa P. Guer y P. Tlax crecidas en paja EB = 19.19 % y 22.02 %, respectivamente; en la mezcla de papel-paja EB = 34.84 % y de 43.05 %, y para el ultimo sustrato propuesto cartón-paja se obtuvo una EB = 44.84 % y del 49.74 %, respectivamente.

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

De acuerdo con el análisis bromatológico se encontró que los porcentajes de cenizas y de fibra para las dos cepas estudiadas, se encuentran ligeramente por arriba de los valores obtenidos por otros autores, en lo que se refiere a los porcentajes de humedad, grasa, y proteínas los cuerpos fructíferos obtenidos de las dos cepas (*P. Guer*) y (*P. Tlax*) y crecidas en los diferentes sustratos estudiados, están dentro de lo establecido por análisis bromatológicos realizados con anterioridad para *Pleurotus* spp (Chang y Hayes, 1989; Crisan y Sands, 1978; Valencia del Toro *et al.*, 1995).

Por lo que permite proponer a estas mezclas como una alternativa viable para la obtención de un alimento con alto valor nutricional, y con el subsecuente aprovechamiento de productos con capacidad de reciclaje, en este caso papel y cartón, además abren la posibilidad de utilizar los remanentes enriquecidos con hongo, como fertilizante para los suelos y como un probiótico para la alimentación de rumiantes (Zadrazil y Dube, 1992; Pettipher, 1987)

## II. INTRODUCCIÓN

México, es un país con una extensión territorial muy significativa, por ello cuenta con una gran cantidad de climas y tipos de vegetación, los cuales confluyen en la formación de mosaicos ecológicamente distintos y con características particulares, que van desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta la gran variedad de bosques tropicales y subtropicales del sureste, sin embargo, las dos terceras partes del área total del país son montañas, muchas de ellas no útiles desde el punto de vista agrícola, por tener una pendiente superior al 25 % (Martínez-Carrera *et al.*, 1984), y otras son destinadas a la tala con fines de elaboración de productos manufacturados de la madera como el papel y el cartón.

En las zonas urbanas con gran densidad poblacional, el problema de contaminación y deterioro ecológico es muy severo, ya que en el tema de residuos sólidos, en el D. F. para el año 2000, la estimación en la producción de desechos fue de 25000 toneladas diarias, de estas el 40 % es orgánica, y el 20 % es básicamente papel y cartón, los cuales podrían ser reutilizados y/o reciclados, sin embargo las políticas y estrategias para estos fines no se llevan a cabo adecuadamente y la población no cuenta con la educación necesaria para ello, por lo que se vuelve un problema muy serio de contaminación, al mezclarse con otros desechos sólidos (INEGI, 1999).

Aunado a toda esta problemática, en los últimos decenios se ha observado un aumento en la demanda alimentaria mundial, debido fundamentalmente al acelerado crecimiento poblacional y sus múltiples consecuencias. Estos fenómenos, han provocado todo un movimiento para desarrollar sistemas agrícolas más eficientes y productivamente rentables, que no perjudiquen tanto la salud del consumidor como la del ambiente y sobre todo que sean sostenibles a largo plazo. También, se ha trabajado intensamente sobre la agricultura natural o biológica, que es aquella sucesión de prácticas agrarias en las cuales se excluyen la utilización de productos de síntesis tales como abonos químicos, herbicidas y plaguicidas. (Martínez-Carrera *et al.*, 1992; Martínez-Carrera y Larque-Saavedra, 1993).

En este sentido la producción de hongos comestibles en sus diversos niveles, constituye una alternativa que contribuye a manejar dicho conflicto, aprovechando su gran capacidad para la degradación eficiente de lignina y celulosa, polímeros presentes en gran proporción

en todos los subproductos agrícolas (Martínez-Carrera *et al.*, 1992). Así mismo se proponen al papel y cartón para estos fines.

Desde el punto de vista social, económico y ecológico, la producción de hongos comestibles es una actividad importante en México, a un cuando el desarrollo biotecnológico para la producción de hongos comestibles es deficiente. El monto anual de sus operaciones supera los 22 millones de dólares y genera alrededor de 5 mil empleos directos e indirectos. El volumen de hongos producidos en el país asciende a cerca de 9 mil toneladas por año, los cuales se obtienen a partir de más o menos 70 mil toneladas de diversos subproductos agroindustriales, acelerando así su biodegradación y reciclaje en la naturaleza. Por su alto valor nutricional, significa hacer disponibles para el consumo humano aproximadamente 360 toneladas de proteína, la cual se encuentra inaccesible en dichos residuos y que se recupera a través de este proceso biotecnológico. (Martínez-Carrera *et al.*, 1992), pero por ser aspectos tecnológicos, la cifra aumenta con bastante lentitud.

En la actualidad se reconocen más de 10 especies de hongos, agrupadas en varios géneros, que son cultivados comercialmente a gran escala en diferentes partes del mundo, de esta gran variedad de hongos comestibles, solo dos especies se cultivan a escala industrial en nuestro país: *Agaricus bisporus* y *Pleurotus* spp; este último en particular, tiene un alto valor nutricional, ya que esta constituido de un 19-35 % de proteína en peso seco, abarcando entre 16 a 21 aminoácidos, además que son una fuente significativa de vitaminas como la B1, B12, ácido ascórbico y vitamina D entre otros, minerales indispensables, además de ser bajo en carbohidratos y calorías todo esto lo hace un alimento recomendable para el consumo humano (Guzmán *et al.*, 1993).

Las especies del género *Pleurotus* realizan la biodegradación del complejo lignina-celulosa para obtener sus materiales nutritivos, por lo que crecen sobre madera o productos relacionados, y no es necesario algún tratamiento previo del sustrato, por lo que estos hongos tienen la capacidad de degradar diversos nutrientes. Los principales sustratos que se han empleado hasta la fecha para el cultivo de *Pleurotus* spp, han sido diversos tipos de pajas remanentes de las cosechas de trigo, sorgo y maíz, y otros como el bagazo de caña, pulpa de café, desechos de fibra de magüey, entre otros, con diferentes niveles de efectividad (Martínez-Carrera *et al.*, 1984; Poppe y Hofte, 1995).

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

Sin embargo existe poca información del cultivo de hongos sobre productos alternativos considerados "basura," como el papel y el cartón y los pocos casos que se han investigado no se especifican los métodos de cultivo, así como los resultados obtenidos para dichos cultivos, por lo que es importante hacer notar que este trabajo es un precedente importante en lo que se refiere al cultivo de un hongo comestible sobre dichos productos alternativos (Macaya-Lizano, 1988; Poppe y Hofte, 1995).

### III. MARCO TEORICO.

#### Sección III.1

#### Morfología, taxonomía y biología de los hongos.

Los hongos, son organismos que forman el reino Fungi, aparte del reino Vegetal y Animal. Presentan niveles de organización unicelular, pluricelular o dimorfo. Poseen células eucariotes, son heterótrofos, portadores de esporas y carecen de clorofila, aunque presentan pigmentos (Atlas y Bartha, 1981; Herrera y Ulloa, 1998). La pared celular de los hongos son estratificadas y están constituidas por dos o varias laminas de microfibrillas, generalmente esta compuesta de quitina como la de los animales y no de lignina y celulosa como en los vegetales. Además, los hongos almacenan glucógeno y no almidón, como sucede entre los animales, su nutrición es por absorción y no por ingestión. Por otra parte, los procesos de la reproducción sexual de los hongos son muy diferentes a los de los vegetales y animales; su distribución es generalmente cosmopolita (Acosta-Urdapilleta *et al.*, 1988; Herrera y Ulloa, 1998).

Las esporas fúngicas al germinar, producen unos finos tubos, llamados *bifas*, que se hallan divididos en células por medio de unas paredes transversales llamadas *septos*. Cada una de estas células puede tener más de un núcleo; pero el número exacto de núcleos depende de la especie. En los Basidiomicetes, el estado dicariótico finaliza con la fusión de los núcleos (cariogamia) para formar cigotos diploides. No obstante, el estado diploide es sumamente efímero, puesto que el cigoto inmediatamente sufre una meiosis con lo que se restablece de nuevo el estado haploide. Todas las esporas son el producto de la división celular meiótica, y todos los hongos pueden formar algún tipo de esporas. Los deuteromicetes, que no pasan por estadios sexuales, producen únicamente esporas parasexuales. En muchas especies, las esporas se forman en unas estructuras especiales llamadas esporangios, ascas o basidios. La mayoría de los hongos, incluso los que tienen fases sexuales, pueden producir esporas vegetativamente, sin la intervención de procesos sexuales (Margulis y Schwartz, 1985). (fig. 1b)

Existen hongos microscópicos y macroscópicos, en función de su tamaño y forma de crecimiento. Dentro de los primeros están comprendidos los mohos, las levaduras, los hongos de interés médico y los hongos fitopatógenos, dentro de los segundos están considerados los hongos comestibles, los alucinógenos, los venenosos, etc.

En función de su forma de nutrición los hongos se dividen en tres grandes grupos: (Guzmán *et al.*, 1993).

- Saprófitos: que se alimentan de materia orgánica muerta.
- Parásitos: que se alimentan de materia orgánica viva.
- Simbiontes (micorrízicos): que subsisten solo en relación de mutua ayuda con otros organismos

### **Macromicetos**

Los hongos macroscópicos o macromicetos tienen la misma forma de crecimiento vegetativa, en forma de hifas o micelio, que los hongos microscópicos, sin embargo tienen la particularidad de formar un cuerpo fructífero o carpóforo, que es propiamente lo que mucha gente identifica como "hongo". El cuerpo fructífero se compone de las siguientes partes: micelio primario, micelio secundario, estipite o pie, contexto o carne, píleo o sombrero, el himenio y las esporas, que pueden ser sexuales o asexuales (fig. 1a) (Guzmán *et al.*, 1993).

Los basidiomicetes incluyen las royas, los tizones, los hongos mucilaginosos, las setas, y los falos hediondos, se distinguen de todos los demás hongos por tener una estructura reproductiva microscópica en forma de masa, que recibe el nombre de basidio, de donde se deriva la denominación del grupo. Cada basidio contiene varias esporas haploides, generalmente cuatro, que reciben el nombre de basidiosporas, que son producidas por procesos sexuales y meiosis (Margulis y Schwartz, 1985).

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

La mayoría de los hongos macroscópicos pueden identificarse por medio de un examen visual en fresco, sin embargo, para completar su estudio se recurre a la observación de sus características microscópicas, como son la forma y dimensiones de sus esporas y sus hifas. En algunos casos es necesario agregar sobre sus tejidos, compuestos químicos (como el KOH, lactofenol, etc.) o colorantes para observar cambios en la morfología (Sánchez y Moore, 1999).

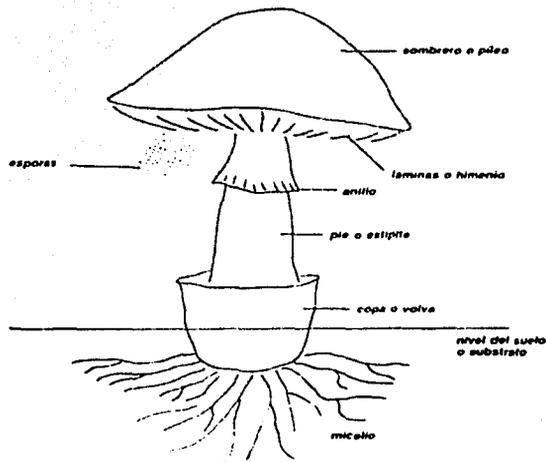


Fig.1a

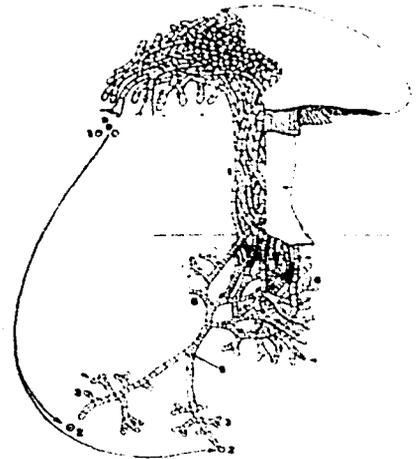


Fig.1b

**Fig. 1. (a)**, se puede observar una fructificación, con las principales partes que forman el cuerpo fructífero, que tiene como principal objetivo producir esporas; el cual emerge de una masa algodonosa llamada micelio. **(b)**, Se esquematiza su origen a partir de las esporas (1 y 2), las cuales al germinar dan el micelio primario (3), que al fusionarse con otro (5) originan el micelio secundario (6), que forman la fructificación. La unión de dos micelios se llama plasmogamia y la de dos núcleos se llama cariogamia (in Guzmán *et al.*, 1993).

De acuerdo con los criterios taxonómicos tradicionales, donde las características son muy variables; los determinantes para la identificación de un hongo son: (Guzmán, 1990a; Delgado-Fuentes, 1990).

- 1) El color: Existen hongos de coloración roja, rosácea, café, blancas, etc., es una característica de suma importancia para la identificación de hongos, ya que es un auxiliar para diferenciar especies.
- 2) El píleo o sombrero: Puede encontrarse gran variedad de formas como: de embudo, campanulado, plano, convexo, cilíndrico, giboso, etc. También existen variaciones sobre los márgenes, que pueden ser dentados, enrollados, levantados etc. La textura del píleo puede presentar sensación de humedad, ser mucilaginoso, aceitoso, sedoso, puede tener escamas, vellosidades, estrías, brillantez, u ornamentaciones (cavidades, grietas, arrugas, espinas etc.).
- 3) El estípite o pie: Algunos hongos pueden no tener estípite. Cuando lo tienen puede estar ubicado justo abajo del centro del píleo, de manera lateral o excéntrica. Puede presentar rizoides. La forma y la textura del estípite varía, puede ser bulboso, redondo, torcido, rígido, liso, quebradizo, leñoso, flexible, correoso, etc.
- 4) La presencia y forma de la volva en la base del estípite o de un anillo en la parte superior del mismo, depende de la especie.
- 5) Las estructuras que forman el himenio. Las láminas: (varían en su forma, tamaño, densidad, y su unión con el estípite.) La presencia de dientes y poros es variable en las diferentes especies.
- 6) El olor y sabor del hongo. Estas características son de importancia secundaria. Sin embargo ayudan a la confirmación de algunas especies en particular. El olor puede ser de hongo, imperceptible, nauseabundo, espermático, etc.

La clasificación de los organismos que integran al reino Fungi, ha motivado a discrepancia y discusión entre los especialistas, debido a la complejidad y heterogeneidad del grupo, pero ha sido sintetizado y simplificado en tres grandes grupos o divisiones: Los Myxomycota, Eumycota y Lichenes. El primero se refiere a ciertos hongos mucilaginosos (myxos = mucílago y mycota = hongo). Los Eumycota que son los hongos verdaderos y de ahí su nombre (eu = verdadero), se dividen en cuatro grandes grupos o subdivisiones: Phycomycota, Ascomycotina, Basidiomycotina y Deuteromycotina; y los Lichenes que se dividen en Deuterolichenes, Ascolichenes y los Basidiolichenes (tabla 1) (Herrera y Ulloa, 1998).

**Tabla 1. tabla de clasificación taxonómica del reino Fungi**

REINO	DIVISIÓN	SUBDIVISIÓN	CLASE
Fungi (Hongos)	Myxomycota		Protosteliomycetes Acrasiomycetes Myxomycetes Plasmodiophoromycetes
	Eumycota	Phycomycotina	Chytridiomycetes Hyphochytridiomycetes Oomycetes Zygomycetes Trichomycetes
		Ascomycotina	Hemiascomycetes Euascomycetes Laboulbeniomycetes Loculoascomycetes
		Basidiomycotina	Heterobasidiomycetes Holobasidiomycetes
		Deuteromycotina	Blastomycetes Hyphomycetes Coelomycetes
	Lichenes	Deuterolichenes	
		Ascolichenes	Hymenoascolichenes Loculoascolichenes
		Basidiolichenes	Holobasidiolichenes

(in Herrera y Ulloa 1998)

**Morfología, taxonomía y biología de *Pleurotus* sp.**

Las "Setas", como comercialmente se les conoce a las especies de este hongo comestible, pertenecen a la clase basidiomycetes, donde reciben el nombre científico de *Pleurotus* sp. En nuestro país se le conoce, como: xononanacatl, xonanácatl, xonocuahnanácatl, cuauhiztac, jonacate, oreja de patancán, hongo de palo blanco, oreja de izote, hongo de jonote, hongo izote, hongo de maguey, oreja de cazahuate y seta (Guzmán, 1997). Su morfología es la siguiente: el sombrero es liso, a veces algo escamoso hacia el centro o base, en forma de ménsula semicircular aplastada y cóncava; de 5 a 15 cm de diámetro, de color gris azulado a gris claro con tintes pardos o castaño, con tonos o reflejos metálicos; de láminas blancas, y posteriormente cremas, poco o nada unidas entre sí en la base; más o menos delgadas y con bordes lisos. El pie es excéntrico o lateral, con la base adelgazada; blanco pero grisáceo y en la parte más próxima al sombrero algo abultado. Su carne es compacta en el sombrero, carnososa-fibrosa en el pie. De olor harina y sabor agradable. Esporas color rosa a blanquecinas (8-11 x 3-4.5 µm) de oblongadas a cilíndricas. Normalmente fructifica de marzo a septiembre. Crece en grandes conjuntos, sobre troncos o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosques de pino y encino; aveces sobre chopos, sauces, fresnos y raramente en las coníferas (Martínez-Carrera *et al.*, 1984; Martínez-Carrera y Larque-Saavedra, 1993; Guzmán *et al.*, 1993; Bresinsky *et al.*, 1987; Macaya-Lizano, 1988).

Alexópoulos *et al.*, (1989) proponen la siguiente clasificación para *Pleurotus* sp lo ubican en:

**Reino:** Fungi

**División:** Amastigomycota

**Subdivisión:** Basidiomycotina

**Clase:** Basidiomycetes

**Subclase:** Holobasidiomycetes

**Orden:** Agaricales

**Familia:** Tricholomataceae

**Genero:** *Pleurotus*

**Especie:** *Pleurotus* sp

Investigaciones hechas por Leong 1989, sugieren que las especies del género *Pleurotus* tienen hábitos y hábitats similares. La mayoría son saprótrofos, crecen sobre madera y tienen la capacidad de degradar la celulosa y la lignina. Las especies que más se han utilizado para fines comestibles son *P. ostreatus*, *P. flabellatus*, *P. sajur-caju*, *P. floridanus*, y *P. sapidus*. Últimamente, se ha detectado que en México está ampliamente distribuida la especie *P. djamur*, la cual es consumida en forma silvestre por la población rural (Montoya *et al.*, 1991). La morfología de las especies y sobre todo el color ayudan a diferenciar una especie de otra. Así *P. florida* es blanco, *P. ostreatus* gris, *P. flabellatus* blanco-rosáceo y *P. djamur* blanco también (Sánchez, 1992).

El crecimiento de las especies en este género está supeditado a ciertos factores como: la temperatura, la humedad del ambiente, la humedad del sustrato, el pH, las concentraciones de CO<sub>2</sub>-O<sub>2</sub> y la luz. Las condiciones más adecuadas de estos factores, dependen del tipo de desarrollo que se busca en el hongo, si es para el crecimiento del micelio o para producir fructificación. El micelio del hongo *Pleurotus* crece bien en un amplio rango de temperaturas, que van desde arriba de 10°C hasta 40°C como limite superior, sin embargo; la temperatura óptima oscila alrededor de los 23°C, para la mayoría de las especies. Para *P. florida* y *P. ostreatus* se registran óptimos de 30°C. La temperatura de fructificación varía con la especie, aunque tiene un rango menor, las especies tropicales de *Pleurotus* fructifican bien entre 20-30°C. Es de hacer notar que la temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento obtenido (Zadrazil y Kutzman, 1989). Se sabe que la humedad relativa es un factor sumamente importante en el desarrollo del hongo. La falta de humedad ambiental inhibe la fructificación. La literatura reporta valores entre 60-95 % para la mayoría de las especies de *Pleurotus* (Chang y Hayes, 1989).

Investigaciones hechas por Kaufert en 1935, probaron que el suministro de luz es necesario para promover la fructificación de *Pleurotus* spp. sin embargo, las primeras recomendaciones sobre la cantidad de luz que se requería, dieron lugar a confusiones; para la fructificación depende la naturaleza de la fuente luminosa que se tenga. En general, los hongos requieren luz de longitudes de onda cortas (cargado hacia el color azul del espectro). Si la luz se proporciona de lamparas fluorescentes, que son ricas en luz azul, la luz que se debe de aportar a los hongos debe de ser en cantidad suficiente para que uno pueda leer material impreso (aproximadamente 150-200 lux) (Zadrazil in Chang y Hayes, 1978).

La concentración de CO<sub>2</sub> es muy importante para el desarrollo de *Pleurotus* spp. Una concentración relativamente alta de 20-25 % es útil para proporcionar el crecimiento del micelio. Sin embargo concentraciones superiores al 60 % inhiben la formación de primordios. Debido a esto, una ventilación deficiente se manifiesta en deformaciones del cuerpo fructífero. Por ejemplo un pequeño alargamiento del estúpide, la no formación del píleo o ambas cosas (Zadrazil in Chang y Hayes, 1978; Chang y Hayes 1989; Sánchez, 1992).

### Sección III. 2

#### Hongos comestibles.

¿Cómo saber si un hongo es comestible? No existe una regla general para separar los hongos comestibles de aquellos que no lo son. Existen algunos mitos referentes a tratamientos adecuados para saber si un hongo se puede comer, sin embargo nada de esto es cierto (Guzmán, 1980). La diferencia entre los hongos comestibles y los venenosos es bien marcada y fácil de detectar. Lo único que se requiere es experiencia, la única manera de saber si un hongo es comestible, es la consulta con una persona autorizada. Generalmente estos conocimientos se transmiten por tradición de ancianos a jóvenes en las zonas rurales. En México, resulta frecuente observar que los campesinos, son expertos en la identificación de los hongos, que pueden ser consumidos localmente sin peligro (Guzmán, 1980; 1989). En el medio rural, una persona al coleccionar un hongo le observa todas las características de forma, color, olor y el sabor, de manera que pueda reconocer si se trata de un hongo comestible o no (Guzmán *et al.*, 1993).

Según Leal (1985), los hongos comestibles pueden ser clasificados basándose en el tipo de sustrato sobre el que crecen: Los que se desarrollan sobre residuos vegetales frescos como *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia*. Etc.; los que se desarrollan sobre materiales ligeramente degradados como *Volvariella*, los que se desarrollan sobre materias sustancialmente degradadas como *Agaricus*, los que se desarrollan sobre suelo y humus como *Lepiota* y *Morchella* y los micorrícicos como *Boletus* y *Cantarellus*, etc.

**CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN**

Tomando en cuenta la domesticación, puede decirse, que hay dos tipos de hongos comestibles: aquellos domesticados que se producen comercialmente, debido a que son cultivados y los que sólo pueden ser recolectados en época de lluvias. (De León *et al.*, 1983). Hasta el momento los hongos saprótrofos han podido ser cultivados de manera comercial. Para los parásitos, como el huitlacoche (*Ustilago maydis*), que necesitan de la planta parasitada y los micorrícicos como *Tricholoma matsutake*, se están llevando a cabo investigaciones muy interesantes para poder cultivar estos hongos, y se espera que en un futuro próximo puedan cultivarse especies de este tipo de manera comercial (Kües y Liu, 2000).

Ejemplos de hongos que han podido ser cultivados y las cuales son las especies más comúnmente explotadas en el mundo son: *Agaricus bisporus* y *Agaricus campestris* (champiñón), que crecen bien sobre una composta a partir de estiércol de rumiantes; *Lentinula edodes* (shiitake) que crece sobre troncos de *Quercus* sp., o de *Inga* sp., *Volvvariella volvacea* que crece sobre tallos de plátano, pulpa de café, pajas diversas y caña de azúcar; *Auricularia* sp. (hongo chino), *Pleurotus* spp mejor conocido como (seta) y que crece sobre una gran cantidad de sustratos, entre otros (tabla 2) (Leal, 1985; Chang y Hayes, 1989; Mata *et al.*, 1990; Kües y Liu, 2000).

**Tabla 2. Producción de varios Hongos (en ton.) en diferentes países para 1994.**

Género	Francia	Alemania	Inglaterra	Italia	Países Bajos	España	EEUA	China	Japón	Indonesia	Alemania	México
<i>Agaricus</i>	198,500	58,000	94,000	102,000	210,000	68,000	370,000	359,000		28,000	1,300	1,846,000
<i>Auricularia</i>								385,000	100	200	6,000	420,100
<i>Flammulina</i>								109,000	101,800			229,800
<i>Grifolia</i>									14,103			14,200
<i>Hypsizygus</i>									54,436			54,800
<i>Lentinus</i>	320	500	70	1,500	150	100	2,500	632,000	141,300		300	826,200
<i>Pholiota</i>								4,300	22,638			27,000
<i>Pleurotus</i>	2,000	1,000	150	10,000	450	2,100	900	654,000	20,441	1,000	15,000	797,400
<i>Tremella</i>								156,000				156,200
<i>Tricholoma</i>							2380		120			21,000
<i>Volvvariella</i>								115,000		89,000	65,000	298,800

(Kües y Liu, 2000).

**México país micofago**

El uso de los hongos en nuestro país, es una tradición que se remonta desde la época prehispánica, los aztecas por ejemplo conocían más de 50 especies de hongos, comestibles en su mayoría; hacían diferencias entre los hongos de bosque, de pradera, de basura y los de la corteza de árbol; conocían los hongos venenosos y los alucinógenos. El huitlacoche por ejemplo, es un hongo conocido desde antes de la conquista al igual que muchas especies de hongos alucinógenos del género *Psilocybe*, los cuales eran utilizados en diferentes ceremonias mágico-religiosas (Guzmán, 1984; González, 1986; Guzmán, 1989; Guzmán y Salmones, 1990b).

Por lo que se puede afirmar, que la mayoría de la población de nuestro país tiene una gran tradición micofaga, es decir consume hongos contrario a otros pueblos, como los ingleses y nórdicos europeos que son micofobos, por no consumir estos organismos y si los ingieren lo hacen con tal indiferencia que no contagia a seguir comiendo estos manjares de la naturaleza. Wasson y Wasson 1957, fueron los primeros que se atrevieron a dividir los pueblos del mundo en micófagos, como los mesoamericanos, asiáticos y europeos del sur y micófobos como los anglosajones (in Guzmán *et al.*, 1993). Tan solo en nuestro país se sabe que existen más de 200 especies de hongos comestibles, a los que las comunidades campesinas tradicionales (mestizas y sobre todo indígenas) asignan nombres vernáculos específicos para diferenciarlos. Cerca de 80 especies principalmente saprótroficas, con excepción de algunas micorrícicas, se han logrado cultivar en forma experimental en laboratorios de diferentes partes del mundo, 22 han sido cultivadas comercialmente y sólo 10 se producen a escala industrial (tabla 2, 3) (Sánchez, 1992; Chang, 1996; Guzmán *et al.*, 1993).

De las 204 especies de hongos y Myxomycetes comestibles registrados de México, 184 se adscriben a los Basidiomycotina, 18 a los Ascomycotina y 2 son Myxomycetes. Los ordenes mejor representados son los Agaricales con 71 especies, los Aphyllorphorales con 34 y los Boletales con 33. Las especies pertenecen a 32 familias y a 77 géneros, de los cuales aquellos que cuentan con mayor cantidad de especies son los géneros, *Agaricus* con 11, *Russula* y *Boletus* con 10, *Amanita* con 9 y *Lactarius* con 8 especies. Las especies conocidas, se encuentran distribuidas en 28 de los 31 estados de la república Mexicana; siendo la parte central del país la mejor estudiada y los estados de Aguascalientes, Querétaro y Sonora los

únicos sin registro de alguna especie comestible. En relación con su distribución ecológica, en los bosques de coníferas se han registrado 152 especies, en los bosques de *Quercus* 88, en los bosques mesofilos de montaña 35, en los bosques tropicales 23 y en zonas agrícolas y urbanas 18. Los grupos tróficos a los que pertenecen son: saprobiontes 49 % micorrizicas 46 % y parásitas 5 % (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989).

**Tabla 3. Hongos comestibles que se han logrado cultivar a nivel laboratorio en el mundo**

<i>Agaricus bisporus</i>	<i>Hericium erinaceus</i>	<i>Naematoloma capnoides</i>	<i>P. sajor-caju</i>
<i>A. bitorquis</i>	<i>Hypsizygus marmoreus</i>	<i>Oudemansiella canarii</i>	<i>P. sapidus</i>
<i>Agrocybe bitorquis</i>	<i>H. ulmarius</i>	<i>Pholiota mutabilis</i>	<i>P. smithii</i>
<i>A. aegerita</i>	<i>Lactiporus sulphureus</i>	<i>P. nameko</i>	<i>P. tuber-regium</i>
<i>Armillariella mellea</i>	<i>Langermannia gigantea</i>	<i>P. cornucopionides</i>	<i>Polyporus tuberaster</i>
<i>Auricularia auricula</i>	<i>Lentinula boryanus</i>	<i>Pleurotus cystidiosus</i>	<i>Schizophyllum commune</i>
<i>A. delicata</i>	<i>L. edodes</i>	<i>P. cyrinopileatus</i>	<i>Sparassis crispa</i>
<i>A. fuscosuccinea</i>	<i>L. lepideus</i>	<i>P. djamour</i>	<i>S. rugoso-annulata</i>
<i>Calvatia cyathiformis</i>	<i>Lepista nuda</i>	<i>P. eryngii</i>	<i>Tremella fuciformis</i>
<i>Coprinus comatus</i>	<i>Macrolepiota proceri</i>	<i>P. levis</i>	<i>V. olivariella voluacea</i>
<i>C. fimetarius</i>	<i>M. rachodes</i>	<i>P. opuntiae</i>	<i>V. bombycina</i> var. <i>flaviceps</i>
<i>Dictyophora indusiata</i>	<i>M. zeyheri</i>	<i>P. ostreatorosus</i>	<i>V. esculenta</i>
<i>Flammulina velutipes</i>	<i>Marasmius oreales</i>	<i>P. ostreatus</i>	<i>V. bombycina</i> var. <i>bombycina</i>
<i>Gliophila frondosa</i>	<i>Morchella esculenta</i>	<i>P. pulmonarius</i>	

(in Guzmán et al., 1993)

### Propiedades alimenticias de los hongos

En la actualidad, con los hongos se pueden preparar una gran variedad de platillos; ya sea como parte principal de los mismos o como complementos, los hongos se usan como entradas, como sopas, con arroz y pasta, etc. Pueden acompañar la carne, el pescado, el pollo, los huevos, pueden ser preparados con vino, en salsa verde, en salsa roja, en mole o en muchos otros estilos. Por lo tanto los hongos tienden a incrementar su importancia como alimento por que tienen buen sabor una fina textura y lo más importante, su valor nutritivo, es muy alto contrario a lo que se pensaba (Chang, 1980).

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

Según estudios realizados por especialistas en alimentos, los hongos tienen 19-35 % de proteínas aprovechables en peso seco, en comparación con los vegetales (hortalizas y frutas), que solamente tienen 7.3-13.2 %, con excepción de la soya que tiene 39.1 %; Por otra parte la leche, carne y huevos tienen de 25 al 90 % de proteínas. Sin embargo, a nivel de aminoácidos, las sustancias precursoras de las proteínas, tales como la lisina y triptófano, llegan a niveles de 4.5-9.9 g y 1.1-1.3 g respectivamente, en las orejas blancas o setas (*Pleurotus* spp) y de 9.1 y 2.0 g en el champiñón (*Agaricus bisporus*), contra 6.4 y 1.6 g respectivamente en los huevos de gallina. Por otra parte, el bajo contenido en carbohidratos hace de los hongos un alimento bajo en energía y así recomendable como dietéticos. Además, el contenido de ácidos grasos esenciales como el oléico y linoléico se encuentran en cantidades apreciables, por lo que los hongos comestibles son un alimento adecuado (Chang y Miles, 1984., Chang y Hayes, 1989). Estas observaciones, han hecho que a los hongos comestibles se les denomine "el bistec vegetal" o la "carne de los pobres" y sean usados en las "dietas vegetarianas". Lintzel en sus trabajos de 1941 y 1943 (in Crisan y Sands, 1978) indica que 200-300 g de hongos (peso seco) se necesitan para mantener el balance nutricional de un humano normal de 70 Kg de peso. Por lo que se iguala el valor nutritivo de los hongos a un tejido muscular animal y a la proteína vegetal. Estudios en ratas confirman que los hongos tienen algún valor nutricional pero no sirve como una fuente única de proteínas (tabla 4) (Valencia del Toro *et al.*, 1995).

**Tabla 4. Propiedades alimenticias de algunas especies de hongos comestibles.**

Especie	% Humedad (*)	% Proteína	% Grasa	% Fibra	% Cenizas
<i>Agaricus bisporus</i>	84.4	29.4	4.9	9.2	8.5
<i>Agaricus campestris</i>	89.7	33.2	1.9	8.1	8.0
<i>Auricularia</i> sp.	89.1	4.2	8.3	19.8	1.7
<i>Boletus edulis</i>	87.3	29.7	3.1	8.0	7.5
<i>Vlammulina velutipes</i>	89.2	17.6	1.9	3.7	7.4
<i>Lentinus edodes</i>	90.0	15.5	6.5	7.7	5.4
<i>Pleurotus ostreatus</i>	82.3	20.5	1.9	8.1	8.0
<i>Pleurotus florida</i>	91.5	27.0	1.6	11.5	9.3
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	90.1	26.6	2.0	13.3	6.5
<i>Volvarella diplasia</i>	90.4	28.5	2.6	17.4	11.5
<i>Volvarella volvacea</i>	89.1	25.9	2.4	9.3	8.8

(\*) % peso fresco (in Chang y Hayes, 1989)

**Sección III. 3****Biogeografía de México**

Por su extensión territorial, México ocupa el decimocuarto lugar en el mundo. Sin embargo, es diez veces menor que la Ex-Unión Soviética, que ocupaba el primer lugar, y cinco veces menor que Estados Unidos de Norte América o Canadá. México cuenta con una extensión territorial de 1,972, 544 km<sup>2</sup>, sin embargo debido a su gran diversidad biológica, esta considerado como el cuarto lugar a nivel mundial en este rubro. Esto se debe a su particular ubicación geográfica, ya que gran parte del territorio, se encuentra dentro del "cinturón genético," que circunda al mundo y que se encuentra entre los trópicos de Cáncer y Capricornio (Villarreal y Pérez-Moreno, 1989). La riqueza biológica de nuestro país responde, en parte a un fenómeno biogeográfico ya conocido por naturalistas como Darwin, Humboldt o Wallace, aunque aún no bien explicado por los biólogos contemporáneos. El número de especies por unidad de superficie se incrementa hacia las áreas de baja latitud y disminuye hacia las altas latitudes. Esta respuesta guarda relación con dos hechos de gran importancia, el que México se localice en la intersección de dos reinos o dominios biogeográficos y que posea una compleja topografía, producto de una intrincada historia geológica (Toledo, 1988).

Los biogeógrafos han dividido el mundo en ocho grandes reinos, cada uno de los cuales comparte una historia y ciertas afinidades geográficas. El Continente Americano ha sido dividido en dos principales reinos o dominios biogeográficos, el Neártico y el Neotropical, que se encuentran y se sobreponen justamente en territorio mexicano, dándole un doble conjunto de especies: uno constituido por especies de origen o afinidad boreal, que por lo común ocupan y dominan las porciones montañosas, con climas templados y fríos, y otro conformado por especies de afinidad tropical que habitan las partes bajas o medias, con climas cálidos secos o húmedos. De tal manera que la riqueza de especies de nuestro territorio responde a la multiplicación de organismos provenientes del norte (especies neárticas) y del sur (especies neotropicales), que alguna vez invadieron y colonizaron los hábitat de México (Toledo, 1988; Villarreal y Pérez-Moreno, 1989).

En México, la notable presencia de cadenas montañosas a lo largo y ancho de su territorio y la existencia de 30 cumbres de más de 3000 metros de altitud, provocan una variación inusitada de hábitat. Pueden hallarse regiones desérticas, con menos de 50 mm de lluvia al año y porciones donde la precipitación anual es de más de cinco metros, selvas tropicales húmedas, zacatonales alpinos, bosques de coníferas y sabanas. De la misma manera, se distinguen hasta 45 tipos diferentes de vegetación, que en conjunto conforman cinco grandes zonas ecológicas terrestres (Martínez-Carrera *et al.*, 1984; Toledo, 1988).

### **Biodiversidad de hongos en el mundo y México**

Los ingleses han calculado el número de especies de hongos que se conocen, la cual sobrepasa las 69 000, según revisiones exhaustivas y cuidadosas hechas a la bibliografía, al número y análisis de los taxa que se describen anualmente. Investigaciones hechas por Martín en 1951, indican que el número de hongos puede ser el mismo que el de fanerógamas, basándose en que cada planta está parasitada por lo menos por un hongo determinado; entonces, si existen más de 250 000 especies fanerógamas, habrá más de 250 000 de hongos. Los trabajos de Hawksworth 1993, suponen que existe más de 1 500 000 especies de hongos y obtuvo una cantidad equivalente al extrapolar a escala mundial y al comparar con las fanerógamas, los hongos conocidos en Gran Bretaña. El mismo autor al elevar las plantas conocidas en Estados Unidos de Norte América y zonas anexas así como hongos alpinos de Europa entre otros, y promediando los resultados con los obtenidos con base en los de Gran Bretaña, llegó nuevamente a la cifra de 1 500 000 especies, que es la cantidad que se cree que existe en la tierra. Lo sorprendente del caso es que solamente se conocen 70 000 especies, por lo que el conocimiento micológico hasta ahora logrado en la diversidad fúngica abarca solamente 4.5 % de la totalidad de los hongos (in Guzmán, 1995).

La diversidad fúngica de México es muy grande, debido a la posición biogeográfica que tiene nuestro país y que ya se discutió con anterioridad, en nuestro país se conocen actualmente más de 6, 000 especies de hongos, cálculo que se basa en la revisión bibliográfica exhaustiva. Dichas especies están repartidas en aproximadamente 2, 000 micromicetos y 4, 000 macromicetos, incluyendo en estos últimos los líquenes y los mixomicetos. En Gran Bretaña se conocen 12, 000 especies de hongos y si se considera

que dicha región tiene 244, 000 kms<sup>2</sup>, contra 1, 970, 000 kms<sup>2</sup> en México, los hongos británicos representan la octava parte de los mexicanos, puesto que Gran Bretaña cabe ocho veces en México. Se obtiene así la cifra de 96 840 especies de hongos. Así se considera que existen en México 135, 000 especies de hongos, según el cálculo basado en las fanerógamas, animales y en los hongos saprobios y simbioses y 96, 840 según los hongos británicos. Promediando ambas cantidades se obtiene la cifra de 115, 920, que redondeada y aumentada a 120, 000 por los nuevos registros que se están haciendo de plantas y de animales, es la cantidad de hongos que se supone existe en México. Los cálculos arrojan una cifra en un intervalo de 120, 000 y 140, 000 especies, que comparadas con las 6, 000 especies que se conocen, indican que el conocimiento sobre la micobiota nacional es apenas de 6 y 4.5 %, respectivamente. Por todo lo anterior se puede afirmar que México es un país potencialmente prometedor para el cultivo de diferentes especies de hongos (Guzmán, 1995).

### **Sección III. 4**

#### **Destrucción ambiental de México**

A nivel mundial, México es considerado un país poseedor de una auténtica megadiversidad. Sin embargo, su enorme riqueza biológica contrasta gravemente con los escasos esfuerzos para su conservación, así como con el acelerado deterioro de sus ecosistemas terrestres sobre todo tropicales, donde habita un gran número de hongos, en su mayoría saprótrofos y con enorme potencial de cultivo (Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1993). A los hongos a pesar de ocupar el segundo lugar en número de especies en la tierra, después de los insectos, no han sido suficientemente tomados en cuenta en los trabajos sobre la biodiversidad. En este sentido, la destrucción de los bosques tropicales a escala mundial alcanza cifras alarmantes, se estima que 10, 000 km<sup>2</sup> se están perdiendo anualmente, como resultado una cuarta parte de la diversidad mundial se perderá en los próximos veinticinco años, lo que significa que más de 350, 000 especies de hongos se habrán perdido durante dicho periodo (Guzmán, 1995).

Por desgracia, especialmente durante las últimas décadas, los hábitat naturales de México, han sido transformados a tal punto, que según el *Atlas Nacional del Medio Físico*, solo 40.8 % del territorio contenía en los setenta una vegetación natural sin disturbios, el estudio sobre la deforestación en los países tropicales realizado por la Food and Agricultural Organization (FAO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), sitúa a México en el tercer sitio de Latinoamérica con una tasa de 500, 000 hectáreas de deforestación entre los años (1981-1985), en tanto que González Pacheco, la estimó en 400, 000 hectáreas por año. Tales cifras contrastan con las que arroja la expansión agrícola y sobre todo, pecuaria. La ampliación paulatina de la superficie ganadera inferida en los censos nacionales y de los inventarios que realizan anualmente diversos organismos oficiales, sobre el número de cabezas de ganado bovino, que son suficientes para poner en evidencia los ritmos de deforestación que sufre el país, que sólo por razón de la expansión ganadera, es de entre una y dos mil hectáreas. Si a esta cifra se le agrega el de tierras abiertas anualmente a la agricultura, la pérdida por incendios forestales; puede estimarse en unas 200, 000 hectáreas al año, además la expansión urbana, es posible pensar, conservadoramente, en 1, 000, 000 de hectáreas al año de vegetación natural perdida. Desde el punto de vista ecológico los hábitat naturales más afectados son los bosques mesófilos de montaña, los bosques de neblina, los manglares y sobre todo, las selvas altas y medianas el trópico húmedo, reducidas ya al 10 % de su distribución original, sumado a todos estos agudos procesos de destrucción de los hábitat naturales, México es uno de los países más atrasados en términos de la conservación de los recursos bióticos (in Toledo, 1988). Dentro de esta inercia, el gobierno mexicano ha emprendido un acelerado proceso de industrialización, apertura comercial, privatización y pseudomodernización del país en todos sus ámbitos.

En este contexto, el campo mexicano atraviesa por una difícil situación donde coinciden seis grandes circunstancias: 1) profunda marginación social, 2) declinación alarmante de la producción de alimentos y disminución de los rendimientos agrícolas. 3) marcado estancamiento y descapitalización, 4) deterioro ambiental grave, 5) nueva legislación agraria y 6) éxodo rural constante a las ciudades o al extranjero (Martínez-Carrera *et al.*, 1992).

## El problema de la basura

En las zonas urbanas el problema de contaminación y deterioro ambiental no es menos severo, las personas siempre han generado residuos, pero nunca como ahora se ha elevado su producción, siendo muy contaminante lo que hemos dado en llamar "basura", que en su mayoría no se volverá a utilizar, pero se acumula por todas partes, afectando y contaminando los elementos de los ecosistemas (plantas, animales, suelo, agua, aire y la vida humana) (García *et al.*, 1996).

En el tema de residuos sólidos, producidos en grandes ciudades como el Distrito Federal, generados principalmente por los hogares, comercios, prestadores de servicios, giros especiales y otros más; sólo en el periodo 1987-1997 el volumen generado tuvo una tasa de crecimiento anual de 2 % al pasar de 4.6 millones de toneladas recolectadas a 5.6 millones en 1997. Cuatro delegaciones políticas (Gustavo A. Madero, Ixtapalapa, Cuahutémoc y Venustiano Carranza) generan poco más del 49 % del total de la basura en el Distrito Federal, en tanto que Milpa Alta, genera menos de 1 % del total. Por fuentes generadoras, las participaciones son: hogares 56.2 %, comercios 29.0 %, prestadores de servicios 15.2 %, giros especiales 3.2 % y otros el restante 6.4 % de este total, el Distrito Federal participa con 55 % y los municipios conurbados del Estado de México, con el restante 45 % (INEGI, 1999).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la zona metropolitana de la ciudad de México es uno de los cinco asentamientos humanos que generan más basura en el mundo (tabla 5). Esto se debe, principalmente al número de personas que habitan en esta ciudad. La producción de desechos de la ciudad de México ha ido cambiando en las últimas cuatro décadas, pues mientras que en 1950, cada persona producía 0.37 kilogramos de basura al día, en la actualidad se estima que en promedio se generan 1 kilogramo /día /persona de residuos sólidos. Para el 2000, la estimación en la producción diaria de desechos fue de 19,000 a 25,000 toneladas diarias, de estas el **40 % es orgánica y el 20 % es básicamente papel y cartón (de los cuales, menos del 10 % entra en un proceso eficaz de reuso y/o reciclaje)**, el 8 % es vidrio, el 5 % es plástico, el 6 % son fierros el 5 % es aluminio, el 4 % esta conformado por materiales diversos como: estufas viejas y muebles inservibles. Otro 4 % son trapos y ropa vieja, el 3 % son pañales desechables y el 6 % restante corresponde a todo tipo de cosas. Los cuales podrían ser reutilizados y/o

reciclados, sin embargo, las políticas y estrategias para estos fines no se llevan a cabo adecuadamente y la población no cuenta con la educación necesaria para ello, por lo que se vuelve un problema muy serio de contaminación al mezclarse con otros desechos sólidos (Leal, 1996; García *et al.*, 1996; INEGI, 1999).

De no reducir la basura que generamos, ésta seguirá siendo un foco de contaminación ambiental y atentara contra la salud pública; muchas de las enfermedades de los centros urbanos tienen su origen en los basureros, por ejemplo, el agua que se utiliza para beber, bañarse o lavar los utensilios de cocina, esta expuesta a los contaminantes de los basureros y causa enfermedades que nunca atribuimos a la basura. Por lo cual, es imprescindible que comencemos a reflexionar sobre la enorme cantidad de desechos, que día a día generamos innecesariamente y cómo podemos reducir ese volumen (Leal, 1996; García *et al.*, 1996).

**Tabla 5. Emisión de residuos: en México y el mundo (state of the world 1987-1988, world resources institute, Washington, 1988)**

CIUDAD	POBLACIÓN (MILLONES)	EMISIÓN TOTAL ton /d	EMISIÓN PER CÁPITA kg/d
Nueva York	15	27,000	1.80
Los Angeles	10	20,000	2.0
México	19	19,000	1.0
Roma	3	2,070	0.69
Hong Kong	6	5,100	0.85
Calcuta	11	5,500	0.50

(in Ortiz 1991)

Por lo tanto, podemos inferir que la humanidad ha obtenido la mayor parte de sus satisfactores a partir del uso desmedido de los recursos naturales. En los últimos decenios, se ha observado un aumento de la demanda alimentaria mundial, debida fundamentalmente al acelerado crecimiento poblacional y al aumento en la capacidad de compra de los consumidores, principalmente en los países desarrollados, con sus nefastas consecuencias para el medio ambiente y los seres vivos, como ya se discutió con anterioridad. Este fenómeno ha provocado todo un movimiento para desarrollar sistemas agrícolas y de reuso

y/o reciclaje más eficientes, productivos y rentables que no perjudiquen tanto la salud del consumidor como el ambiente y sobre todo que sean sostenibles en el largo plazo. De primordial importancia en esta perspectiva, es el reconocimiento de las comunidades campesinas (principal, aunque no exclusivamente, las de carácter indígena), que en el caso de México presentan las formas productivas menos dañinas desde el punto de vista ambiental y que podrían operar como aliadas de la protección biológica (Toledo, 1988; Martínez-Carrera *et al.*, 1992; Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1993).

En este sentido, la producción de hongos comestibles en sus diversos niveles, constituye una alternativa que puede contribuir a manejar dichos conflictos, aprovechando su gran capacidad para la degradación eficiente de lignina y celulosa, polímeros presentes en gran proporción en todos los productos agrícolas, en el papel y el cartón; se trata de una biotecnología compatible con el medio físico, económico y social, que si se aplica apropiadamente, permite un aumento en el rendimiento económico por unidad de área, sin aumentar la presión sobre los recursos naturales disponibles y los costos de conservación a largo plazo, toda vez que se recicla el subproducto biodegradado por la acción del hongo (Martínez-Carrera *et al.*, 1992; Martínez-Carrera y Larqué-Saavedra, 1993).

Los esquilmos y subproductos agrícolas y forestales que se generan en zonas ecológicas diferentes, pero muy bien definidas conforme a su abundancia, se podrían utilizar para estos fines. Se sabe que a nivel nacional, se generan 58 millones de toneladas de esquilmos y subproductos agroindustriales que sumados a los casi 5 millones de toneladas de residuos de la industria forestal, le confieren al país una producción potencial de hongos comestibles, que podrían ascender hasta 18.5 millones de toneladas. En México y Latinoamérica, se plantea como una alternativa que puede ayudar a mejorar tanto la dieta del campesino y la población urbana, así como su ingreso mediante la comercialización de los hongos comestibles cultivables (Mata y Martínez-Carrera, 1988; Martínez-Carrera *et al.*, 1992).

**Sección III. 5****Proceso para la obtención de papel y cartón**

La invención del papel como ahora se le conoce, se atribuye a Ts'ai Lun en China 150 A. C., por lo que, las hojas de papel aparecen para tener un uso antes de la era cristiana, por lo tanto, se puede decir que el arte de la elaboración del papel es muy antiguo. Los chinos maceraban fibras de raíces de caña, lino, cáñamo, y otras cortezas de diferentes árboles con agua, y drenaban la suspensión en un molde cubierto con un paño de seda, la masa de las fibras eran removidas y secadas al sol para formar papel. El arte paso á Corea y Japón, a su vez sé difundió a través de las rutas de los camellos, llegando a los árabes alrededor del 750 D. C. La industria del papel fue introducida en España en el siglo XII y en Italia en el XIII en Francia y Alemania en el XIV y en Inglaterra en el XV, el primer taller de papel en América se estableció en 1690 (Roberts, 1991; Libby, 1979; Browning, 1969).

Las fibras de celulosa (60 a 90 %), son el principal material utilizado en la elaboración de papel, la mayor parte de la producción en el presente esta basada en la pulpa de la madera, además hoy en día existen otras fibras que pueden ser utilizadas para la elaboración del papel, tales como cáñamo, yute, ranina y lino, algunos rastrojos como las pajas, esparto, cañas, bambú y bagazos, fibras de hojas como la manila, sisal, henequén y semillas con pelos como las del algodón; estas son importantes por que pueden competir económicamente con las fibras derivadas de la madera, o cuando la manufactura de papel con este tipo de fibras, adquieren un valor inusual. Las pulpas utilizadas en la manufactura de papel y para la conversión de derivados o generadores de celulosa son producidos por medios químicos o mecánicos, o con cualquier otro tipo de material fibroso, estos están clasificados de acuerdo al origen (por ejemplo madera, algodón, pajas, etc.) y por el proceso de manufactura (mecánicos, semiquímicos, químicos). Las pulpas químicas son diferenciadas por la efectividad en el proceso de pulpeo usado (sulfito, sulfato, etc.) y del tratamiento de blanqueo usado después del pulpeo (Browning, 1969).

La preparación de la pasta se puede definir como parte del proceso de fabricación de pulpa y el papel en la cual la pulpa se trata mecánicamente y en algunos casos, químicamente, mediante el uso de aditivos, así queda lista para formar una hoja en la máquina de papel. La pasta, como comúnmente se le llama al material fibroso, se prepara por medio de dos

procesos principales, conocidos por lo general como batido y refinación; ambas implican un tratamiento mecánico a la pulpa, cuando las fibras celulósicas son atrapadas entre las barras metálicas o entre las partes móviles del refinado. Al sujetarse la pulpa a una acción repetida de este tipo bajo condiciones controladas, se desarrollan las características deseadas. El batido y la refinación realizan dos objetivos: mezclar o incorporar los diferentes materiales de fabricación del papel, e impartirles tales propiedades que puedan formarse en una hoja de papel o cartón para que tengan las características deseadas.

**Pulpeo:** En la línea divisoria que existe entre la fabricación de la pulpa y del batido, está el proceso de pulpeo, también conocido como proceso de rompimiento, desintegración o simplemente de suspensión. El proceso consiste en reducir el material seco a forma de pulpa, agregando la cantidad suficiente de agua para adaptarlo al proceso, y en liberarlo del exceso de haces de fibras u otros materiales no desmenuzados.

**Batido:** El batido es el proceso más antiguo de preparación de la pasta y consiste en mezclar al mismo tiempo, en suspensión acuosa, los diferentes materiales y en impartirles, mediante una acción mecánica, las propiedades que determinan las características del producto final.

**Refinación:** En la refinación, las fibras se “peinan” y con frecuencia se reducen de longitud por corte, con objeto de adaptarlas mejor para la formación sobre máquina de papel o de cartón. Si bien, por lo general, es un proceso continuo, la refinación también puede efectuarse por métodos intermitentes.

**Pulpa:** La pulpa o fibra, o material intermedio, como algunas veces se les llama en la industria del papel, es el material fibroso preparado y listo para el proceso de preparación de la pasta (Roberts, 1991; Libby, 1979).

Desde el punto de vista de la fabricación del papel, las propiedades importantes de una pulpa son: (1) la morfología de la fibra; (2) la cantidad y distribución de los constituyentes químicos de las fibras de la pulpa; y (3) la forma, tamaño, distribución y características físicas de las fibras de la pulpa. Las dos primeras propiedades dependen de la materia prima utilizada para obtener la pulpa, así como del tipo de proceso de digestión. La tercera

propiedad, referente a las características físicas de las fibras de la pulpa, también depende de estos factores, pero queda determinada ulteriormente por medio del proceso de preparación o tratamiento de la fibra. Es obvio, por consiguiente, que tanto la madera u otra materia prima apartir de la cual se obtiene la pulpa, como el método de cocción, sean de primordial importancia para producir pulpas que al tratarse mecánicamente en el proceso de preparación de la pasta, produzcan papeles o cartones que tengan las características requeridas para el uso final (Libby, 1979).

### **Enzimas, degradación de lignina y celulosa por el hongo *Pleurotus* sp**

Para la degradación del sustrato, de este basidiomicete que crece en forma natural o aplicando tecnologías para su desarrollo, se necesitan la producción de enzimas llamadas ligninolíticas, que les permiten adquirir nutrientes para llevar a cabo sus funciones. La transformación de celulosa o hemicelulosa a monosacaridos, es llevada acabo por un amplio rango de hidrolasas para la degradación de la madera. La lignina es un complejo estructuralmente rígido que le confiere estabilidad a muchas fibras vegetales, debido a que está formado por unidades fenólicas. El resto de las fibras vegetales ésta compuesto de celulosa y hemicelulosa, las que están densamente empacadas en capas de lignina, esta protege contra la actividad de enzimas hidrolíticas u otros factores externos, y tiene la función de estabilizar la estructura. La celulosa y la lignina son los polimeros estructurales más abundantes de la naturaleza así como los materiales aromáticos más abundantes, responsables del almacenamiento de alrededor de 90 % de la energía solar captada por las plantas (Leonowicz, 1999).

La biodegradación de la lignina representa una etapa clave en el reciclamiento de la fuente de carbono de la tierra, por que los ecosistemas forestales contienen alrededor de 150, 000 millones de toneladas de madera. Esto es confirmado por Leonowicz en 1999. También afirma, que aunque los principales constituyentes de la madera, por ejemplo la celulosa, pueda ser utilizado por varios organismos, su hidrólisis *in situ* por muchos de estos, esta limitado por la degradación del polímero de lignina recalcitrante, el cual está formado por la polimerización de p-hidroxinamil alcoholes. Sin embargo, los hongos de la clase basidiomicetes, han desarrollado una remarcable capacidad para la despolimerización oxidativa y subsiguiente mineralización de la lignina, que permite la utilización de la

celulosa por otras enzimas del mismo hongo. Así las peroxidasa involucradas en la degradación de la lignina, son la ligninoperoxidasa (LiP) y la enzima manganeso peroxidasa o peroxidasa dependiente de manganeso (MnP) (in Leonowicz, 1999). La ligninoperoxidasa es caracterizada por poseer un potencial redox de oxidación alto y por la degradación de compuestos aromáticos no fenólicos, tales como alcohol veratrílico y bencenos metoxilados (Staszczak *et al.*, 1996). La manganeso peroxidasa de *P. chrisosporium*, requiere estrictamente de  $Mn^{2+}$  para completar el ciclo catalítico y quelar el  $Mn^{2+}$  formado, el cual puede actuar como un oxidante eficiente de fenoles y otros compuestos (Young-Hoon, 1996).

Las peroxidasa y las lacasa han sido observadas en cultivos líquidos con *Pleurotus* spp y como responsables de la generación de  $H_2O_2$ . Se ha medido la degradación ligninocelulósica y la velocidad de despolimerización por especies de *Pleurotus*, crecidos en paja para la detección de enzimas ligninolíticas. Además de las enzimas LiP, MnP y lacasa, el género *Pleurotus* posee otra enzima que es la Aril Alcohol Oxidasa (AOO), encargada de la ruptura de las unidades fenólicas y oxidación de alcoholes bencílicos y que es dependiente de  $H_2O_2$ . La especificidad de las lacasa por ciertos sustratos puede ser explicada por sus funciones fisiológicas. Estas son esencialmente tres que han sido designadas para las lacasa de *Pleurotus* spp formación de pigmentos, degradación de lignina y eliminación de compuestos tóxicos (Temp y Eggert, 1999).

En una revisión hecha por Leonowicz 1999, postula la interdependencia tipo retroalimentación del proceso de deslignificación y degradación de celulosa. Esta hipótesis es valida, así como el reporte de Gottlieb y Pelzar (1950), de que el crecimiento del micelio sobre la madera y degradación de lignina esta relacionado con la acción cooperativa de varias enzimas. Por ejemplo: la celobiosa quinona oxidoreductasa, que coopera con la lacasa y la celulosa en la despolimerización de los componentes del complejo ligninocelulosico (Leonowicz, 1999).

#### IV. ANTECEDENTES

##### Historia del cultivo de hongos

Desde tiempos remotos en la historia primitiva del hombre, ya se conocían una gran variedad de especies de hongos comestibles, por lo que han jugado un papel muy importante en la dieta de muchos pueblos (Chang y Hayes, 1978). En México estas evidencias que datan de épocas prehispánicas, quedan plasmadas en códices indígenas; los de la época colonial, a través de las descripciones de soldados y misioneros españoles del siglo XVI y los de finales del siglo XIX y principios del XX, y mediante los trabajos de algunos naturalistas extranjeros (Villareal y Pérez-Moreno, 1989).

Los hongos han constituido parte de la alimentación del hombre, a través de casi toda su historia; los griegos Eurípides, Teofrasto y Plinio describieron el consumo de los hongos comestibles en su tiempo. Los romanos conocían varios hongos comestibles y venenosos, los japoneses aprendieron hace siglos la técnica para cultivar *Lentinula edodes*, conocido popularmente como "Shiitake"; *Agaricus bisporus* fue primeramente domesticado en las campañas francesas en 1650 (Chang y Hayes, 1978; Chang, 1980; Chang y Miles, 1984).

De los pioneros en la producción de *Pleurotus* spp, sobre desperdicios lignocelulíticos tales como paja de arroz o desperdicios de palma aceitera, fueron los asiáticos (Chang y Hayes, 1978). En Europa, el cultivo de *Pleurotus* spp sobre troncos de árboles fue descrito por primera vez a principios del siglo XX, en 1916 especies del género *Pleurotus* se habían cultivado en madera, con el objetivo de estudiar el ciclo de vida de los hongos superiores. Etter en 1929 cultivó *Pleurotus* en una mezcla de harina de maíz y almidón de maíz con un poco de aserrín de pino y malta. Sin embargo, los primeros registros formales del cultivo de *Pleurotus* spp datan de 1935, citado por Kaufert, Block *et al.*, 1958. y Kedyk y Smotlachová 1959, quienes introdujeron las primeras innovaciones importantes al cultivar dicho hongo sobre aserrín y medio composteado, Srivastava, 1962; Schanel, 1966; y Herzing 1968, llevaron a cabo la primera producción masiva de *Pleurotus* en un sustrato a base de paja. La producción industrial del sustrato y carpoforos fue desarrollada por Junková 1971, Stanek y Rysavá, 1971; Heltay *et al.*, 1971; Zadrazil y Schneidereit, 1972; Zadrazil 1973 y Kalberer y Bogel 1974 (in Chang-Zadrazil, 1989).

El cultivo de los hongos comestibles es actualmente una actividad que se desarrolla ampliamente en diversas partes del mundo, como Estados Unidos de Norte América, Europa y el sureste de Asia (Chang y Hayes, 1978). En América Latina, a pesar de la potencialidad que existe en la región para cultivar especies que se desarrollan de manera silvestre y de la enorme tradición etnomicológica que existe para el consumo de los hongos comestibles, el cultivo de estos se ha desarrollado muy poco (Martínez-Carrera *et al.*, 1988).

### **Cultivo del género *Pleurotus* en México**

El cultivo del primer hongo comestible en México fue de la especie *Agaricus bisporus* (Lange) "champiñón", y se remonta a la llegada de José Leben Zdravie a la ciudad de México, en 1931. En 1974, por primera vez en México, se cultivó en Cuajimalpa una especie de hongo comestible diferente al champiñón, cuyo nombre científico corresponde a la especie *P. ostreatus* (Martínez-Carrera *et al.*, 1991). En este sentido en México se han utilizado varios sustratos con diferentes eficiencias, para el cultivo de *Pleurotus* spp los cuales son: En 1982 Hirata y Cuesta-Marin utilizaron troncos de encino (*Quercus* sp.), y caahuate (*Ipomea arborea*). En 1984 Martínez-Carrera *et al.*, utilizaron como sustrato pulpa fresca de café (*Coffea arabica*) en donde alcanzaron una eficiencia biológica de 113.35 %. Martínez-Carrera *et al.*, en 1985 emplearon una mezcla a base de pulpa de café y paja de cebada (2:1) donde obtuvo una eficiencia biológica de 102.68 %, en el mismo año Martínez-Carrera *et al.*, lograron obtener una eficiencia biológica de 132 % sobre pulpa de café fermentada.

En 1985 Órnelas utilizó como sustrato aserrín de encino y pino. Martínez-Carrera *et al.*, en 1986 emplearon hojas de zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), 81.85 % en las hojas de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Nees) y 56.79 % en las hojas de pimienta negra (*Piper nigrum*). Ramírez utilizó en el mismo año el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) como sustrato. Guzman-Davalos *et al.*, en 1987 usaron bagazo de maguey (*Agave tequilana*) y obtuvieron una eficiencia biológica de 60.2 %. En el mismo año Guzman-Davalos *et al.* utilizaron bagazo de caña de azúcar con la que alcanzaron una eficiencia biológica de 49.08 %. Martínez-Carrera en 1987 utilizó pulpa de café fermentada y logró una eficiencia biológica de 59.9 %. Soto *et al.*, emplearon en el mismo año pulpa de café secada al sol cuya mayor eficiencia biológica fue de 152.70 %. Morales también en el mismo año logro

obtener una eficiencia biológica de 113.64 % al emplear la pulpa del cárdomo (*Elettaria cardamomum*) como sustrato. En 1988 Acosta-Urdapilleta *et al.*, emplearon el tamo del maíz (*Zeamays*) olote de maíz y bagazo de caña de azúcar como sustratos, obteniendo eficiencias biológicas de 186 %, 50 % y 15.7 % respectivamente. Martínez-Carrera *et al.*, en 1988 utilizaron diversas cepas de *P. ostreatus* y lograron una eficiencia biológica de 138.13 %, en pulpa de café con la cepa INIREB-21 mientras que para la cepa INIREB-26 la eficiencia biológica fue de 96.04 %, en paja de cebada. Soto-Velasco en 1989, empleo bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo (*Triticum aestivum*) con el cual logro una eficiencia biológica de 96.4 %.

En 1990 Martínez-Carrera *et al.*, utilizaron como sustrato bagazo de caña solo, bagazo de caña enriquecido con paja de cebada y bagazo de caña enriquecido con pulpa de café, donde alcanzaron eficiencias biológicas de 14.15 %, 65.05 % y 96.96 % respectivamente. En 1990 Valencia del Toro y colaboradores utilizaron lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) como sustratos, para el cultivo de la cepa LEBEN, alcanzando eficiencias biológicas de 47 % para lirio completo, 39 % en bulbo y raíz. De León-Chocooj, en 1990 cultivó sobre lirio acuático fermentado obteniendo una eficiencia biológica de 170 %. En 1993 Bernabé-González *et al.*, cultivaron *Pleurotus* sobre fibra de coco (*Cocos nucifera*), alcanzando una eficiencia máxima de 152.2 %, un año después en 1994 el mismo autor efectuó cultivos sobre cáscara de cacahuete (*Arachis hypogaea*) y hoja seca de maíz obteniendo una E B máxima de 144.85 % sobre hoja seca de maíz; En 1995 Mata y Gaitán cultivaron tres especies del género *Pleurotus* con una eficiencia biológica máxima del 89.4 % Valencia del Toro *et al.*, 1995 obtuvieron con paja 56.90 % y con la mezcla paja-pasto un 89.90 % utilizando la cepa LEBEN. Para ese mismo año Esparza-Martínez cultivó la cepa LEBEN sobre rastrojo de maíz obteniendo eficiencias biológicas de 75.60 % (in Vázquez, 1995) (tabla 6).

**Tabla 6: Cronología, autores, E B en % y diversos sustratos que se han utilizado en México para el cultivo de *Pleurotus* spp.**

AÑO	AUTOR	SUSTRATO UTILIZADO	% EFICIENCIA BIOLÓGICA
1984	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa fresca de café	113.35
1985	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café y paja de cebada "a" de (2:1)	102.68
1985	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café fermentada	132.00
1985	Ornelas	Aserón de pino y encino	
1986	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Hojas de limón	113.01
		Hojas de canela	81.85
		Hojas de pimienta	56.79
1986	Ramírez	Bagazo de caña de azúcar	
1986	Soto-Velazco	Pulpa de café fermentado	132.10
1987	Guzmán-Davalos <i>et al.</i>	Bagazo de maguey	60.20
			64.70
1987	Guzmán-Davalos <i>et al.</i>	Bagazo de caña de azúcar	49.08
			51.05
1987	Martínez-Carrera	Pulpa de café fermentado	159.95
			175.80
			128.12
1987	Martínez-Carrera	Pulpa de café fermentado	113.01
			118.36
			115.01
1987	Soto <i>et al.</i>	Pulpa de café secada al sol	152.70
1987	Morales	Pulpa de cardomo	113.64
1988	Acosta-Urdapilleta <i>et al.</i>	Tamo de maíz	186.00
		Olote de maíz	50.00
		Bagazo de caña de azúcar	15.07
1988	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Pulpa de café	138.13
		Paja de cebada	96.04
1989	Soto-Velazco	Bagazo de maguey tequilero fermentado y paja de trigo	96.40
1990	De León-Chocoy	Lamo acuático fermentado	170.69
1990	Valencia del Toro <i>et al.</i>	Lamo acuático completo	47.00
		Bulbo y raíz	39.00
1990	Martínez-Carrera <i>et al.</i>	Bagazo de caña	14.15
		Bagazo de caña y paja de cebada	65.05
		Bagazo de caña y pulpa de café	96.96
1993	Bernabé-González <i>et al.</i>	Fibra de coco y pulpa de café	152.2
1994	Bernabé-González <i>et al.</i>	Cascara de cacahuete y hoja de maíz	144.85
1995	Mata y Gutiérrez	Hojas de caña de azúcar	89.4
1995	Valencia del Toro <i>et al.</i>	Paja	56.90
		Paja-pasto	89.90
1995	Esparza-Martínez	Rastrojo de maíz	75.60

## V. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio comparativo del desarrollo de dos cepas silvestres del hongo comestible *Pleurotus* spp., utilizando como sustratos alternativos para su cultivo, mezclas de papel-paja (1:1) y cartón-paja (1:1).

### OBJETIVOS PARTICULARES

- \*Promover el desarrollo micelial y de fructificación de dos cepas silvestres de *Pleurotus* spp. (*P. Gueri*) y (*P. Tlax*) sobre mezclas de papel-paja (1:1) y cartón-paja (1:1).
  
- \*Evaluar las eficiencias biológicas (EB), del desarrollo de los cuerpos fructíferos en los sustratos alternativos propuestos, comparados con el cultivo tradicional en paja.
  
- \*Determinar el efecto del desarrollo, a través de la composición química proximal de los cuerpos fructíferos de las dos cepas de *Pleurotus* spp., estudiadas.
  
- \*Comparar los rendimientos, composición y morfología de las cepas de *Pleurotus* spp. estudiadas en los sustratos alternativos propuestos, en relación con la literatura para *Pleurotus* spp.

## VI. MATERIAL Y MÉTODO

### Cepa fúngica

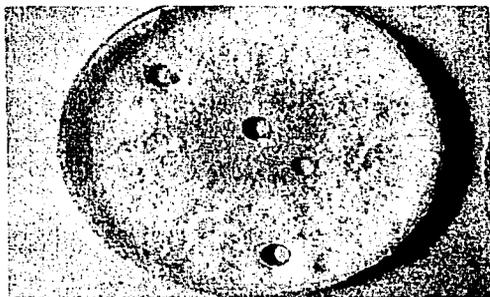
Las dos cepas utilizadas en este trabajo, fueron proporcionadas por el laboratorio de Biotecnología de Hongos Comestibles de la Universidad Autónoma Metropolitana Ixtapalapa. Caracterizadas como *Pleurotus* spp variedad Guerrero (P.Guer) y variedad Tlaxcala (P.Tlax).

### Propagación vegetativa

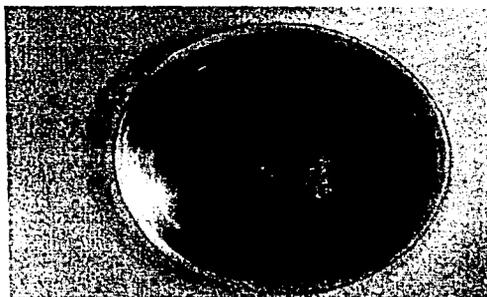
En este caso, se utilizó el medio de cultivo comercial de Bioxon, extracto de malta agar (EMA), el cual se preparó colocando en un litro de agua destilada y 33.6 g de polvo de agar (EMA), disuelto por calentamiento; posteriormente se dejó hervir por el lapso de un minuto teniendo cuidado de que no se derramara, esterilizando después a  $1.05 \text{ Kg/cm}^2$  por 15 minutos en una autoclave. Se vertieron aproximadamente 30 mL de éste, en cajas Petri, en un ambiente con la mayor asepsia posible, para tal fin se trabajó en una campana de flujo laminar. Después de solidificar el medio, las cajas se colocaron en una incubadora por un periodo de tres días, para prueba de esterilidad. Las cajas fueron inoculadas con cuadros de agar de 0.5 cm por lado con micelio. De cajas inoculadas anteriormente con las cepas de *Pleurotus* Guerrero (P. Guer) y Tlaxcala (P. Tlax) las cuales fueron aisladas previamente en el laboratorio a partir de cuerpos fructíferos colectados en el campo, en localidades de Guerrero y Tlaxcala respectivamente.

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

Las placas inoculadas se incubaron a 27°C, hasta observar un crecimiento en el total de la caja Petri, aproximadamente 20 días (Figura 2); para tal fin las cajas se revisaron periódicamente para poder detectar algún indicio de contaminación o crecimiento anormal, en tales casos se desecharon esas cajas.



2 a

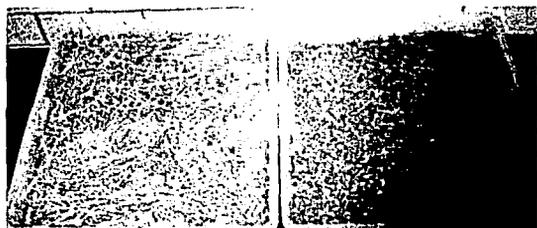


2 b

**Figuras 2:** (a) Caja Petri colonizada con micelio de la cepa madre; se observan algunas perforaciones tomadas para su propagación en diferentes medios. (b) caja Petri colonizada con micelio de la cepa de *P. Guer*, sobre medio de cultivo (EMA).

### **Materiales: sustratos utilizados y tratamiento de los sustratos**

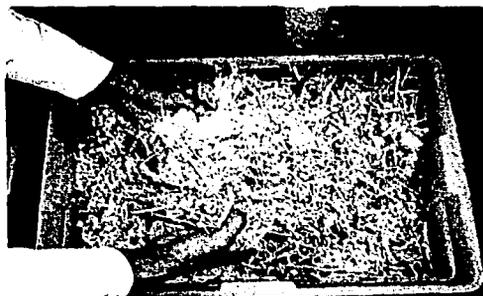
Para esta investigación se emplearon, como materiales lignocelulósicos para el cultivo de las dos cepas de *Pleurotus* spp: Papel bond el cual fue obtenido de papel de reuso de trabajos escolares, tareas, exámenes, etc., remanentes que se producen en la Universidad Autónoma Metropolitana Ixtapalapa. El cartón, se obtuvo a partir de los empaques de diversos enseres que llegan a la universidad y que por lo general son empaquetados con este material. Cabe mencionar que el único tratamiento que se le hizo tanto al papel como al cartón fue el de cortar en pequeños cuadros 3 cm<sup>2</sup>, ponerlos a remojar de 24 a 48 h., picarlo finamente con un procesador para alimentos comercial, dejándolo secar, para después mezclarlo con la paja de cebada (Figura 3).



3 a



3 b



3 c

**Figura 3:** ( a ) Cartón picado y paja de cebada, ( b ) papel picado y paja de cebada, ( c ) mezcla (1:1) de papel-paja de cebada utilizadas para las diferentes etapas del cultivo de *Pleurotus*.

## Preparación de inóculo

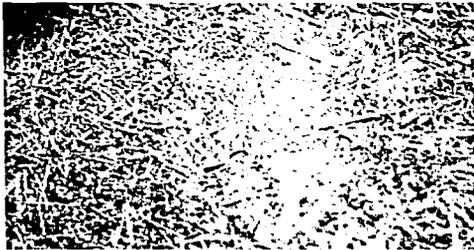
Para los fines prácticos de este trabajo se omitió la utilización de algún tipo de "semilla", en este caso se procedió a utilizar como inóculo: paja de cebada 100 % y las mezclas de papel-paja de cebada (1:1) y cartón-paja de cebada (1:1) llenando con dichas mezclas, cajas magenta de 10 X 5 cm con un peso de las mezclas de 75 g peso húmedo (25 g peso seco), las cuales se sometieron a un proceso de esterilización a 1.05 kg/cm<sup>2</sup> durante 45 minutos, se dejó enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, para ser inoculadas con 5 a 7 fragmentos de agar con micelio de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>, se dejaron incubando en la oscuridad durante 25 días a una temperatura de 27°C con la finalidad de que las cepas se adaptaran a las mezclas antes mencionadas, se realizaron cinco repeticiones (figura 4).



**Figura 4:** Cajas magenta con las diferentes mezclas y cepas utilizadas como inóculo o "blanco".

## Inoculación de los sustratos

Paso seguido, se procedió a la elaboración de los sustratos o “pasteles”, a los cuales se les aplicó el tratamiento antes mencionado en la preparación de las mezclas, las cuales fueron papel-paja de cebada (1:1) y cartón-paja de cebada (1:1) y un lote testigo de paja de cebada 100% para cada cepa, se llenaron bolsas de polipapel de 45 cm x 30 cm, con 600 g de los diferentes sustratos, con una humedad del 60 % (250 g base seca), sometiéndolo a esterilización a 1.05 kg/cm<sup>2</sup> durante 45 minutos para después dejarlo enfriar a temperatura ambiente, posteriormente se les agregó 5 % de inóculo, se cerraron, sellaron y etiquetaron, incubándolos en oscuridad, durante un periodo de 30 días a 27.5°C, elaborando lotes por triplicado para cada cepa y por sustrato (figura 5). Todo el sistema de cultivo fue basado en lo propuesto por Martínez-Carrera *et al.*, (1984) con pequeñas variaciones, el proceso resumido en su totalidad se aprecia en el diagrama de flujo.



5 a



5 b

**Figura 5:** (a) Mezcla cartón-paja homogeneizada (1:1) y esterilizada, lista para la inoculación. (b) bolsas de polipapel, con las diferentes mezclas y con la invasión micelial de las diferentes cepas.

## **Obtención de cuerpos fructíferos**

### **Fase oscura**

La incubación de las bolsas se realizó dentro de una cámara oscura, tratando de mantener constantes las condiciones de temperatura y humedad (**figura 6**), una vez invadidas totalmente por micelio, las bolsas se indujeron a la fructificación colocándolas en el cuarto de fructificación en condiciones de luz, intercambio gaseoso y humedad.

### **Fase de luz**

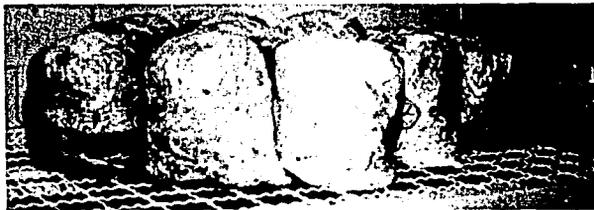
Al aparecer los primordios se retiraron las bolsas, y se colocaron en condiciones de luz natural con periodos de 12 horas, a una temperatura aproximada de 20 a 25°C, regando los cultivos de 2 a 3 veces al día con un aspersor, para alcanzar una humedad relativa del 65 al 90 %. Además se realizó el intercambio gaseoso por medio de un ventilador para eliminar el CO<sub>2</sub> (**figura 6**).

### **Cosecha**

Se registró el tiempo de aparición de los primordios y aproximadamente después de una semana de permanecer los “pasteles” en la cámara de luz, los cuerpos fructíferos fueron cortados hasta su base, antes de esporular. Se registró el peso húmedo de los cuerpos fructíferos, de los cuales se obtuvieron 3 cosechas en un periodo de 40 días (**figura 6**).

### **Estadística**

Para el tratamiento de los resultados se utilizaron los sistemas estadísticos, Microsoft Excel 2000 y SPSS 9.0 para Windows, con pruebas de Tukey HSD<sup>a</sup>, DUNCAN<sup>a</sup> y ANOVA de una vía.



6 a



6 b



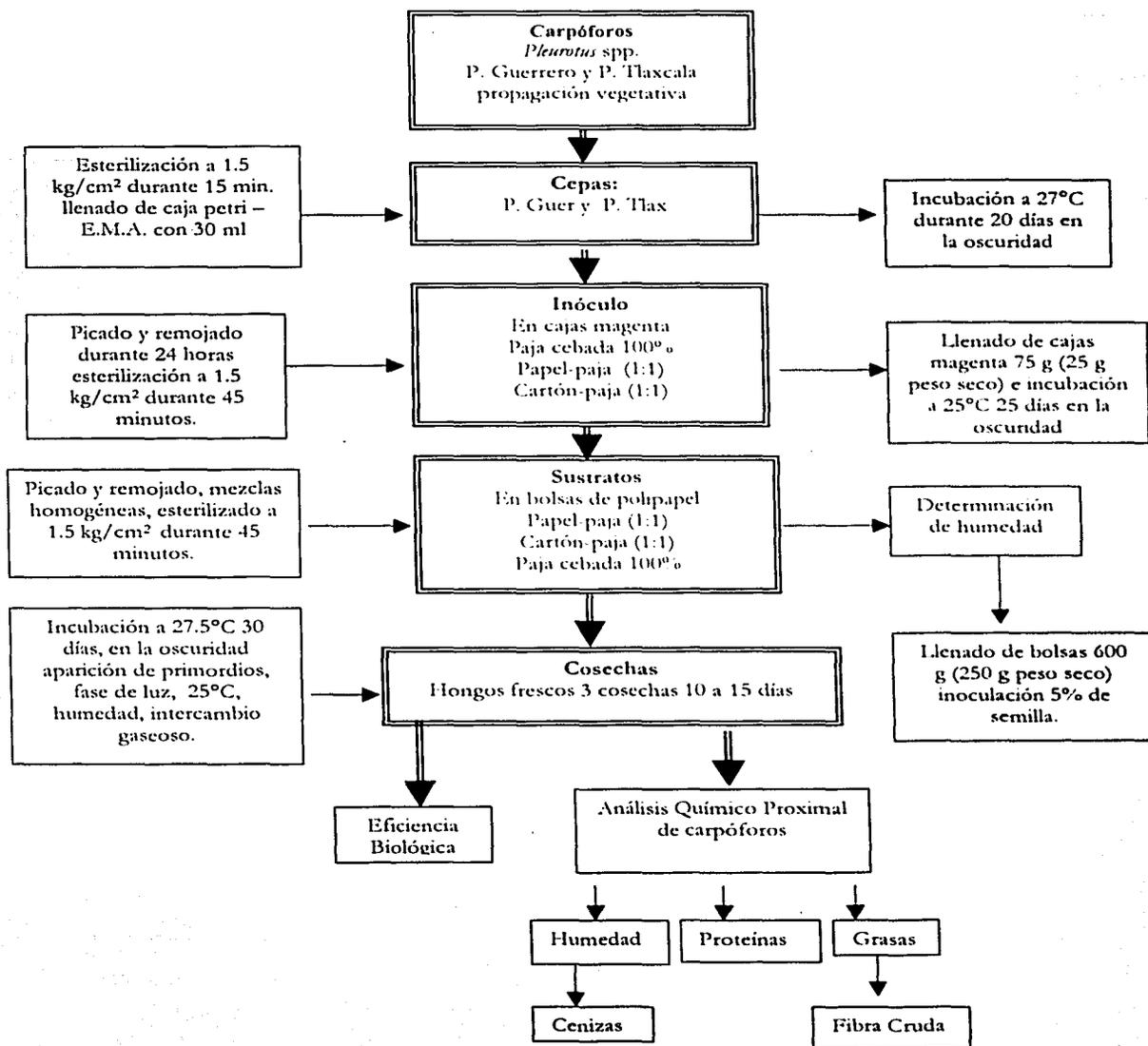
6 c



6 d

**Figura 6:**(a) Incubación de las bolsas en cámara de incubación, (b) bolsas con primordios de carpóforos en cuarto de fructificación, (c) bolsas con hongos listos para corte. (d) cuerpos fructíferos ya cosechados.

**Diagrama de flujo para el cultivo de setas mediante la utilización de sustratos alternativos papel-paja y cartón paja.**



## Determinación de la eficiencia biológica

Al término de la tercera cosecha, se calculó la eficiencia biológica de cada una de las cepas de *Pleurotus* spp cultivadas en cada uno de los diferentes sustratos. Comparando con la literatura, con la eficiencia biológica. Se determinó la biomasa, estableciendo la relación porcentual que existe entre el peso fresco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado (Tohierpe y Hartman, 1977).

$$\text{EFICIENCIA BIOLÓGICA (E B)} = \frac{\text{gramos de hongo fresco}}{\text{gramos de sustrato seco}} \times 100$$

## **Análisis químico proximal.**

### **Determinación de humedad**

Para determinar la humedad se pesaron en una balanza analítica 3 g de muestra, se realizaron tres réplicas por muestra. Las muestras se colocaron en crisoles de porcelana puestos previamente a peso constante; posteriormente se metieron al horno a una temperatura de 100 – 110°C durante 24 horas. Al término de este tiempo se determinó su peso en una balanza analítica. La muestra se colocó nuevamente en el horno a 100 – 110°C durante 10 horas. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se pesaron nuevamente; esto se repitió hasta que la muestra alcanzó un peso constante. La humedad se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{(g de muestra húmeda - g de muestra seca)}}{\text{g de muestra húmeda}} \times 100$$

### Determinación de cenizas

Se pesaron 5 g de muestra seca en un crisol de porcelana, previamente puesto a peso constante, realizándose tres réplicas para cada muestra. Los crisoles se colocaron primeramente sobre una parrilla para carbonizar las muestras. Posteriormente éstos se colocaron en la mufla a 500°C; temperatura que se mantuvo durante 2 horas. Al término de este tiempo, se colocaron las muestras en un desecador, hasta que alcanzaron la temperatura ambiente y se registró el peso constante en una balanza analítica.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(B - A)}{P M} \times 100$$

B = peso del crisol con muestra

A = peso del crisol

PM = peso de la muestra

### Determinación de grasa

Para la determinación de grasa se empleó el método de Soxhlet: Para esto se pulverizaron y pesaron 5.0 g de muestra seca, se colocaron en cartuchos (extracción de celulosa 25 mm X 80 mm), tapándolos con algodón. Se colocó el cartucho en el extractor. En la parte inferior se acomodó el matraz de fondo plano, puesto previamente a peso constante. Se añadió aproximadamente un volumen suficiente de éter de tal forma que se tuviera de 2 a 3 descargas de solvente. Se abrió la llave del refrigerante y se conectó la fuente de calor. Se realizó la extracción por reflujo durante un periodo de 4 a 5 horas. Se suspendió el reflujo y se puso el matraz de bola en la estufa hasta que este estuvo a peso constante. El extracto etéreo (las grasas) se calcularon con la siguiente formula.

$$\% \text{ E. ETÉREO} = \frac{(B - A)}{P M} \times 100$$

B = matraz bola con la grasa

A = matraz bola a peso constante

PM = peso de la muestra

**Determinación de fibra**

Sé pesaron 2.0 g de la muestra seca y desgrasada previamente, agregando 0.5 g de asbesto tratado y se transfirieron a un vaso Berzelius. Se añadieron 200 mL de ácido sulfúrico 0.255 N, calentado previamente a 60°C y 1 mL de anti-espumante. Sé calentó el vaso en el aparato condensador, rotándolo periódicamente para evitar que los sólidos se pegaran en el vaso. Sé dejó hervir por un lapso de 30 minutos, se filtró, y se lavó hasta un pH neutro con agua caliente. Sé dejó secar y se paso el residuo nuevamente al vaso con la ayuda de una espátula, se añadieron 200 mL de sosa 0.313 N, previamente calentada a 60°C y se hirvió durante 30 minutos, se filtró y lavó con 25 mL de ácido caliente y tres porciones de 50 mL de agua destilada, se añadieron 25 mL de alcohol. Se dejó secar por 2 horas a 130°C en una estufa, y por ultimo se dejó enfriar en un desecador, y se pesó en un crisol puesto previamente a peso constante, calcinando a 600°C por 30 minutos en una mufla. Posteriormente se dejó enfriar en un desecador y se pesó.

( peso de crisol con muestra seca - peso de crisol con muestra calcinada)

$$\% \text{ FIBRA CRUDA} = \frac{\text{peso de crisol con muestra seca} - \text{peso de crisol con muestra calcinada}}{\text{peso real de muestra}} \times 100$$

### Determinación de proteínas

El método empleado para la determinación de proteínas fue el de Microjeldahl; se pesaron 0.2 g de muestra seca en un matraz Kjeldahl, se agregaron dos gramos de mezcla digestora y 5 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado. Los matraces se colocaron en un digestor hasta obtener una coloración verde cristalino. Los sólidos se disolvieron con una mínima cantidad de agua. El material digerido se transfirieron a un matraz de destilación y se le agregaron 20 mL de agua y 20 mL de hidróxido de sodio; en el extremo del condensador se colocó un matraz Erlenmeyer de 125 mL el cual contenía 15 mL de ácido bórico al 4 % y dos gotas de indicador. El extremo del condensador quedo sumergido dentro de la solución. Se destiló hasta obtener 75 mL del destilado, que fue titulado con una solución valorada de HCl 0.1 N. El blanco se preparó siguiendo todo el procedimiento pero sin agregar muestra. Se calculó primeramente el porciento de nitrógeno total y una vez obtenido éste, se procedió a calcular el porciento de proteína contenida en la muestra multiplicando el % de nitrógeno total por el factor de proteína para hongos.

$$\% \text{ NITRÓGENO} = \frac{(\text{ml HCl gastados por el problema} - \text{ml HCl gastados por el blanco}) \times N \text{ HCl} \times 0.014}{\text{g muestra seca}} \times 100$$

## VII. RESULTADOS

### Algunos aspectos sobre el cultivo

Durante el proceso de cultivo en lo que se refiere a la colonización del micelio, se pudo observar que fue buena para los tres sustratos; pero en el sustrato de 100 % paja de cebada, para las dos cepas *P. Tlax* y *P. Guer*, se observaron muchos problemas recurrentes de contaminación, tanto por *Aspergillus* sp y *Penicillium* sp principalmente, así como, la presencia de *Drosophila* sp lo que provocó que se retiraran varias bolsas durante el proceso de fructificación, al grado de tener que repetir los lotes en 3 ocasiones más que para los otros sustratos, lo que también se observa en los resultados de eficiencia biológica para este sustrato. En lo que respecta los otros dos sustratos, tanto papel-paja y cartón-paja, la contaminación tanto de hongos así como de moscas de la fruta fue mínima, ya que no hubo la necesidad de eliminar los sustratos. La invasión en estos sustratos se observó eficiente ya que presentaron un crecimiento vigoroso.

### Eficiencias biológicas

A continuación, se presentan las tablas y figuras, donde se observan los valores promedio del porcentaje de las eficiencias biológicas % (E. B.), obtenidos para tres cosechas, establecido por la relación porcentual que existe entre el peso fresco de los hongos producidos y el peso seco del sustrato empleado. Así mismo, las tablas y figuras de temperaturas promedio, humedad relativa, aparición de primordios y dimensiones del píleo, Los datos son promedio de triplicados realizados para cada sustrato y cepa.

**Tabla, 7. Comparación de las cosechas y % de E B en la cepas Tlaxcala y Guerrero para los diferentes sustratos propuestos**

Cepa	Sustrato	% Humedad	Peso del sustrato (Kg)		Peso de los Hongos (g)			Total (g)	% E B
			Fresco	Seco	1° cosecha	2° cosecha	3° cosecha		
Tlaxcala	Paja	60	5.00	2.00	77.58	43.8		121.39	22.02
	Papel-paja	60	5.00	2.00	395.37	239.16	153.52	812.17	43.05
	Cartón-Paja	60	5.00	2.00	432.22	253.51	146.58	832.32	49.74
Guerrero	Paja	60	5.00	2.00	137.66	58.97	14.39	211.34	19.19
	Papel-paja	60	5.00	2.00	303.49	113.66	107.32	524.48	34.84
	Cartón-paja	60	5.00	2.00	482.55	171.24	161.65	815.45	44.84

Nota: los datos de eficiencia biológica corresponden el promedio de tres repeticiones por lote

Como se observa en la tabla 7, para la cepa var. Tlaxcala se presentó la mayor E B cuando ésta se cultivó en el sustrato cartón-paja, la E B fue de 49.74 %, mientras que cuando se cultivó en el sustrato de papel-paja la eficiencia disminuyó a 43.05 %. El resultado para el cultivo en paja de cebada fue donde se obtuvo la E B más baja con respecto a los otros sustratos propuestos de tan solo 22.02 %.

En la misma tabla 7, se presentan los datos de las E B obtenidas de la cepa silvestre var. Guerrero cosechada en los diferentes sustratos. La mayor E B para ésta cepa al igual que en la de Tlaxcala; se presentó cuando se cultivó en el sustrato de cartón-paja con una E B de 44.84 %, cuando ésta se cultivó en el sustrato de papel-paja la E B disminuyó al 34.84 %. Por último cuando la cepa se cultivó mediante el método tradicional en paja de cebada nuevamente, fue menor la eficiencia que fue de 19.19 %.

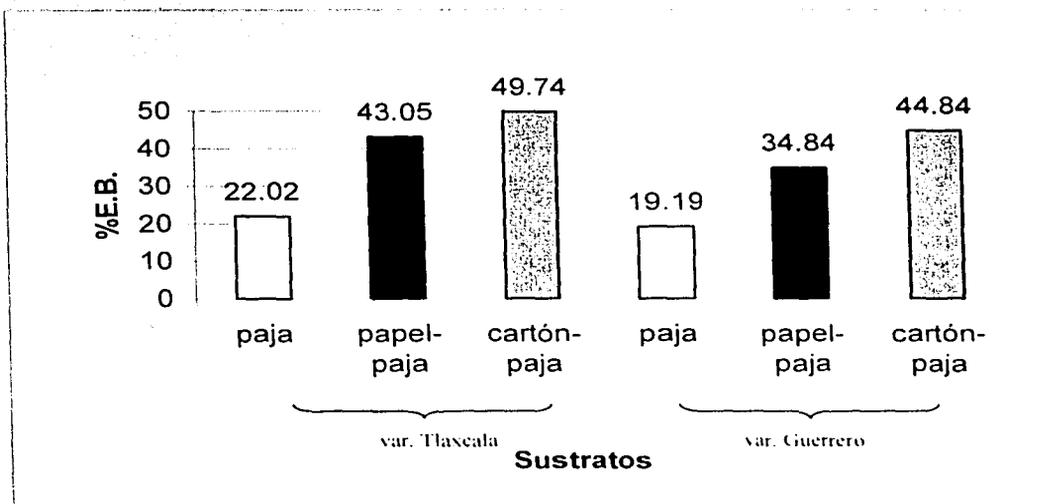
En la siguiente tabla se compara la información de manera condensada, donde se presentan los resultados de los tres sustratos propuestos con respecto a los porcentajes de las eficiencias biológicas, que se obtuvieron para las dos cepas utilizadas en este trabajo.

**Tabla, 8. E B Comparadas (% porcentaje) de 2 cepas, respecto a los sustratos utilizados.**

SUSTRATO	CEPAS	
	Tlaxcala % E B	Guerrero % E B
Paja	22.02	19.19
Papel-paja	43.05	34.84
Cartón paja	49.74	44.84

Nota los datos de eficiencia biológica corresponden el promedio de tres repeticiones por lote

La figura 7, muestra el porcentaje de las eficiencias biológicas calculadas para cada una de las cepas cultivadas en los tres sustratos y al igual que en la tabla 8, se puede observar que en las dos cepas utilizadas para este trabajo, donde se alcanzaron las mayores eficiencias biológicas, fue con el sustrato de cartón-paja y las menores, en el cultivo en paja de cebada.

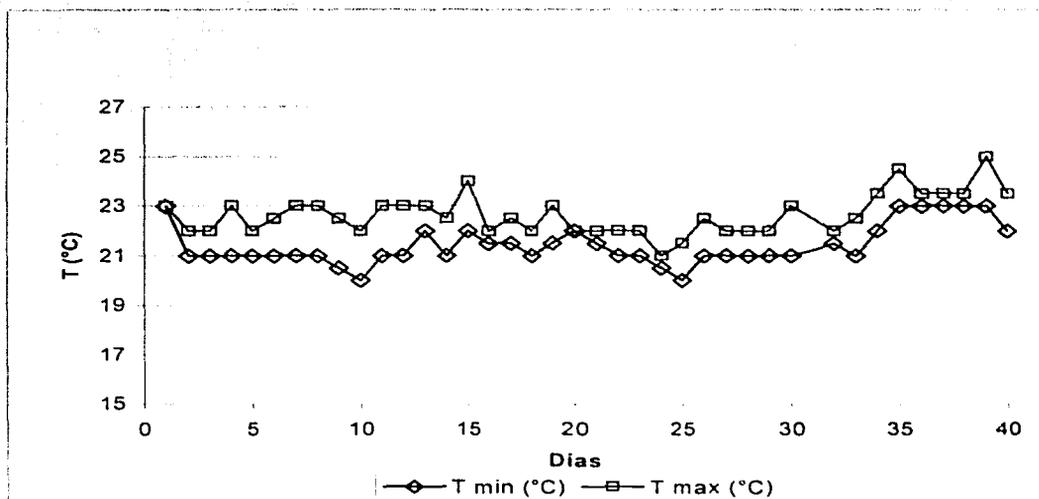


**Figura, 7. % E B de las dos cepas empleadas en los tres sustratos utilizados.**

Nota: promedio de tres cosechas para cada lote estudiado

### Temperaturas promedio.

En la figura 8, se muestran los valores mínimos y máximos de las temperaturas registradas durante el desarrollo de los carpóforos. Estos valores oscilaron entre 20.5 y 25.5 °C, respectivamente.

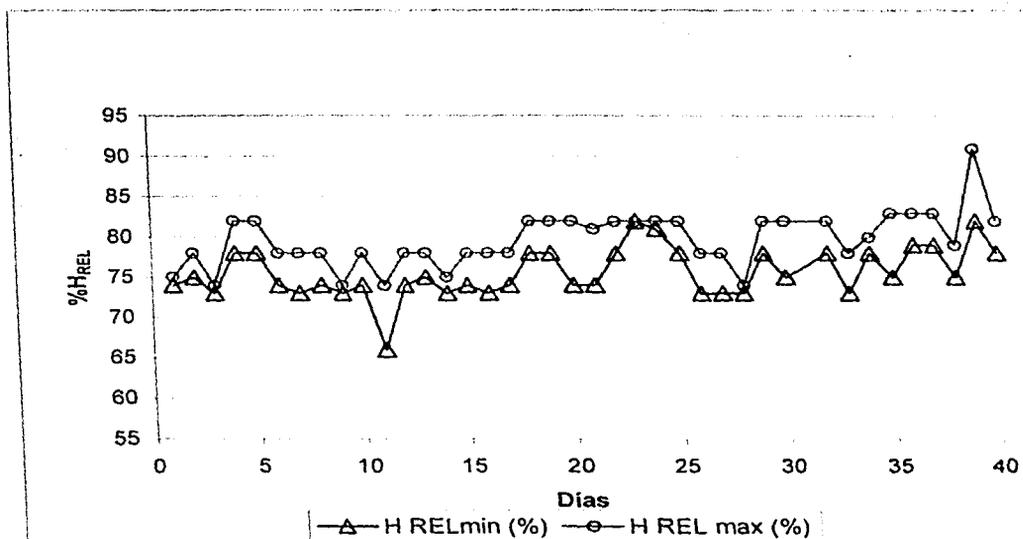


**Figura, 8. Temperaturas máximas y mínimas registradas durante el desarrollo de los carpóforos**

Nota: Promedio del registro de la temperatura por un periodo de 40 días, para las tres repeticiones

## Humedad relativa

En la figura 9, se muestran los valores de los porcentajes de humedad relativa (% Hr) máximos y mínimos registrados durante el periodo de crecimiento de los cuerpos fructíferos; donde el valor máximo obtenido fue de 91% y el mínimo fue de 66%.

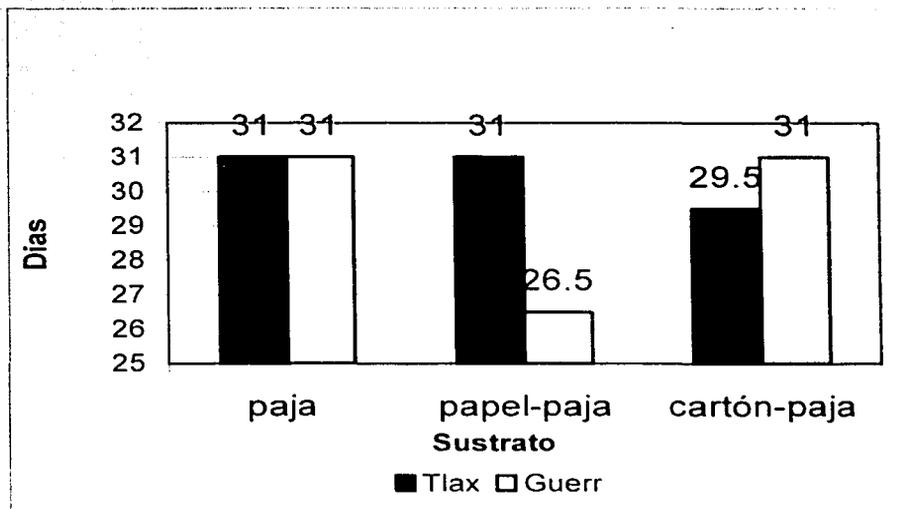


**Figura 9. Humedad relativa registrada durante el desarrollo de los hongos**

Nota: promedio del registro de la humedad relativa por un periodo de 40 días, para las tres repeticiones

### Aparición de primordios

En la figura 10, se presenta el tiempo de aparición de primordios de las dos cepas empleadas, en los tres sustratos estudiados, donde se observa que el tiempo mínimo para la aparición de primordios fue de 26.5 días y el tiempo máximo de 31 días.



**Figura, 10. Tiempo de aparición de primordios de las dos cepas estudiadas**  
Nota: promedio de las tres repeticiones

### Dimensiones de pileo

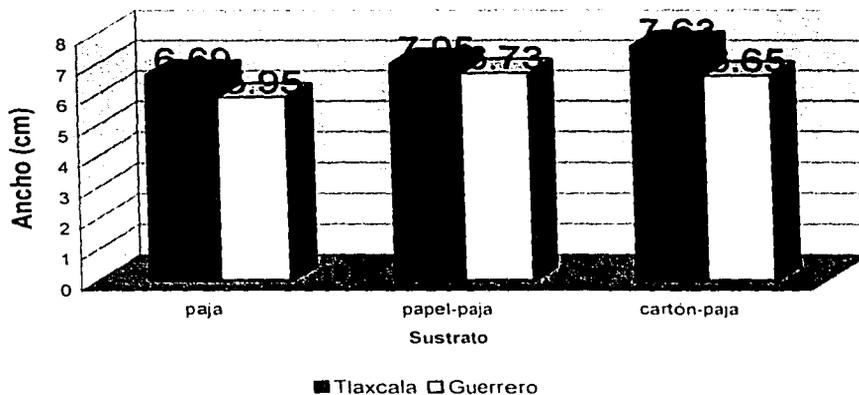
En la tabla 9, se presenta el promedio de las dimensiones del largo y ancho (cm) del pileo alcanzados por los carpóforos o cuerpos fructíferos de las dos cepas cultivadas sobre los tres sustratos, durante las tres cosechas obtenidas.

**Tabla, 9. Promedios de largo y ancho (cm) de pileo de las cepas P. Tlax y P. Guer, cultivadas en los tres sustratos propuestos para este estudio.**

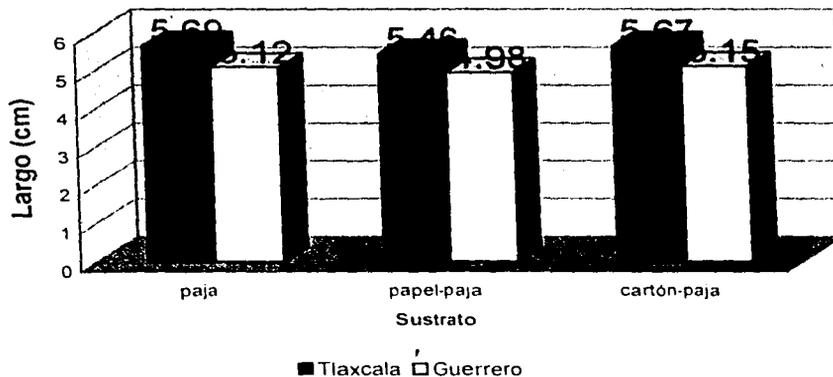
SUSTRATOS	DIMENSIONES DEL PILEO (cm.)			
	Ancho		Largo	
	Tlaxcala	Guerrero	Tlaxcala	Guerrero
Paja	6.69	5.95	5.69	5.12
Papel-paja	7.05	6.73	5.46	4.98
Cartón-paja	7.63	6.65	5.67	5.15

Nota: promedio de las tres repeticiones

En las figuras 11 y 12, se muestran las diferencias del pñleo, tanto el ancho como el largo (cm), en los sustratos propuestos, para las cepas estudiadas.



Figura, 11. Registro de ancho (cm) de pñleo de las dos cepas cultivadas en los tres sustratos



Figura, 12. Registro de largo (cm) de pñleo de las dos cepas cultivadas en los tres sustratos

**Análisis bromatológico**

**Valores de los constituyentes químicos de las cepas *Pleurotus* Tlaxcala y *Pleurotus* Guerrero cultivadas en los tres sustratos, paja, papel-paja y cartón-paja.**

Se presentan los resultados de los valores promedio, en porcentajes, de tres repeticiones, para el análisis químico proximal, obtenidos para los cuerpos fructíferos de cada una de las dos cepas cultivadas en los tres sustratos estudiados.

**Tabla, 10. Comparación de valores de los constituyentes químicos de los cuerpos fructíferos, de las 2 cepas cultivadas en los diferentes sustratos.**

ANÁLISIS PROXIMAL (%)						
Cepa	Sustrato	Cenizas	Fibra cruda	Grasa	Humedad	Proteína
Guerrero	Paja	12.53	16.53	5.61	93.42	17.46
	Papel-paja	15.34	14.85	2.45	92.52	18.26
	Cartón-paja	15.75	16.82	3.3	93.44	18.99
Tlaxcala	Paja	13.35	15.05	5.12	92.29	16.4
	Papel-paja	16.06	13.48	2.39	90.57	21.18
	Cartón-paja	13.28	15.45	1.82	89.97	16.8

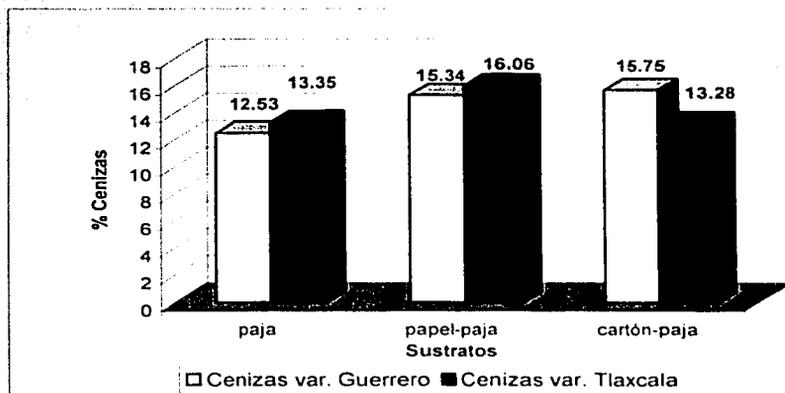
En la tabla 10, se presentan los valores de los constituyentes químicos en los carpoforos de cada una de las dos cepas, cuando se cultivaron en paja de cebada; de acuerdo a los datos obtenidos en el análisis de cenizas, los hongos de P. Guer, dieron como resultado 12.53 %, y en P. Tlax. se obtuvo 13.35 %, el porcentaje de fibra cruda P. Guer presentó el mayor valor con 16.53 %; y en P. Tlax fue de 15.05 %; los valores para grasa fueron de 5.61 % en P. Guer y 5.12 % para P. Tlax, en lo que se refiere a los datos obtenidos en el análisis de humedad se presentan los siguientes resultados, P. Guer, presentó los valores más altos, con un 93.42 % mientras que para P. Tlax fueron de 92.29 %; el porcentaje de proteína que presentaron los cuerpos fructíferos de P. Guer fue de 17.46 % y para P. Tlax 16.4 %.

Cuando estas mismas cepas se cultivaron en el sustrato de papel-paja, el porcentaje de cenizas en los cuerpos fructíferos de P. Guer fueron de 15.34 %, y en P. Tlax fue mayor obteniéndose el 16.06 %, en lo que se refiere al porcentaje de fibra cruda P. Guer se obtuvo un valor de 14.85 %, y para P. Tlax el valor más bajo en este trabajo, que fue de 13.48 %, así mismo en el análisis de grasa P. Guer presentó un valor máximo de 2.45 % mientras que en P. Tlax se observó un valor de 2.39 %, para el análisis de humedad realizado en este sustrato los valores arrojados en el estudio nos muestra que para P. Guer se obtuvo el valor más alto de 92.52 % mientras que en P. Tlax se observó un 90.57 %; finalmente en el análisis de proteína, se puede observar que el porcentaje para P. Guer fue 18.26 % y para P. Tlax el valor más alto en esta investigación de 21.18 %.

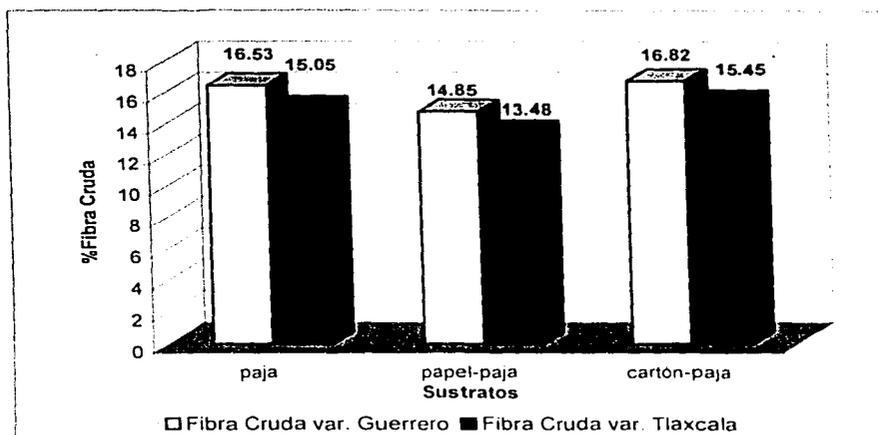
En el cultivo de cada una de las cepas estudiadas sobre el tercer sustrato analizado cartón-paja, donde se observa, que para los cuerpos fructíferos en lo que se refiere al análisis de cenizas, en P. Guer un valor de 15.75 %, más alto que el obtenido en P. Tlax que fue de 13.28 %, para el análisis de fibra cruda en este sustrato P. Guer obtuvo el porcentaje más alto de fibra para este trabajo que fue de 16.82 % mientras que para P. Tlax fue de un 15.45 %; en lo que se refiere al resultado del análisis de grasa para P. Guer, contenía un 3.3 % y para P. Tlax se obtuvo el porcentaje más bajo durante el análisis de 1.82 %; para la humedad de los cuerpos fructíferos

se observa que para P. Guer nuevamente presentó el valor mas alto de 93.44 % y para P. Tlax el valor mas bajo obtenido para este trabajo que fue de 89.97 % por último en lo que se refiere al análisis de proteína para P. Guer, se obtuvo un valor de 18.99 % mientras que para P. Tlax el valor de proteína fue de 16.8%.

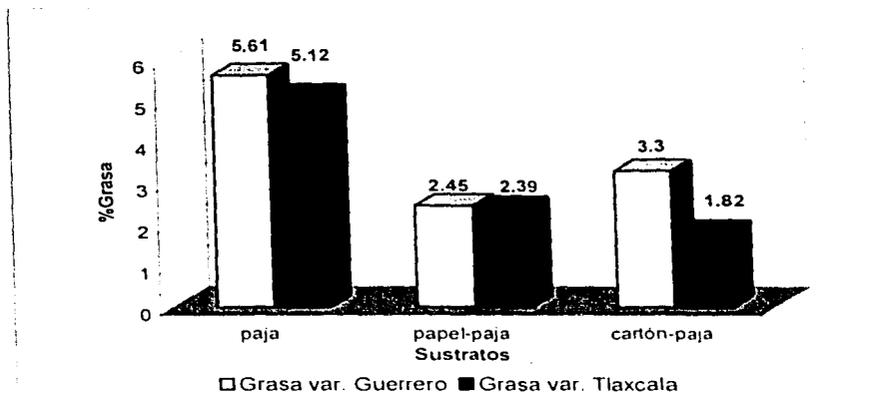
Las siguientes figuras, nos representan los valores obtenidos para los porcentajes de los constituyentes químicos: figura 13; cenizas, figura 14, fibra cruda; figura 15, grasa; figura 16, humedad; figura 17, proteína; determinadas para los carpóforos de las cepas P. Guer y P. Tlax y con los sustratos propuestos paja, papel-paja, y cartón-paja.



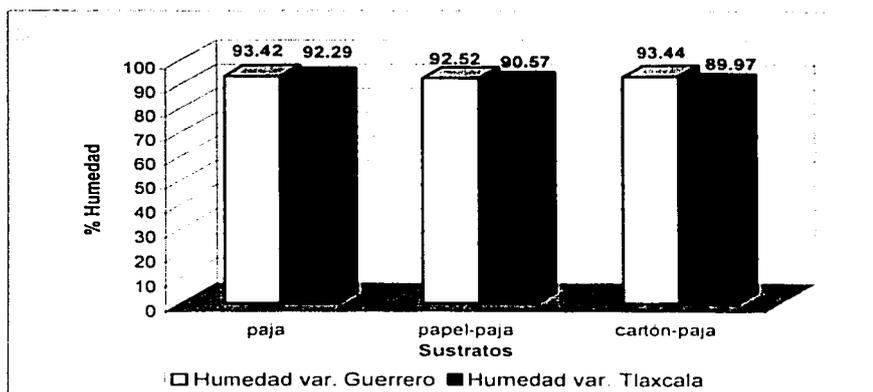
**Figura, 13. % de cenizas registrada en los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los 3 sustratos propuestos**



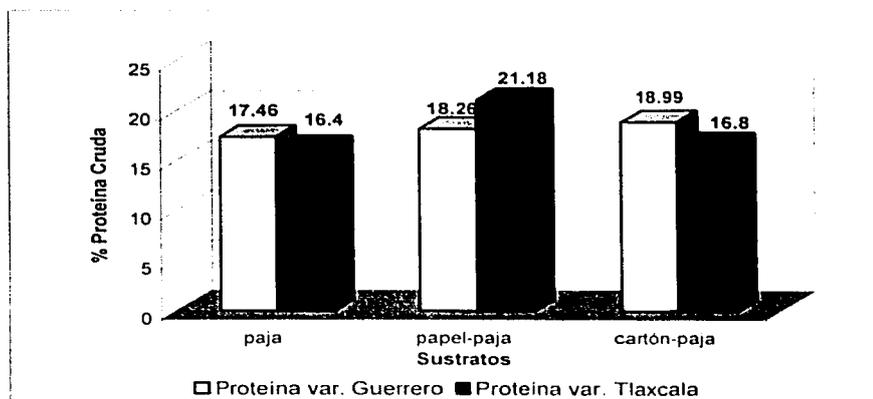
Figura, 14. % de fibra cruda registrada en los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los 3 sustratos propuestos



Figura, 15. % de grasa registrada en los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los sustratos propuestos



**Figura, 16. % de humedad registrada en los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los sustratos propuestos**



**Figura, 17. % de proteína registrada en los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los sustratos propuestos**

## VIII. DISCUSIÓN

Al analizar los resultados de la tabla 8, donde se muestran los resultados de las eficiencias biológicas obtenidas para las dos cepas cultivadas en cada uno de los sustratos estudiados, se puede observar que la cepa de P. Tlax, presentó los mejores resultados de E B para esta investigación; ya que en el sustrato de cartón-paja con esta cepa, se obtuvo la mejor eficiencia biológica para este estudio, con un 49.74 %, cuando las cepas estudiadas se cultivaron sobre papel-paja nuevamente la cepa P. Tlax, fue la que mostró la mejor eficiencia biológica, con 43.05 % y cuando se cultivaron sobre paja de cebada al 100%, nuevamente la cepa P. Tlax presentó la mejor eficiencia con 22.02 % (tabla 7).

En lo que se refiere a la cepa P. Guer, como se observa en las tablas 7 y 8, los valores de E B disminuyeron ligeramente en comparación con la cepa P. Tlax, ya que cuando se cultivó en el sustrato cartón-paja, se obtuvo el mejor resultado para esta cepa con una E B de 44.84 %; cuando esta misma cepa se cultivó en la mezcla de papel-paja el valor fue ligeramente menor comparado con la cepa P. Tlax, con un 34.84 %, y por último cuando se cultivó en 100% paja de cebada, nuevamente el valor obtenido fue el más bajo observado en esta investigación, con tan solo 19.19 % (figura 7). Estos resultados son muy semejantes entre si comparando cepas y sustratos, por lo que se puede inferir que siguen los mismos patrones de comportamiento, lo que nos lleva a pensar, que existe cierta semejanza entre ambas cepas, en cuanto a la asimilación de nutrientes que proporcionan los sustratos propuestos, esto se pudo corroborar al aplicar los análisis estadísticos, ya que solo existió una diferencia estadísticamente significativa comparando los sustratos, cuando se cultivaron en la mezcla de cartón-paja, esto se puede observar en el apéndice I, al aplicarse la prueba estadística de ANOVA de una vía (figura 11). Cuando se hicieron las pruebas estadísticas de Duncan para la cepa de Guerrero, se observa una diferencia significativa, entre los sustratos de 100 % paja y los otros dos sustratos, en el caso de la cepa de Tlaxcala se puede observar que para las pruebas de Tukey y Duncan nuevamente existió una diferencia significativa entre la paja y los sustratos de cartón-paja y papel-paja (figuras 12 y 20).

En este sentido, como se muestra en las (tablas 7 y 8), el sustrato de cartón-paja fue donde se obtuvieron los mejores resultados de E B para ambas cepas en este trabajo; esto se pudo deber principalmente, a que en los procesos de elaboración del papel y cartón, tales como el batido y la refinación donde se les agregan los porcentajes tanto de celulosa como hemicelulosa, ya que se encuentran en mayor cantidad para el cartón en comparación con el papel por las mismas características físicas que se requieren para el cartón, esto pudo influir positivamente para facilitar el acceso a estos nutrientes; así mismo en este proceso de fabricación se sabe que al papel se le agrega mayor cantidad de aditivos químicos; así como el proceso de blanqueo al cual es sometido este, no así para la elaboración del cartón (Browning 1969, Libby 1979, Roberts 1991); lo que pudo influir negativamente disminuyendo la degradación y asimilación de nutrientes de dicho sustrato por parte de las enzimas degradadoras del hongo. Por lo que el sustrato de papel-paja fue el que ocupó el segundo lugar en cuanto a los porcentajes de E B, nuevamente para ambas cepas.

El sustrato donde se obtuvo la menor E B fue la paja de cebada al 100%, esto se pudo deber probablemente. Primero, a que el sistema enzimático del hongo encargado de la degradación y asimilación de lignina y celulosa, le fue más complicado desdoblarse estos polímeros de la paja, disminuyendo su eficiencia para el desarrollo y la producción de cuerpos fructíferos. Segundo, pudo influir que existió un mayor número de sustratos de paja que fueron contaminados, tanto por otros hongos antagonistas (*Penicillium* sp. y *Aspergillus* sp.), así como por moscas de la fruta (*Drosophilla* sp.), que afectaron notablemente el desarrollo y crecimiento, así como la producción de carpóforos en este sustrato. Por otro lado, los sustratos de las mezclas propuestas fueron "suplementados" tanto con el papel como por el cartón, que al proporcionar al sustrato mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa, y al encontrarse más accesible para su asimilación, permitieron una mejor degradación de dichos sustratos y por lo tanto una mayor E B en comparación con la paja, además como se sabe, estos polímeros son la base de la nutrición de estos basidiomicetos que son versátiles en cuanto a los sustratos lignocelulósicos que pueden degradar para nutrirse, y por ello pudo haber diferencias en el aparato degradador enzimático creciendo y desarrollándose mejor en los sustratos propuestos (Macaya-Lizano, 1987., Leonowicz., 1999). todo lo anterior se pudo confirmar al aplicar el análisis de ANOVA de una vía, como se observa en el apéndice I (Tablas 12 y 20); para la

TESIS DE LICENCIATURA EN BIOLOGIA

prueba de Duncan no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos de paja y papel-paja, así como, entre el papel-paja y cartón-paja; donde si existió diferencia significativa fue entre el sustrato de paja y cartón-paja, para la cepa P. Guer. En lo que se refiere a la cepa P. Tlax fue mas notable la diferencia, ya que cuando se cultivó en 100 % paja el resultado obtenido en el análisis estadístico, se puede apreciar que existió una diferencia significativa entre este sustrato y los sustratos propuestos de papel-paja y cartón-paja, por lo que se confirma que existe una manera diferencial de degradación y asimilación por parte del hongo con respecto a los nutrientes que proveen los sustratos.

Cabe señalar, que aunque los porcentajes de E B son bajos comparadas con los resultados que se han obtenido por otros autores, para otros sustratos y cepas (tabla 6); es importante mencionar que las cepas utilizadas en este trabajo fueron aisladas y caracterizadas de organismos silvestres, por lo que sus rendimientos no son comparables con cepas comerciales y/o manipuladas en laboratorio para un fin en específico, en las cuales generalmente se seleccionan aquellas cepas con características especiales y/o específicas, mediante entrecruzamientos de micelios monospóricos para obtener mayores rendimientos; como lo comprueban los trabajos de, Hernández-Ibarra, 1995, Gaitán-Hernández y Salmenes, 1999, Benítez *et al.* 2002 Mata *et al.*, 2002, Romero y Ramírez-Carrillo, 2002. En este sentido se puede inferir que aún y cuando los resultados obtenidos en los sustratos alternativos, son menores comparados con otros trabajos, son susceptibles de usarse como una alternativa para el cultivo de *Pleurotus* spp gracias a sus bajos e inclusive nulos costos de adquisición, así como su fácil acceso durante todo el año, a diferencia de otros sustratos lignocelulósicos que llegan a tener eficiencias biológicas similares. Es importante recalcar que el uso de estos sustratos abre la posibilidad de disminuir drásticamente los efectos negativos que tienen que ver con la producción de cartón y papel y la utilización de productos forestales (deforestación) para su elaboración, así mismo, como una alternativa eficiente para el reuso de estos productos que generalmente se vuelven un problema de contaminación ambiental al no existir políticas apropiadas para su reciclaje, en este sentido también existe la posibilidad de obtener a partir de estos sustratos considerados "basura" en la mayoría de los casos; un producto de alta calidad nutricional a bajos costos, en periodos relativamente cortos de tiempo y con una infraestructura rudimentaria; otra perspectiva, es que si las cepas silvestres fueron capaces de una degradación

mayor en los sistemas propuestos, y aunque, no son equiparables sus E B con las cepas comerciales, da un panorama favorable para aplicarlo en cepas que presentan E B mayores, aún así las E B muy probablemente se pueden incrementar, si se aplicara un periodo de fermentación a los sustratos tal y como se ha demostrado en diferentes investigaciones, utilizando diferentes sustratos, donde se incrementa notablemente la E B gracias a este proceso (Martínez-Carrera *et al.*, 1985a, Martínez-Carrera *et al.*, 1985 Soto-Velasco *et al.*, 1988, Soto-Velasco *et al.*, 1989, Jwanny *et al.*, 1995).

Con los resultados obtenidos, se puede inferir que la cepa P. Tlax y P. Guer son susceptibles de usar para invadir y desarrollar cuerpos fructíferos en los sustratos alternativos propuestos para esta investigación como lo son las mezclas 1:1 de papel-paja y cartón-paja; es importante recalcar que es la primera vez que se establece claramente tanto la metodología utilizada para el cultivo, así como los resultados obtenidos para dicho estudio, ya que en trabajos anteriores, si se mencionan solo es de manera escueta y poco clara, ya que no existen en la bibliografía especializada tales reportes para este tipo de sustratos (véase los trabajos de: Martínez-Carrera *et al.*, 1984, Macaya-Lizano, 1988, Poppe *et al.*, 1995). No así para el sustrato de paja de cebada donde si se han reportado resultados con buenas eficiencias utilizando diferentes cepas comerciales.

La capacidad de retención de humedad del sustrato, es un factor indispensable para un buen crecimiento de los hongos, así como una característica propia de cada sustrato; ya que esta relacionado con la compactación del mismo y puede afectar la invasión del sustrato por parte del micelio (Bernabé-Gonzalez y Arzeta-Gómez, 1994). Tanto el sustrato de papel-paja como el de cartón-paja, presentaron buena compactación y retención de humedad, y una buena apariencia de invasión miceliar, mientras que el sustrato de paja al 100 %, siempre tuvo una apariencia de mayor sequedad y menor vigorosidad de invasión, que se veía reflejado por la compactación del mismo, así como en el momento de regar los sustratos, ya que para este sustrato se tenía la necesidad de regar mas frecuentemente y con mayor cantidad de agua durante los periodos de cosecha, lo que indica que su capacidad de retención de agua y compactación del sustrato fue menor comparada con los otros dos sustratos propuestos, así mismo fue el sustrato que presentó mayor número de bolsas contaminadas.

Esto se pudo deber principalmente a las características propias de los sustratos ya que en el caso del papel y el cartón las fibras celulosicas con que las son fabricadas tienen una gran capacidad de retención de humedad, no así la paja, y en relación con los repetidos problemas de contaminaciones que presentó el sustrato de 100 % paja, esto se pudo deber probablemente a que para los organismos contaminantes (insectos y hongos), les es más atractivo desde el punto de vista nutricional los elementos que le proporciona la paja, en comparación con el papel o el cartón.

Es sabido que el crecimiento micelial y la fructificación de los hongos comestibles, es afectado por una enorme variedad de factores físicos, la temperatura dentro de los más importantes. La temperatura óptima para este hongo oscila entre 20-30°C, la temperatura de fructificación varía con la especie, aunque tiene un rango menor para la mayoría de estas especies tal y como lo expresa Zadrazil in Chang y Hayes (1978). Es importante mencionar que la observancia de una temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento obtenido. Por lo que para este trabajo se registraron temperaturas mínimas y máximas que oscilaron entre 20.5 y 25.5 °C respectivamente (figura 8), las cuales se trataron de mantener sin mayores fluctuaciones dentro de la cámara de fructificación, durante todo el tiempo de cosecha y que se puede interpretar como una temperatura adecuada.

Con respecto al porcentaje de humedad relativa (independientemente de la capacidad de retención de humedad del sustrato), como se observa en la (figura 9) los valores registrados para este estudio se mantuvieron entre el 72 y 82 %, con dos pequeñas fluctuaciones, el resto del periodo de cosecha se mantuvo dentro de los rangos antes mencionados en la cámara de fructificación, sin embargo, este no fue un factor que haya afectado considerablemente el desarrollo y maduración de los hongos, ya que estos valores se mantuvieron dentro de los estándares propuestos en la literatura para el cultivo de estos hongos, donde se reportan valores entre 60-95 % para la mayoría de las especies de *Pleurotus* (Chang y Hayes, 1989), para el caso específico de especies tropicales de *Pleurotus* se ha observado que la humedad de 75-85 % es mejor (Zadrazil in Chang y Hayes, 1978).

En la figura 10, se muestran los tiempos de aparición de los primordios, como se observa la fructificación fue más rápida cuando se cultivaron en la mezcla de papel-paja para la cepa P. Guer, donde alcanzó un promedio de 26.5 días, para el caso de la mezcla de cartón-paja para la cepa P. Tlax, presentó un promedio para las tres repeticiones de 29.5 días, y para el resto de las cepas y sustratos incluido el de 100% paja, el tiempo de aparición de primordios se mantuvo constante en los 31 días, por lo que se puede afirmar, de acuerdo a los resultados obtenidos, estas dos cepas tienen un tiempo de fructificación muy parecido y bastante aceptable, ya que en trabajos realizados con anterioridad utilizando diferentes cepas comerciales y/o domesticadas se alcanzan tiempos de fructificación que oscilan entre los 45 y los 110 días (Wireko y Marín, 1986, Macaya-Lizano, 1988, Graham, 1987, Bernabé-Gonzalez *et al.*, 1993., Mata y Gaitán-Hernández, 1995). También se puede inferir que el tipo de sustrato en el cual se cultivó puede ser un factor determinante para la aparición de primordios, ya que para todos los sustratos propuestos los tiempos fueron bastante semejantes, e inclusive se podría decir que para el caso de 100% paja el tiempo de aparición de los primordios fue un poco mayor comparada con las mezclas de papel-paja y cartón-paja, en las cepas P. Guer y P. Tlax respectivamente, ésta es una característica muy importante, ya que a nivel comercial siempre se pretende reducir los tiempos de cosecha que se ve reflejado en la reducción de los costos de producción; por lo que este factor depende mucho de las características propias de la cepa y el tipo de sustrato.

De los resultados de producción, utilizando las dimensiones como un factor de calidad para la aceptación comercial del producto, se puede inferir que las dimensiones observadas en los carpóforos obtenidos son de buena calidad, los tamaños que se presentan son de calidad desde el punto de vista comercial (no se registraron las dimensiones con fines taxonómicos sino meramente como una característica para su comercialización); como se puede apreciar en la tabla 9, en promedio los tamaños alcanzados de ancho del píleo para la cepa P. Tlax, oscilaron entre los 6.69 y los 7.63 cm, y para la cepa P. Guer entre los 5.95 y los 6.65 cm; y para el largo del píleo en la cepa P. Tlax entre 5.46 y 5.69 cm. y en la P. Guer entre 4.98 y 5.15 cm. Por lo que, como primera impresión la cepa P. Guer, mostró valores ligeramente más pequeños de ancho y largo de píleo para los carpóforos, que los de la cepa P. Tlax (figuras 11 y 12). Pero sometiendo estos resultados al análisis estadístico de ANOVA de una vía, apéndice I (figuras

18, 19, 26, 27) para el largo y ancho, para cada uno de los sustratos y cada una de las cepas, no existieron diferencias estadísticamente significativas.

Los valores de las características fisicoquímica registrada, para el caso de la humedad de los cuerpos fructíferos, como se observa en la (tabla 10 y figura 16) fueron aproximadamente igual, para ambas cepas en los tres sustratos estudiados, excepto para la cepa P. Tlax, cuando esta se cultivó sobre paja, ésto se comprobó cuando se hizo el análisis estadístico de ANOVA de una vía para los diferentes sustratos, apéndice I (figuras 16 y 24); lo que nos indica que los hongos están formados en mayor proporción por agua, presentando de un 8 a 10% de materia seca. Los valores registrados para las dos cepas, están dentro de lo reportado para las especies de este género; en lo que se refiere a los sustratos utilizados para el cultivo, en el caso de la paja si existen registros, y estos están dentro de lo reportado con anterioridad los cuales oscilan entre el 87.37 % al 91.0 % (Chang y Hayes, 1989., Crisan y Sands, 1978., Valencia del Toro *et al.*, 1995), para los sustratos papel-paja y el cartón-paja no existen tales reportes.

Los porcentajes de proteína, registrados para los carpóforos de las dos cepas cultivadas sobre los diferentes sustratos propuestos, se encuentran dentro de los valores obtenidos en otros trabajos, como los de Chang y Hayes, (1989)., Crisan y Sands, (1978), y Valencia del Toro *et al.*, (1995), donde se han reportado valores que se encuentran entre 10.0 y 32.14 % de proteína para *Pleurotus* spp. En el presente estudio se obtuvieron porcentajes de 16.4 a 21.18 % con el factor (N x 4.38) recomendado para hongos Chang y Hayes, (1989) (tabla 10 y figura 17). Cuando se realizó el análisis estadístico de ANOVA (tablas 17 y 25), para los diferentes sustratos no se presentaron diferencias significativas, no así cuando se realizó esta misma prueba estadística, comparando las dos cepas en las cuales si se presentaron diferencias significativas, cuando éstas se cultivaron en cartón-paja para este factor nutricional. Con los resultados obtenidos podemos inferir, que el porcentaje de proteína esta relacionado en parte con características propias del tipo de cepa que se utiliza, y también influye el tipo de sustrato en el cual se siembran los hongos, debido a que existen diferencias estadísticas significativas entre estas variables.

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

En cuanto a los porcentajes de grasa extraídas de los hongos, si se presentó una marcada diferencia, dependiendo de la cepa empleada y del sustrato en el cual se inocularon; los valores mas o menos homogéneos se registraron cuando las cepas se cultivaron en 100 % paja, que fueron aproximadamente de 5.5 %, y en el sustrato de papel-paja, donde se obtuvieron valores entre 2.39 y 2.45 %, aún y cuando disminuyeron estos comparados con la paja al 100%, por lo que existió cierta diferencia con valores que van desde 1.82 a 3.3 %, como se puede observar en la tabla 10 y figura 15. Sin embargo los valores obtenidos están dentro de lo reportado en trabajos anteriores, los cuales están entre los 1.6 y 7.2 % (Chang y Miles, 1984, Crisan y Sands, 1978, Valencia del Toro *et al.*, 1995). Cuando a estos resultados se les aplicaron los análisis estadísticos de ANOVA de una vía (en lo que respecta a los sustratos), para la cepa de *P. Tlax*, se puede observar claramente que existe una diferencia estadística significativa entre la paja 100% y los sustratos de papel-paja y cartón-paja; y para la cepa de *P. Guer* se observan diferencias significativas entre los tres sustratos utilizados (figuras 15 y 23).

Los porcentajes de fibra cruda, para las dos cepas y los tres sustratos oscilaron entre 13.48 a 16.82 % (tabla 10) aún y cuando se comparan los valores entre las cepas estudiadas cuando fueron cultivadas en los diferentes sustratos, son muy parecidos entre sí (figura 13), estos valores están ligeramente por arriba de aquellos reportados por otros autores para *Pleurotus* spp. los cuales se encuentran entre los 7.5 a 11.9 % (Chang y Miles, 1984, Crisan y Sands, 1978, Valencia del Toro *et al.*, 1995). Es importante señalar, que los resultados obtenidos están dentro de lo reportado por Chang y Quimio, 1982., que establecen valores de fibra para las especies de *Pleurotus* dentro de los rangos de 7.5 a 27.6%, en otro interesante trabajo que esta relacionado con esta característica nutricional, Mostafa *et al.*, (1990), reportan diferencias para los valores nutricionales, dependiendo de la parte del hongo, a la cual se le aplique el análisis bromatológico, ya sea el estípite o el píleo, así por ejemplo, para el píleo registran un valor de 9.01 % y para el estípite un valor de 14.50 % en *P. florida*, y para *P. sajor-caju* en píleo registran un valor de 10.26 % y en estípite 17.46 %. Cuando a los resultados obtenidos para esta propiedad alimenticia se les aplicaron los análisis estadísticos de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax*, se puede observar que hubo diferencias estadísticas significativas entre los tres sustratos propuestos (figura 22), y para la cepa de *P. Guer* no se registraron diferencias estadísticas en comparación con los sustratos utilizados (figura 14), cuando esta misma prueba

se aplicó comparando las cepas se puede observar que si existieron diferencias estadísticas entre ellas, esto nos lleva a reafirmar que tienen una manera diferencial, en cuanto a la asimilación de nutrientes que proporcionan los sustratos a las cepas, que se ve reflejado en una expresión diferencial de tales constituyentes en sus porcentajes finales.

La materia seca de los alimentos está constituida de compuestos orgánicos e inorgánicos, los orgánicos son susceptibles de quemarse, en tanto que los inorgánicos no; cuando la muestra se calcina los componentes inorgánicos quedan en forma de cenizas, lo cual nos indica el porcentaje de minerales presentes en la muestra; de acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje más alto de cenizas en los carpóforos, fue para la cepa de *P. Tlax* cultivada en la mezcla de papel-paja con un 16.06 %, como se observa en la figura 13 y la tabla 10; el valor más bajo fue para los carpóforos de la cepa *P. Guer* cultivada sobre paja con un 12.53 %, esto nos habla de la presencia de una considerable cantidad de minerales tal vez como una característica propia de estas variedades. Cuando a estos resultados se les aplico el análisis estadístico ANOVA de una vía correspondiente para cada sustrato se puede apreciar que para la cepa *P. Guer*, no hubo diferencias estadísticas significativas (figura 23), no así para la cepa de *P. Tlax* donde si hubo una diferencia significativa, cuando se cultivó esta cepa en cartón-paja (figura 21), cuando se aplicó la prueba estadística correspondiente para comparar las cepas no existieron diferencias significativas entre ambas cepas. La información de los constituyentes químicos de una muestra, casi siempre son difíciles de evaluar en términos de nutrición, a partir de que existen cambios significativos, con la edad y el estado de desarrollo de los esporocarpos, el sustrato en el cual se cultiva, así como el tiempo de almacenamiento, donde suelen existir ciertas variables intrínsecas, así como la parte del cuerpo fructífero a la cual se le aplican dichos análisis como lo ha reportado (Crisan y Sands, 1978, Khanna y Garcha, 1981, Mostafa *et al.*, 1991).

## IX. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se puede afirmar que el cultivo del hongo *Pleurotus* spp., sobre residuos de desecho considerados como "basura", tales como el papel y el cartón mezclados con paja de cebada, permite obtener en corto tiempo y a bajos costos, cantidades significativas de proteínas para consumo humano; y realizando los estudios pertinentes se podría proponer como un probiótico para la alimentación de rumiantes, así como un fertilizante para suelos.

Por lo que los resultados obtenidos revelan que:

\*El tiempo de aparición de los primordios de las cepas estudiadas indicó que cada una invade en tiempos similares y a igual velocidad, los sustratos propuestos en los que se inocularon.

\*De acuerdo con los resultados del porcentaje de las eficiencias biológicas, para las cepas P. Guer y P. Tlax. se tendrían que someter estas cepas a entrecruzamientos con otras, manipuladas con características especiales relacionadas con mayores rendimientos, y así poder incrementar las eficiencias biológicas.

\*La composición y constitución física del sustrato es determinante para la invasión, aparición de primordios y maduración de los carpóforos; los sustratos que resultaron ser mejor aprovechados por las dos cepas fueron en primer lugar la mezcla de cartón-paja y en segundo la mezcla de papel-paja; el sustrato de 100 % de paja de cebada presentó eficiencias biológicas por debajo de los anteriores.

\*La mezcla de cartón-paja resultó ser la mejor invadida y en la cual se presentaron las mejores eficiencias biológicas para ambas cepas, especialmente para la cepa de P. Tlax por que fue en ésta donde se presentaron las mayores eficiencias biológicas para los tres sustratos estudiados.

\*A pesar de las eficiencias biológicas obtenidas por las cepas en los sustratos alternativos propuestos, estos últimos son factibles para utilizarse como sustratos para el cultivo de *Pleurotus* spp. debido a que son fáciles de obtener en zonas urbanas (a bajos o nulos costos) y por ser una novedosa alternativa para la reutilización de estos productos que generalmente causan problemas de contaminación (y que muy probablemente se puedan incrementar las eficiencias sometiénolas a un proceso de fermentación).

\*Las dimensiones que presentaron los carpóforos fueron en general semejante para las dos cepas, y para los tres sustratos, a su vez este tamaño es aceptable desde el punto de vista comercial.

\*Los valores calculados para los constituyentes químicos de los carpóforos están dentro de lo reportado en trabajos anteriores para las especies de *Pleurotus*, sin embargo es necesario realizar otro estudio para determinar la composición de aminoácidos presentes en los carpóforos y así conocer su valor nutricional.

\*De acuerdo a la capacidad de cada cepa para aprovechar y transformar los materiales presentes en los sustratos a materiales indispensables para su desarrollo, los valores de los constituyentes químicos cuantificados, indican que los carpóforos de *Pleurotus* spp. son una buena opción para satisfacer en parte las necesidades nutricionales de la población en los países subdesarrollados.

\*Las tecnologías intermedias, como la producción de hongos comestibles en todos sus niveles constituye una alternativa en la producción de alimentos de alta calidad nutricional en las zonas urbanas, reintegrándose a los ciclos bioenergéticos los materiales lignocelulósicos, ayudando así a mejorar el entorno ambiental.

**X. APENDICE I**

**Valores de significancia para los resultados obtenidos**

**Tabla, 11. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para las dos cepas en los tres sustratos propuestos, para la EFICIENCIA BIOLÓGICA.**

		Sum of Squares	df	Means quare	F	Sig
paja	Between Groups	12.013	1	12.013	4	.147
	Within groups	14.900	4	3.725	5	
	Total	26.913	5			
Papel-paja	Between Groups	101.024	1	101.024	.608	.479
	Within groups	664.827	4	166.207		
	Total	765.851	5			
Cartón-paja	Between Groups	36.113	1	36.113	.195	.681
	Within groups	739.683	4	184.921		
	Total	775.797	5			

**Tabla, 12. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P Guer* en los tres sustratos propuestos, para la EFICIENCIA BIOLÓGICA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for Alpha=.05	
		1	2
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	19.190
	2.0	3	34.874
	3.0	3	44.840
	Sig.		.072
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	19.190
	2.0	3	34.847
	3.0	3	44.840
	Sig.		.141
			.321

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 13. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de CENIZA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	12.533
	2.0	3	15.340
	3.0	3	15.750
	Sig.		.114
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	12.533
	2.0	3	15.340
	3.0	3	15.750
	Sig.		.059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 14. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de FIBRA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	2.0	3	14.853
	1.0	3	16.533
	3.0	3	16.827
	Sig.		.400
Duncan <sup>a</sup>	2.0	3	14.853
	1.0	3	16.533
	3.0	3	16.827
	Sig.		.225

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000..

**Tabla, 15. Análisis estadístico de ANOVA de una vía para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de GRASA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a</sup>	2.0	3	2.453	
	3.0	3		3.303
	1.0	3		5.610
	Sig.		1.000	1.000
Duncan <sup>a</sup>	2.0	3	2.453	
	3.0	3		3.303
	1.0	3		5.610
	Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3 .000..

**Tabla, 16. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de HUMEDAD.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05
		1
Tukey HSD <sup>a</sup>	3.0	3
	1.0	3
	2.0	3
	Sig.	.326
Duncan <sup>a</sup>	3.0	3
	1.0	3
	2.0	3
	Sig.	.179

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000..

**Tabla, 17. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de PROTEINA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	17.460
	2.0	3	17.993
	3.0	3	18.990
	Sig.		.878
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	17.460
	2.0	3	17.993
	3.0	3	18.990
	Sig.		.651

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3 .000..

**Tabla, 18. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de ANCHO DE PILEO.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	5.390
	3.0	3	6.523
	2.0	3	7.300
	Sig.		.149
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	5.390
	3.0	3	6.523
	2.0	3	7.300
	Sig.		.077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000..

**Tabla, 19. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Guer* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de LARGO DE PILEO.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	4.800
	2.0	3	5.357
	3.0	3	5.443
	Sig.		.734
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	4.800
	2.0	3	5.357
	3.0	3	5.443
	Sig.		.484

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000 .

**Tabla, 20. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para la EFICIENCIA BIOLÓGICA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	22.020	
	2.0	3	43.053	43.053
	3.0	3		49.747
	Sig.		.105	.724
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	22.020	
	2.0	3		43.053
	3.0	3		49.747
	Sig.		1.000	.461

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 21. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para el Análisis de CENIZAS.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	
Tukey HSD <sup>a</sup>	3.0	3	13.280	
	1.0	3	13.350	
	2.0	3		16.063
	Sig.		.997	1.000
Duncan <sup>a</sup>	3.0	3	13.280	
	1.0	3	13.350	
	2.0	3		16.063
	Sig.		.939	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 22. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para FIBRA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
Tukey HSD <sup>a</sup>	2.0	3	13.483	
	1.0	3		15.050
	3.0	3		15.450
	Sig.		1.000	.055
Duncan <sup>a</sup>	2.0	3	13.483	
	1.0	3		15.050
	3.0	3		15.450
	Sig.		1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 23. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para GRASA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	
Tukey HSD <sup>a</sup>	3.0	3	1.823	
	2.0	3	2.393	
	1.0	3		5.120
	Sig.		.462	1.000
Duncan <sup>a</sup>	3.0	3	1.823	
	2.0	3	2.393	
	1.0	3		5.120
	Sig.		.252	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 24 Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para la HUMEDAD.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	
Tukey HSD <sup>a</sup>	3.0	3	89.680	
	2.0	3	90.570	
	1.0	3		92.293
	Sig.		.158	1.000
Duncan <sup>a</sup>	3.0	3	89.680	
	2.0	3	90.570	
	1.0	3		92.293
	Sig.		.075	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 25. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para PROTEÍNA.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	16.400
	3.0	3	16.800
	2.0	3	21.180
	Sig.		.113
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	16.400
	3.0	3	16.800
	2.0	3	21.180
	Sig.		.058

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 26. Análisis estadístico de ANOVA de una vía, para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para ANCHO DE PILEO.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	1.0	3	6.483
	2.0	3	6.493
	3.0	3	7.367
	Sig.		.676
Duncan <sup>a</sup>	1.0	3	6.483
	2.0	3	6.493
	3.0	3	7.367
	Sig.		.431

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**Tabla, 27. Análisis estadístico de ANOVA de una vía para la cepa *P. Tlax* en los tres sustratos propuestos, para LARGO DE PILEO.**

TRATAMIENTO	N	Subset for alpha = .05	
		1	
Tukey HSD <sup>a</sup>	3.0	3	5.2000
	2.0	3	5.4000
	1.0	3	5.933
	Sig.		.721
Duncan <sup>a</sup>	3.0	3	5.2000
	2.0	3	5.4000
	1.0	3	5.933
	Sig.		.472

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

**XI. LITERATURA CITADA:**

- Acosta Urdapilleta, L., Bustos Zagal G. y Portugal 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.p.
- Alexopoulos, C. J., Bold, H. C. y Delevoryas, T. H. 1989. Morfología de las plantas y los hongos. Omega, S. A. Barcelona.
- Atlas, R. M., and Bartha R. 1981. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications. Addison-Wesley Pub. Co.. New York 33 pp
- Benítez, C. M., Gaytan-Hernández R. y Castro J. M. 2002. Determinación de la productividad de dos especies tropicales de *Pleurotus* en cuatro substratos lignocelulosicos. *Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Micología*. Xalapa. Ver.
- 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. p.
- Bernabé González, T. y Arzeta-Gómez J. M. 1994. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre cascara de cacahuete y hoja seca de maíz. *Rev. Mex. Mic.* 10: 15-20. p.
- Bresinsky, A. M., Fischer B., Meixner L. and Paulus W. 1987. Speciation in *Pleurotus*. *Mycologia*. 79 (2): 234-245. p.
- Browning, B. L. 1969. Analisis of paper. Marcel Dekker, Inc. New York.

Crisan, E. B. and Sands A. 1978 Nutritional value. In: S.T. Chang, and W.A. Hayes (Eds.). The biology and cultivation of mushrooms. Academic Press, New York.

Chang, S. T. 1980. Mushrooms as Human Food. *Bio Science* vol.30 No.6: 399-401. p.

Chang, S. T. 1996. Mushroom research and development equality and mutual benefit. *Mushroom Biol. Mushroom Prod.* 2: 1-10. p.

Chang, S. T. and Hayes W. A. 1978. The Biology and Cultivation of Edible Mushrooms Academic Press. inc New York.

Chang, S. T. and Hayes. T. Q. 1989. Tropical Mushrooms. Biological Nature and Cultivation Methods. Third printing. The Chinese University Press, Hong Kong.

Chang, S. T. and Miles P. G. 1984. A New Look at Cultivated Mushrooms. *Bio Science* Vol.34 No 6: 358-362. p.

Chang, S. T. and Quimio T. H. 1982 Tropical Mushrooms. Biological Nature and Cultivation Methods. The Chinese University Press, Hong Kong.

De León-Chocooj, R., Morales E., De Agreda. L., y Rolz. C. 1983. Coffee by products and citronella bagase as sustrates for *Pleurotus* production *Mushroom News Tropics* 4,1: 13-16. p.

Delgado Fuentes, A. 1990. Glosario Ilustrado de los términos morfodescriptivos de los caracteres microscópicos en el orden agaricales (Basidiomicetos) Tesis. UNAM. 81. pp

Esparza-Martínez, V. M. 1995 Estudio preliminar para la evaluación de la productividad de una cepa comercial de *Pleurotus* en sustratos de paja y rastrojo de maíz, utilizando torretas y literas como soporte. (Tesis) Escuela Nacional de Estudios Profesionales "Campus Iztacala". UNAM. México.

Gaitan-Hernández, R. y Salmones D. 1999. Análisis de cepas de *Pleurotus djamour*. *Rev. Mex. Mic.* 15: 115-118. p.

García Ruvalcaba, S., Bernache Pérez G. y Ruiz Del Río D. 1996. Alternativas de políticas públicas frente a los problemas derivados de los desechos municipales ACUDE Universidad de Guadalajara 9: 5-14. p.

González, J. 1986. Notas sobre la etnomicología Nahuatl. *Rev. Mex. Mic.* 17: 181-186. p.

Gottlieb, S., Day W. C. and Pelczar M. J. Jr. 1950. The biological degradation of lignin. II. The adaptation of withe-rot fungi to growth on lignin media. *Phytopathology* 40. 926-935. p.

Graham, L. 1987. Cultivation of the oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on lignocellulosic wasted. *J. Sci. Food Agric.* 41: 259-265. p.

Guzmán, G. 1980. Las intoxicaciones producidas por los hongos. *Ciencia y Desarrollo.* 32: 129-134. p.

Guzmán, G. 1984. El uso de los hongos en mesoamerica. *Ciencia y Desarrollo.* 59: 129-134. p.

Guzmán, G. 1989. Hongos. Ed. Limusa. México D.F. 194. pp

Guzmán, G. 1990. (a). La micología en México. Una reseña histórica de sus tradiciones, inicios y avances. *Rev. Mex. Mic.* 6: 11-28. p.

Guzmán, G. 1995 La diversidad de hongos en México. *Ciencias UNAM.* N° 39: 52-57 p.

Guzmán, G. 1997. Los nombres de los hongos y lo relacionado con ellos en América Latina. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver.

Guzmán, G., Mata G., Salmones D., Soto-Velazco C. y Guzman-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 DF.

Guzmán, G. y Salmones D. 1990. (b). El cultivo de los hongos comestibles de México. Recopilación de los trabajos publicados, presentados en congresos o tesis de 1966 a 1989. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Ver.

Guzmán-Dávalos, L., Martínez-Carrera D., Morales P. y Soto C. 1987. El cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus*) sobre el bagazo de maguey en la industria tequilera. *Rev. Mex. Mic.* 3: 47-50. p.

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

Hernández-Ibarra, 1995. Estudio de cinco cepas nativas de *Pleurotus* spp. de la región de Tapachula, Chiapas, México. *Rev. Mex. Mic.* 11: 29-38. p.

Herrera, T., y Ulloa M. 1998. El reino de los hongos. Micología Básica y aplicada FCE. México, DF. UNAM. 560. pp

INEGI, 1999. Estadísticas del Medio Ambiente. SEMARNAP. D. F. MEXICO.

Jwanny, E., Rashad M. and Abdu M. 1995. Solid-state fermentation of agricultural wastes into food through *Pleurotus* cultivation. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 50: 71-78. p.

Khanna, P. and Garcha H. S. 1981. Nutritive value of Mushroom *Pleurotus florida*. *Mushroom Science XI* Australia. 561-571. pp

Kües, U. and Liu Y. 2000 Fruiting body production in basidiomycetes Appl Microbiol Biotechnol 54: 141-152 p.

Leal, L. H. 1985. El cultivo del champiñón y otros macromicetos comestibles. In Prospectiva de la Biotecnología en México. Quintero R. (Compilador). Fundación Barrios Sierra. CONACYT. 235-257. pp

Leal, M. 1996. Temas ambientales ciudad de México. UNAM. PUMA. MEXICO.

Leong, P.C. 1989. Cultivation of *Pleurotus* mushroom on cotton waste substrate in Singapore. In Tropical Mushrooms Biological Nature and cultivation methods. Chang S. T. and Quimo T. H. The Chinese University Press. 349-380. pp.

Leonowicz, A. 1999. Biodegradation of lignin by white rot fungi. *Fungal Genetics and Biology* 27: 175-185. p.

Libby, C. E. 1979. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo II Continental S.A. México.  
Macaya-Lizano, A. 1988. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* y especies afines sobre medios naturales semi-estériles. *Rev. Biol. Trop.* 36(2A): 255-260. p.

Margulis, L. y Schwartz K.V. 1985. Cinco Reinos guía ilustrada de los *Phyla* de la vida en la tierra. Labor S.A. Barcelona España.

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. *Biol. Soc. Mex. Mic.* 19: 207-219. p.

Martínez-Carrera, D., Soto C., Morales P., y Guzmán G. 1985. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café como sustrato. *Rev. Mex. Mic.* 1: 101-108. p.

Martínez-Carrera, D., Guzman G. y Soto C. 1985. (a) The effect of fermentation of coffee pulp in cultivation of *Pleurotus ostreatus* in México. *Mushroom Newsletter for the Tropics* 6(1): 21-28. p.

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

Martínez-Carrera, D., Soto C., Morales P. y Guzmán G. 1988. Cultivo de los Hongos Comestibles *Ciencia* 39: 217-221. p.

Martínez-Carrera, D., Leben R., Morales-Sobal P. y Larqué-Saavedra A. 1991. Historia del Cultivo Comercial de Hongos Comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo*. 16 (96): 33-43. p.

Martínez-Carrera, D., Morales P., Sobal M. y Larqué-Saavedra A. 1992. Reconversión en la Industria de los Hongos. *Tecnoindustria* 7: 52-59. p.

Martínez-Carrera, D., Larqué-Saavedra A., Morales P., Sobal M., Martínez W. y Aguilar A. 1993. Los hongos comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo* Enero-Febrero. 41-49. pp

Mata, G. y Martínez-Carrera D. 1988. Estimación de la producción anual de residuos agroindustriales potencialmente utilizables para el cultivo de hongos comestibles en México. *Rev. Mex. Mic.* 4: 287-296. p.

Mata, G., Salmenes D. y Guzmán G. 1990. Cultivo del Shiitake japonés *Lentinula edodes*, en bolsas con viruta de madera. *Rev. Mex. Mic.* 6: 245-251. p.

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

Mata, G., Rodríguez A. y Callac P. 2002. Aislamiento, cultivo y evaluación de una cepa mexicana silvestre de Champiñón *Agaricus bisporus*, y su comparación con cepas comerciales. *Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Micología*. Xalapa. Ver.

Montoya, L. Guzmán G. Salmones D. y Bandala V. M. 1991. *Pleurotus djamour* en América latina, confusiones taxonómicas y cultivos. *Memorias del IV Congreso Nacional de Micología*. Tlaxcala, Tlax. México. 93. pp

Morales, P. 1987. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de cardomo. *Rev. Mex. Mic.* 3: 71-74. p.

Mostafa, H. El-Kattan, Helmy Z. A. El-Leiti M. A. and Abdelkawi K. A. 1999. Studies on cultivation techniques and chemical composition of oyster mushrooms. *MUSH. J. Tropics*, 1991 11: 56-66. p.

Ortiz Monasterio, F. 1991. Contaminación en la ciudad de México. Milenio, DF. México.

Pettipher, L. G. 1989. Cultivation of the Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* on Lignocellulosic Waste. *J. Sci. Food Agric.* 41: 259-265. p.

Poppe, J.A. and Hofte M. 1995. Twenty Wastes for twenty cultivated mushrooms. *Science and cultivation of Edible fungi, Elliot*. ISBN 90 5410

Ramírez-Carrillo, R. 1985 Producción y caracterización de cepas de *Pleurotus ostreatus* capaces de producir degradación selectiva de la lignocelulosa. (Tesis) México. UNAM: Facultad de ciencias.

Roberts, J. C. 1991. Paper chemistry. Blackie. Glasgow and London. USA.

## CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE PAPEL Y CARTÓN

---

Romero, L. y Ramírez-Carrillo R. 2002 Aislamiento y caracterización de *Pleurotus opuntiae* (Dur. Ex. LéV.) Sacc. *Resúmenes del IV Congreso Latinoamericano de Micología*. Xalapa. Ver.

Sánchez, C. and Moore D. 1999. Conventional histological stains selectively stains fruit body initials of basidiomycetes. *Mycol. Res.* 103 (3): 315-318. p.

Sánchez, J.E. 1992. Producción de *Pleurotus* a partir de residuos de la agricultura. SARH-INIFAP-CERI Tapachula.

Soto, C. Martínez-Carrera D. Morales P. y Sóbál M. 1987. La pulpa de café secada al sol como una forma de almacenamiento para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. *Rev. Méx. Mic.* 3: 133-136.

Soto-Velasco, C., Guzman-Davalos L. y Villaseñor L. 1988. Obtención de fructificaciones de dos especies de *Pleurotus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado aeróbicamente. Recopilación de los trabajos publicados, presentados en congresos o tesis de 1966 a 1989. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver.

Soto-Velasco, C. Guzman-Davalos L. y Rodríguez O. 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. *Rev. Méx. Mic.* 5: 97-102. p.

Staszczak, M., Nowak G., Grazynowicz K. y Leonowicz A. 1996: Proteolytic Activities in cultures of selected white-rot fungi. *J. Basic Microbiol.* 3: 193-203. p.

Temp, U. y Eggert C. 1999. Novel Interaction between Laccase and Cellobiose Deshydrogenase During Pigment Synthesis in the White Rot Fungus *Pleurotus*. *Applied and Environmental Microbiology.* 65 (2): 234-240. p.

Tohierpe, H. J. y Hartman K. 1977. A comparison of diferent growing methods. *Mush Jour.* 60: 404-416. p.