



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación
División de Estudios de Posgrado
Proyecto de Estudios Sociales, Tecnológicos
y Científicos

SISTEMATIZACION DEL CULTIVO DE
Pleurotus Ostreatus

TESIS DE POSGRADO
Que para obtener el Grado de:
Maestro en Ciencias en Metodología
de la Ciencia

p r e s e n t a

ELSA ADELA GALICIA ROSAS

México, D. F.

000037

1994

SISTEMATIZACION DEL CULTIVO DE Pleurotus Ostreatus

PRESENTA: ELSA ADELA GALICIA ROSAS

ASESOR: M. EN C. ANTONIO GUILLERMO AULLET BRIBIESCA

LUGAR: PROYECTO DE ESTUDIOS SOCIALES, TECNOLOGICOS Y

CIENTIFICOS, INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

TESIS DE MAESTRIA EN METODOLOGIA DE LA CIENCIA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

DIRECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

9 10 10 17 18 14

Número de registro

En la ciudad de México D.F., siendo las 9:00 horas del día 6 del mes de Mayo de 1994, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de PESTyC, para examinar la tesis de grado titulada:

"SISTEMATIZACION DEL CULTIVO DE PLEUROTUS OSTREATUS"

presentada por el alumno:


ELSA ADELA GALICIA ROSAS

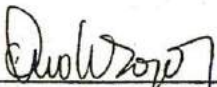
aspirante al grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

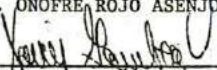
Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

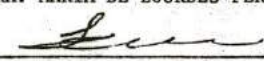
LA COMISION REVISORA


M. en C. GUILLERMO AULET BRIBIESCA
(Director de Tesis)

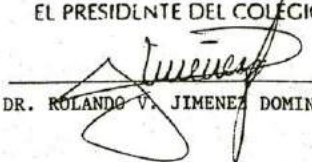

DR. ONOFRE ROJO ASENJO


DRA. MARIA DE LOURDES PEREZ GARRIDO


DR. XAVIER GAMBOA VILLAFRANCA


M. en C. LUIS FERNANDO CASTILLO GARCIA

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. ROLANDO V. JIMENEZ DOMINGUEZ

S E N.
SECRETARIA ACADÉMICA
PESTYC.

**A DIOS, POR TODO LO HERMOSO
Y MARAVILLOSO QUE ME HA
PERMITIDO CONOCER DE LA
VIDA.**

**Mis agradecimientos al M. en C. Guillermo Aullet B.,
y al Ing. Adalberto Ojeda D., por sus atinadas
sugerencias en la realización del presente trabajo.**

INDICE

	Pág.
TEMA	
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
I. HISTORIA E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE HONGOS.....	7
II. <u>Pleurotus ostreatus</u> ("SETA"), CONSIDERACIONES GENERALES.....	14
III. DESCRIPCION DEL PROCESO DE CULTIVO DE <u>Pleurotus ostreatus</u>	22
IV. ANALISIS METODOLOGICO DEL PROCESO DE CULTIVO.....	28
V. PROPUESTA METODOLOGICA.....	60
VI. PAUTAS PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE <u>Pleurotus ostreatus</u>	65
ANEXO.....	74
CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.....	83
BIBLIOGRAFIA.....	88

RESUMEN

El Pleurotus ostreatus es un hongo comestible, muy nutritivo y cuyo cultivo en nuestro país es atractivo, ya que se puede llevar a cabo en diferentes lugares aprovechando principalmente los climas tropicales y semitropicales, así como también los desechos agrícolas, como son los de maíz, de trigo, de café y de algodón, etc., y con ello contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

En este trabajo se presenta una investigación de carácter metodológico sobre el cultivo de Pleurotus ostreatus. Se describen y analizan los criterios y procedimientos que intervienen en el mismo, identificando los factores que mayormente influyen en su producción. Estos factores se sistematizan para elaborar una propuesta metodológica que podría generar altos rendimientos.

ABSTRACT

Pleurotus ostreatus is a variety of edible fungi, highly nutritional whose cultivation in our country is quite attractive, taking advantage of our tropical and semitropical climates, in many differentes places. Besides by using farm wastes mainly from corn, wheat, cofee, cotton, etc., may contribute to a better utilization of the natural resources.

In this work is presented a research of methodological character about the cultivation of Pleurotus ostreatus. The criteria and procedures that intervene in its cultivation are described and analyzed, identifying the factors of greater influence in its production. These factors are systematically classified to elaborate a methodological proposal, that could generat higher efficiency in the production.

INTRODUCCION

Este trabajo tiene como objetivo estructurar una propuesta metodológica que sistematice el cultivo del hongo comestible Pleurotus ostreatus, a partir del establecimiento de los criterios y procedimientos usados y la identificación y análisis de los factores que mayormente influyen en su rendimiento.

Esto constituye un aporte original en el sentido de que el cultivo pueda llevarse a cabo a diferentes niveles de producción, como son el familiar, el semiindustrial o el industrial, lo que representa alternativas ecológicas, nutricionales y económicas.

Es una alternativa ecológica considerando que la República Mexicana tiene 195,820,100 hectáreas de tierras emergidas, de las cuales más del 60% son consideradas como áridas y semiáridas, a las que se adicionan anualmente entre 100,000 y 200,000 hectáreas por el avance de la desertificación (Herrera, 1970; Bravo, 1978; SARH, 1986; Toledo, 1986). Esto hace necesario el uso eficiente de los suelos, en los que se cultivan los principales productos agrícolas como son el maíz, el frijol, el café y la caña de azúcar, además de aprovechar los pastos que crecen en diferentes zonas del país y de los que se alimenta una parte importante del ganado bovino que se produce en México.

El maíz, el frijol y la caña de azúcar sirven como alimento humano, los cuales son fuentes de carbohidratos importantes en la dieta. Los pastos son fuentes indirecta de proteína al alimentarse de ellos el ganado bovino; sin embargo, esto no es suficiente para cubrir las necesidades de proteína que requiere la población mexicana (Toledo, 1986).

Por un lado, la alta tasa de crecimiento de la población mexicana y, por otro, la baja producción de proteína, hacen necesario el uso eficiente de todas las posibles fuentes de alimento.

La ingeniería genética ayuda a elevar la calidad nutricional de los cereales mencionados anteriormente (de Lumen, 1990), asimismo estos cultivos pueden ser fuente de proteína de buena calidad en forma indirecta, si sus residuos orgánicos son empleados como sustratos en el cultivo de hongos comestibles.

El uso de los residuos agrícolas generados en el país para el cultivo de hongos comestibles, así como el empleo de los residuos orgánicos después de cultivados los hongos para fertilizar el suelo, representan algunas de las opciones para mejorar el uso del suelo mexicano y contribuir con ello a la solución de los problemas de la alimentación y la desertificación en el país.

Los hongos comestibles son considerados como alimentos de buena calidad, ya que contienen los 9 aminoácidos esenciales y otras sustancias; como son: vitamina C, vitaminas del complejo B, minerales; además, un gran número de especies poseen valor terapéutico y medicinal (Chang, 1980; Breene, 1990).

Los principales hongos comestibles que se cultivan en el mundo son: *Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes*, *Volvariella volvacea*, *Pleurotus* spp. y más recientemente *Auricularia polytricha* (Chang, 1980; Vedder, 1986). En 1986, la producción de los hongos cultivados fué cercana a 2,2 millones de toneladas métricas, en peso fresco, a nivel mundial (Breene, 1990).

El *Pleurotus* spp. ocupa el cuarto lugar en la producción mundial (Chang and Miles, 1987) y el mayor productor en 1986, fué China; las diferentes especies de este género son muy aceptadas por su sabor.

En México, los hongos que se cultivan en forma comercial son el *Agaricus bisporus* (champiñón) y el *Pleurotus ostreatus*, aunque los volúmenes de este último son muy pequeños comparados a los del champiñón. El *Pleurotus ostreatus* es conocido en el mercado nacional como "seta", crece en forma silvestre en diferentes regiones en el D.F.,

Morelos, Veracruz y Puebla, en donde se le denomina "oreja de cazahuate", "hongo de maguay" y "hongo ostra".

El Pleurotus ostreatus crece en la naturaleza sobre materia orgánica muerta y para su cultivo comercial se emplean diferentes desechos agrícolas, entre los más usados se encuentran los de trigo, algodón, arroz y maíz.

El cultivo de Pleurotus ostreatus puede extenderse a diferentes regiones del país como una actividad económica, ya que cuenta con factores que favorecen su cultivo; entre los más importantes se encuentran: el clima, la materia prima disponible (esquilmos agrícolas) e infraestructura (servicios, carreteras, etc.), así como un amplio mercado, tanto nacional como internacional, principalmente en E.E.U.U. y Canadá (Martínez, et. al., 1991). Sin embargo, para que esto pueda desarrollarse es necesario generar recursos humanos con experiencia en el cultivo, así como planes de desarrollo a nivel nacional en este rubro y apoyo financiero. Estos aspectos se detallan más adelante en el presente trabajo.

Esta tesis esta dividida en seis capítulos.

En el primero se habla de la historia e importancia del cultivo de hongos.

En el segundo se exponen las consideraciones generales del Pleurotus ostreatus.

En el tercero se presenta la descripción del proceso de cultivo de Pleurotus ostreatus.

En el cuarto se hace el análisis metodológico del proceso de cultivo del P. ostreatus, para lo cual fue necesario llevar a cabo experimentos a nivel laboratorio, como:

- a) almacenamiento y mantenimiento de las cepas de P. ostreatus.
- b) determinación del efecto que tiene la cantidad de inóculo, el tipo de inóculo y la cepa, en los rendimientos.

- c) variación de las condiciones de temperatura y tiempo de remojo del sustrato.
- d) variación del tipo de sustrato.
- e) variación de la forma de cultivo.
- f) análisis químico proximal de las cepas denominadas A y B.
- g) aminogramas de las cepas A y B.

En el quinto se propone un método para el cultivo de Pleurotus ostreatus, basado en los resultados experimentales obtenidos y en las experiencias particulares generadas durante el manejo del proceso.

En el sexto se dan pautas para la instalación de una planta productora de Pleurotus ostreatus, como aplicación inmediata de la sistematización del proceso de cultivo.

I. HISTORIA E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE HONGOS

I. HISTORIA E IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE HONGOS

Los hongos comúnmente conocidos como setas, son más antiguos que el hombre sobre la tierra (Vedder, 1986).

Existen más de 2000 especies de hongos comestibles, pero se aceptan como alimento humano únicamente cerca de 25 especies, de éstas se cultivan sólo unas cuantas (Chang, 1980). Las especies más cultivadas son: Agaricus bisporus (champiñón), con el 56 % de producción total; Lentinus edodes (hongo negro del bosque o shiitake), 14 %; Volvariella volvacea (hongo de la paja) 8 %; Pleurotus s.pp. (hongo ostra) 8%; Auricularia s.pp. (hongo oreja de la madera) 6 %; Flammulina velutipes (pata de terciopelo), 5 % y otras especies, 3 % (Chang and Miles, 1987).

El cultivo más antiguo es el de Lentinus que se inició en China en el área de Lung-Chyuan, Ching-Yuan y Jiing-Ning en la provincia de Zhejiang, entre los años 1000 y 1100. Se cree que el cultivo de Lentinus fue introducido al Japón desde China en el siglo XV, pero el primer libro acerca de Lentinus (shiitake) en Japón, escrito por Sato, fue publicado en 1796 (Chang y Miles, 1987).

En 1652, Culpeper publicó su libro Complete Herbal en el que se menciona el cultivo de los hongos que son propagados en abono de caballo podrido y una cama húmeda, mencionando que no eran buenos para comer (Spencer, 1987).

En 1707 el francés Tournefort, escribió que las especies del champiñón se encontraban en forma natural en el estiércol de caballo, que al germinar se desarrollaba el micelio que adicionado a una capa de estiércol de caballo y cubriendo ésta con una capa delgada de tierra, se propagaban los champiñones (Vedder, 1986).

En 1779 Abercrombie escribió un artículo en el que discute ampliamente sobre la naturaleza de los hongos, teniendo gran dificultad en entender cómo los hongos son diseminados, sin embargo, describe el método usado para preparar la semilla. En esa época los hongos se cultivaron en campo abierto (Spencer, 1987).

Por 1810 el francés Chambry cultivó los hongos bajo tierra, en las canteras y cuevas subterráneas de París. Callow, en 1831, mostró que la producción era posible todo el año en Inglaterra y mencionaba que en Alemania se cultivaba todo el año en casas construidas especialmente para ello. Callow cultivó con gran éxito el champiñón (ibid.).

El cultivo de hongos bajo cubierta (champiñón), se llevó a cabo en Francia y los antecesores de los invernaderos modernos fueron desarrollados en Inglaterra. La producción se estableció en varias ciudades de Europa, Norte América, Australia y Sureste de Asia, principalmente China, Sur de Corea y Taiwán (ibid.).

La industria de los hongos (champiñón) se estableció a fines del siglo XIX y a principios de este siglo, inicialmente en Francia, después en Gran Bretaña y otras naciones europeas, como Holanda e Italia. Posteriormente se incluyó E.E.U.U., en donde, después de la Segunda Guerra Mundial, alcanzó la primacía en la producción mundial, la cual mantiene hasta la actualidad.

El sindicato de Cultivadores de Hongos Franceses se estableció en 1892 y la Asociación de Cultivadores de Hongos Británicos (MGA) hasta el año de 1945.

Después de la Segunda Guerra Mundial se dio un rápido incremento en la producción (tablas 1 y 2) y se inició el cultivo de otras setas como *Pleurotus ostreatus*, *P. cornucopiae*, *P. florida* y *P. abalone*; *Auricularia polytricha*; *Stropharia rugoso annulata*; *Flammulina velutipes*; y *Pholiota nameko* (Vedder, 1986).

TABLA 1

PRODUCCION MUNDIAL ANUAL DE CHAMPIÑON (*Agaricus bisporus*) EN TONELADAS (DELCAIRE, 1978, cit. por Flegg, et. al., 1987; BREENE, 1990)

1939	1977	1981	1986
46 000	8 70 000	940 000	1232 000

TABLA 2

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE HONGOS COMESTIBLES (RAJARATHNAM Y BANO, 1987; BREENE, 1990)

ESPECIE	NOMBRE COMUN	PRODUCCION X 1000 TONS	
		1979	1986
<i>Agaricus bisporus/ bitorquis</i>	Champiñón	870	1232
<i>Lentinus edodes</i>	Shii - take	170	314
<i>Volvariella Volvacea</i>	Hongo de paja	49	176
<i>Flammulina velutipes</i>	Pata de terciopelo	60	111
<i>Pleurotus (ostreatus, florida)</i>	Hongo ostra	32	176
<i>Pholiota nameko</i>	Nameko	17	--
<i>Tremella s.pp</i>		10	--
<i>Auricularia s.pp</i>		2	132
Otras especies cultivadas			66

Los principales productores de champiñón de 1980 a 1982, fueron E.E.U.U, Francia, China, Holanda, Reino Unido y Taiwán (tabla 3).

TABLA 3

PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE <i>A. bisporus</i> EN MILES DE TONELADAS (SPENCER, 1987)			
	1980	1981	1982
E.E.U.U	213.3	224	229
FRANCIA	131.7	131.2	143.2
CHINA	66.8	80	87
HOLANDA	60	68	71
REINO UNIDO	61.8	63.8	66.6

En 1986, los principales productores de "shiitake" (*Lentinus edodes*), fueron Japón, China, Taiwán, Corea y E.E.U.U (tabla 4).

TABLA 4

PAISES PRODUCTORES DE <i>Lentinus edodes</i> , EN 1986 (BREENE, 1990)	
PAIS	TONELADAS
JAPON	16 0140
CHINA	120262
TAIWAN	32028
COREA	942
E.E.U.U.	314

Los primeros cultivos de *Pleurotus* spp., se llevaron a cabo en troncos, al inicio del presente siglo (Falck, 1917, 1919; Passeecker 1959; Luthard, 1969; Vessey y Toth, 1970, cit., por Zadrazil, 1978). Posteriormente se cultivaron en aserrín y en composta. El cultivo de *Pleurotus* sobre desechos fue realizado inicialmente por Bano y Srivastava, Schanel y colaboradores; Herzig y colaboradores, durante la década de los años setenta (Zadrazil, 1978).

El cultivo de P.ostreatus ha ganado mayor interés en los últimos 15 años (Rajarathnam y Bano, 1987), tabla 5.

TABLA 5

PRODUCCION MUNDIAL DE <u>PLEUROTUS S.P.P</u> EN TONELADAS (RAJARATHNAM Y BANO, 1987; BREENE, 1990)		
CIUDAD	1979	1986
CHINA	no determinado	103840
JAPON	5500	
TAIWAN	5 850	
ITALIA	2 800	
FRANCIA	5 00	
COREA DEL SUR	15 0	
SUIZA	100	
HUNGRIA	50	
TAILANDIA	50	
TOTAL	15 000	176 000

Los países donde se cultiva en forma comercial Pleurotus spp. son: Kenia, Canadá, Australia, China, Alemania, Hungría, Italia, Francia, Noruega, India, Indonesia, Japón, Malasia, México, Pakistán, Filipinas, Singapur, Taiwán, Tailandia y Estados Unidos. En todos estos países se aprovechan para su cultivo principalmente desechos agrícolas, aunque los hay como Canadá que tratan de usar turba o, como Malasia, que emplea los desechos del algodón de la industria textil (Rajarathnam y Bano, 1987).

El cultivo de hongos en México (Martínez, et. al, 1991).

En México, el cultivo de hongos comestibles se inició con el champiñón en 1931, por Leben Zdravie, quien provenía de Italia y después de muchos ensayos pudo establecer en 1939 la primera planta productora en Vallejo, México D.F., para lo cual

empleaba "semilla" proveniente de Francia. Fue en 1941 cuando obtuvo la primera cosecha estable.

En 1949 Cano Faro estableció en Cuajimalpa, D.F, la planta "Hongos de México, S.A. de C.V." y en 1954, en estas instalaciones, se construyó el primer laboratorio de inóculo en México.

En 1960 Leben Zdravie estableció en Ticomán su propia empresa, llamada "La Pastora", la cual cerró en 1977. En 1975 Leben Stavar fundó la planta "Hongos Leben", en el Estado de México y construyó el segundo laboratorio de producción de inóculo en el país.

Fue hasta 1974 cuando la planta "Hongos de México" cultivó por primera vez el Pleurotus ostreatus, desde entonces hasta la actualidad su demanda ha ido en aumento. En el mercado se le conoce como "setas".

En la actualidad "Hongos de México" cuenta con las plantas de Cuajimalpa, El Encinal, Chapultepec, San Pedro la Isla y "Champimex".

En 1985 se fundó la empresa "INTECALI", con la participación de la iniciativa privada, el CONACyT y la UNAM, para la producción de champiñón.

En la tabla 6 se muestra la producción alcanzada en 1991 por las principales empresas del país. En los últimos años un grupo de pequeños productores también se han sumado al cultivo del champiñón y de la "seta".

TABLA 6

PRODUCCION DE <u>A. bisporus</u> y <u>P. ostreatus</u> EN MEXICO, EN 1991 (MARTINEZ, ET.AL, 1991).		
COMPAÑIA	<u>A. bisporus</u>	<u>P. ostreatus</u>
HONGOS DE MEXICO	20 ton/día	100kg/día
HONGOS LEBEN	2.4 ton/día	300-400 kg/día
INTECALI (uotagos)	8 00 kg/día	

(528365)
18980 Año

II Pleurotus ostreatus ("SETA"), CONSIDERACIONES GENERALES

II. Pleurotus ostreatus ("SETA"), CONSIDERACIONES GENERALES

Pleurotus se desarrolla en forma natural en las zonas templadas y subtropicales, de otoño hasta el invierno, como saprófitos sobre los troncos y tocones de árboles latifoliados, raramente sobre coníferas (Rinaldi y Tyndalo, 1985).

Durante el ciclo de vida de Pleurotus, si las esporas germinan en un medio adecuado dan origen a hilos o filamentos denominados hifas cuyo conjunto se conoce como micelio primario. Dichas hifas se vuelven septadas con células uninucleadas. El micelio en tales condiciones normalmente no es capaz de producir cuerpos fructíferos. Al cruzarse los micelios compatibles, monocariontes, se produce el micelio dicariótico o secundario, el cual presenta en sus células septadas (fase vegetativa), la estructura llamada conexión en grapa, cuya función es la de mantener la naturaleza binucleada. En condiciones climáticas adecuadas se desarrolla el micelio terciario que forma pequeños cuerpos de hifas compactas o primodios de las fructificaciones, las que al alcanzar un mayor tamaño forman a su vez los cuerpos fructíferos o esporóforos. Esta es la fase reproductiva. En los esporóforos se encuentran las lamelas o estrias que contienen los basidios, en donde se forman y maduran las basidiosporas las cuales, llegado el momento, son expulsadas con gran fuerza (fig 1). Las basidiosporas vuelven a producir el micelio monocariótico que al cruzarse con otro compatible forma el dicarionte, iniciándose así un nuevo ciclo (fig. 2).

Taxonómicamente, el Pleurotus, pertenece al Reino Fungi, a la División Eumycota, la Subdivisión Basidiomycotina, la Clase Holobasidiomycetes, la Subclase Hymenomycetidae, el Orden Agaricales, la Familia Tricholomataceae, y el Género Pleurotus (Herrera y Ulloa, 1990).

El género Pleurotus, presenta variaciones morfológicas según las condiciones del ambiente, por lo que su clasificación taxonómica se vuelve confusa. Singer (cit., por Rajarathnam y Bano, 1987), lo clasifica en cinco grupos: a) Lepiotarii, la especie reportada como cultivada es P. corticatus; b) Pleurotus, las especies cultivadas son: P. ostreatus, P. sapidus, P. eryngii; c) Calyptari, la especie cultivada es P. calypttratus; d) Lentodiellum, la especie cultivada es P. sajor-caju; e) Tuber-regium, la especie cultivada es P. tuberregium.

Las principales especies del género Pleurotus que se producen en forma comercial son: P. sajo-caju, P. ostreatus, P. florida, P. cornucopiae, P. fabellatus, P. eous, P. cystidus, P. abalonus.

Los cuerpos fructíferos de Pleurotus ostreatus, tienen un "sombrero" en forma de ostra y se hallan sobrepuestos igual que las tejas de un techo, el color varía, pueden ser violáceos oscuros, cafés, grises o blancos. Con la edad experimentan pérdidas de color, adquiriendo un tono amarillento y los bordes del "sombrero" se enrollan hacia las esterías, donde se aclaran y ondulan con la cutícula lisa. El diámetro de un "sombrero" o píleo es de 5 - 15 cm y el diámetro de un ramillete es de 15-25 cm. Los estípites son laterales, inclinados, algunas veces rudimentarios, con bases pubescentes confluentes en una masa cónica, firme, blanca y suave. Las estrías más o menos cerradas, anchas, decurrentes sobre el estípite continuo, no se cruzan unos con otros. Son de "carne" gruesa, tierna, blanca, de olor y sabor agradable (Rinaldi y Tyndalo, 1985). (fig. 1).

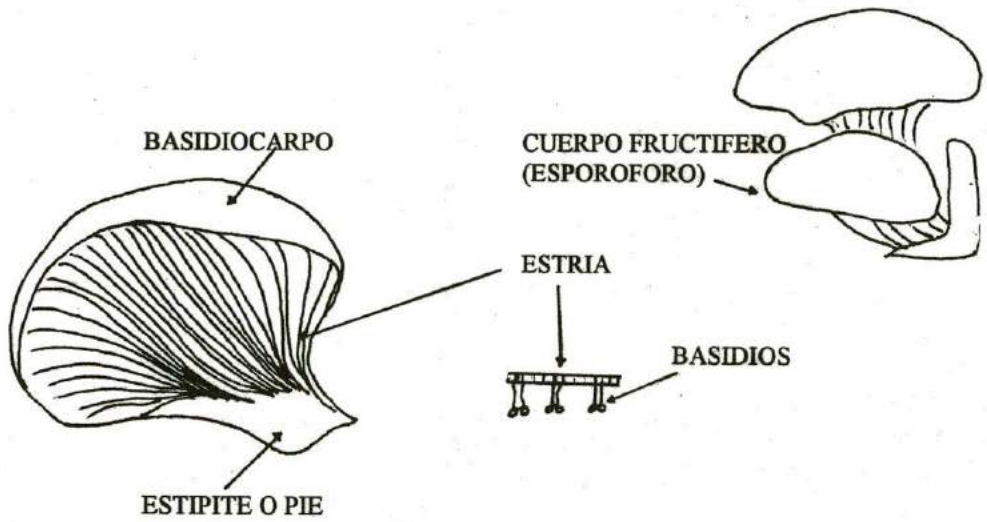


Fig. 1. Partes de *Pleurotus ostreatus*.

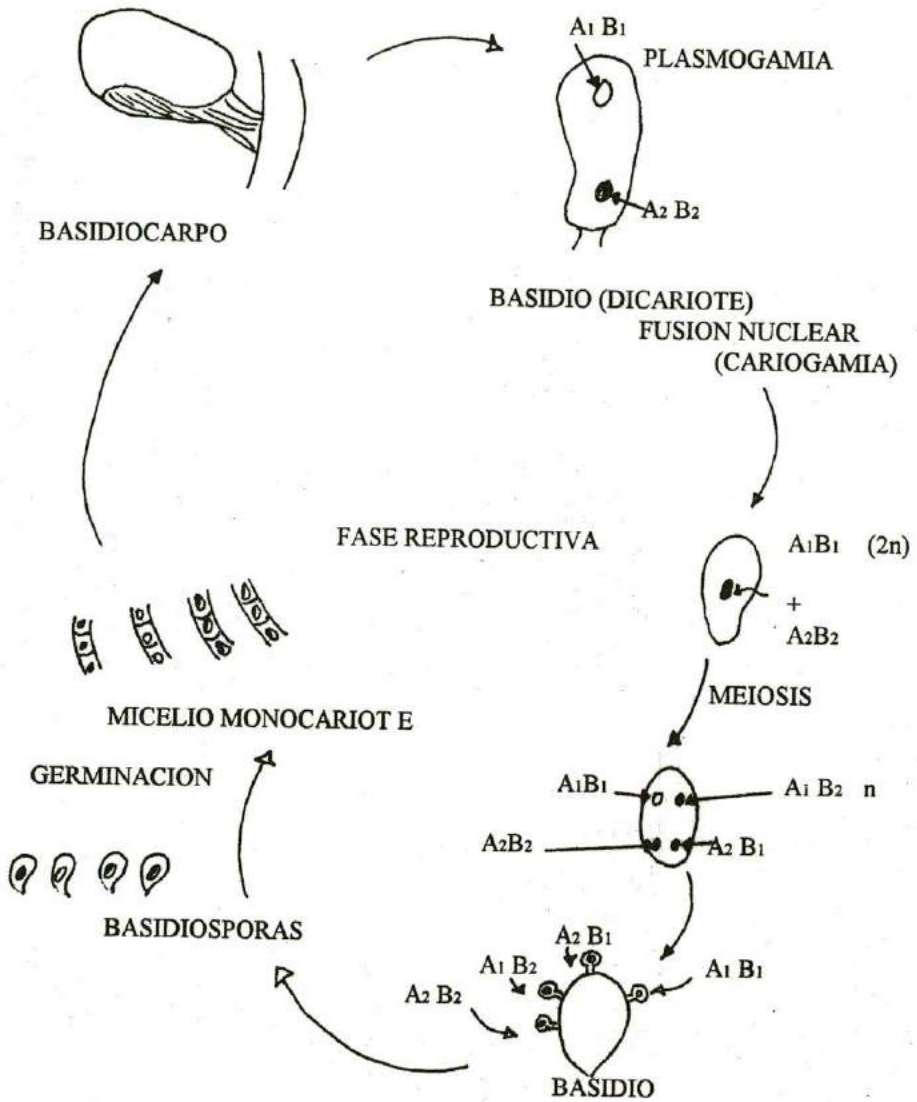


Fig. 2. CICLO DE VIDA DE LAS ESPECIES DE *Pleurotus*.

El micelio del Pleurotus ostreatus se caracteriza por su rápido crecimiento y fácil penetración en sustratos lignocelulósicos como rastrojo de maíz, papel, aserrín, cáscara de nuez, desechos de arroz, de trigo, de algodón, turba, bagazo de maguey, cardamomo y pulpa de café (Zadrazil, 1974; Khan, et. al., 1981; Platt, et. al., 1984; Manu and Martín, 1986; Guzmán, et. al., 1987; Soto, et. al., 1987; Morales, 1987).

El micelio de P. ostreatus degrada selectivamente a la lignina mediante la lacasa que actúa sobre la lignina, y la celulasa que actúa sobre la celulosa de los sustratos. La lacasa rompe las uniones éster con pérdida de grupos metoxilo y cadenas laterales obteniéndose derivados del ácido cinámico. Los nuevos grupos hidroxilo fenólicos formados y los grupos aromáticos pueden oxidarse posteriormente por la lacasa y obtener así productos de bajo peso molecular o precursores del ácido húmico que sirven como elementos nutricionales al hongo (Giovannozzi y Luna, 1981).

Dado que Pleurotus ostreatus consume lignina pero simultáneamente también celulosa y hemicelulosa, se han realizado trabajos para tener cepas selectivas degradadoras de lignina (Aguilera, et. al. 1982; Ramírez, 1989).

Los componentes químicos del sustrato sólido son importantes; así, los hongos de la pudrición blanca, entre los cuales se cuenta a Pleurotus, degradan más lignina si la concentración del nitrógeno y los compuestos del carbono fácilmente metabolizables son bajas (Eggeling, 1983; Commanday and Macy 1985). Al crecer Pleurotus ostreatus en sustratos como algodón o café, se obtienen mejores resultados que en trigo o bagazo de caña (Platt, et. al., 1984; Guzmán, et. al., 1987; Soto, et. al., 1987).

Los principales componentes que aprovecha el Pleurotus ostreatus son la lignina, la hemicelulosa y la celulosa, por lo que estos organismos pueden cultivarse en cualquier tipo de material que contenga elevadas concentraciones de estos (Hojas Divulgadoras, 1985).

La celulosa es un polímero lineal de la D-glucosa con enlaces β (1 \rightarrow 4) glucosídicos y puede tener un grado de polimerización mayor a 3000 (fig.3). (Lehninger, 1979; Avilés, 1980).

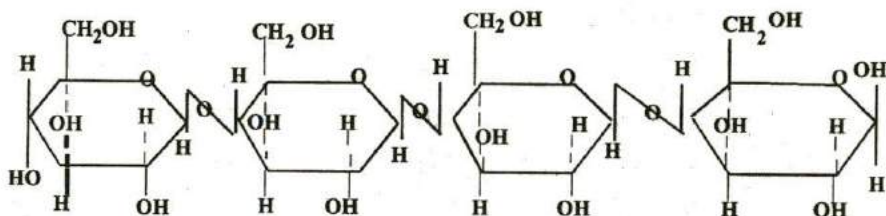


Fig.3. Estructura química de la celulosa

La hemicelulosa es un polímero de las pentosas principalmente de los D-xilanos, los que son polímeros de la D-Xilosa con enlaces β (1 \rightarrow 4) y que poseen cadenas laterales arabinosa y otros azúcares (Lehninger, 1979).

La lignina es un polímero globular con unidades aromáticas, sus precursores son los fenilpropanos, alcohol p-cumárico, alcohol coniferílico y el alcohol sinápico (fig. 4), (Eggeling, 1983).

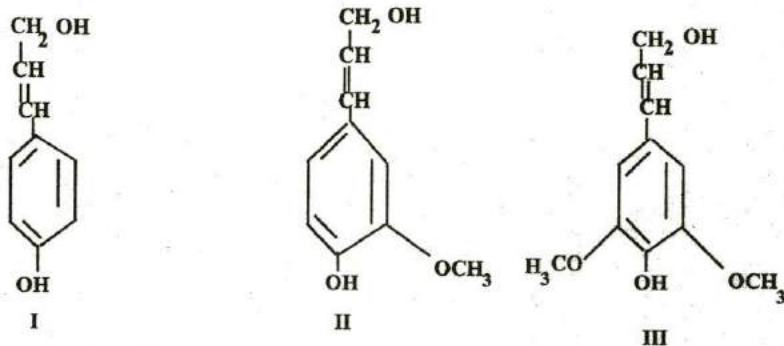


Fig. 4. Precursores de la lignina. I. Alcohol p-cumárico, II. alcohol coniferílico, III. Alcohol sinápico.

⇒ En estudios realizados sobre la delignificación de los desechos de trigo por Pleurotus spp., se ha encontrado que de las fracciones de hemicelulosa, celulosa y lignina, la hemicelulosa es descompuesta con mayor rapidez y la lignina en una proporción menor (Tsang, et. al., 1987). En el cultivo de Pleurotus spp., se producen como subproductos de la fermentación sólida, los esquilmos agrícolas degradados, es decir delignificados, los cuales se han propuesto como alimento para el ganado bovino. Sin embargo, se ha visto que no es práctico producir hongos de este género y un residuo delignificado que a su vez sea altamente digerible, ya que esto último se consigue únicamente cuando no se cosechan los cuerpos fructíferos de la fermentación sólida (Streeter, et. al., 1982; Tsang, et. al., 1987).

Se ha determinado que la actividad ligninolítica en Pleurotus ostreatus es inhibida por exceso de nitrógeno en el sustrato. La suplementación de un medio bajo en nitrógeno con glucosa (0.3%) mejora la actividad ligninolítica (Commanday and Macy, 1985, v. tabla 7, en el anexo).

El desarrollo de Pleurotus sajor-caju durante 36 días, en sustratos lignocelulósicos, producen un cambio en la relación C/N de 80 a 20, debido parcialmente a la pérdida de materia orgánica, así como un incremento en la cantidad absoluta de nitrógeno, debido a la bioconversión de los residuos en el crecimiento del hongo; parte de este incremento del nitrógeno en el sustrato agotado se debe a la presencia de bacterias del tipo Clostridium spp., que son fijadoras de nitrógeno (Bisaria, et. al., 1990). La bioconversión de los desechos de trigo por Pleurotus florida es de 42.5 %.

III. DESCRIPCION DEL PROCESO DE CULTIVO DE Pleurotus ostreatus

III. DESCRIPCION DEL PROCESO DE CULTIVO DE Pleurotus ostreatus.

En el cultivo de P. ostreatus se reproduce de manera artificial su ciclo de vida. El proceso de cultivo consta de los siguientes pasos:

- a) Desarrollo de las basidiosporas
- b) Desarrollo del micelio dicariótico o secundario en granos de cereales.
- c) Desarrollo del micelio terciario en el sustrato.
- d) Crecimiento de los cuerpos fructíferos o esporóforos de Pleurotus ostreatus, en el sustrato.

En el diagrama 1, se observa el ciclo completo del cultivo de Pleurotus ostreatus.

a) DESARROLLO DE LAS BASIDIOSPORAS

El proceso de cultivo se inicia con la germinación de las basidiosporas, que pueden estar aisladas o bien en las lamelas de un pedazo del tejido del cuerpo fructífero que las contiene. Las basidiosporas en un medio de cultivo sintético; por ejemplo, agar-extracto de malta o papa dextrosa-agar, se desarrollan dando origen al micelio primario que al combinarse entre sí con otro micelio primario compatible, se produce el micelio dicariótico o secundario.

El sistema de cruzamiento en Pleurotus involucra la producción de cuatro formas de basidiosporas; una de ellas puede cruzarse únicamente con cualquiera de las tres remanentes, por lo que el porcentaje de recombinación entre las basidiosporas del mismo padre es de 25 % y el 75 % es para la incompatibilidad. Estas características pueden ayudar a construir un mayor grado de variación genética por cruzamiento repetido, así como una menor estabilidad genética (Rajarathnam y Bano, 1987).

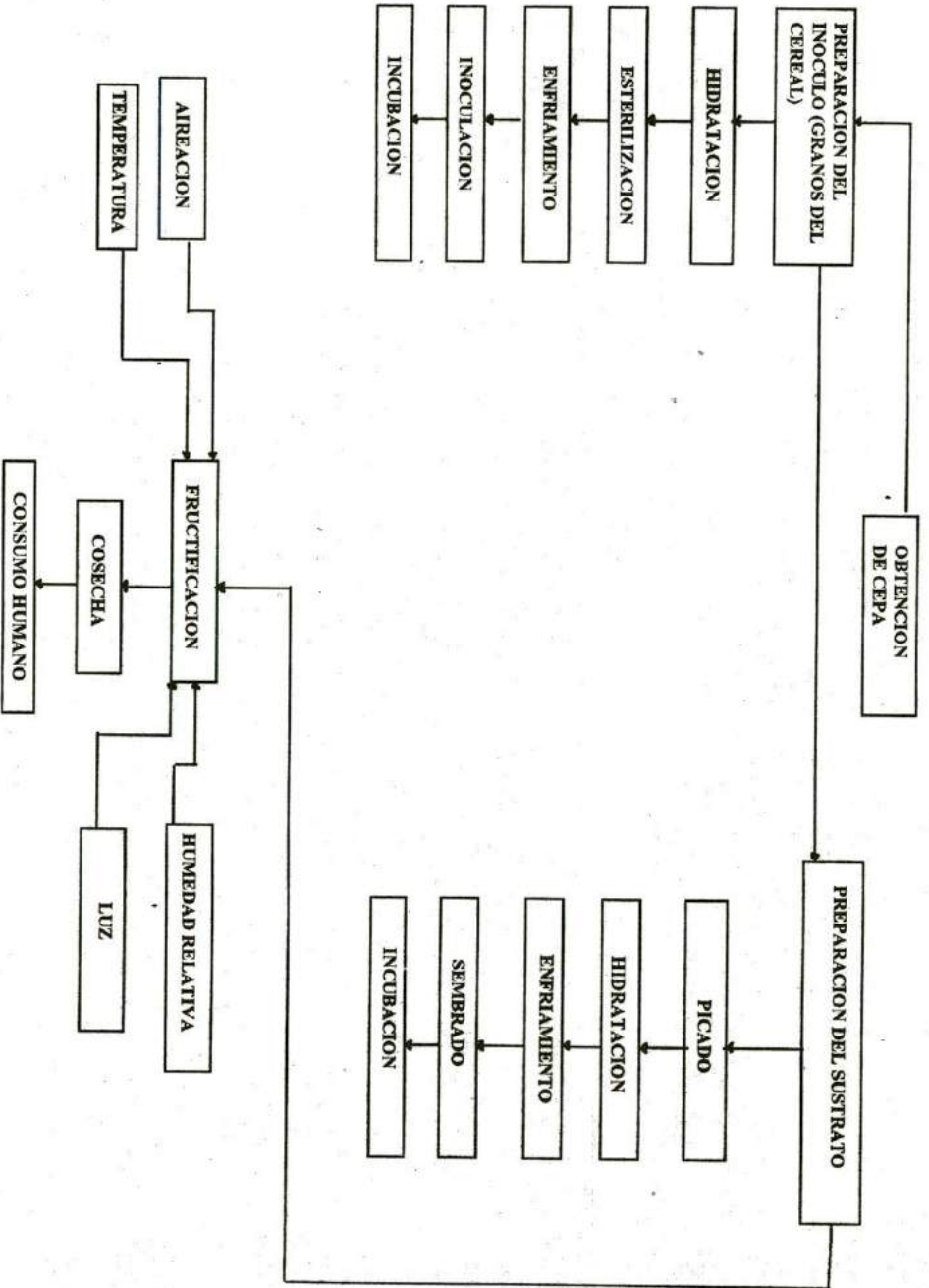


Diagrama 1. Ciclo de cultivo de Pleurotus ostreatus

La forma y color de los cuerpos fructíferos, así como la longitud y el diámetro de las esporas están influidos por las condiciones del cultivo; existen cepas de Pleurotus ostreatus que producen esporas blancas, lilas o grisáceas (Eger, et. al., 1976; Bresinsky, et. al. 1976).

Esta etapa es de vital importancia, ya que con la pureza del cultivo y el tipo de cepa se mantienen los niveles de productividad, así como la calidad de comestible. Todo esto se lleva a cabo en el laboratorio.

b) DESARROLLO DEL MICELIO DICARIOTICO O SECUNDARIO EN GRANOS DE CEREALES.

Una vez que se tiene el micelio dicariótico o secundario en el medio sintético, éste se propaga en mayores volúmenes sobre semillas de cereales que le sirven como sustrato y alimento. Esta etapa se lleva a cabo en el laboratorio y se usa un cuarto de temperatura constante a 27°C, para que se tenga suficiente inóculo o "semilla" durante el proceso.

c) DESARROLLO DEL MICELIO TERCIARIO EN EL SUSTRATO.

El micelio crecido en granos de cereales constituye el inóculo o "semilla" para el sustrato, que como ya se ha mencionado está constituido por los esquilmos agrícolas.

En la tabla 7 (ver tabla 7 en el anexo) se muestra el cambio en la composición de algunos esquilmos agrícolas al cultivar Pleurotus sajor-caju por 36 días (Bisaria, et. al., 1990).

Se considera que durante el desarrollo del micelio de Pleurotus ostreatus en el sustrato, éste es degradado a bióxido de carbono y agua, permaneciendo casi constante el contenido absoluto de los minerales o cenizas (Zadrazil, 1974; Ramírez, 1989; v. tabla 8, en el anexo).

A pesar de que se ha obtenido el desarrollo de Pleurotus spp. en diferentes sustratos, se recomienda que se utilicen en forma comercial los desechos de arroz, trigo, maíz, algodón, café, mezcla de aserrín de madera dura y salvado (Stamets and Chilton, 1983; Rajarathnam and Bano, 1987; Soto, et. al., 1987).

El bagazo de caña no se recomienda debido a que el Pleurotus no puede utilizar la sacarosa (Rajarathnam and Bano, 1987); sin embargo, en mezclas de aserrín de pino y bagazo de caña (1:1) se obtienen rendimientos aceptables, del 91 %, con tres cortes (Gómez, 1987).

El intercambio de gas, que depende de la relación volumen-densidad inicial del sustrato, está determinado por la forma y distribución de las partículas del sustrato en relación al volumen del sustrato. La fase de gas y el intercambio del mismo puede ser alterado por adición de cantidades definidas del agua al sustrato (Zadrazil y Brunnert, 1981).

Las especies de Pleurotus tienen una elevada tolerancia al CO₂, cuando la fase micelial inicial se desarrolla en el sustrato; esto produce un mecanismo de defensa del Pleurotus frente a otros organismos, como los microbios aerobios. El contenido de CO₂ y la temperatura pueden ser parámetros técnicos importantes en el cultivo.

Durante el desarrollo micelial en el sustrato, se presenta el efecto chimenea, que depende de la cantidad del sustrato y la forma en que se halle distribuido; este efecto produce en el sustrato diferentes temperaturas, la temperatura más elevada se encuentra en la parte interior, donde hay más sustrato acumulado, alcanzando valores de hasta 35°C, a esta temperatura el micelio de Pleurotus ostreatus no crece. En la parte más externa del sustrato, la temperatura es de 19-22°C. Debido a la distribución desigual de calor, aire y agua, se generan corrientes en la composta (Zadrazil, 1974).

El micelio de P. ostreatus se desarrolla en óptimas condiciones de 25-28°C, a menores temperaturas, cuando crece en los sustratos, puede inhibirse su desarrollo; por ejemplo, cuando el micelio crece en desechos de algodón el consumo de oxígeno aumenta con un incremento en la respiración fúngica, después de 7 a 10 días de desarrollo (Platt, et. al.,1984). Por tanto, las condiciones de anaerobiosis deben favorecerse los primeros días de desarrollo.

d) CRECIMIENTO DE LOS CUERPOS FRUCTIFEROS O ESPÓROFOROS DE Pleurotus ostreatus, EN EL SUSTRATO

Se considera que la luz es un factor de iniciación para el desarrollo de los primodios, aunque esto no se puede generalizar ya que Volland (1981) determinó que la luz no era necesaria para la iniciación de la fructificación de "Pleurotus de Quebec". Sin embargo, se requiere de una cierta cantidad de luz para que los cuerpos fructíferos se desarrollen normales. Por tanto, este factor repercute directamente en la calidad y los rendimientos del cultivo (Zadrazil, 1974; Volland, 1981). Se recomienda para la fase de fructificación 2000 lux/hora por 12 horas/día o luz natural difusa (Stamets and Chilton, 1983).

Para la fructificación la temperatura óptima es de 15-25°C; la humedad relativa debe ser del 85 al 95% en la fase de fructificación. Este proceso se lleva a cabo en completas condiciones aerobias, con menos de 600 p.p.m. de CO₂ (Stamets and Chilton, 1983).

IV. ANALISIS METODOLOGICO DEL PROCESO DE CULTIVO

IV ANALISIS METODOLOGICO DEL PROCESO DE CULTIVO.

Para poder sistematizar el cultivo del Pleurotus ostreatus, fué necesario llevar a cabo una investigación sobre los factores que intervienen en él y que presumiblemente son los que mayormente influyen en los rendimientos, así como los criterios y procedimientos comúnmente utilizados. Para tal efecto se consideraron como variables que influyen en el rendimiento, las siguientes:

- A) EL MANEJO DE LA CEPA
- B) LA OBTENCION DEL INOCULO O LA "SEMILLA"
- C) EL SUSTRATO Y SU ACONDICIONAMIENTO
- D) LAS CONDICIONES DE CULTIVO
- E) LA FRUCTIFICACION
- F) LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Algunas de estas variables se han estudiado en forma separada y usando una sólo cepa; así, por ejemplo, Khanna y Garcha (1981) estudiaron el efecto que tenía el inóculo a diferentes concentraciones (5, 8 y 11%), usando una sólo cepa, la Pleurotus florida, NRRL 3526, y como inóculo semillas de trigo. Estos investigadores determinaron que los rendimientos no eran significativos al usar mayores concentraciones de inóculo.

Singh, en 1981, usando una sólo cepa de Pleurotus sajor caju, reportó los rendimientos al emplear como sustrato esquilmos de arroz, con un inóculo al 5% en peso seco y manejando diferentes formas de inoculación, así como diferente temperatura y humedad de acuerdo a las distintas estaciones del año y usando diferentes formas de sembrado. De esta forma observó que la humedad y la temperatura (65.6-85. 0% y

19.1°- 30.5°C), son factores importantes en el rendimiento. En cuanto a la forma de inoculación, ésta resultó mejor cuando usa una doble capa de "semilla". Respecto a la forma de sembrado, dio mejores resultados en bolsas de polietileno como contenedores.

Zadrazil, 1980, determinó los efectos del nitrato de amonio y suplementos orgánicos, como la harina de soya y de alfalfa, en los rendimientos de una cepa de Pleurotus sajor-caju Fr. Sing., encontró que estos elementos son factores que afectan los rendimientos.

Es por esto que en el presente trabajo se han considerado como factores importantes en el rendimiento, las variables mencionadas anteriormente, estudiándolas como un sistema, de aquí que la hipótesis se tome bajo la función Rendimiento = f (A, B, C, D, E, F) que funge como hipótesis general, ya que el rendimiento es una variable dependiente, cuya importancia es relevante en el proceso de cultivo, pues con base en ésta, se podrá tener un proceso eficiente que pueda realizarse a un nivel de producción rentable.

En ésta investigación se analiza por separado cada una de las variables mencionadas y los criterios y procedimientos comúnmente manejados; asimismo, se determinan las características y procedimientos de manejo que generan mayor rendimiento y que pueden ser aplicados en México por los productores potenciales.

Para verificar que estas variables influyen en el rendimiento se llevaron a cabo algunos experimentos:

a) Almacenamiento y mantenimiento de las cepas de Pleurotus ostreatus por la técnica de resiembra periódica.

b) Determinación del efecto que tiene la cantidad, el tipo de inóculo y el tipo de cepa, en los rendimientos.

c) Variación de las condiciones de temperatura y tiempos de remojo del sustrato.

- d) Variación del tipo de sustrato.
- e) Variación de la forma de cultivo.
- f) Análisis químico proximal de las cepas denominadas A y B.
- g) Aminogramas de las cepas A y B.

A) EL MANEJO DE LA CEPA

Se denomina "cepa" a la progenie de microorganismos que derivan de los mismos padres y su función dentro del proceso de cultivo es la de obtener los carpóforos con características adecuadas, ya que se pueden tener cepas con mayores o menores rendimientos, así como aspectos físicos, entre los que se encuentran: la fragilidad, el color, el tamaño; elementos que adquieren importancia en el proceso de comercialización.

En el cultivo de hongos comestibles el mejorar y mantener la viabilidad, el vigor y los rendimientos de la cepa, implica todo un desarrollo metodológico que se puede dividir en dos grandes bloques: el mejoramiento genético y los métodos de conservación.

1. Mejoramiento genético

El mejoramiento genético puede llevarse a cabo por:

- 1.1 Selección de las mejores cepas
- 1.2 Cruzamiento de cepas monospóricas
- 1.3 Fusión de protoplastos

1.1 Selección de las mejores cepas

La procedencia de una cepa de *Pleurotus ostreatus* puede ser del medio natural donde se desarrolla o bien de una colección microbiana.

Cuando la cepa se aísla del medio natural se utiliza el tejido del carpóforo o la esporada que se obtiene al colocar el cuerpo fructífero con las lamelas hacia abajo, sobre una hoja blanca limpia o papel filtro, durante 8-24 horas y en él se depositan millones de esporas.

Para el aislamiento a partir del carpóforo, se elige el que se observe más vigoroso, sin ningún defecto de desarrollo, y se coloca en una bolsa, de preferencia polipapel o polipropileno, para su transporte (si no se realiza el aislamiento inmediatamente se guarda en refrigeración). Con tijeras estériles se corta un pedazo de carpóforo y en condiciones estériles se inocula en una caja de Petri que contenga medio sintético de Agar (20g/l) y extracto de malta (15g/l), esterilizado durante 15 minutos a 15 lb/in², se incuba de 7 a 10 días a 25 °C, es el tiempo que tarda el micelio en invadir la superficie de la caja Petri.

Generalmente, el aislamiento a partir de las esporas se emplea para obtener cultivos monospóricos, los que sirven para hacer cruzamientos entre cepas monospóricas compatibles. El procedimiento consiste en cortar un pedazo de papel de 1 cm² que contiene la esporada, y colocarlo en agua estéril, de aquí se hacen diluciones y se inocula en un medio sintético de agar-extracto de malta, preparado como se mencionó anteriormente. Las colonias monospóricas aisladas se emplean para llevar a cabo los cruces; cuando hay cruzamiento macroscópicamente se observa que los micelios se funden en uno sólo; si no ocurre esto y se observan segmentaciones, no hay fusión y no se da la dicarionización, que es la forma que puede dar origen a la formación de los carpóforos.

1.2. Cruzamiento de cepas monospóricas

Se han obtenido cepas con alguna característica específica; por ejemplo: cepas cuya producción de esporas es mínima o cepas acelulolíticas, usando técnicas que emplean básicamente mutaciones (Ramírez, 1989). Son muy deseables en el cultivo, las cepas con baja producción de esporas porque dichas esporas producen alergias; lo mismo sucede con las que pueden degradar lignina sin degradar celulosa; esto se ha realizado pensando en la posibilidad de usar los residuos del cultivo como alimento para ganado bovino.

En la actualidad las cepas de Pleurotus ostreatus con baja producción de esporas, se encuentran disponibles en algunos ceparios de Alemania y E.E.U.U.

1.3. Fusión de protoplastos

La técnica de fusión de protoplastos se ha introducido recientemente para el mejoramiento genético de los macromicetos. Esta técnica consiste en la hibridación de células somáticas en las que se elimina la pared celular con un método enzimático para la liberación de los protoplastos. La fusión se lleva a cabo en presencia de polietilenglicol con un grado de polimerización que corresponda a una masa molecular de aproximadamente 4,000, en presencia de iones calcio (Ca^{++}). Como marcadores genéticos se usan mutantes auxotróficos, para determinar cuándo ha habido la fusión de protoplastos (Scriban, 1985; Toyomasu and K. Mori, 1987).

2.Métodos de conservación

Una vez que se ha obtenido la cepa que se va a cultivar, es necesario proceder a su conservación.

A través de la conservación se trata de reducir la actividad metabólica y disminuir al máximo la posibilidad de un cambio genético, para lo cual es necesario la elección de una técnica de conservación adecuada y de control de calidad.

Específicamente para el Pleurotus ostreatus , existen pocos reportes acerca de las técnicas de conservación, aunque se ha determinado que la técnica de conservación con nitrógeno líquido es muy adecuada (Maekawa, et. al., 1990).

Para llevar a cabo todos los estudios de sistematización se obtuvieron las cepas de diferentes colecciones microbianas, las cuales se mantuvieron en el laboratorio por la técnica de resiembra periódica que se describe a continuación.

En el método de resiembra periódica las cepas de Pleurotus ostreatus se desarrollan en cajas Petri con Agar-extracto de Malta por 7 a 10 días, a 27°C, hasta que el micelio invade la superficie del medio de cultivo. De aquí se toma un pedazo de medio de 1 cm² aproximadamente y se transfiere a un tubo de ensaye de 16 X 150 mm que contiene Agar- extracto de Malta, con tapón de algodón y se incuba a 27°C durante 7 a 10 días. El tubo se sella con papel aluminio y una cinta adhesiva y se mantiene a 8°C por espacio de seis meses. Al término de este período se determina el rendimiento de la cepa, para lo cual la cepa se reactiva sembrándola en cajas de Petri con Agar- extracto de Malta, e incubándola de 7 a 10 días, a 27°C. Este medio con el micelio crecido, sirve como inóculo en el sustrato para determinar los rendimientos de la cepa y así medir su eficiencia biológica.

Una forma de medir la eficiencia biológica en la industria de los hongos consiste en expresar el rendimiento de los hongos como una proporción del peso seco de la composta en el sembrado. Así, una eficiencia biológica del 100% significa que un kilogramo de hongo fresco puede cosecharse en un determinado tiempo, por un kilogramo de la composta seca (Chang, 1980).

Otra técnica de resiembra periódica empleada es con matraces Erlenmeyer de 125 ml, a los que se añaden 10 ml de agua destilada y paja de rastrojo de maíz o trigo, previamente humedecido; el medio así preparado se esteriliza durante 15 minutos a 15 lb/in², se enfría y se inocula con un pedazo de 1 cm² aproximadamente de medio de cultivo sintético con micelio crecido por 7 a 10 días, se incuba a 27°C por espacio de 12 días, el tapón de algodón se sella con papel aluminio y cinta adhesiva, y se mantiene a 8°C por 1.5 años al término del cual se determina el rendimiento de la cepa.

Los resultados obtenidos con estas técnicas fueron con una cepa a la que se le denominó "A", cuyas características iniciales eran: pileo ("sombrero") café claro cremoso, los carpóforos en promedio medían de 5-15 cm y desarrollaban en ramillete a manera de tejado. Se seleccionó esta cepa debido a que produjo los mayores rendimientos de cuatro cepas probadas previamente, cuyos resultados se dan en la tabla 9.

TABLA 9

METODOS DE CONSERVACIÓN DE LAS CEPAS				
RENDIMIENTOS g DE HONGOS FRESCO/kg SUSTRATO SECO				
TIEMPO DE RESIEMBRA (MESES)	0	6	12	18
MEDIO SINTETICO	920 ± 123	889 ± 55	876 ± 93	780 ± 89
RASTROJO DE MAIZ	917 ± 140	-	-	898 ± 68
PAJA DE TRIGO	911 ± 175	-	-	850 ± 105

En la tabla 9 se observa que cuando se usa el medio sintético para las resiembras periódicas se presenta un mayor descenso a los 18 meses, comparados con los otros dos medios empleados. La técnica de resiembra periódica usando como medio de conservación rastrojo de maíz, es la que da mejores resultados y se puede realizar en un laboratorio sin técnicas costosas, como la de conservación en nitrógeno líquido.

B) INOCULO O "SEMILLA"

Se define como inóculo, "semilla", micelio activado o "spawn", al micelio del *Pleurotus ostreatus* que se desarrolla alrededor de algún medio que le sirve como alimento y soporte, el cual puede estar constituido de semillas de algún cereal, como trigo, mijo, sorgo, maíz, etc., o residuos agrícolas, tales como rastrojo de maíz, esquilmos de trigo, de algodón, de café, etc.

Para determinar el efecto que tiene la cantidad y el tipo de inóculo en los rendimientos del hongo, se probaron el trigo y el mijo con el micelio desarrollado, a las concentraciones de 2, 5, 8, y 14% con respecto al peso seco del sustrato; para esto se diseñó un experimento en el cual se varió además el tipo de cepa.

Las semillas de cereal se preparan remojándolas en agua corriente durante 24 hs.; en este período las semillas alcanzan una humedad del 34%. Luego se colocan en un recipiente que puede ser un frasco de vidrio, de polipropileno, o una bolsa de polipropileno; se tapa con algodón o papel aluminio y se esteriliza en una autoclave a 15 lb/in², por espacio de 45 minutos.

Las semillas estériles se inoculan con un pedazo de medio sintético de agar-extracto de malta de aproximadamente 1 cm², en el que ha desarrollado previamente el micelio dicariótico y se incuban a 27°C por 11-15 días, tiempo que tarda el micelio inoculado en invadir todas las semillas del recipiente, lo cual provoca que aparezca totalmente blanco el recipiente. El micelio así obtenido se denomina G₁. Se recomienda almacenarlo a temperatura ambiente como máximo 6 semanas o a 8°C hasta seis meses. Cuando las semillas de trigo o mijo se inoculan con trigo o mijo activado de la generación G₁, el inóculo así obtenido se denomina G₂. Si el G₂ se usa como inóculo, entonces el micelio activado que se obtiene se le denomina G₃. Se recomienda que hasta G₂ se emplee como inóculo para la producción de G₃, pero G₃ ya no debe usarse con este fin, debido a que hay variación genética que se manifiesta por lo general como debilitamiento del micelio, produciendo carpóforos más pequeños, menos vigorosos y con menos rendimientos.

En el experimento donde se varió la cantidad y el tipo de inóculo, como, fue el trigo y el mijo al 2,5,8 y 14% para las cepas denominadas A, B, C y D, usando como sustrato rastrojo de maíz, calentado por 30 minutos a 70°C, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 10 y las gráficas 1,2,3, y 4.

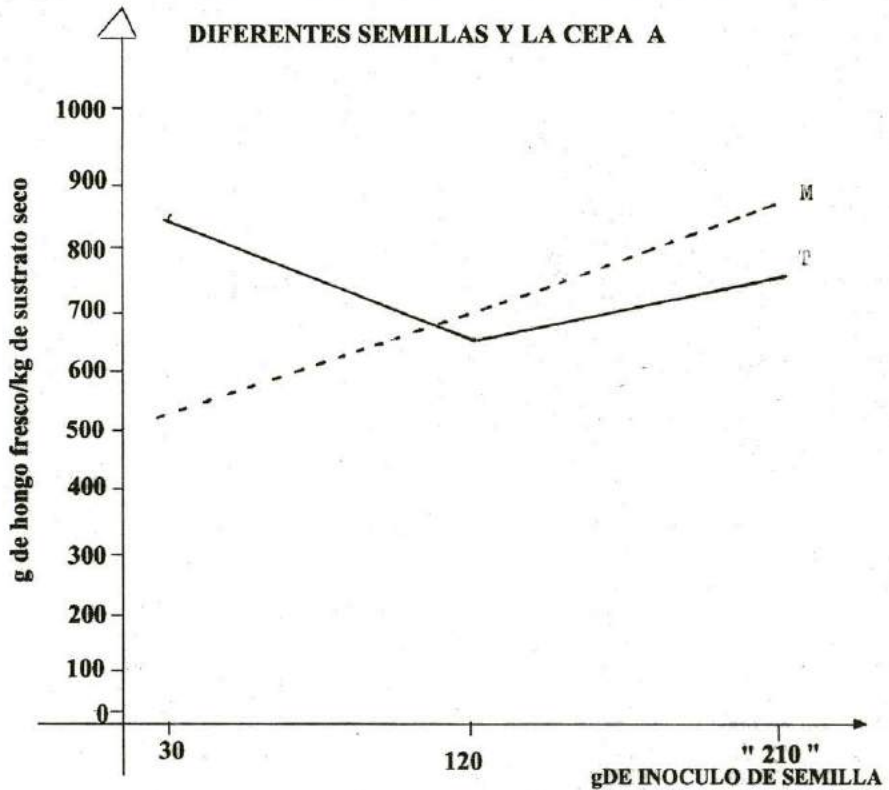
TABLA 10

RENDIMIENTOS CON DIFERENTES CEPAS DE <i>Pleurotus ostreatus</i> . CANTIDAD Y TIPO DE INOCULO, g DE HONGOS FRESCO/kg SUSTRATO SECO								
CEPA TIPO DE INOCULO	A		B		C		D	
	TRIGO	MIJO	TRIGO	MIJO	TRIGO	MIJO	TRIGO	MIJO
2%	845±71	512±150	169±33	111±38	337±22	387±37	358±7	444±30
5%	-	-	-	-	484±138	551±152	463±26	371±117
8%	645±64	704±153	166±33	500±33	661±14	801±77	540±120	731±188
14%	761±154	863±148	377±51	597±70	-	-	-	-

GRAFICA 1

VARIACION DE LOS RENDIMIENTOS USANDO

DIFERENTES SEMILLAS Y LA CEPA A

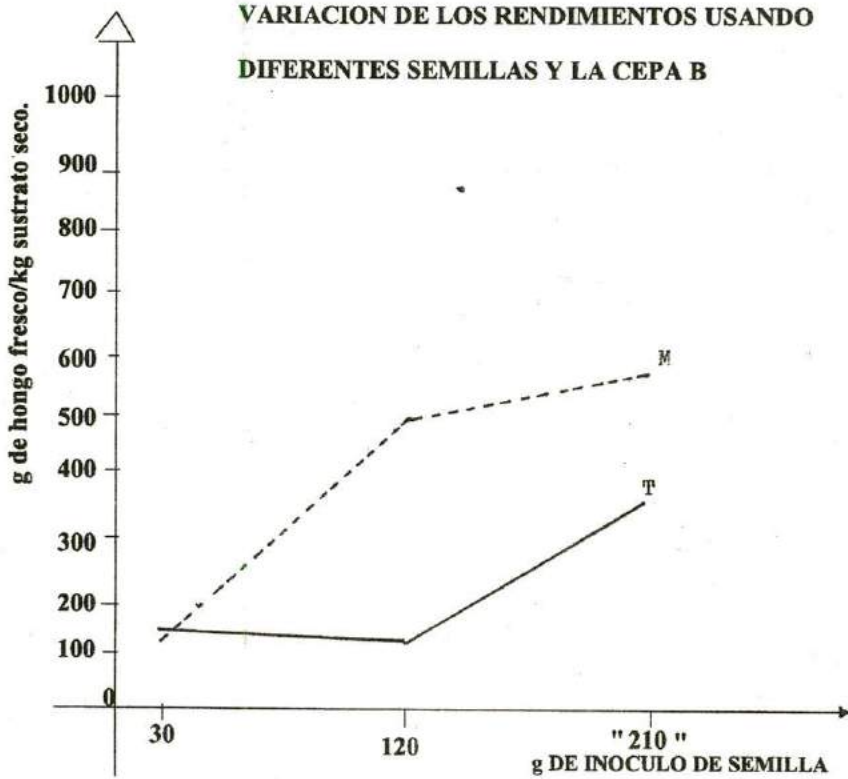


M= MIJO

T= TRIGO

GRAFICA 2

**VARIACION DE LOS RENDIMIENTOS USANDO
DIFERENTES SEMILLAS Y LA CEPA B**



M= MIJO

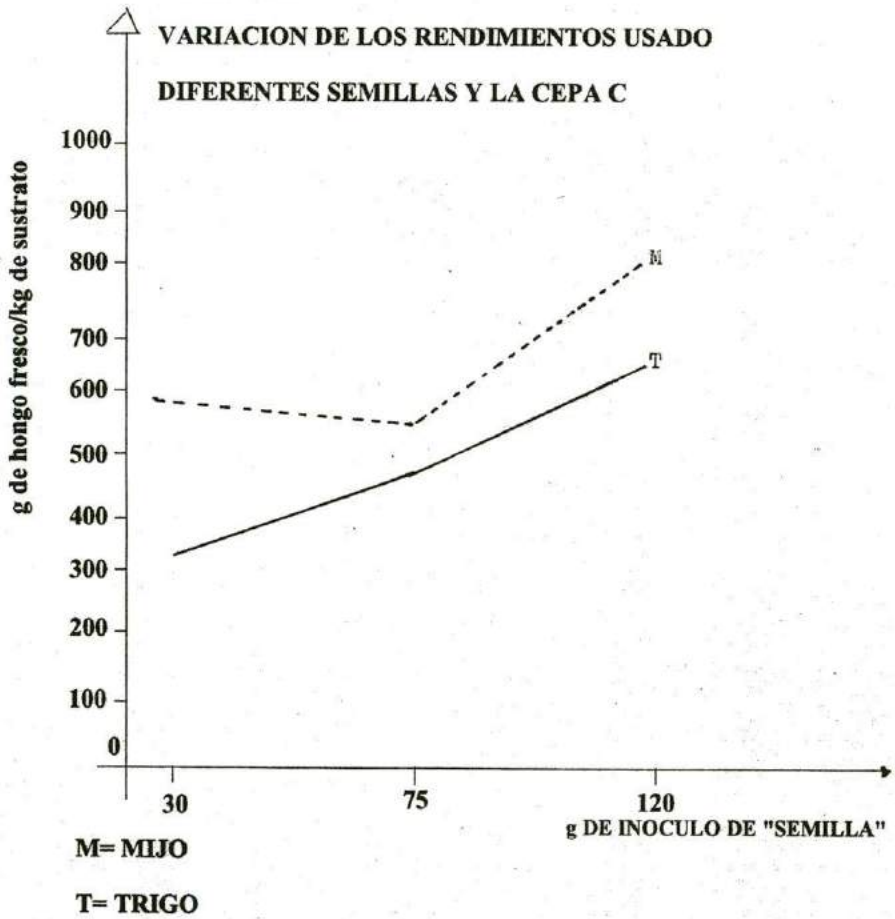
T= TRIGO



S. E. I. - I. P. N.
SE. RETARIA ACADEMICA
PESTY C.

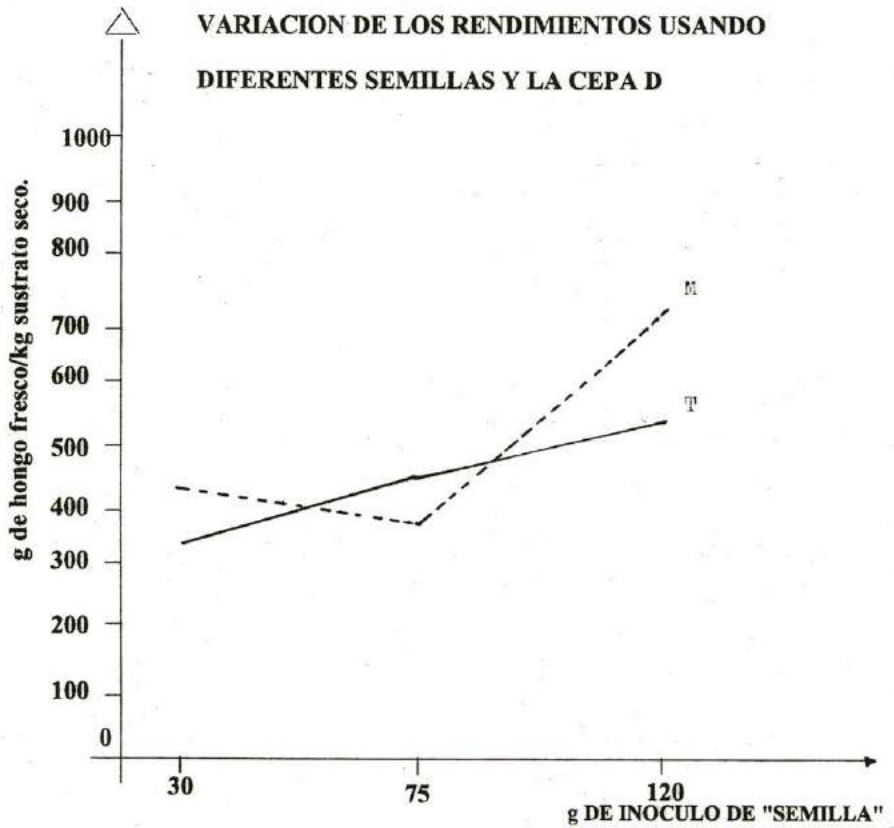
GRAFICA 3

**VARIACION DE LOS RENDIMIENTOS USADO
DIFERENTES SEMILLAS Y LA CEPA C**



GRAFICA 4

**VARIACION DE LOS RENDIMIENTOS USANDO
DIFERENTES SEMILLAS Y LA CEPA D**



M= MIJO

T= TRIGO

En cada una de las gráficas se observa que los rendimientos aumentan a medida que se incrementa la cantidad de inóculo, el mijo resulta el que proporciona mayores rendimientos. De aquí que estos tres factores evaluados sean importantes y deben considerarse para la obtención de buenos rendimientos.

C) EL SUSTRATO Y SU ACONDICIONAMIENTO

Como ya se ha mencionado el sustrato puede consistir en esquilmos agrícolas. Sin embargo su uso comercial deberá reunir ciertas características, ya que no todos los esquilmos tienen los mismos constituyentes; debido a esto se diseñaron dos experimentos. En uno se variaron las condiciones de temperaturas y tiempos de remojo y en el otro el tipo de sustrato y también la forma de cultivo.

En un experimento se determinó el efecto que tienen la temperatura y el tiempo de remojo en agua sobre los rendimientos, ya que esta es una técnica de tratamiento del sustrato, el cual se eligió debido a la facilidad de su manejo.

El experimento para determinar cuáles son las mejores condiciones de tratamiento del sustrato que proporcionan mejores rendimientos, consistió en variar las temperaturas y los tiempos de remojo del sustrato en agua corriente, las cuales fueron: temperatura de 20°C por 24 horas de remojo; temperatura de 40°C por 15, 30, y 45 minutos de remojo; temperatura de 60°C por 15, 30, 45 minutos y temperaturas de 80°C por 15, 30, y 45 minutos de remojo.

En la tabla 11 y en la gráfica 5, se muestran que los mejores rendimientos se obtienen a 80°C calentando el rastrojo de maíz durante 30 minutos, aunque el comportamiento a 60°C es casi similar a éste tiempo. Sin embargo, a medida que el tiempo de remojo aumenta manteniendo la temperatura de 80°C, los rendimientos disminuyen drásticamente, no así a 60°C. Estos comportamientos indican que el tiempo de calentamiento es un factor importante.

Con la temperatura a 40°C no hay rendimientos, cuando el rastrojo de maíz se remoja por 15 y 30 minutos. En estas condiciones se observó que hubo invasión de bacterias y no hubo desarrollo micelial.

El tiempo de remojo del sustrato es importante, pues cuando es por 24 horas a 20°C (temperatura ambiental), el rendimiento es parecido al alcanzado, a 60°C por 45 minutos. No se llevó a cabo el análisis de varianza, dado que no se obtuvieron datos cuando el sustrato se remojó a temperatura ambiente (20°C), por 15, 30, y 45 minutos; no hubo desarrollo debido que la humedad requerida no se alcanzó, pues es necesario para ello, una humedad de aproximadamente del 75%.

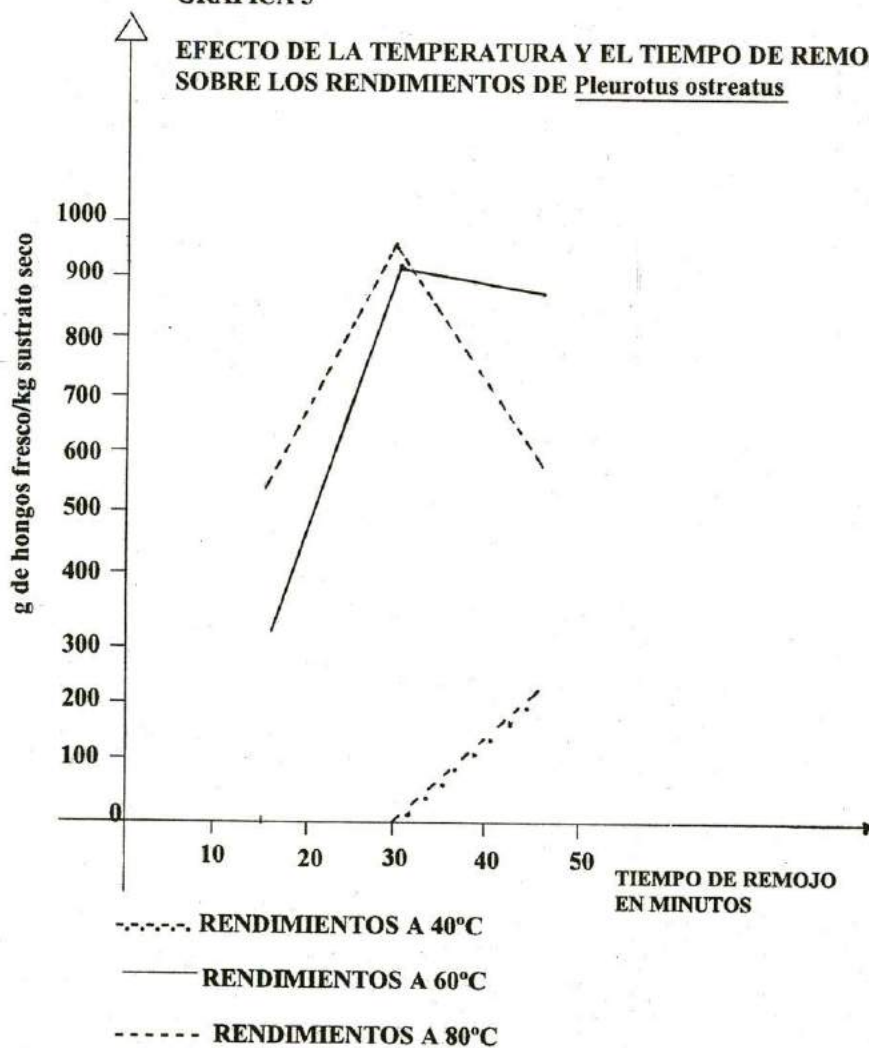
TABLA 11

EFECTO DE LA TEMPERATURA Y DEL TIEMPO DE REMOJO SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE *P. ostreatus* (g DE HONGO FRESCO/kg DE SUSTRATO SECO)

TEMPERATURA	20°C	40°C	60°C	80°C
TIEMPO (MINUTOS)				
15	-	-	307 ± 281	533.33
30	-	-	925 ± 128	955 ± 290
45	-	228+141	891 ± 263	566 ± 218
24 horas	840+276			

GRAFICA 5

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE REMOJO
SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE Pleurotus ostreatus**



Para determinar el efecto que tiene el tipo de sustrato en el rendimiento se usaron esquilmos de rastrojo de maíz, de trigo, mezclas de rastrojo de maíz y desechos de trigo (1:2), mezclas de desechos de trigo y nopal en una relación 1:2.

Para todos los experimentos se usaron 1.5 kg de sustrato seco, con un tiempo de remojo a 70°C durante 30 minutos, como inóculo trigo al 8% y la cepa A. Se repitieron cinco veces cada uno de los experimentos.

En la tabla 12 se presentan los resultados con los que se muestra el efecto que tiene el tipo de sustrato en los rendimientos.

TABLA 12

EFECTO QUE TIENE EL TIPO DE SUSTRATO EN LOS RENDIMIENTOS DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	
RENDIMIENTOS	g DE HONGOS FRESCO/kg SUSTRATO SECO
SUSTRATO	
PAJA DE TRIGO	777.12 ± 280.68
RASTROJO DE MAIZ	782.24 ± 226.34
RASTROJO DE MAIZ + PAJA DE TRIGO 1: 2	442.92 ± 36.02
PAJA DE TRIGO + NOPAL 1: 2	366.44 ± 54.16

En esta tabla, se observa que el sustrato es un factor importante para los rendimientos, sin embargo, cuando la composición de los sustratos es semejante como es el caso de la paja de trigo y el rastrojo de maíz, (véase la tabla 7), los resultados son muy parecidos. Lo cual confirma la importancia de la composición de los sustratos en cuanto a celulosa, hemicelulosa, lignina y la relación C/N.

D) LAS FORMAS DE CULTIVO

En otro experimento se variaron dos formas de cultivo. Una cilíndrica y otra de cama. La primera se realizó inoculando en una bolsa de polietileno 7.5 kg de rastrojo de maíz (peso seco), dándole la forma de cilindro, con inóculo al 8% y calentando el sustrato en agua a 70°C durante 30 minutos, esta operación se repitió veinte veces. La otra forma de cultivo se realizó en anaqueles en forma de cama, con 7.5 kg de rastrojo de maíz seco (tratado previamente para que contara con la humedad requerida) con un sustrato de 10 cm de espesor y tapados con plásticos de polietileno en forma de túneles; se hicieron 8 repeticiones. Los datos se muestran en la tabla 13.

TABLA 13

DIFERENTES FORMAS DE CULTIVO DE *Pleurotus ostreatus*

FORMA DE CULTIVO	g DE HONGO FRESCO/kg SUSTRATO SECO
CILINDRO	1035 ± 150
CAMA	586 ± 219.43

Puede observarse en la tabla 13, que la forma de cultivar el hongo es muy importante, pues los rendimientos casi se duplican cuando la siembra adopta la forma de cilindro, esto se debe a que presenta mayor superficie de contacto con el aire y mayor homogeneidad para el intercambio de gases que se lleva a cabo durante el proceso de fermentación, lo cual facilita el desarrollo del micelio y la fructificación. Cabe señalar que las cuatro cepas pueden desarrollarse en presencia de la luz.

E) FRUCTIFICACION

La fructificación se inicia con la aparición de los botones que tienen forma parecida a una cabeza de alfiler, esto sucede de los 20 a los 30 días de sembrado el sustrato con la "semilla", de acuerdo a las condiciones ambientales, principalmente temperatura y humedad. Estos botones se desarrollan hasta alcanzar la forma madura, llamada cuerpo fructífero (pileo y estípote); este proceso dura de 6 a 8 días y el tamaño y las características morfológicas varían según la cepa.

Durante la fase de experimentación se manejaron cuatro tipos de cepas cuyas características se describen a continuación.

Cepa A. Sus pileos crecen en forma de ramillete, de color café claro tendiendo al blanco cuando la cantidad de luz disminuye. En un mismo ramillete se encuentran "sombrosos" de diferentes tamaños, cuya parte más ancha va de 2.5 cm a 14 cm, tiene forma de ostra y son carnosos, sus bordes son convexos y el estípote es pequeño.

Cepa B. Se desarrolla en forma de ramillete, su "sombrero" es de color gris oscuro, miden en la parte más ancha de 2 a 10 cm tienen forma de ostra, son carnosos, con bordes convexos, de "tallo" pequeño.

Cepa C. Tiende a desarrollar el "sombrero" en forma aislada, de color blanco, miden en la parte más ancha, de 2 a 10 cm, tienen forma de oreja alargada, son delgadas y carecen de "tallo", a medida que maduran tienden a enrollarse hacia dentro.

Cepa D. Se desarrolla en forma aislada, es de color café cremoso, su "sombrero" mide, en la parte más ancha, de 2 a 8 cm, tiene forma de oreja alargada, son delgadas y carecen de tallo, absorben con facilidad el agua de riego.

En esta etapa de fructificación se mantiene la humedad del ambiente aplicando un riego ligero para alcanzar una humedad relativa de 85-90%. Se obtienen con un contenido de humedad los cuerpos fructíferos de aproximadamente del 93%.

Se llevó a cabo el análisis químico de las cepas A y B; también se realizaron los aminogramas de las mencionadas cepas, estos análisis se muestran en las tablas 14, 15, y 16 y fueron realizados por el Departamento de Alimentos, de la Unidad de Biotecnología del C.I.N.V.E.S.T.A.V., del I.P.N. (no se llevaron a cabo los análisis químicos ni los aminogramas de las cepas C y D, por falta de presupuesto).

TABLA 14

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS CEPAS A Y B		
MUESTRA	CEPA A	CEPA B
% HUMEDAD	93.48	93.67
% CENIZAS (BASE SECA)	7.69	10.62
% PROTEÍNA (BASE SECA) N X 4.3	13.10	19.36
EXTRACTO ETÉREO (BASE SECA)	2.02	2.62

Como puede observarse en la tabla 14, la composición en porcentaje de proteína y de minerales en base seca, son mayores para la cepa B, este es un factor importante desde el punto de vista nutricional. Comparando la cantidad de proteína y de aminoácidos esenciales (lisina, treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina; fenilalanina y triptofano no determinado) proporcionados en las tablas 14, 15 y 16, entre la cepa A y B, se puede considerar a las cepas A y B, como organismos con producción de proteína de calidad moderada, tomando como referencia a las proporcionadas en Chang, 1980.

Esta proteína de calidad moderada puede apoyar en forma esencial la nutrición cotidiana, ya que al consumir 100 g de hongo fresco, tomando como base la proteína de la cepa B, se consumen 1.93 g de proteína en peso seco.

Los resultados proporcionados en las tablas 14, 15 y 16, muestran que las cepas de Pleurotus ostreatus tienen variación en su composición proteínica, de aminoácidos y de minerales, a pesar de haber sido cultivadas bajo las mismas condiciones. Dada esta variación entre las cepas, deberá considerarse este punto para elegir el tipo de cepa que deberá usarse en el proceso de cultivo que, además de proporcionar buenos rendimientos, contenga una proporción adecuada de proteína y aminoácidos esenciales; esto se puede alcanzar haciendo cruza entre cepas que contengan elevada proporción de proteínas y aminoácidos esenciales y aquellas que produzca altos rendimientos.

TABLA 15

AMINOGRAMA DE LA CEPA A			
AMINOACIDO	PESO MOLECULAR	NANO MOLES	GRAMOSA.A
		1 mg MUESTRA	100gPROTEINA
Lisina	146.2	78.97	1.15
Histidina	155.2	26.78	0.41
Amonio	17.0	238.62	0.40
Arginina	174.2	25.05	0.43
Ac. Aspártico	133.1	76.06	1.01
Treonina	119.1	39.58	0.47
Serina	105.1	39.52	0.41
Ac. glutámico	147.1	169.79	2.49
Prolina	115.1	45.00	0.51
Glicina	75.1	69.68	0.52
Alanina	89.1	68.96	0.61
Promedio de	240.3	NO	HAY RESOLUCION
Cistina			
Valina	117.1	45.17	0.52
Metionina	149.2	19.25	0.28
Isoleucina	131.2	25.25	0.33
Leucina	131.2	50.58	0.66
Tirosina	181.2	40.57	0.73
Fenilalanina	165.2	37.06	0.61

Se realizó en el Depto. de Alimentos del C. I. N. V. E. S. T. A. V. del I. P. N.

TABLA 16

AMINOGRAMA DE LA CEPA B			
AMINOACIDO	PESO MOLECULAR	NANO MOLES 1 mg MUESTRA	GRAMOSA A 100gPROTEINA
Lisina	146.2	109.65	1.50
Histidina	155.2	41.13	0.63
Amonio	17.0	293.97	0.49
Arginina	174.2	38.28	0.66
Ac. Aspártico	133.1	121.04	1.61
Treonina	119.1	78.01	0.92
Serina	105.1	67.41	0.70
Ac. glutámico	147.1	265.73	3.90
Prolina	115.1	55.00	0.63
Glicina	75.1	124.20	0.93
Alanina	89.1	129.80	1.15
Promedio de Cistina	240.3	NO HAY RESOLUCION	
Valina	117.1	78.13	0.91
Metionina	149.2	24.71	0.36
Isoleucina	131.2	50.18	0.65
Leucina	131.2	111.49	1.46
Tirosina	181.2	170.13	3.08
Fenilalanina	165.2	81.40	1.34

Se realizó en el Depto. de Alimentos del C. I. N. V. E. S. T. A. V. del I. P.N.

F) LA CALIDAD DEL PRODUCTO

El control de calidad se define como la serie de acciones a llevarse a cabo para impedir defectos y una variabilidad innecesaria en los factores del proceso, más bien que a la inspección para la aceptación de piezas y productos después de producirse los defectos (Alford, et. al., 1965).

De esta definición hay que destacar la importancia que tiene en una fabricación en serie o en una presentación repetitiva. Así las características que sirven para identificar una unidad pueden ser de dos tipos (Scriban, 1985):

Cuantitativa: existe un intervalo de tolerancia, si el valor de la medición cae de dicho intervalo, la característica se considera satisfactoria, en el caso contrario es defectuosa.

Cualitativa : aquí, cada característica sólo puede presentar dos estados : satisfactorio o no satisfactorio.

El control de calidad en el proceso de cultivo de Pleurotus ostreatus , se lleva a cabo en dos niveles:

a) en el de producción, cuyo objetivo es impedir el desarrollo de carpóforos defectuosos.

b) en el producto, su objetivo es la eliminación de carpóforos que no reúnan las características de calidad que más adelante se detallan.

a) CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE PRODUCCION

El proceso de producción es una de las acciones que se deben controlar, dentro de éste, la estabilidad genética del Pleurotus ostreatus , es digna de consideración. Se recomienda que para la conservación de las características generales de una cepa, el medio de cultivo utilizado debe ser tan próximo como sea posible a las condiciones

industriales, no debe ser muy rico en factores bióticos y debe mantener una composición constante, así como limitarse las resiembras (Scriban, 1985).

En el presente trabajo se determinó que una manera de mantener en forma sencilla la estabilidad genética es usado como sustrato rastrojo de maíz y su conservación de 5a8°C, esto permite hacer resiembras hasta por un período de un año y con ello disminuir el riesgo de pérdida de la estabilidad genética. Se ha mencionado anteriormente que la congelación con nitrógeno líquido puede mantener la estabilidad genética por varios años.

La degeneración del cultivo de la "semilla" o inóculo se denota por la pérdida de las cualidades deseadas, como el desarrollo lento, sobrevivencia baja, poca productividad y baja competitividad frente a otros organismos durante la fase de desarrollo micelial en el sustrato.

En el tratamiento del sustrato para eliminar la contaminación que puede afectar el proceso, así como mantener las características nutricionales y físicas (% de humedad, tamaño de partícula), es recomendable someter al sustrato a una temperatura de 70°C, con un tiempo de pasteurización de 30 minutos.

Es necesario llevar a cabo el control microbiológico, desde la cepa, pasando por el tratamiento del sustrato, la fructificación y el corte, hasta la presentación del producto.

Un método de control microbiológico muy sencillo es el uso de las técnicas microscópicas (observación directa, coloración de Gram, entre otras) principalmente, en el manejo de la cepa, la preparación de la "semilla" o inóculo, el tratamiento del sustrato y la fructificación.

Durante la fructificación, que comprende el desarrollo del micelio y la aparición de los carpóforos, debe adoptarse la higiene de las instalaciones; para esto es recomendable la eliminación de moscos (Heteropeza pigmaea, Leptocera heteroneura, Lycoriella solani, entre otras), frecuentes en el cultivo, los cuales pueden atacar al hongo

en sus diferentes estados de desarrollo, ya sea directamente o depositando sus huevecillos que más tarde se convierten en larvas o bien pueden ser transmisores de bacterias o virus, causando con ello pérdidas en la producción. Una forma preventiva recomendada es el lavado de las instalaciones cada vez que se efectúa un nuevo cultivo, con cloro al 2%, así como los instrumentos usados; como ya se mencionó la pasteurización del sustrato debe ser adecuada para eliminar los posibles contaminantes, ya sean bacterias, larvas, huevecillos de moscos y nemátodos. Se recomienda el uso de equipo con un monitor de insectos para indicar su presencia y tomar medidas en contra de ellos.

b) CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO

La calidad del Pleurotus ostreatus es importante en su comercialización y se clasifican en dos grupos:

1. Setas seleccionadas : son aquellos hongos cuyas dimensiones van de 8-12 cm, no presentan alteración en su morfología y el "tallo" o pie ha sido cortado. Se presentan en cajas de cartón de 50 x 40 x 10 cm, en sus costados tienen pequeñas perforaciones cuya función es la de aerear el producto, contienen 2kg de setas en fresco las que se cubren con papel encerado para mantener la humedad y dar mejor presentación al producto.

2. Setas no seleccionadas : generalmente se mantienen en cajas de plástico, las que pueden contener de 10 a 15 kg de hongo fresco. Estas setas son de menor tamaño y se hallan revueltas con setas rotas o maltratadas, con peligro de contaminación por hongos o bacterias.

Características de calidad

A continuación se definen las calidades que deben de presentar las setas en el momento de su expedición, después de su acondicionamiento y empaquetamiento.

Las características mínimas del producto deben ser:

- no exhibir algún daño, estar intactas, sin quebraduras
- de aspecto fresco
- sanos
- exentos de insectos
- de color homogéneo, sin la aparición de manchas café o amarillentas por falta de humedad.
- humedad entre 90-93%
- exentos de olor y sabor extraños

Todas estas características las verifica el comprador empíricamente, pues no existen normas ni especificaciones estándar.

El grupo de setas pueden dividirse en : setas empacadas y no empacadas.

En las setas empacadas se dan dos categorías: categoría I y categoría II.

Categoría I

Son los hongos de mayor calidad, deben estar:

- exentos de defectos, bien formados y enteros, de color normal.
- limpios, sanos, exentos de insectos
- de aspecto fresco, con humedad entre 90-93%
- sin pie
- su tamaño de 8-12 cm, en su parte más grande.
- empacadas en cajas de 2 kg, esto para facilitar su comercialización.

Categoría II

Debe exhibir las mismas características que la categoría I, excepto en el tamaño, pues son más pequeñas, sus dimensiones van de 6 a 9 cm y pueden empaquetarse en cajas con 1 kg de hongo fresco.

Setas no empacadas:

Por lo general son setas no seleccionadas, por lo tanto, su tamaño varía de aproximadamente de 2-14 cm, van acompañadas de setas rotas o maltratadas y por lo general mantienen algo de pie.

Las condiciones de almacenamiento son muy importantes para mantener la calidad. Se recomienda almacenarlos a 5°C, en estas condiciones, el tiempo de comercialización puede hacerse hasta el octavo día (Martínez, et. al., 1989).

La calidad del hongo también deberá ir relacionada con la composición, en la tabla 14 se da el análisis químico proximal de las cepas A y B, en el que se observa que la cantidad de proteína es aceptable y se puede considerar de buena calidad.

Para determinar la calidad del producto se llevó a cabo el cultivo de *P. ostreatus* usando bolsas de polietileno con 7.5 kg de rastrojo de maíz seco y la cepa "A", dándole la forma de cilindro y tratamiento como se describió anteriormente. La población considerada fué de 100 bolsas de polietileno, cuando se inició la fructificación de las 100, se eligieron al azar 10 bolsas, de las cuales se llevaron a cabo dos cortes en un período de 30 días. En cada corte se midió cada una de las setas, obteniendo dos medidas, una que partía desde la base del corte del pie hasta el final de "sombbrero" (medida a), siendo esta medida siempre inferior a la segunda que se tomó en la parte más ancha de la seta (medida b), por lo que la forma de las setas de la cepa A es como se muestra en la figura 5.

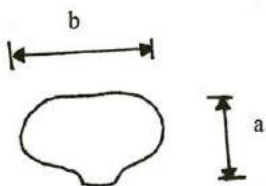


Fig. 5. Forma de pïleo ("sombrero") de la cepa "A"; **a** medida del pïleo de la base del corte del pie hasta el final del sombrero (largo); **b** medida del pïleo en su parte mäs ancha.

Al llevar a cabo estas mediciones se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 17.

TABLA 17

CALIDAD DE LA CEPA A, CULTIVADA EN RASTROJO DE MAIZ				
RENDIMIENTO (%)				
	TOTAL DE PILEOS SIN PIE	TOTAL DE PILEOS SIN PIE	PILEOS CON DEFECTOS Y SIN PIE	PILEOS SIN PIE Y SIN DEFECTOS
	%	%	%	%
PRIMER CORTE	59.3	52.5	2.5	50
SEGUNDO CORTE	28.7	25.1	3.3	21.8
TOTAL	88.0	77.6	5.8	71.8
TAMAÑO DEL PILEO (SIN PIE Y SIN DEFECTOS)				
	LARGO (MEDIDA a)		ANCHO (MEDIDA b)	
PRIMER CORTE	9.9 ± 2.1		12.2 ± 2.9	
SEGUNDO CORTE	8.9 ± 2.0		11.5 ± 2.7	

De la tabla 17 se puede decir que la cepa "A" reúne las características para clasificarla dentro de la categoría I, de las setas seleccionadas, por lo que los pileos de esta cepa pueden introducirse al mercado sin mayor dificultad. Presenta un elevado nivel de competitividad en el mercado dado el alto rendimiento que presenta con sus pileos sin pie y sin defectos, siendo de 71.8%.

V. PROPUESTA METODOLOGICA

V. PROPUESTA METODOLOGICA.

Se ha demostrado que las variables consideradas para sistematizar al cultivo de Pleurotus ostreatus tales como : la cepa, el inóculo, el sustrato y su acondicionamiento, las condiciones de cultivo, la fructificación y la calidad del producto, son importantes para lograr un cultivo exitoso.

Para cada cepa que se vaya a usar en el proceso de producción, deberá probarse su eficiencia biológica, así como la elección de una técnica que permita mantener a la cepa sin variaciones genéticas, lo que puede repercutir directamente en los rendimientos.

Según los resultados obtenidos, las cepas de Pleurotus ostreatus , se pueden conservar en un medio de cultivo como es el rastrojo de maíz, si no se cuenta con otra forma de mantener las cepas, por ejemplo, la técnica de nitrógeno líquido.

El tipo de cereal en la preparación del inóculo, así como la cantidad de este último, son importantes para lograr buenos rendimientos.

En cuanto al tipo de cereal empleado, se ha demostrado aquí que afecta el rendimiento, pero no tan drásticamente. Al emplear mijo se generan mayores rendimientos que al usar trigo; esto es debido a que el mijo proporciona mayores puntos de inoculación, dado que las semillas son más pequeñas que el trigo; sin embargo, el mijo es de importación, su precio en el mercado nacional es casi el doble del trigo, por tanto, sería más conveniente utilizar trigo para un cultivo comercial en el país, tomando en cuenta que las diferencias de rendimientos no son tan grandes.

En los experimentos llevados a cabo se determinó que a medida que aumenta la cantidad de inóculo se obtienen mayores rendimientos. Sin embargo, ya en condiciones de un cultivo a nivel comercial, dado los costos de producción del inóculo, se puede usar una cantidad aproximada al 8% referida a peso seco del sustrato, pues con esta cantidad

la mayoría de las cepas empleadas logran una buena invasión del sustrato, que fluctúa de 20 a 30 días.

En cuanto al acondicionamiento del sustrato los mejores rendimientos se obtienen cuando el sustrato se remoja a 80°C por 30 minutos y dado que el comportamiento es similar a 60°C, se puede tomar como un procedimiento efectivo remojar el sustrato a 70°C por 30 minutos, esto con la finalidad de ahorrar energía para el calentamiento del agua y asegurar buenos rendimientos.

En los experimentos pudo observarse que el tipo de sustrato es un factor importante pues los rendimientos se ven afectados ; en consecuencia cuando se use un sustrato "nuevo" deberá determinarse la cantidad de celulosa, hemicelulosa, % de lignina y la relación C/N, para poder contar con un material que satisfaga las características nutricionales para el desarrollo de Pleurotus ostreatus. Como se mencionó antes, la cantidad de glucosa o sacarosa en el sustrato puede ser un factor que inhiba la fructificación.

La forma del cultivo es importante, como se demostró con las bolsas cilíndricas con las cuales se obtienen mejores rendimientos que cuando adopta la forma de cama.

Deberán mantenerse las condiciones de humedad y temperatura del cultivo. Cuando el cultivo adopta la forma de cilindro, durante el desarrollo micelial en el sustrato, no es necesario adicionar humedad al medio, basta con la humedad relativa del ambiente, que puede estar entre 80-90% y la temperatura de 25-27°C. Esto representa una gran ventaja en el manejo del cultivo, se pueden disponer de dos espacios físicos diferentes; uno llamado de desarrollo micelial y otro llamado de fructificación, en este último el cultivo alcanza su estado de madurez con la aparición de los cuerpos fructíferos y que requiere una humedad relativa alta de 92-96% y una temperatura de 20-25°C lo

cual se puede lograr por riego, ya sean por aspersión, nebulización o empleando un humidificador de ambientes. En los experimentos se empleó el riego por aspersión.

Uno de los principales problemas en el cultivo es la aparición de moscos que deterioran y pueden llegar a producir grandes pérdidas, sin embargo, se pueden instrumentar sistemas de control, uno de ellos es mantener durante la fase de desarrollo micelial la bolsa de polietileno sellada.

Las cepas manejadas en este trabajo provienen de diferentes ceparios, identificados como A, B, C. y D, de las cuatro, la cepa A fue la de mejor rendimiento, la siguieron la C, la D y por último la B. El método que se siguió en el presente trabajo se puede adoptar para probar los rendimientos de cualquier tipo de cepa de Pleurotus ostreatus. Se acepta en términos generales que una cepa puede emplearse a nivel comercial si los rendimientos ya en producción son superiores al 70%.

El método dado en el presente trabajo para el cultivo de Pleurotus ostreatus, puede aplicarse a diferentes niveles de producción, como son el familiar, el semiindustrial e industrial. Definiendo la producción familiar hasta 2kg diarios, la semiindustrial hasta 100 kg diarios y la industrial mayor a 100 kg diarios.

La producción familiar puede llevarse a cabo en espacios pequeños, de preferencia en el campo; este tipo de producción también puede realizarse en las ciudades aunque con ciertas limitaciones, pues el carpóforo del hongo funciona como "esponja" absorbiendo parte de los contaminantes del ambiente, lo cual afecta la calidad del hongo; por tal motivo se debe considerar la zona donde se vaya a producir, para disminuir los riesgos de contaminación.

La producción familiar puede ser explotada para el consumo de la misma familia, con lo que podría tener más disponibilidad de proteína de buena calidad, ya sea en el campo o en la ciudad a precios relativamente bajos.

Las plantas de producción semiindustrial e industrial podrán estar localizadas fuera de las zonas urbanas pero cercanas a ellas, de preferencia donde la materia prima esté disponible y las condiciones climatológicas ayuden a disminuir los costos de inversión por ejemplo, en la zona del Altiplano Central las temperaturas favorecen al proceso de cultivo.

Para que tengan éxito los tres niveles de producción definidos anteriormente es indispensable su vinculación con las instituciones académico-científicas, en donde se encuentran profesionales con experiencia que pueden resolver los problemas que se presenten durante el proceso de producción.

La producción a nivel semiindustrial e industrial deberá contar con la asesoría constante de los centros de investigación, donde se maneje el proceso y se lleven a cabo pruebas experimentales para aumentar los rendimientos, con ello la productividad y calidad que les permita tener una mayor competitividad en el mercado, ya sea nacional o internacional. Esto se podría dar en la práctica si en los planes y programas de desarrollo nacional se consideran este tipo de proyectos, además de que la industria privada esté dispuesta a llevar acciones en este rubro de manera organizada y en conjunto con las instituciones científicas y financieras, ya sea por el sector gubernamental o el privado.

Por otro lado, es necesaria la publicidad acerca de las bondades que el Pleurotus ostreatus brinda a los consumidores, pues a pesar que en el altiplano central se produce de manera silvestre y se consume durante su producción estacional, es desconocido por una gran mayoría de la población mexicana, principalmente en los estados del norte del país.

VI. PAUTAS PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE
Pleurotus ostreatus

VI. PAUTAS PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE Pleurotus ostreatus.

Para la instalación de una planta productora del hongo comestible Pleurotus ostreatus se debe considerar su rentabilidad, para lo cual es necesario llevar a cabo un estudio de factibilidad que comprende básicamente el estudio de mercado, el estudio técnico, y el estudio financiero.

En cuanto al estudio de mercado se sabe que la demanda del producto en nuestro país supera la oferta ; así en 1990 se produjeron aproximadamente 356 toneladas de Pleurotus spp., con un valor cercano al millón de dólares, lo que representa N\$ 8.42 por kilogramo, y con un consumo per cápita de 0.1 kg. En ese mismo año, Estados Unidos produjo casi el doble de setas, es decir alrededor de 712 toneladas, pero su precio en el mercado fué 44% superior debido a sus elevados costos de producción, siendo de N\$ 12.12 (Martínez, et. al., 1993).

En 1993 el precio en el mercado interno al mayoreo, ha fluctuado entre N\$ 12.00 y N\$ 13.00, y el precio de venta al menudeo varía de N\$ 15 y N\$ 18, presentando una demanda ascendente. La oferta se considera oligopólica interna, debido a que existen básicamente tres grandes productores nacionales y algunos pequeños productores, con una producción total estimada en 365 toneladas al año (Galicia, et. al., 1993).

El bajo consumo per cápita en el país se puede incrementar a través de una campaña publicitaria, pues aunque en el altiplano central se conoce y consume, en los estados del norte y del sur, casi es completamente desconocido. Es por esto que los productores se deben organizar para poder enfrentar con mayor facilidad los problemas

concernientes a la producción de este hongo, ya sean aspectos técnicos, de mercado, de publicidad u otros.

En el estudio técnico se considera la localización, el tamaño y el proceso, así como las obras físicas, la organización y el calendario (ILPES, 1992).

Localización

La planta productora de *P. ostreatus* puede estar localizada cerca de una fuente de materia prima para el proceso. Los estados con mayor producción de esquilmos agrícolas son Jalisco, México, Chiapas, Guanajuato y Michoacán, pues producen el 51.7% del total (Mata y Martínez, 1988).

A continuación se proporcionan los volúmenes de esquilmos agrícolas de los seis principales productos agrícolas producidos en la República Mexicana, en el ciclo 1988.

TABLA 18

FUENTE: SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS, 1989

ESQUILMO	PRODUCCION TONELADAS	ESTADOS PRODUCTORES
MAIZ	29302274	JALISCO, CHIAPAS, MEXICO
FRIJOL	1674027	ZACATECAS, CHIHUAHUA, SINALOA
SORGO	10291027	TAMAULIPAS, GUANAJUATO, JALISCO, MICHOACAN
TRIGO	6798916	SONORA, GUANAJUATO, SINALOA
PULPA DE CAFE	768693	CHIAPAS, PUEBLA, OAXACA, VERACRUZ
BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR	13408438	VERACRUZ, JALISCO, OAXACA, SINALOA, SAN LUIS POTOSI
TOTAL	62243375	

Entre otros esquilmos que se pueden usar, se encuentran el bagazo de henequén y los residuos del maguey tequilero, cuya producción en 1986, se da a continuación (Mata y Martínez, 1988).

TABLA 19

PRODUCCION DE BAGAZO DE HENEQUEN Y RESIDUOS DEL MEGUEY TEQUILERO EN 1986 (MATA Y MARTINEZ, 1988)

ESQUILMO	TONELADAS	ESTADOS PRODUCTORES
BAGAZO DE HENEQUEN	147000	YUCATAN
RESIDUO DEL MAGUEY TEQUILERO	26000	JALISCO, NAYARIT, MICHOACAN
TOTAL	173000	

TOTAL DE ESQUILMOS AGRICOLAS (TABLA 18 Y 19) = 62416375 TONELADAS

En un modelo ideal, con condiciones óptimas que permitieran el uso total de 62416375 toneladas de esquimos agrícolas, se podrían producir 43691463 toneladas de *Pleurotus ostreatus*, con valor igual a 524290.00 millones de nuevos pesos, considerando un rendimiento en el proceso de producción del 70% y un precio de \$N 12.00 por kg de hongo fresco.

De todo esto, se puede decir que los estados con potencial para el desarrollo de una industria del Pleurotus ostreatus son: Jalisco, México, Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Veracruz, Puebla, y Oaxaca, ya que disponen de la materia prima y del clima. Sin embargo, se deben considerar además de estos aspectos otros, como son: el mercado, las vías de comunicación, los servicios (agua, luz, teléfono, entre otros.)

Cabe señalar que tan sólo se han considerado ocho tipos de esquilmos agrícolas, sin embargo, existen otros, aunque de menor volumen; tales como: los esquilmos de algodón, arroz, ajonjolí, cártamo y cebada.

Actualmente dos de las principales empresas productoras de Pleurotus se encuentran localizadas en el Estado de México ("Hongos de México", y "Hongos Leben") y otra ("INTECALI"), en el estado de Morelos.

Existen otros pequeños productores, establecidos principalmente en los Estados de México, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Morelos, Jalisco, Veracruz, Tlaxcala y en el D.F.

Microlocalización

En la microlización se definen las áreas de los terrenos de elección para lo cual es necesario considerar los siguientes aspectos (ILPES, 1992):

- condiciones naturales (geográficas y físicas, que incluyen topografía, clima, suelo, régimen pluvial, etc).
- economías externas, como infraestructura para transporte, servicios de asistencia técnica, medios de comunicación, urbanización, capacidad de soporte de la población, (vivienda, sanidad, educación, servicios financieros.).
- condiciones institucionales, como las normas legales vigentes que pueden afectar al proyecto.

También es importante considerar el ordenamiento espacial interno, por ejemplo:

- dimensiones y características técnicas del terreno
- distribución de las instalaciones en el terreno
- flujograma espacial.

TAMAÑO

Son factores condicionantes del tamaño:

- tamaño del mercado
- capacidad financiera
- disponibilidad de insumos materiales y humanos
- problemas de transporte
- problemas institucionales
- capacidad administrativa
- justificación del tamaño frente al proceso y la localización adoptados.

PROCESO

Generalmente el proceso se elige de varios otros, sin embargo para que un proceso sea llevado a nivel industrial se requiere que sea ensayado a nivel del laboratorio, luego una planta piloto y por último, la industria.

En Galicia, et. al., 1993, se presenta el diseño de una planta productora de Pleurotus ostreatus, en el que se adopta el proceso ensayado, primero a nivel de laboratorio, y cuyos resultados se han proporcionado en el presente trabajo; dichos resultados fueron probados en una planta piloto que consta de un invernadero de desarrollo micelial de 100 m² y otros de 100m² de fructificación.

La planta se encuentra localizada en el municipio de Yautepec, estado de Morelos, en un terreno de 2000m². El tamaño de la planta está calculado para una producción de 264 kg diarios de hongos fresco, de los cuales 24 kg se consideran

mermas, quedando una producción neta para ofrecerse al mercado, de 240 kg diarios, durante todo el año.

Los insumos principales que pueden emplearse en el proceso son los esquilmos de maíz, trigo y arroz. Los insumos secundarios son agua, luz y gas.

El proceso consiste en usar bolsas cilíndricas de polietileno, llenas con 6 kg de peso seco del equilmo agrícola, tratado previamente con agua a 70°C durante 30 minutos.

Se considera un rendimiento de 70% por cada bolsa, en relación al sustrato seco. La cepa empleada es la cepa denominada "A" en el presente trabajo y la "semilla" se prepara como se menciona en el mismo inoculada al 8% en relación al peso seco del sustrato.

El mercado considerado es el de la Ciudad de México y la Ciudad de Cuernavaca, colocando el producto a granel a N\$ 12.00.

INSTALACIONES

Las instalaciones están formadas, por 6 invernaderos de desarrollo micelial, con el piso pavimentado, cada uno mide 30 m de largo por 3.5 m de ancho, lo que hace una superficie de 105 m². Cada invernadero tiene la forma de túnel y mide 4.5 m de alto; está construido con tubos de fierro galvanizado y cubierto con plástico de polietileno tratado, malla sombra y malla de fierro. Cada uno cuenta con dos ventiladores colocados en la parte superior y opuestos entre sí, en la parte ancha del mismo. En cada invernadero se colocan 330 bolsas, teniendo un total de 1980 bolsas en los seis invernaderos. El proceso de desarrollo micelial dura de 20 a 30 días, y el de fructificación 30 días, por lo que el proceso completo se lleva a cabo durante 60 días.

Se cuenta con otros 9 invernaderos llamados de fructificación, que miden 30 m de largo por 3.5 m de ancho, con una superficie de 105 m² construidos igual de manera

semejante a los de desarrollo micelial, pero cuentan además con un sistema de riego por aspersión. En cada invernadero de este tipo se colocan 200 bolsas, lo que da un total de 1980 bolsas.

Además de los 15 invernaderos de 105 m² cada uno, se cuenta con un cuarto de almacenamiento de hongo (12 m²); un almacén de sustrato (49 m²), un área de picado de sustrato (9 m²), un área de preparación de sustrato (42 m²), un cuarto de incubación (6 m²), un laboratorio (9 m²), una unidad administrativa (12 m²), un almacén general (10 m²) y unos sanitarios (6 m²).

El personal requerido consta de :

- un administrador
- un supervisor
- un vendedor
- 5 operarios
- un chofer
- una secretaria

La contabilidad de esta empresa es llevada a cabo por un agente externo y se constituye como una Sociedad Anónima de Capital Variable.

Se considera que la instalación de la planta no produce impacto en el medio, ya que los desechos se canalizan nuevamente al campo. El volumen de aguas residuales es mínimo y no contaminante.

En el estudio financiero de esta planta se consideran las necesidades totales de la inversión, su estructura en capital financiero y aportación social. Se hace el análisis de proyecciones financieras durante los 5 primeros años de vida del proyecto.

La inversión total del proyecto es de N\$ 631439.00 determinada por el monto arrojado de la inversión fija, inversión diferida y capital de trabajo.

Las fuentes de financiamiento están constituidas por la banca comercial, NAFIN y la aportación de los socios (cinco).

Banca Comercial. La aportación de esta fuente está constituida en un 14% de la inversión total del cual corresponde un 16% de la inversión fija y un 15% del capital de trabajo.

Nacional Financiera. La aportación es del 54% de la inversión total del proyecto, del cual el 64% es la inversión fija y el 60% del capital de trabajo.

Accionistas. Aportan el 32% de la inversión total del proyecto de los cuales tienen una participación del 20% de la inversión fija, un 100% de la inversión diferida y un 25% de capital de trabajo.

Con este tipo de financiamiento se tiene una TIR (Tasa Interna de Rendimiento) de 73.20%, por lo que el proyecto se considera rentable al comparar esta tasa con la que ofrecen los bancos.

Por todo lo anterior se concluye que este proyecto es viable aún con financiamiento de la banca comercial y NAFIN. La inversión total es recuperable antes de que termine el segundo año de ejercicio.

Las inversiones requeridas se dan en las tablas 20, 21, 22, 23 y 24, incluidas en el anexo.

ANEXO

TABLA 7

Cambios de los esquilmos agrícolas, después de cultivar *P. sajor-caju* por 36 días (Bisaría, et. al., 1990).

Agro-residuos	Composición de Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Relación C/N
Desechos de arroz				
No tratados	34.5	25.0	16.8	80.8
Agotados	27.0	21.1	9.8	19.8
Desechos de trigo				
No tratados	30.7	26.1	12.9	84.1
Agotados	21.8	21.9	10.2	20.9
Desechos de maíz				
No tratados	31.8	28.1	13.0	83.4
Agotadas	23.1	22.0	10.0	22.8
Bagazo				
No tratado	32.7	22.0	14.0	89.5
Agotado	26.1	18.0	11.0	22.0
Desechos de sorgo				
No tratado	28.3	22.0	15.1	77.5
Agotado	17.1	16.0	11.0	21.3

TABLA 8

Composición de minerales en el sustrato durante el desarrollo de *Pleurotus* (Zadrazil, 1974)

Variantes	N	K	P	Ca	Mg	Cenizas Totales
Control	0.556- 0.690	1.020	0.160	0.158	0.053	6.33
<i>Pleurotus</i> de 14 días	0.629- 0.780	1.04	0.116	0.158	0.054	7.03
<i>Pleurotus</i> de 35 días	0.600- 0.679	1.195	0.124	0.773	0.065	7.04
<i>Pleurotus</i> de 70 días	0.730- 0.800	2.255	0.128	0.200	0.072	8.36
en semiana- aerobiosis, sin cuerpos fructíferos						
<i>Pleurotus</i> de 70 días fructificación el sustrato agotado	0.706- 0.860	1.175	0.080	1.460	0.488	21.16

TABLA 20

INVERSIONES REQUERIDAS	
INVERSION FIJA	COSTO (N\$)
TERRENO	80000.00
OBRA CIVIL	278735.00
MAQUINARIA Y EQUIPO	84111.00
EQUIPO DE OFICINA	15680.00
EQUIPO DE TRANSPORTE	40000.00
SUBTOTAL	502126.00
INVERSION DIFERIDA	COSTO (N\$)
INGENIERIA DE DETALLE	51881.00
GASTOS DE INSTALACION	6485.00
CONSTITUCION DE LA EMPRESA	6000.00
DOCUMENTACION	20000.00
SUBTOTAL	84366.00
CAPITAL DE TRABAJO	44946.00
TOTAL	631438.00

NOTA: LOS DATOS QUE APARECEN EN LAS TABLAS 20,21,22,23, Y 24 FUERON TOMADOS DE LA REFERENCIA GALICIA, ET. AL., 1993.

TABLA 21

OBRA CIVIL		
CONCEPTO	UNIDAD	N\$
TERRENO	2000 m ²	80000.00
INVERNADEROS DE DESARROLLO MICELIAL	630 m ²	74094.00
INVERNADERO DE FRUCTIFICACION	945 m ²	111141.00
ALMACEN DE HONGO	12 m ²	10800.00
ALMACEN DE SUSTRATO	49 m ²	19600.00
AREA DE PICADO DE SUSTRATO	9 m ²	3600.00
AREA DE PREPARACION DE SUSTRATO	42 m ²	16800.00
CUARTO DE INCUBACION	6 m ²	5400.00
LABORATORIO	9 m ²	8100.00
UNIDAD ADMINISTRATIVA	12 m ²	10800.00
ALMACEN GENERAL	10 m ²	9000.00
SANITARIO	6 m ²	5400.00
CISTERNA	10000 lts.	4000.00
TOTAL		278735.00

TABLA 21

OBRA CIVIL		
CONCEPTO	UNIDAD	N\$
TERRENO	2000 m ²	80000.00
INVERNADEROS DE DESARROLLO MICELIAL	630 m ²	74094.00
INVERNADERO DE FRUCTIFICACION	945 m ²	111141.00
ALMACEN DE HONGO	12 m ²	10800.00
ALMACEN DE SUSTRATO	49 m ²	19600.00
AREA DE PICADO DE SUSTRATO	9 m ²	3600.00
AREA DE PREPARACION DE SUSTRATO	42 m ²	16800.00
CUARTO DE INCUBACION	6 m ²	5400.00
LABORATORIO	9 m ²	8100.00
UNIDAD ADMINISTRATIVA	12 m ²	10800.00
ALMACEN GENERAL	10 m ²	9000.00
SANITARIO	6 m ²	5400.00
CISTERNA	10000 lts.	4000.00
TOTAL		278735.00

TABLA 22

MAQUINARIA Y EQUIPO		
CONCEPTO	UNIDADES	N\$
MOLINO DE MARTILLOS	1	10000.00
TINAS DE PASTEURIZACION	3	2400.00
BALANZA GRANATARIA	1	500.00
MATERIAL DE VIDRIO	VARIOS	3000.00
CALEFACCION	2	400.00
AUTOCLAVE VERTICAL	2	8000.00
MICROSCOPIO	1	8000.00
ESTUFA	2	6000.00
INCUBADORA	1	3000.00
REFRIGERADOR	1	4000.00
MESA DE LABORATORIO	2	4000.00
TANQUE DE GAS	1	5400.00
BOMBA 1 HP	6	4800.00
ASPERSORES	162	486.00
HERRAMIENTA	VARIOS	500.00
TIMER	9	7200.00
TERMOMETRO	15	750.00
HIDROMETRO	9	675.00
EXTRACTORES	30	15000.00
TOTAL		84111.00

TABLA 23

EQUIPO DE OFICINA		
CONCEPTO	CANTIDAD	N\$
ARCHIVO	1	600.00
ESCRITORIOS	3	22800.00
SILLAS	8	800.00
MESA DE TRABAJO	1	1200.00
ARTICULOS DE OFICINA	UN LOTE	1000.00
SUMADORA	1	400.00
IMPRESORA	1	2000.00
COMPUTADORA	1	3000.00
MAQUINA DE ESCRIBIR	1	2000.00
FAX	1	2400.00
TOTAL		15680.00

EQUIPO DE TRANSPORTE		
CAMIONETA	1	40000.00

TABLA 24

CAPITAL DE TRABAJO			
CONCEPTO	CANTIDAD	N\$	ANUAL N\$
ESQUILMOS AGRICOLAS	11880 kg	3956	23736.00
TRIGO (MICELIO)	1320 kg	1485	8910.00
BOLSAS DE POLIETILENO	4500	375	2250.00
MANO DE OBRA		10000	60000.00
GASTOS INDIRECTOS		4630	27780.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS		24500	147000.00
TOTAL		44946	269676.00

CONCLUSIONES

1.- El cultivo de *Pleurotus ostreatus* es una opción para apoyar la alimentación en el país, las cepas que se usaron en el presente trabajo contienen proteína de buena calidad en cantidad moderada, su calidad se puede incrementar a través del mejoramiento genético.

2.- A través del estudio de los factores como el manejo de la cepa, inóculo o "semilla", el sustrato y su acondicionamiento, y la fructificación, se detectó que de todos estos factores, la cepa y el sustrato son elementos muy importantes dentro del proceso de cultivo.

3.- El tiempo de remojo del sustrato (rastrojo de maíz), por arriba de treinta minutos solo es válido para temperaturas abajo de 40°C. Cuando el tiempo de remojo es superior a treinta minutos y la temperatura arriba de 60°C, bajan los rendimientos, así al remojar el sustrato a 80°C los rendimientos disminuyen drásticamente.

4.- La calidad del producto (píleo de *P. ostreatus*), exigido por las condiciones del mercado depende del tipo de cepa usada. En el presente estudio la cepa "A" reúne las características para introducirse al mercado, no así las cepas denominadas "B", "C" y "D".

5.- La sistematización permite considerar al cultivo en una forma integral, de tal manera que se inicia con el manejo de la cepa, continuando con la elaboración del inóculo que sirve a su vez para sembrar al sustrato cuya composición y acondicionamiento son importantes, así como las condiciones ambientales durante el desarrollo del micelio en el sustrato y la fructificación.

6.- El manejo del proceso de cultivo como un sistema permite detectar anomalías en cualquiera de los factores estudiados, lo cual es muy deseable si este cultivo se desea llevar a un nivel de producción semiindustrial o industrial.

7.- El cultivo de Pleurotus ostreatus se puede llevar a cabo en diferentes partes del país, principalmente en aquellos donde se cuenta con una tradición de su consumo, como es la parte central y sur, y en donde hay insumos que se pueden aprovechar para su cultivo, así como condiciones climáticas que permiten disminuir los costos de inversión. Los estados donde se puede impulsar este cultivo son: Jalisco, México, Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Veracruz, Puebla y Oaxaca.

8.- El cultivo de Pleurotus ostreatus, puede adoptarse y extenderse como una actividad económica más aceleradamente si las instituciones científicas trabajan en conjunto con el sector productivo (por ejemplo, los Tecnológicos, las diferentes Universidades del país, los C.I.I.D.I.R., del I.P.N., los C.I.N.V.E.S.T.A.V del I.P.N., o centros de investigación que incluyen dentro de sus programas el estudio de recursos bióticos como son el C.E.P.R.O.B.I. del I.P.N., el Instituto Tecnológico de Veracruz, el C.E.I.N.G.E.B.I., de la U.N.A.M. en Morelos, el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, el Colegio de Postgraduados de Chapingo en Puebla, entre otros).

9.- Para que el cultivo de Pleurotus ostreatus, tenga mayor probabilidad de éxito, es importante llevar a cabo el estudio de factibilidad, según el lugar donde se desea establecer, pues como se mencionó las condiciones climáticas y servicios, entre otros, son factores que pueden aumentar o disminuir de costos de inversión y/o producción.

REFERENCIAS

- 1.- Aguilera, A., M Hernández y B., Ramírez, 1982. "Delignificación de rastrojo de maíz por Pleurotus ostreatus", Tesis, U.N.A.M., Fac. de Química, México.
- 2.- Avilés, E., 1980. "Degradación de desperdicios lignocelulósicos por Pleurotus ostreatus", Tesis, U.N.A.M., Fac. de Química, México.
- 3.- Bisaria, R.P. Vausedevan and U. Bisaria, 1990. "Utilization of spent agro-residues from mushroom cultivation for biogas production", Appl. Microbiol. Biotechnol., 33:607-609.
- 4.- Breene, W.M., 1990. "Nutritional and medicinal value of speciality mushrooms", J. Food Protec., 53 (10):883-894.
- 5.- Bresinsky, A., O. Hilbar, and H.P. Moliforis, 1976. "The genus Pleurotus as an aid for understanding the concept in Hymenomycetes " (Proceedings Herbett Symposium Lausanne), Clemencon, H., Ed., J. Cramer, Vaduz, 209 pp.
- 6.- Chang, S.T., 1980. "Mushrooms human food", Bioscience, June, 30:399-401.
- 7.- Chang, S.T., 1987. "World production of cultivate edible mushrooms in 1986", Mush. J. Tropics, 7:117-120.
- 8.- Chang, S.T., and P.G., Miles, 1987. "Historical record of the early cultivation of Lentinus in China", Mush. J. Tropics, 7:31-37.
- 9.- Commanday, F. and J., Macy, 1985. "Effect of substrate nitrogen on lignin degradation by Pleurotus ostreatus", Arch. Microbiol., 142:61-65.

- 10.- de Lumen, B.O., 1990. "Molecular approaches to improving the nutrition and functional properties of plant seeds as food source: developments and comments", *J. Agric. and Food Chem.*, 38 (9):1778-1779.
- 11.- Eger, G., and E., Wissing, 1976. "*Pleurotus ostreatus* breeding potential of a new cultivated mushroom", *Theor. Appl. Genet.*, 47:155.
- 12.- Eger, G., 1978. "Biology and breeding of *Pleurotus*, en *The biology and cultivation of edible mushrooms*, Chang, S.T., and Hayes, W.A., Academic Press, New York.
- 13.- Eggeling, L., 1983. "Lignin an exceptional biopolymer and a rich resource," *Trends in Biotechnology*, 1 (4): 123-127.
- 14.- Eugenio, C.P., and N.A., Anderson, 1968. "The genetics and cultivation of *Pleurotus ostreatus*", *Mycologia*, 60:227.
- 15.- Galicia, R.E., E. Díaz, J.L. Arizmendi, J. Meyn, J.A. Bautista, 1993. "Proyecto de producción de hongos de la especie *Pleurotus ostreatus*", Diplomado en el ciclo de vida de los proyectos de inversión, U.P.I.I.C.S.A., I.P.N., México.
- 16.- Giovannozzi, G., and M., Luna, 1981. "Laccase activity of *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*", *Mushroom Science*, 11:485-496.
- 17.- Gómez, R.B., 1987. "Producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre desechos de la industria azucarera y comercial", Tesis, U.N.A.M., Fac., de Química, México.
- 18.- Guzmán, D.L., D. Martínez, P. Morales y C. Soto, 1987. "El cultivo de hongos comestibles (*Pleurotus*) sobre el bagazo del maguey de la industria tequilera", *Rev. Mex. Mic.*, 3:47-49.
- 19.- Herrera, A., 1970. "Suelos de las zonas áridas de Tehuacán Puebla y sus relaciones con las cactáceas", *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 15(3):51.

- 20.- Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1985. "Cultivo del Pleurotus ostreatus sobre madera", publicaciones de extensión agraria, Madrid, 1-20 pp.
- 21.- Khan, S.M., A.G., Kausar and M.A., Ali, 1981. "Yield performance of different strains of oyster mushrooms (Pleurotus spp.) on paddy straw in Pakistan", Mushroom Sci., 11:675
- 22.- Khanna, P. and H.S., Garcha, 1981. "Introducing the cultivation of Pleurotus florida in the plains of India", Mushroom Science, 11:655.
- 23.- Maekawa, N., M., Fukuda, T., Arita, and M., Komatsu, 1990. "Effects of liquid nitrogen cryopreservation on stock cultures of three cultivated basidiomycetous fungi", Rept Tettori Mycol. Inst., 28:227-232.
- 24.- Magae, Y., Y., Kakimoto, Y., Kashiwagi, and T. Sasaki, 1985. "Fruiting body formation from regenerated mycelium of Pleurotus ostreatus protoplasts", Appl. Environ Microbiol., 49:441.
- 25.- Manu, T.W., and A. Martin, 1986. "Cultivation of Pleurotus ostreatus mushroom in peat", J. Sci. Food Agric., 37:833-838.
- 26.- Martínez, C.D., P. Morales y M. Sobal, 1989. "Viabilidad postcosecha de los cuerpos fructíferos de Pleurotus ostreatus bajo diferentes condiciones", Micol. Neotrop. Apl., 2:53-66
- 27.- Martínez, C.D., R., Leben, P., Morales, M., Sobal, y L., Saavedra, 1991. "Historia del cultivo comercial de hongos comestibles en México", Ciencia y Desarrollo, 16(96):33-43.
- 28.- Martínez, C.D., P. Morales, M. Sobal, A., Larqué, diciembre 1992, enero 1993, "¿Reconversión en la industria de hongos?", Tecno Industria, 52-59.

- 29.- Mata, G. y D. Martínez, 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.
- 30.- Morales, P., 1987. "Cultivo de Pleurotus ostreatus sobre la pulpa de cardamomo", Rev. Mex. Mic., 3:71-73.
- 31.- Platt, M.W., Y., Hadar, and I., Chet, 1984. "Fungal activities involved in lignocellulose degradation by Pleurotus", Appl. Microbiol., 20:150-154.
- 32.- Ramírez, C.R., 1989 "Producción y caracterización de cepas de Pleurotus ostreatus capaces de producir una degradación selectiva de la lignocelulosa", Tesis, Unidad Académica de los Ciclos Profesionales y Posgrado del CCH, U.N.A.M., México.
- 33.- Rajarathnam, S., and Z., Bano, 1987. "Pleurotus mushrooms breeding, and cultivation", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 26 (2); 157-223.
- 34.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1986. Dirección General de Economía agrícola, Agenda Técnica.
- 35.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1989. Dirección General de Economía Agrícola, Subsector Agrícola.
- 36.- Singh, R.P., 1981. "Cultivation of Pleurotus sajor-caju (FR.) Sing., mushroom", Mushroom Science, 11:667-673
- 37.- Soto, C., D., Martínez, P., Morales y M., Sobal, 1987. "La pulpa de café secada al sol, como una forma de almacenamiento para el cultivo de Pleurotus ostreatus", Rev. Mex. Mic., 3:133-136.
- 38.- Spencer, D.M., 1987. "The mushroom, its history and importance", en The biology and technology of cultivated mushroom, P.B. Flegg, D.M., Spencer, and D.A. Wood (eds), John Wiley & Sons, Great Britain, 1-8 pp.

- 39.- Toledo, V.M., 1986. "La crisis ecológica" en, México ante la crisis, el impacto social y cultural, las alternativas, 2o. vol, siglo XXI, México, 27-51, pp.
- 40.- Toyomasu, T., and K., Mori, 1987. "Fruit body formation of the fusion products obtained on interspecific protoplast fusion between Pleurotus species", Agric. Biol. Chem.,51 (7): 2037-2040.
- 41.- Tsang, L., Reid, and E., Coxworth, 1987. "Delignification of wheat straw by Pleurotus spp. under mushroom growing conditions", Applied and Environmental Microbiology, 53(6): 1304-1306.
- 42.- Volland, N.P., 1981 "Action lumière sur la fructification du Pleurotus du Quebec", Mushroom Science, 11:511-522.
- 43.- Zadrazil, F., 1974. "The ecology and industrial production of Pleurotus ostreatus, Pleurtus florida, Pleurotus cornucopiae, and Pleurotus eryngii", Mushroom Science, 9(1):621-652.
- 44.- Zadrazil, F., 1978 "Cultivation of Pleurotus", en The biology and cultivation of edible mushrooms, Chang, S.T. and W.A., Hayes, Academic Press, New York, 521 pp.
- 45.- Zadrazil, F., 1980. "Influence of ammonium nitrate and organic supplements on the yield of Pleurotus sajor-caju", (Fr.) Sing., Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 9:31.
- 46.- Zadrazil, F., and H., Brunnert, 1981. "Investigation of physical parameters important for the solid state fermentation of straw white rot fungi", European J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 11: 183-188.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alford, M.E., J., R.B., G., 1965. Manual de la producción, trad., del inglés al español por Teodoro Ortiz, Unión Tipográfica, Editorial Hispano Americana, México, 1871 p.p.
- 2.- Bravo, H. 1978. Las cactáceas de México, 2a ed., U.N.A.M., México, 743 pp.
- 3.- Chang, S.T., and Hayes, W.A., 1978. The biology and cultivation of edible mushrooms, Academic Press, New York, 819 pp.
- 4.- Clemencon, H. 1976. The species concept in "Hymenomycetes" (Proceeding Herbette Symposium Lausanne), J. Cramer Vaduz, 209 pp.
- 5.- Flegg, P.B., D.M. Spencer, and D.A., Wood, 1987. The biology and technology of the cultivated mushroom, John Wiley & Sons, Great Britain, 347 pp.
- 6.- González, C.P. y H. Aguilar (eds), 1986. México ante la crisis el impacto social y cultural, las alternativas, 2o. vol., siglo XXI, México.
- 7.- Herrera T. y M. Ulloa, 1990. El reino de los hongos, Micología básica y aplicada, Fondo de Cultura Económica, México, 552 pp.
- 8.- ILPES, 1992. Guía para la presentación de proyectos, 20a., siglo XXI. 230 pp.
- 9.- Lehninger, A., 1979. Bioquímica, trad., del inglés al español por F. Calvet y J. Basal, Omega, Barcelona, 1117 pp.
- 10.- Rinaldi, A., and Tyndalo, 1985. The complete book of mushroom, Crescent Book, New York, 310 pp.

11.- Scriban, R., 1985. Biotecnología, traducido de la 2a. ed., del francés al español por M. del C. H., El Manual Moderno, México. 669 pp.

12.- Stamets, P., and J., Chilton, 1983. The mushroom cultivator. A practical guide to growing mushrooms at home, Agarikon, Olympia, Washington.

13.- Vedder, P.J., 1986. Cultivo moderno del champiñón, trad. del inglés al español por J.M. Galindo, 2a. reimpr., Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 374 pp.