



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

DISEÑO DE PLANTAS PROTOTIPO PRODUCTORAS DE HONGOS COMESTIBLES PARA UNA COMUNIDAD RURAL DEL SURESTE MEXICANO

TESIS PROFESIONAL

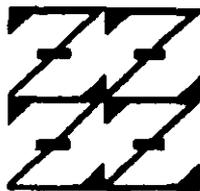
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

RAFAEL ALVAREZ SOLIS

U N A M  
F E S  
Z A R A G O Z A



LO HUMANO  
EJE  
DE NUESTRA REFLEXION

DIRECTOR DE TESIS

M. EN C. JOSE DAVID ALVAREZ SOLIS

MEXICO, D. F.

284 461

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

SOLICITUD DE REGISTRO DE TESIS PROFESIONAL

NOMBRE DEL ALUMNO: RAFAEL ALVAREZ SOLIS

No DE CUENTA: 8959145-9

TEMA PROPUESTO: DISEÑO DE PLANTAS PROTOTIPO PRODUCTORAS DE HONGOS  
COMESTIBLES PARA UNA COMUNIDAD RURAL DEL SURESTE MEXICANO.

DIRECTOR DE LA TESIS: M. C. JOSE DAVID ALVAREZ SOLIS

FIRMA: \_\_\_\_\_

ESCUELA O FACULTAD DE ADSCRIPCION DEL DIRECTOR: EL COLEGIO DE LA FRONTERA  
SUR.

Mexico, D.F., 26 de junio del año 2000.

Vo. Bo.

ING. ARTURO ENRIQUE MENDEZ GUTIERREZ.  
JEFE DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA QUIMICA

ANEXOS:

- 1.- Protocolo en base al Reglamento de Exámenes Profesionales.
- 2.- Curriculum Vitae del Director de la tesis en el caso de no ser docente de la U.N.A.M.

NOTA: Una vez aprobado y registrado el tema, NO se podra modificar el contenido.

c.c.p. Jefe de la Carrera de Ingenieria Quimica.

c.c.p. Servicios Escolares.

*Recibí original  
26/06/00  
[Firma]*



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/0027/00**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: ALVAREZ SOLIS RAFAEL  
P R E S E N T E.**

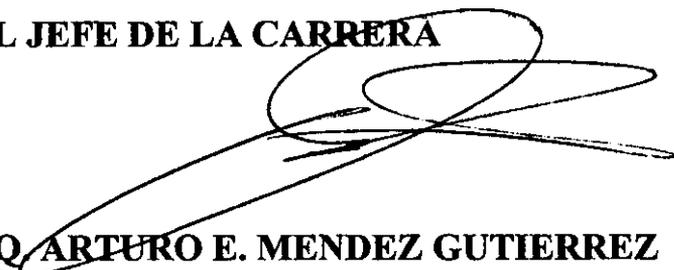
En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.B.Q. Lorenzo Rojas Hernández</b>
<b>Vocal:</b>	<b>Dr. José David Alvarez Solís</b>
<b>Secretario:</b>	<b>Biol. Roberto Balderas Ramírez</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. José Maciel Ortíz</b>
<b>Suplente:</b>	<b>Lic. Irán Lagos Chávez</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 27 de Junio del 2000.

**EL JEFE DE LA CARRERA**



**I.O. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**



Yo me vuelvo a mirar este pueblo  
desde la ventana abierta  
de la noche cerrada:  
las calles entumidas de anestesia  
se han quedado dormidas,  
porque ayer, desde la madrugada,  
pasó el buey del trabajo  
... y ese hombre sin rostro  
que lleva el pan limpio  
hasta su casa.

*fragmento: O. Bonifaz.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al M. en C. David Alvarez Solís por la asesoría otorgada en el desarrollo del trabajo.

Al Dr. Ernesto Sánchez Vázquez por sus valiosos comentarios al manuscrito.

Al M. en C. Hugo Alberto Alvarez Solís por el apoyo brindado durante mi carrera.

A la Biol. Teresita Leal por su invaluable motivación y apoyo.

A mi Madre por su ejemplo y perseverancia.

A la comunidad indígena C`hol de Cuctiepá por su valiosa colaboración y apoyo.

## **DEDICATORIA**

*In Memoriam* de mi padre Roberto y de mi hermano Fernando †

A mis hijos: Ana Teresa y Rafael Alberto.

A mis hermanos: Roberto, David, Fernando, Ana, Martín, Francisco, Hugo y Reveca.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
II.1. Objetivo general	2
II.2. Objetivos específicos	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
III.1. Valor nutricional y características de mercado de los hongos comestibles	3
III.1.1. Valor nutricional	3
III.1.2. Características de mercado	5
III.2. Condiciones de producción de <i>Pleurotus ostreatus</i>	8
III.2.1. Requerimientos ecológicos	8
III.2.2. Sustratos adecuados para el cultivo	10
III.2.3. Tratamiento de los sustratos	13
III.2.4. Inoculación de los sustratos	17
III.2.5. Desarrollo y cosecha de los hongos	18
III.2.6. Eficiencia biológica y tasa de producción	19
IV. FASE EXPERIMENTAL PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Pleurotus ostreatus</i>	20
V. PROTOTIPO DE PLANTAS PRODUCTORAS	25
V.1. Tamaño óptimo de la planta productora	25
V.2. Diseño por áreas	27
V.3. Zona de tratamiento de los sustratos	28
V.4. Zona de pasteurización	29
V.5. Laboratorio de producción del inóculo	32
V.6. Área de incubación del inóculo	33
V.7. Zona de siembra del sustrato	34
V.8. Área de incubación de las bolsas	36
V.9. Área de producción	37
VI. COSTOS	47
VI.1. Inversión inicial	47
VI.2. Costos fijos mensuales	47

VI.3. Costos variables mensuales	47
VI.4. Factibilidad	49
VII. CONCLUSIONES	51
VIII. BIBLIOGRAFÍA	52
IX. ANEXOS	57
IX.1. Cotizaciones	57
IX.2. Costos fijos mensuales	59
IX.3. Costos variables mensuales	60

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Figura 1: Localización del ejido Cuctiepá, mpio. de Tumbalá, Chiapas	21
Figura 2: Diagrama de flujo del proceso	22
Plano No. 01: Distribución de áreas	41
Plano No. 02: Zona de pasteurización	42
Plano No. 03: Zona de siembra del sustrato baja inversión	43
Plano No. 04: Zona de siembra y producción de inóculo mediana inversión	44
Plano No. 05: Zona de incubación y producción de baja inversión	45
Plano No. 06: Zona de incubación y producción de mediana inversión	46

## RESUMEN

El estado de Chiapas se sitúa en una posición subordinada con respecto al desarrollo del país. Así, regiones con alta densidad poblacional, principalmente indígena, se han convertido en aportadoras de fuerza de trabajo a las formas de producción agrícola que hasta hoy se han venido dando, como son el cultivo de café, plátano, cacao, etc. Las actividades agrícolas producen cúmulos elevados de residuos orgánicos. La implementación de tecnologías que usen estos residuos para incrementar la producción de alimentos básicos es de interés primordial. El reciente cultivo industrial de hongos comestibles ha generado una industria en aumento, proporcionando una alternativa para obtener beneficios económicos utilizando de manera integral los residuos agrícolas. El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* destaca por su alto contenido nutricional, particularmente por su calidad protéica, por lo cual, en el presente trabajo se realiza el diseño de plantas prototipo de baja y mediana inversión para la producción de *Pleurotus ostreatus*, basado en los requerimientos ecológicos de dicha especie y de su factibilidad de manejo en comunidades rurales.

En el cuerpo de la tesis se presenta un análisis de las condiciones óptimas para la producción de hongos comestibles y de las características de su mercado en el estado de Chiapas. Asimismo, se evalúa bajo condiciones rústicas la eficiencia biológica de tres sustratos (cáscara de coco, hoja de maíz y olote de maíz) para la propagación de *Pleurotus ostreatus*, obteniendo resultados favorables en olote de maíz con una eficiencia biológica del 97%. Finalmente, se presentan las propuestas de diseño de plantas productoras de hongos comestibles para baja y mediana inversión, con inversión inicial de \$31,190.00 y de \$47,265.40, respectivamente; comprobando su factibilidad con un periodo de recuperación menor a 5 años. Se presentan los planos y el diseño de las áreas básicas para la implementación de las propuestas.

## I. INTRODUCCIÓN

Las actividades agrícolas y pecuarias producen cúmulos elevados de desechos. La implementación de tecnologías que utilicen estos materiales de desecho para incrementar la producción de alimentos básicos es de interés primordial; ésto aumentaría el beneficio económico de la agricultura. El cultivo de hongos comestibles constituye una alternativa regional para obtener beneficios adicionales, utilizando de manera integral los desechos agropecuarios.

En los últimos años se han desarrollado tecnologías familiares y semicomerciales para la producción de hongos comestibles, basadas en la utilización de residuos orgánicos que resultan de las actividades agrícolas y ganaderas. El desarrollo de estas tecnologías debe considerar la optimización de los procesos de producción con base en los requerimientos de los hongos, así como el de la participación comunitaria y el fortalecimiento de las capacidades organizativas, dentro de sus posibilidades económicas.

Existen algunas especies de hongos comestibles, tales como: *Agaricus bisporus*, *Lentinus edodes*, *Volvariella volvacea*, *Flammulina velutipes* y *Pleurotus ostreatus*, que destacan por el volumen de su producción a nivel mundial (Bernabé, 1995). Entre éstas, *Pleurotus ostreatus* es una de las especies comestibles más versátiles, que presenta además de alto valor nutricional, particularmente por su calidad protéica, características que permiten su fácil manejo y propagación en

condiciones rústicas o de baja inversión (Martínez-Carrera, *et al.* 1988; Sánchez-Vázquez, 1994; Guzmán, *et al.* 1995).

## II. OBJETIVOS

### II.1. Objetivo general

Realizar el diseño de plantas prototipo de baja y mediana inversión para la producción de *Pleurotus ostreatus*, basado en los requerimientos ecológicos de dicha especie y de su factibilidad de manejo en comunidades rurales.

### II.2. Objetivos particulares

1. Mediante revisión bibliográfica establecer las condiciones de producción de *Pleurotus ostreatus*.
2. Diseñar plantas prototipo de baja y mediana inversión para la producción de hongos comestibles.
3. Analizar la factibilidad del proyecto de cultivo de hongos comestibles en comunidades rurales.

condiciones rústicas o de baja inversión (Martínez-Carrera, *et al.* 1988; Sánchez-Vázquez, 1994; Guzmán, *et al.* 1995).

## II. OBJETIVOS

### II.1. Objetivo general

Realizar el diseño de plantas prototipo de baja y mediana inversión para la producción de *Pleurotus ostreatus*, basado en los requerimientos ecológicos de dicha especie y de su factibilidad de manejo en comunidades rurales.

### II.2. Objetivos particulares

1. Mediante revisión bibliográfica establecer las condiciones de producción de *Pleurotus ostreatus*.
2. Diseñar plantas prototipo de baja y mediana inversión para la producción de hongos comestibles.
3. Analizar la factibilidad del proyecto de cultivo de hongos comestibles en comunidades rurales.

### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### III.1. VALOR NUTRICIONAL Y CARACTERÍSTICAS DE MERCADO DE LOS HONGOS COMESTIBLES

##### III.1.1. Valor nutricional de los hongos comestibles.

Los hongos se pueden comparar en valor nutritivo con los productos hortícolas. La mayoría de los hongos tienen un bajo contenido de vitamina A o carecen de ella, pero presentan altas cantidades de riboflavina, ácido nicotínico, niacina, biotina y ácido pantoténico (Cuadro 1), los cuales se conservan aún después de haber sido procesados.

Cuadro 1. Cantidad de vitaminas contenidas en los hongos (Aguado, 1977).

Vitaminas	mg 100 g <sup>-1</sup> de hongo fresco
B1 (Tiamina)	0.12 mg
A	Nada
B2 (Riboflavina)	0.52 mg
C (Ac. ascórbico)	8.60 mg
D	0.83 mg
E	Nada
K	Poca
Niacina	5.85 mg
Ac. Pantoténico	2.38 mg

Por lo que respecta al valor protéico, Bernabé (1995) menciona que los hongos comestibles son de gran importancia ya que presentan altos contenidos de proteína. Al respecto, Aguado (1977) y Moreno (1996) citan contenidos de proteínas de 3 al 4 % del peso fresco (Cuadros 2 y 3). Estos valores ubican a los hongos comestibles en un nivel alimenticio más alto en comparación con algunas hortalizas y frutas, aunque en uno inferior comparado con la soya, leche, carne y huevos, que llegan a tener contenidos de proteína superiores al 20%. Adicionalmente, *Pleurotus ostreatus* presenta un porcentaje alto de aminoácidos esenciales, como la lisina y el triptófano (Bernabé, 1995; Moreno, 1996) y ligeramente mayores contenidos de proteínas que otros hongos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Valor nutricional de los hongos comestibles en relación a otros alimentos (Aguado, 1977).

Alimentos frescos	Proteínas	Grasas	Carbohidratos	Sales	Agua
Hongos	4.0	0.5	3.9	0.8	89.3
Espinacas	2.2	0.3	1.7	1.9	93.4
Papas	2.0	0.1	20.9	1.1	74.9
Col	1.5	0.1	4.2	0.9	92.1
Carne de res	21.0	5.5	0.5	1.0	72.0

Cuadro 3. Contenido de proteínas en diferentes especies de hongos comestibles (Moreno, 1996).

Hongos	% pesos seco	% Proteínas
<i>Pleurotus</i> sp	17.75	3.63
<i>Volvariella volvacea</i>	10.96	3.37
<i>Lentinus edodes</i>	10.00	1.75
<i>Agaricus bisporus</i>	10.53	3.06

### III.1.2 Características de mercado

Los hongos cultivados a nivel comercial en el mundo son *Agaricus bisporus* (champiñón), con una producción de 750,000 Ton anuales, *Lentinus edodes* (shitake japonés) que ocupa el segundo lugar con una producción de 180,000 Ton al año, *Volvariella volvacea* (hongo de las pajas) y *Flammulina velutipes* cuya producción anual es de 65,000 Ton (Bernabé, 1995).

El cultivo de *Pleurotus ostreatus* se inició en Europa y se difundió hacia Asia y Estados Unidos de Norteamérica y solo más recientemente a América Latina. Esta especie por su fácil adaptación y manejo, día a día se cultiva más comercialmente y poco a poco, va desplazando a las especies con las que compite comercialmente, básicamente champiñones frescos y enlatados (Guzmán, 1990).

En México, el cultivo de los hongos comestibles se inició hace unos 40 años con la producción de champiñón, utilizando tecnología y cepas extranjeras. Es hasta 1974 cuando se cultivó por primera vez *Pleurotus osteratus* sobre pacas de paja de trigo, que previamente habían sido inoculadas en Europa (Martínez-Carrera, *et al.* 1988).

De 1966 a 1989, se publicaron 93 trabajos, de los cuales 44 se concentran entre 1983 y 1989 (Bernabé, 1995), debido al desarrollo del laboratorio de cultivo de hongos del Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, hoy Instituto de Ecología, junto con la UNAM y El Colegio de la Frontera Sur. Estas instituciones continúan con diversas investigaciones sobre el cultivo de los hongos comestibles.

En los últimos años varias investigaciones sobre el cultivo de los hongos comestibles se han enfocado principalmente hacia el género *Pleurotus*, con la finalidad de desarrollar y encontrar las técnicas que permitieran su aprovechamiento en forma masiva (Martínez-Carrera y Guzmán, 1983; Martínez-Carrera, 1984, 1985, 1986; Morales, 1987).

El consumo del *Pleurotus ostreatus* ha venido en aumento en ciudades de la región, observándose un incremento de plantas productoras de hongos comestibles en el sureste de México y en la disponibilidad de la especie en los mercados y centrales de abastos de la región, siendo este género un competidor con la especie *Agaricus bisporus*. Algunas de estas plantas tienen una capacidad instalada para la

producción de 16 a 18 kg día<sup>-1</sup>, tales como las de SOCAEM en Comitán, la del SEAPI en San Cristóbal las Casas, y otras plantas instaladas en Cacahoatán y Tuxtla Chico, entre otras. Esta misma capacidad instalada se toma como base de diseño de las plantas productoras de hongos comestibles propuestas.

En 1998 algunas ciudades de las zonas de Los Altos y Selva en Chiapas, el precio promedio con el que se vende el hongo al consumidor directo se encuentra alrededor de 20 y 28 pesos por kilogramo en las plantas productoras y los mercados y central de abastos, respectivamente. Es el precio de 20 pesos por kilogramo, que se considera como precio final del producto en el análisis de factibilidad.

Escobar (1998) determinó un consumo per cápita de 0.351 kg año<sup>-1</sup> de hongos en la Cd. de Tapachula, Chiapas, principalmente de la variedad *Agaricus bisporus*, en su presentación enlatada como la especie con mayor accesibilidad al consumidor. El champiñón contribuyó con el 92.6 % del consumo de hongos comestibles, mientras que las setas en donde se incluye el género *Pleurotus* tuvo solamente el 6.0 % del consumo total de hongos comestibles. Así mismo, Escobar (1998) encontró, mediante un análisis de mercado, que nunca se ha promovido el consumo de este producto para la alimentación humana. Lo cual sugiere que con el uso de mercadotecnia, mediante campañas, es posible incrementar el consumo per cápita de hongos comestibles. Actualmente con poblaciones superiores a 30,000 habitantes, se satisficaría la demanda de la producción propuesta de 16 kg día<sup>-1</sup>.

De acuerdo con Sánchez-Vázquez (1994), el costo de producción en una planta productora de hongos comestibles con una capacidad instalada para producir 10 kg día<sup>-1</sup>, de hongos frescos del género *Pleurotus* es de \$ 5.37 por kg. El costo comercial promedio puesto en planta se encuentra en \$ 18.00 por kg, siempre y cuando se garantice la venta de los volúmenes de producción.

### III.2. CONDICIONES DE PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus*.

#### III.2.1 Requerimientos ecológicos.

El hongo comestible *Pleurotus ostreatus* es conocido con los nombres comunes de oreja, orejón, palo, oreja de cazahuate u hongo de maguey. Esta especie crece de manera silvestre sobre troncos tirados o árboles en zonas tropicales, subtropicales o bosques de pino y encino.

*Pleurotus ostreatus* presenta sombrero liso, a veces algo escamoso hacia el centro o base, con 5 a 10 cm de ancho (hasta 15 cm.), de color grisáceo o café grisáceo con tonos reflejos metálicos. Sus láminas son de color blanco o rosa amarillento en seco, poco o nada unidas entre sí en la base y más o menos delgadas con bordes lisos. No tienen pié o éste es muy corto y mal definido. La carne es blanca, carnosa, correosa, con olor y sabor agradables (Guzmán, 1990).

De acuerdo con Sánchez-Vázquez (1994), todas las especies de *Pleurotus* son saprófitos, crecen sobre madera y tienen la habilidad de degradar la celulosa y la

lignina. El crecimiento de este género se encuentra regido por los factores de humedad, pH y las concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono, así como de las cantidades adecuadas de luz.

El micelio de *Pleurotus* se desarrolla con niveles aceptables en un amplio rango de temperaturas que oscilan desde 10 hasta 40 °C, y fructifican bien entre 20 y 30°C. La temperatura adecuada para el desarrollo del hongo incide directamente en el rendimiento biológico. Así mismo, la falta de humedad ambiental inhibe la fructificación y aunque para la mayoría de especies fúngicas los rangos de humedad ambiental favorables se encuentran entre 60 y 95 %. En el caso de *Pleurotus ostreatus* se ha observado que una humedad ambiental entre 80 y 85 % es adecuada (Sánchez-Vázquez, 1994).

La cantidad de luz y suministro de CO<sub>2</sub> es una condición ambiental muy importante para el adecuado desarrollo del *Pleurotus*. Una concentración inicial relativamente alta de CO<sub>2</sub>, entre 20 y 25 %, es útil para propiciar el crecimiento del micelio, sin embargo, concentraciones superiores inhiben el desarrollo de primordios. Debido a ésto, es necesario implementar un buen sistema de ventilación, de lo contrario el cuerpo presentará deformaciones, desde un ligero alargamiento del estípite a la no formación del pileo o ambas cosas (Sánchez-Vázquez, 1994).

### III.2.2 Sustratos adecuados para el cultivo.

Las especies de *Pleurotus* son lignocelulolíticas (Guzmán, 1995), por lo que tienen la capacidad de degradar sustratos como los esquilmos agrícolas y algunos desechos agroindustriales. Benítez (1999) cita a los sustratos que han mostrado su viabilidad con una eficiencia biológica superior al 70 % (Cuadro 4).

Otros sustratos son la cáscara de coco, olote de maíz y cáscara de maíz (prueba experimental en este trabajo) como sustratos potenciales para la propagación de los hongos comestibles.

Mata y Martínez (1988, citado en Guzmán, *et al.* 1995) señalaron que en México se producen más de 11 millones de Ton año<sup>-1</sup> de esquilmos de ajonjolí, arroz, cebada, cártamo y sorgo, y cerca de 700 000 Ton año<sup>-1</sup> de pulpa de café, que podrían sostener la producción de hasta 110 000 Ton año<sup>-1</sup> de *Pleurotus* tan solo en la pulpa de café.

El estado de Chiapas ocupa el tercer lugar a nivel nacional en la producción de esquilmos agrícolas, y el primero en la producción de café (Rangel, *et al.* 1986), con una producción cercana a las 250 ton de rastrojo de maíz y 21000 ton de pulpa de café, anualmente (Cuadro 5).

Cuadro 4. Sustratos con eficiencia biológica superior al 70 por ciento (Benitez, 1999).

Sustrato	Eficiencia biológica (%)
Bagazo de caña enriquecido con pulpa de café.	97.0
Bagazo de maguey tequilero fermentado aeróbicamente.	78.2
Bagazo de maguey tequilero fermentado con paja de trigo.	96.4
Cáscara de cacahuete.	85.44 ± 3.98
Cáscara de cacahuete con hoja seca de maíz.	95.7 ± 12.58
Cáscara de cacao.	91.8
Fibra de coco.	80.6
Fibra de coco fermentada.	78.7
Fibra de coco con olote de maíz.	111.1
Fibra de coco con olote de maíz fermentado.	90.4
Fibra de coco con pulpa de café fermentada.	152.2
Hojas de canela.	81.9
Hojas de zacate limón.	113.0
Hojas de maíz.	144.85 ± 23.27
Lirio acuático fermentado.	170.7
Olote de maíz.	172.9
Orégano.	117.3
Paja de avena.	73.3
Paja de cebada.	96.1
Pasto con paja.	75.5 a 90.0
Pulpa de café.	81.3 a 170
Pulpa de café fermentada.	132.1 a 159.7
Pulpa de café con paja de cebada.	102.7
Pulpa de café con cáscara de cacao.	137.5
Pulpa de cardamomo.	113.7
Rastrojo de frijol.	99.8 a 137.6
Tamo de maíz.	186.0
Vaina de frijol.	75.0

Para la selección del sustrato para el cultivo de hongos comestibles, es importante conocer tanto los requerimientos del hongo que se cultivará, como la estacionalidad en la producción de los esquilmos o desechos orgánicos, para favorecer la labor continua del proceso de cultivo. En el caso de que la disponibilidad del sustrato seleccionado se encuentre restringida por la estacionalidad en su producción, será necesario disponer de otros sustratos alternativos que permitan la continuidad del proceso de producción.

Cuadro 5- Cantidad de subproductos derivados de los cultivos de maíz y café en el estado de Chiapas (Rangel, *et al.* 1986).

Cultivo	Subproductos	Cantidad (Ton año <sup>-1</sup> )
Maíz	Barredura	6
	Tamo	360-540
	Olote	17,280 m <sup>3</sup>
	Rastrojo	228-250
Café	Pulpa	21,036
	Cascabillo	8,700
	Musilago	2,900

Durante la selección de los sustratos potencialmente disponibles, de acuerdo a la actividad económica de la región, debe prestarse atención a su calidad en cuanto que satisfagan los requerimientos nutrimentales necesarios para el

crecimiento del hongo. Entre ellos, destacan los contenidos de celulosa, hemicelulosas y ligninas, que funcionan como fuentes principales de nitrógeno y carbono. Asimismo, es recomendable que el sustrato se encuentre libre de sustancias antifisiológicas que puedan afectar el crecimiento del micelio, como son los taninos, fenoles, ácidos, resinas y compuestos aromáticos provenientes de fumigaciones o de malos manejos (Guzmán, 1995).

### III.2.3 Tratamiento de los sustratos

La preparación adecuada del material que se utilice como sustrato para el cultivo del hongo se verá reflejado en la producción de fructificaciones, ya que el micelio toma de dicho sustrato sus nutrimentos. La preparación del sustrato tiene como objetivo facilitar la absorción de nutrimentos y favorecer el rápido crecimiento del hongo.

De acuerdo con Martínez, *et al.* (1988), las formas de preparación del sustrato más comunes son:

#### a) Fermentación.

La fermentación es un proceso que degrada la materia orgánica por medio de microorganismos, en presencia de oxígeno y humedad no mayor de 80 % ni menor de 40 %, produciendo cambios químicos y biológicos en el sustrato por la acción de

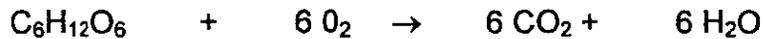
los microorganismos, generando un sustrato que favorezca más a la producción de los hongos comestibles.

La fermentación del sustrato es recomendable para aquellos materiales que poseen una gran cantidad de azúcares solubles, ya que si no se eliminan promueven el crecimiento de mohos, levaduras y bacterias que competirán con el micelio, desplazándolo. Por otro lado, cuando no se eliminan estos carbohidratos y se realiza la inoculación del micelio, estos azúcares se transforman en ácidos, como el acético, butírico o propiónico, que actúan como atrayentes de insectos, principalmente moscas, que producen problemas de contaminación.

Entre los sustratos usados para el cultivo de *Pleurotus*, existen algunos, tales como las pajas, fibras de algodón, rastrojos de maíz y olote de maíz que tienen la ventaja de contener bajas concentraciones de azúcares, por lo que los hongos aprovechan con mayor facilidad la celulosa y la lignina, sin necesidad de fermentación. En general, los sustratos que se recomienda fermentar son aquellos con una alta concentración de azúcar, tales como zacates verdes, pulpa de café, tallos de plátano, bagazo de caña de azúcar y lirio acuático.

La fermentación es un proceso de respiración microbiana que se lleva a cabo en los sustratos de manera aerobia, y exotérmica, donde se desdobla azúcar en CO<sub>2</sub> y agua, llegando a temperaturas cercanas de 70°C por efecto de los

microorganismos mesófilos y termófilos, de acuerdo a la siguiente reacción bioquímica:



Para que se realice la fermentación, el sustrato se tritura homogéneamente en pedazos de 2 a 5 centímetros, para aumentar la superficie de contacto, se deposita el sustrato en una pila sobre una superficie lisa y libre de polvo (que podría ser un piso de concreto), se adiciona agua hasta llegar a una humedad de 50 a 60% con cuidado de no saturar el sustrato ya que si esto ocurre se provocaría una fermentación anaerobia, llegando a inhibir el crecimiento del hongo (Martín y Gershuny, 1992). Posteriormente se cubre la pila con un plástico negro durante la incubación, en un tiempo variable de 5 a 9 días o hasta que la temperatura del interior de la pila descienda hasta menos de 35° C (Villa-Cruz, *et al* 1999). Al final de la fermentación el sustrato es rico en celulosa y lignina y pobre en hemicelulosa y quitina. En este estado el sustrato es semejante al de las pajas e idóneo para el crecimiento de los hongos comestibles.

Durante el proceso fermentativo se recomienda revisar la temperatura periódicamente hasta que alcance 35 °C, que es cuando estará lista para el proceso de la siembra. Es conveniente hacer una medición del pH del sustrato, el cual para el caso del *Pleurotus* deberá estar en un intervalo de 5.5-8.0 (Martín y Gersuny, 1992). En caso de una alteración de pH es necesario aplicar cal en pH ácido y yeso en pH

alcalino. Asimismo, la pila de sustrato se debe revolver periódicamente para favorecer la disponibilidad del oxígeno, esto puede hacerse con una pala cada 24 horas (Villa-Cruz, *et al.* 1999).

#### b) Pasteurización

La pasteurización consiste en mantener sumergidos los sustratos en agua a 80°C durante 40 minutos y dejarlos enfriar sobre una mesa cubierta de plástico y desinfectada con hipoclorito de sodio, evitando corrientes de aire.

El proceso de pasteurización debe llevarse a cabo después de la fermentación, en condiciones de asepsia, para eliminar por choque térmico a otros hongos que compitan con el *Pleurotus ostreatus* y microorganismos que contaminen las bolsas de fructificación.

Al sumergir el sustrato en agua caliente durante la pasteurización, se observa disminución de la temperatura del agua de pasteurización, además el sustrato adquiere exceso de humedad, que desfavorece el crecimiento de *Pleurotus*. Este mismo exceso de humedad puede provocar que el sustrato se contamine durante el lapso de tiempo necesario para realizar la inoculación. Villa-Cruz, *et al* (1999) evaluaron el proceso de fermentación de una mezcla de olote de maíz y pulpa de café para el cultivo del *Pleurotus* sin pasteurizar, con adición de 2 % de cal o de 100 ppm de Benomil a la pila de sustrato. Encontraron que el micelio del hongo colonizó completamente el sustrato en siete días y la fructificación tuvo en promedio del 70 al

72 % de eficiencia biológica. Ellos sugieren que este método de fermentación puede utilizarse en lugar de la pasteurización del sustrato para el cultivo del hongo comestible.

Estos resultados son muy importantes, ya que de no realizarse la pasteurización, tanto los costos fijos como los de la inversión inicial disminuyen, por el ahorro en combustible y en infraestructura. Son necesarias investigaciones adicionales para estandarizar este proceso de fermentación y adecuarlo a la producción en escala comercial de *Pleurotus*.

#### III.2.4. Inoculación de los sustratos

Una vez que los sustratos se encuentren a 30 °C después de la pasteurización, se procede a realizar la inoculación o siembra. Para ésto, las personas que manipulan el sustrato deberán tener ropa limpia, usar guantes, cubrebocas y cofia, y mantener condiciones de aseo y limpieza.

La inoculación o siembra consiste en agregar homogéneamente al sustrato, micelio del hongo, llamado también semilla, preparada con anticipación. Generalmente esto se realiza sobre el sustrato contenido en capas dentro de bolsas de polietileno transparentes, de 50 X 70 cm. La semilla se distribuye en cada una de las capas de sustrato, a razón de 4 a 6 g de semilla por cada 100 g de sustrato. Entonces, las bolsas se cierran y se les anota los datos del peso de sustrato húmedo, fecha y nombre del cultivador.

### III.2.5. Desarrollo y cosecha de hongos.

De la respiración de los hongos se libera calor, CO<sub>2</sub>, agua y otros metabolitos; si éstos no se liberan al medio en forma eficiente a través de los espacios porosos del sustrato, provocarán la muerte del micelio por acumulación excesiva. Los sustratos que fácilmente se compactan no son adecuados para el cultivo de los hongos, ya que las condiciones de anaerobiosis que se crean en su interior no son las adecuadas para el crecimiento del micelio.

El sustrato inoculado contenido en las bolsas se incuba en la obscuridad por un lapso de 20 días a una temperatura cercana de 28 °C. Las bolsas se colocan en estantes de madera que tienen entrepaños de 50 cm de separación entre sí, se revisan a los dos o tres días de inoculadas.

Cuando las bolsas dan la apariencia de estar cubiertas con algodón blanco y si no existen contaminantes, se procede a hacerles ranuraciones con una navaja estéril, cada 10 cm y separación de 5 cm por hilera. Es muy importante cuidar que no se introduzcan insectos o roedores que pueden provocar contaminación e incluso llegar a la destrucción del sustrato.

Una vez colonizado el sustrato con abundante micelio se llevan las bolsas al área donde se formarán los cuerpos fructíferos. Esta área deberá presentar iluminación difusa e indirecta, de preferencia de manera natural, la cual se logra

colocando en el techo láminas semitransparentes, además, los pisos y paredes deben permitir su fácil limpieza. Esta área debe tener suficiente ventilación y un control de temperatura alrededor de 28 °C, con una humedad ambiental del 85 a 90%.

Cuando aparecen los primordios de fructificación se elimina la bolsa de plástico, quedando el sustrato adherido entre sí por el micelio. A los 5 días de haber aparecido los primordios de fructificación, los cuerpos fructíferos tendrán el píleo o sombrero extendido y se realiza la primera cosecha. Dentro de unos 8 días, aparecen los segundos primordios de fructificación. Generalmente, los sustratos con un buen rendimiento producen tres cosechas.

### III.2.6 Eficiencia biológica y tasa de producción.

Para conocer el rendimiento o eficiencia biológica, los cuerpos fructíferos se pesan en cada cosecha y la suma total se divide entre el peso en base seca del sustrato y el resultado se expresa como porcentaje. Una eficiencia biológica adecuada debe ser del 100 % o mayor (Tchierpe y Hartman, 1977; Guzmán, 1990).

La tasa de producción, indica el porcentaje de crecimiento de los hongos en relación con el peso del sustrato seco por día. Se determinó mediante la relación de la eficiencia biológica y el tiempo de producción que comprendió desde el día de la inoculación del sustrato para fructificación y el tiempo promedio de cosecha del cuerpo fructífero (Royse, 1989).

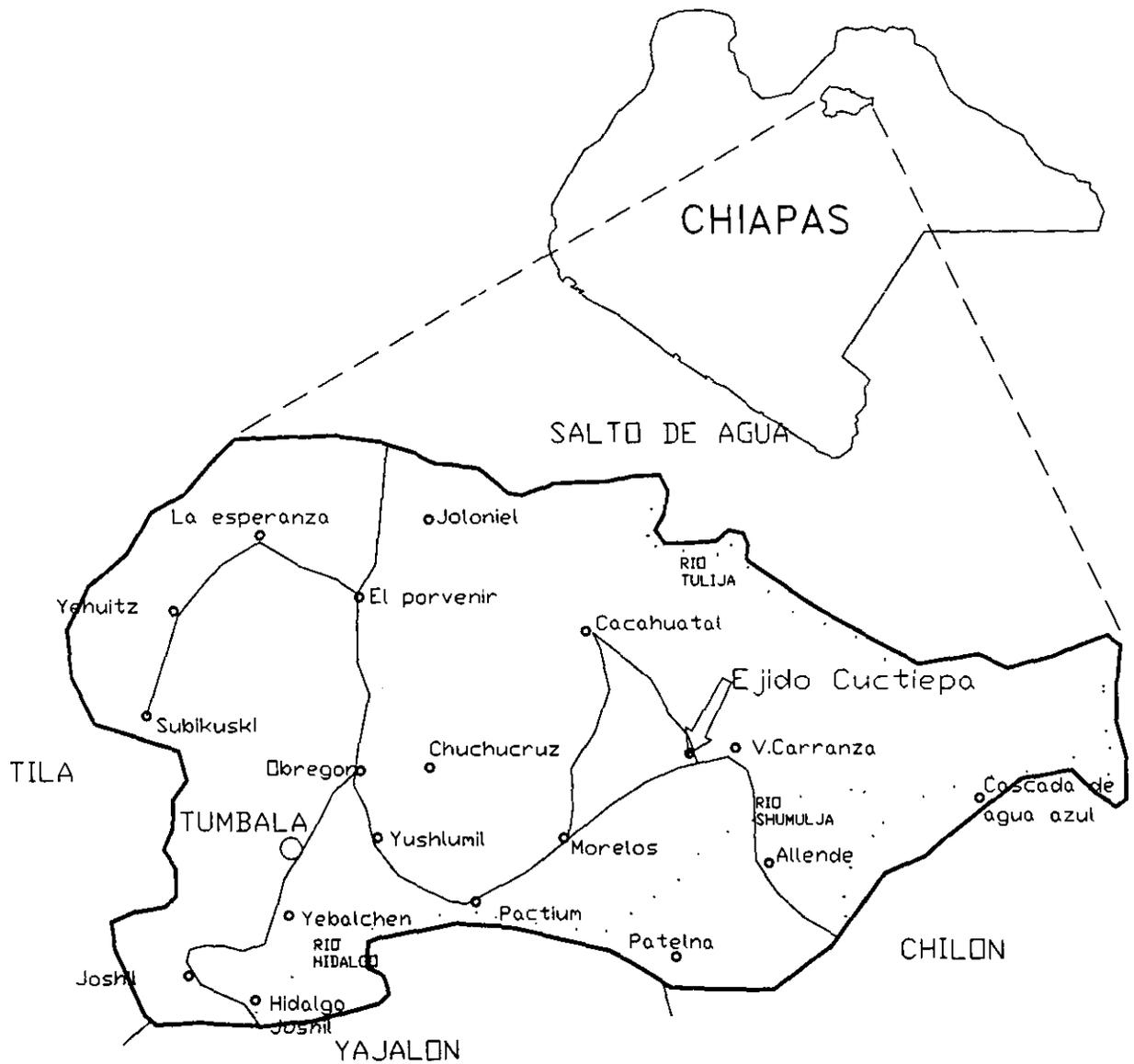
#### IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS PARA LA PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* EN CONDICIONES RÚSTICAS.

Se llevó a la cabo la selección, tratamiento del sustrato, inoculación y fructificación de *Pleurotus ostreatus* bajo condiciones rústicas, para obtener la eficiencia biológica para la producción de hongos comestibles de tres sustratos disponibles en una comunidad rural.

El trabajo se realizó en Cuctiepá, Municipio de Tumbalá en el estado de Chiapas, ubicada dentro del sistema montañoso del Oriente o Lacandonia y una pequeña porción de las Montañas del Norte. Su topografía está formada por sierras, lomeríos y planicies. Colinda al norte y noreste con el municipio de Salto de Agua, al oeste con el municipio de Tila, al sur y al sureste con el municipio de Yajalón y al sureste con el municipio de Chilón. El clima predominante es cálido-húmedo, con una temperatura media anual de 32 °C, clima caluroso, precipitación pluvial de 2000 a 2500 mm y se encuentra ubicado a una altitud de 1500 msnm (ver Plano de localización, Figura 1).

Se seleccionaron tres sustratos disponibles en la región: cáscara de coco, olote de maíz y hoja de maíz, los cuales se prepararon para el cultivo del *Pleurotus*, mediante: fragmentación, hidratación y pasteurización, como se indicó anteriormente. Se sembró el inóculo en bolsas de polietileno utilizando tres repeticiones bajo condiciones rústicas (ver Diagrama de flujo, Figura 2).

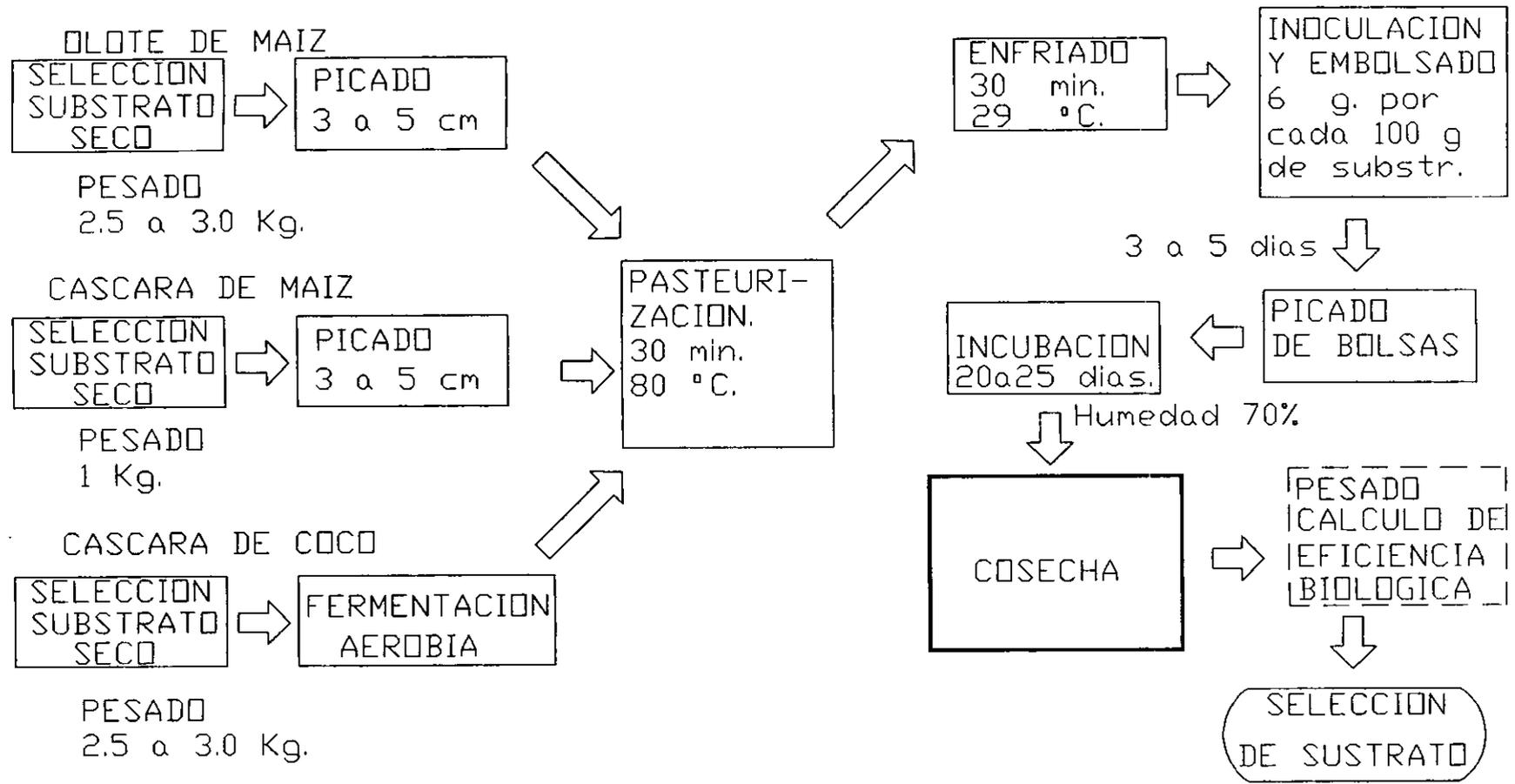
LOCALIZACIÓN DEL EJIDO  
CUCTIEPÁ, MPIO. DE TUMBALÁ, CHIS.



SIMBOLOGIA	
	CARRETERA TERRACERIA
	LIMITE MUNICIPAL
	RIOS
	CABECERA MUNICIPAL
	LOCALIDADES

UNAM	FES ZARAGOZA
LOCALIZACION DEL EJIDO CUCTIEPA, MPIO. DE TUMBALA, CHIAPAS.	
Rafael Alvarez Solis	FIG. 1

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO



El número de días transcurrido entre el momento de la siembra y la primer cosecha fue en promedio de 26 días y para la segunda cosecha de 31 días. Se obtuvieron cosechas superiores a 300 g de hongos en olote de maíz (Cuadro 6). Para determinar cuál de los sustratos probados fue el más adecuado se midió la eficiencia biológica de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia Biológica.} = \frac{\text{Peso de hongos frescos}}{\text{Peso seco de sustrato}} \times 100$$

Cuadro 6. Valores promedio de tres repeticiones de biomasa de hongo producido bajo las condiciones experimentales.

Sustrato	Peso seco sustrato (kg)	Biomasa de <i>Pleurotus</i> (kg)	Eficiencia biológica (%)
Cáscara de coco	0.324 Kg.	0.097	29.9
Olote de maíz	0.324 Kg.	0.313	96.6
Hoja de maíz	0.240 Kg.	0.145	60.4

Cabe destacar que los cuerpos fructíferos de los hongos no se desarrollaron completamente (mala calidad) en un pastel de hoja de maíz y que algunos pasteles con sustrato de cáscara de coco fueron de difícil manejo por su fragilidad. Durante la fase de fructificación se presentó el problema de desmoronamiento al manejar los sustratos de cáscara de coco, lo que pudo afectar el rendimiento biológico de éste,

obteniendo una eficiencia mucho mas baja que la encontrada de 78.55% por Bernabé (1993). Los sustratos de olote no presentaron problemas y se obtuvo una eficiencia biológica más alta; sin embargo, los valores reportados por la bibliografía oscilan alrededor de 96.3 % en olote sin fermentar y de 172.9 % en olote fermentado, por lo que puede esperarse mayores rendimientos durante la fase de producción (Bernabé, *et al.* 1993).

Se obtuvo la tasa de producción mediante la fórmula propuesta por Royse (1989), indicando que ésta fue más alta con sustrato a base de olote de maíz y menor en la de cáscara de coco (Cuadro 7).

Cuadro 7. Tasa de producción de *Pleurotus* en los tres sustratos.

Sustrato	Tiempo de cosecha (días).	Eficiencia biológica (%)	Tasa de producción
Cascará de coco	29.0	29.9	1.03
Olote de maíz	28.5	96.6	3.39
Hoja de maíz	28.5	60.4	2.12

Con base a los resultados de eficiencia biológica y tasa de producción, obtenidos durante esta prueba experimental, se establece que el olote de maíz con una eficiencia biológica de 96.6 % y una tasa de producción de 3.39, fue el mejor sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus* en las condiciones climáticas y rústicas donde se realizó el experimento. Con el sustrato de hoja de maíz, se

obtuvieron los mejores frutos (por la dimensión del pileo), obteniendo una eficiencia biológica menor a la reportada por Bernabé, *et al.* (1993), debido probablemente a la compactación del sustrato lo que inhibió el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

## V. PROTOTIPOS DE PLANTAS PRODUCTORAS

Del diseño y construcción de la planta productora de hongos comestibles para *Pleurotus ostreatus*, dependerá en buena parte el éxito de la empresa. La elección del diseño y los materiales para la construcción de una planta productora de hongos, dependerán de varios factores, entre las que destacan la especie a cultivar, la ubicación del terreno y los servicios con que cuente, el clima del sitio elegido, la disposición de insumos, las vías de acceso y facilidad de comercialización.

En este trabajo se dan las bases de dos prototipos de planta productora de hongo *Pleurotus*, para baja y mediana inversión siguiendo las recomendaciones de Guzmán y Martínez-Carrera (1985), con base en las técnicas descritas por Zadrazil (1978) y Zadrazil y Kurtzman (1982).

### V.1. Tamaño óptimo de la planta productora.

El tamaño de la planta productora de *Pleurotus* quedará establecido al determinar la capacidad instalada expresada en toneladas de hongo producido por

obtuvieron los mejores frutos (por la dimensión del pileo), obteniendo una eficiencia biológica menor a la reportada por Bernabé, *et al.* (1993), debido probablemente a la compactación del sustrato lo que inhibió el desarrollo de los cuerpos fructíferos.

## V. PROTOTIPOS DE PLANTAS PRODUCTORAS

Del diseño y construcción de la planta productora de hongos comestibles para *Pleurotus ostreatus*, dependerá en buena parte el éxito de la empresa. La elección del diseño y los materiales para la construcción de una planta productora de hongos, dependerán de varios factores, entre las que destacan la especie a cultivar, la ubicación del terreno y los servicios con que cuente, el clima del sitio elegido, la disposición de insumos, las vías de acceso y facilidad de comercialización.

En este trabajo se dan las bases de dos prototipos de planta productora de hongo *Pleurotus*, para baja y mediana inversión siguiendo las recomendaciones de Guzmán y Martínez-Carrera (1985), con base en las técnicas descritas por Zadrazil (1978) y Zadrazil y Kurtzman (1982).

### V.1. Tamaño óptimo de la planta productora.

El tamaño de la planta productora de *Pleurotus* quedará establecido al determinar la capacidad instalada expresada en toneladas de hongo producido por

año. Determinando tres factores de diseño para establecer la capacidad instalada, los cuales son:

a) Disponibilidad de sustratos

La disponibilidad del sustrato es un aspecto importante, ya que influye de manera significativa, no solo en la determinación de la planta, sino también en la selección del proceso. En este caso debe tomarse en cuenta la cantidad y la calidad de sustratos disponibles en las zonas cercanas a la planta productora. Las zonas rurales de los altos de Chiapas tienen como actividad preponderante el cultivo del maíz y el café, produciendo grandes cantidades al año de esquilmos, como se señaló anteriormente, entonces en esa zona los sustratos a base de desechos de la cosecha de maíz o café son muy importantes, debiendo aprovecharse como sustratos potenciales en el cultivo de hongos comestibles.

b) Financiamiento

El financiamiento se refiere a la cantidad de recursos económicos disponibles, es un factor limitante y principal de este trabajo. ya que en las zonas selva y altos de Chiapas, los pobladores de las comunidades son de escasos recursos. Para hacer este proceso más flexible se hacen dos diseños de instalaciones, siempre llevando el gasto al mínimo y sin ningún factor de sobrediseño, que amplie las instalaciones. Uno de estos diseños es para baja inversión a base de paredes de madera y techo

de lámina sin laboratorio de inoculación. El otro es de mediana inversión con paredes de ladrillo repellado, techo de lámina y laboratorio de inoculación.

### c) Demanda

Como se señaló dentro del análisis de mercado, se considera la demanda como la cantidad de personas que gustan del consumo de los hongos. Por lo anterior, y con base en los volúmenes de producción de las plantas que hasta hoy han venido funcionando en la región, se propone una producción de 16 kg por día. Para satisfacer la demanda de ciudades cercanas en donde se ubique la planta productora, la capacidad instalada para el diseño es de 9.54 Ton año<sup>-1</sup>, con una tasa de producción de 3.45 % al día.

### V.2 Diseño por áreas.

En la planta productora de hongos de baja inversión no se considera el laboratorio de producción del inóculo para disminuir la inversión inicial, lo que incide en la necesidad de obtener la semilla o inóculo secundario en otras plantas de la región o de instituciones del sector público, lo que debe realizarse con medidas estrictas de asepsia para agilizar el proceso. Para baja inversión se contará con las siguientes áreas:

- a) Zona de tratamiento de los sustratos.
- b) Zona de pasteurización.

- c) Zona de siembra del sustrato.
- d) Área de incubación de las bolsas.
- e) Área de producción.

Para la planta productora de hongos de mediana inversión se consideran las siguientes áreas:

- a) Zona de tratamiento de los sustratos.
- b) Zona de pasteurización.
- c) Laboratorio de producción de inóculo.
- d) Área de incubación del inóculo.
- e) Zona de siembra del sustrato.
- f) Área de incubación de las bolsas.
- g) Área de producción.

En el Plano No. 01 de distribución de áreas, para baja inversión y mediana inversión, se establece la propuesta para la distribución de tales áreas y su tamaño adecuado. Para cumplir con los objetivos se diseña para baja y mediana inversión aquellas áreas que debe tener una planta productora de hongos comestibles en condiciones óptimas. Se establece un solar de 10 m X 25 m como área mínima para la construcción de la planta.

### V.3 Zona de tratamiento de los sustratos.

Esta zona consiste en un patio donde se trata el sustrato, con una superficie proyectada de 30 a 40 m<sup>2</sup> (Guzmán, *et. al.* 1995), en la que se realizará el picado, remojo y fermentación.

a) Para baja inversión: se recomienda dejar un patio anexo a la planta productora, libre de basura. Para realizar el tratamiento del sustrato por fermentación se colocará un plástico en el suelo. Durante el picado se recomienda el uso de una mesa de madera para evitar que los sustratos se contaminen por el contacto con el suelo. Se considera disponibilidad de agua entubada.

b) Para mediana inversión: la superficie será cubierta de cemento; para favorecer el escurrimiento se proyecta una pendiente del 2 % con desagüe para evitar encharcamiento en los alrededores de esta zona. Se considera toma de agua y una picadora o molino de martillo.

#### V.4 Zona de pasteurización.

En esta zona se colocan contenedores de agua, en los cuales se dará el tratamiento de pasteurización.

Para baja y mediana inversión: los contenedores pueden ser botes metálicos de 200 litros de capacidad, soportados sobre estructura cilíndrica hecha con ladrillo para disminuir pérdidas de calor y con abertura para permitir el paso del oxígeno; con dimensiones suficientes para introducir un quemador (15 cm X 30 cm). Se utilizará

gas LP ó leña como combustible alternativo. La comunidad por su localización seleccionará el combustible de acuerdo a su facilidad de acceso.

Volumen del tanque de pasteurización = 200 litros

Volumen del canasto = 137.4 litros

Densidad del sustrato (madera de pino triturada) = 418.9 kg/m<sup>3</sup>

Peso del sustrato =  $\frac{\text{Peso de hongos frescos por día}}{\text{Eficiencia biológica}} \times 100$

Peso del sustrato = 105.61 kg de sustrato al día

Cálculo de el volumen del sustrato

$$V = \frac{\text{Masa de sustrato}}{\text{Densidad}}$$

Volumen de sustrato 0.2521 m<sup>3</sup> = 252.1 litros

W= Número de canastos a pasteurizar por día

$$W = \frac{\text{Volumen del sustrato}}{\text{Volumen del canasto}}$$

W = 1.8 entonces 2 veces se pasteurizan dos cargas de sustrato por día

Es necesario contar con instalación de gas y agua.

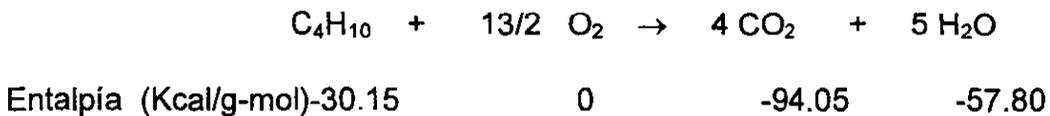
La estructura cilíndrica donde reposarán el tanque de pasteurización se hará de 15 cm de altura, con un quemador grande y regulador manual de flujo de gas.

En ambos casos es necesario disponer de canastos metálicos, con malla de alambre de orificio fino, con 50 cm de diámetro por 70 cm de altura. Es necesario la tapa del mismo material. También se pasteurizan dos cargas de sustrato por día.

Se debe colocar una polea para levantar el sustrato durante la pasteurización (ver Plano No. 02 , zona de pasteurización y tanque con quemador).

Cálculo de gas a utilizar durante la pasteurización:

Gas Licuado de Pemex (GLP) caracterizado como butano, de acuerdo a la siguiente reacción :



Entalpia de reacción = -635.05 Kcal/g-mol

PM butano = 58 g/g-mol

Agua a calentar 137.4 litros de 25°C a 80°C, (298°K a 353°K)

PM<sub>agua</sub> = 18 g-mol

m<sub>agua</sub> = 137.4 Kg      n = m/PM      n<sub>agua</sub> = 7.633 gmol

En función de la temperatura (Property of gas and liquids, 1989):

Cp<sub>agua</sub> = 7.701 + 4.595x10<sup>-4</sup> T + 2.521X10<sup>-6</sup> T<sup>2</sup> + 0.859X10<sup>-9</sup> T<sup>3</sup>      en (Kcal/g-mol°K)

Q<sub>agua</sub> = n Cp dT = 3643.21 cal = 3.643 Kcal.

$$\text{Número de moles de GLP} = \frac{\text{Qagua}}{\text{Entalpía de reacción}} = 5.737 \times 10^{-3} \text{ mol de GLP}$$

Usando Masa de GLP = Número de moles X PM butano

Masa de GLP por canasto = 332.7 g.

Considerando pérdida de calor un factor de 1.5 (McCabe, *et al.* 1991).

Masa de GLP al día = M GLP X 1.5 X W = 998.16 g al día.

#### V.5 Laboratorio de producción de inóculo.

En esta área se produce el inóculo secundario por incubación, en granos de maíz o sorgo dentro de frascos de vidrio, pasteurizados, a partir de micelio de *Pleurotus ostreatus*.

a) Para baja inversión: es recomendable que esta zona se elimine, si el cultivador puede adquirir regularmente el inóculo de alguna empresa en la región.

b) Para mediana inversión: esta zona debe contar con infraestructura que permita lavar, remojar, escurrir, envasar y esterilizar los frascos utilizados para el inóculo. Por lo tanto se deben tener instalaciones de gas, electricidad y agua. Se proyecta tarja de

aluminio o lavabo grande, piso hecho con material fácil de limpiar, al igual que las paredes. El tamaño bajo diseño de esta zona es de 4 m X 4 m (Bernabé, 1988).

Deben considerarse como mobiliario:

- a) Frascos de vidrio.
- b) Olla de presión.
- c) Mecheros de gas.
- d) Mesa de trabajo, cubierta con azulejo u otro material fácil de hacer la asepsia.

#### V.6 Área de incubación del inóculo.

Esta zona es posible ubicarla dentro del laboratorio, se recomienda destinar un lugar específico, cuya característica principal es la de conservar al máximo la estabilidad de la temperatura, por esto debe hacerse de material que impida el paso de plagas, pero que impida los cambios bruscos de temperatura. No es necesario contar con iluminación natural, ya que el desarrollo del micelio se realiza en la oscuridad. Dentro de esta zona se colocarán estantes metálicos o de madera pintada. Se debe contar con un termómetro de ambiente para llevar un registro cotidiano de temperatura, tratando de incubar el micelio entre 28 a 30 °C.

## V.7 Zona de siembra del sustrato.

En esta área es fundamental mantener condiciones de higiene. Se proyecta un área de 4 X 4 m protegida para evitar corrientes de aire. Las personas en este cuarto usarán tapabocas, guantes, cofia. Debe contarse con una o varias mesas.

a) Para baja inversión: se utilizarán dos mesas de madera cubiertas con plástico grueso o con lámina de aluminio, en este caso las medidas serán de 127 cm X 100 cm. Es importante que antes de usarlas, se laven con agua y jabón y posteriormente se desinfecten con alcohol. El piso deberá ser de cemento para facilitar su aseo. Las paredes pueden hacerse de madera o con corteza de árbol entrelazada, cuidando de no dejar pequeños orificios que permitan el paso de roedores. El techo propuesto es de lámina de aluminio o de cartón alternada con lámina traslúcida, preferentemente la lámina de aluminio por su baja capacidad térmica y alto grado de reflexión del calor, utilizando la lámina Zintro Alum modelo 0-30 de 84.27 cm por 3.66 m de largo, alternando al 2 por uno con lámina de poliéster Pintro Alum modelo Duretano K-35, con las mismas medidas.

Cálculo del material a utilizar:

$$\text{Número de tablas} = \frac{\text{perímetro}}{\text{(Ancho de tablas - traslape)}} = \frac{12 \text{ m}}{(0.27 \text{ m} - 0.05 \text{ m})} = 55 \text{ Tablas}$$

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho efectivo}} = \frac{4 \text{ m}}{0.7784 \text{ m}} = 6 \text{ láminas por lado}$$

Ancho efectivo = Ancho total - traslape por pijas (IMSA, 1988).

Número de vigas = Contadas de acuerdo al diseño.

Concreto para piso = 4 m X 4 m X 0.1 m = 1.6 m<sup>3</sup>

Ver Plano No. 03, zona de siembra del sustrato para baja inversión.

b) Para mediana inversión: se dispondrá de dos mesas con dimensiones de 2 m de largo y 1 m de ancho, pueden ser de cemento, metal o madera, en este último caso cubierta con plástico grueso para facilitar su limpieza. Esta mesa se utilizará para extender el sustrato y permitir que alcance una temperatura inferior a 30 °C. Se recomienda una repisa para colocar los implementos necesarios para la siembra (inóculo, bolsas de plástico, tapabocas, cofia, jabón, alcohol, etc.) para evitar salir y entrar durante el proceso. Se proyecta piso de cemento y paredes de material cubierto con concreto, de manera que se facilite la limpieza de esta área. El techo se proyecta en losa de concreto o lámina de aluminio (IMSA, 1988), que permita reflejar en mayor grado el calor en comparación con una lámina galvanizada; puede utilizarse lámina Zintro Alum.

Cálculo del material a utilizar incluyendo zona de siembra y laboratorio de inóculo:

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho efectivo}} = \frac{9 \text{ m}}{0.7784 \text{ m}} = 12 \text{ láminas por lado}$$

Concreto para piso = 4 m X 9 m X 0.1 m = 3.6 m<sup>3</sup>

Ver Plano No. 04, zona de siembra y laboratorio de inóculo para mediana inversión.

#### V.8 Área de incubación de las bolsas.

Las instalaciones de esta área deben permitir controlar la temperatura y la luz. Los requerimientos son simples; en la zona de producción se deja un área con unos estantes para la incubación.

a) Para baja inversión: se acondiciona un área en la zona de producción, cubierto con plástico negro, ya que no es necesaria la ventilación ni la iluminación. Los estantes serán 5 de acuerdo al plano, de madera con pintura de aceite, donde se colocarán las bolsas de 2.5 a 3 kg de sustrato, con capacidad para 300 bolsas de 50 X 70 cm (ver Plano No. 05: área de incubación de bolsas y área de producción, baja inversión).

b) Para mediana inversión: se instala una zona especial de 6 m X 5 m en donde se colocarán 5 estantes cuyas medidas de 5.0 m de largo 0.5 m de ancho y 1.5 m de altura con 3 entrepaños. Dichos estantes pueden ser de madera o de metal y los entrepaños de estos tendrán una separación de 50 cm entre sí. El área de incubación de las bolsas está diseñado para incubar aproximadamente 300 bolsas de 50 X 70 cm, las cuales después de 5 a 8 días de incubación se incorporan en la

zona de producción. Cada bolsa contendrá de 2.5 a 3 Kg. de peso, separadas en los estantes por 50 cm (ver Plano No. 06: área de incubación de bolsas y área de producción, para mediana inversión).

#### V.9 Área de producción.

En esta zona es importante mantener control sobre la ventilación, humedad ambiental, iluminación y temperatura. El diseño de la misma puede variar en forma y materiales, pero lo más recomendable es que las paredes, pisos y techos se puedan lavar con facilidad. Es fundamental que la zona esté protegida contra la entrada de roedores e insectos, en ventanas, canales de agua y salidas de aire.

a) Para baja inversión: se recomienda que entre las paredes y el techo se deje entrada de aire, protegidas con telas para insectos (organdí), para mantener baja la concentración de CO<sub>2</sub>, tratando de orientar la construcción hacia el norte o en el sentido de los vientos dominantes; en caso de no haber ventilación suficiente los cuerpos fructíferos crecerán anormales. Es necesario mantener la humedad ambiental en un margen entre 80 a 90 %, lo que puede alcanzarse manteniendo húmedo el piso y las paredes a través de descargas periódicas de agua mediante el uso de mangueras (dos veces al día); no se recomienda regar las bolsas directamente (Sánchez-Vázquez, 1994). Para el correcto desarrollo de las fructificaciones, se debe tener una luz indirecta o difusa en esta zona, que permita leer durante el día; esto puede lograrse por medio de ventanas laterales con lámina transparente o bien en caso de techos de lámina de aluminio alternadas con

láminas transparentes al 2 X 1. La temperatura es factor fundamental y debe ser mantenida cerca de 28 °C. En lugares templados y tropicales el cultivo del *Pleurotus* no representa problemas al mojar las paredes y pisos. En lugares fríos, el techo y paredes deben actuar como aislantes para evitar cambios bruscos de temperatura.

Una superficie 6 m X 9 m y 2.15 m de altura para esta zona es suficiente. Debe disponer de estantes de madera de 5 m de largo, 0.5 m de ancho y 1.5 m de altura con 3 entrepaños.

Cálculo del material a utilizar incluyendo área de incubación de bolsas y área de producción:

$$\text{Número de tablas} = \frac{\text{perímetro}}{(\text{Ancho de tablas} - \text{traslape})} = \frac{40 \text{ m}}{(0.27 \text{ m} - 0.05 \text{ m})} = 182 \text{ Tablas}$$

$$\text{Número de tablas para estantes} = 12 \text{ de un estante por } 14 = 168 \text{ Tablas}$$

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho efectivo}} = \frac{14 \text{ m}}{0.7784 \text{ m}} = 18 \text{ láminas por lado.}$$

$$\text{Tela para insectos} = \frac{B}{2} \times \frac{H}{2} = \frac{6}{2} \times \frac{1.8}{2} = 5.4 \times 2 \text{ lados} = 11 \text{ m}^2$$

$$\text{Número de vigas} = \text{De acuerdo al plano} + 5 \text{ vigas por estante.}$$

Concreto para piso = 14 m X 6 m X 0.1 m = 8.4 m<sup>3</sup>

Ver Plano No. 05: área de incubación de bolsas y área de producción, baja inversión.

b) Para mediana inversión: para la ventilación se pueden colocar extractores de aire, con capacidad de flujo que cambie el aire total, dos veces al día. Para mantener la humedad ambiental en la fase de fructificación, se humedecerán el piso y las paredes con un sistema de riego por goteo de mangueras con orificios colocadas a lo largo del techo, o regar dos veces al día con manguera con sifón que produzca rocío fino, en este caso se pueden regar las bolsas. Para la iluminación se recomienda ventanas laterales al norte y sur de esta zona, de 0.5 m X 1 m, o suministrar luz artificial con lámparas conocidas como luz de día a razón de 12 horas por día. Muchas cepas no alcanzan a desarrollarse en condiciones de oscuridad. La temperatura se controla, según el clima de la región, siempre procurando la temperatura media de 28 °C. El área de la zona de producción es de 6 m X 9 m con 9 estantes que pueden ser de madera pintada con pintura vinílica, con las mismas medidas que para baja inversión.

Cálculo de materiales:

Número de tablas para estantes = 12 de un estante por 14 = 168 Tablas

$$\text{Número de láminas} = \frac{\text{Largo}}{\text{Ancho efectivo}} = \frac{14 \text{ m}}{0.7784 \text{ m}} = 18 + 1 \text{ (Pared) por lado}$$

$$\text{Número de vigas} = 5 \text{ vigas por estante} \times 14 = 70 \text{ vigas}$$

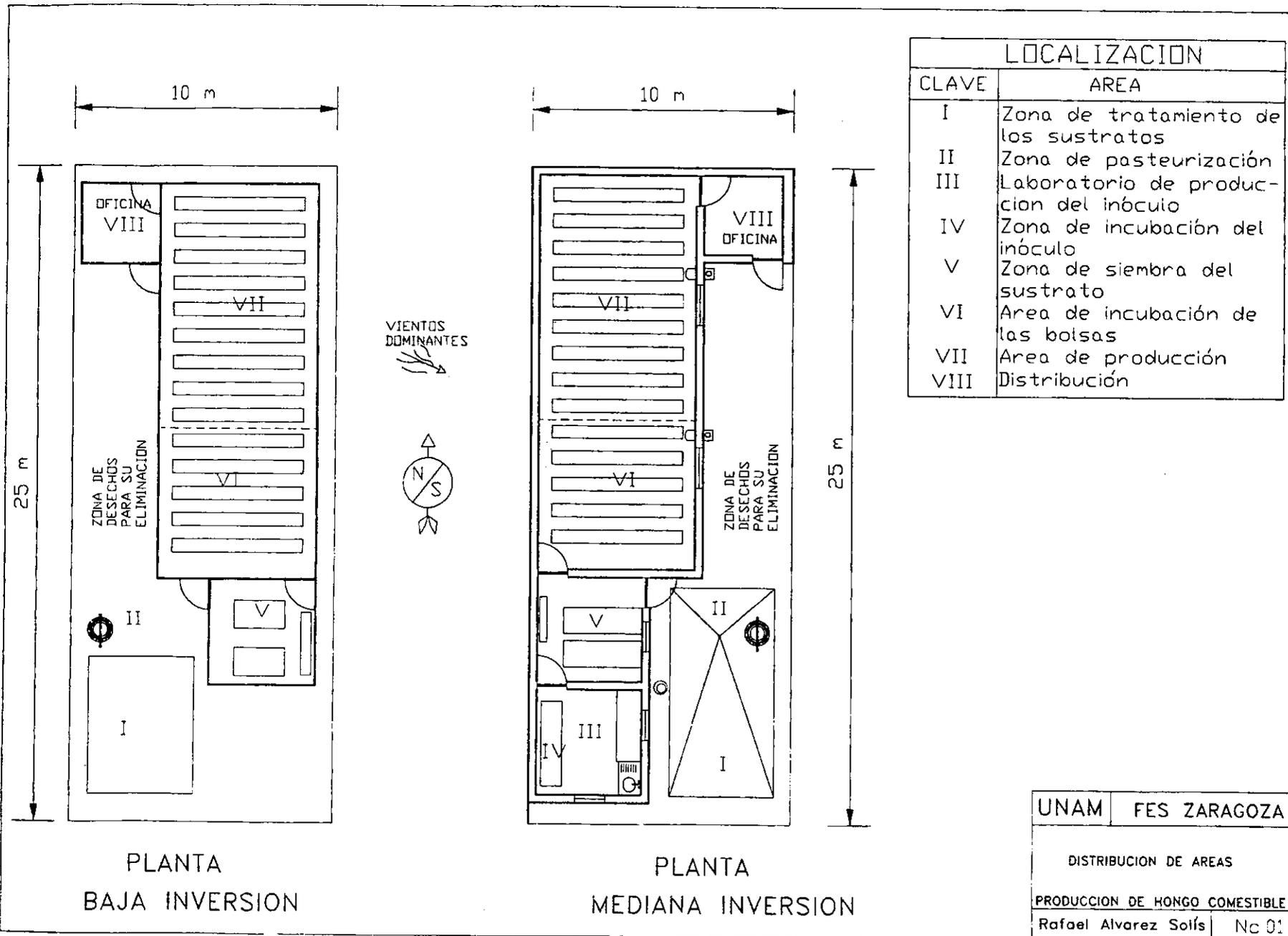
$$\text{Concreto para piso} = 14.6 \text{ m} \times 6 \text{ m} \times 0.1 \text{ m} = 8.8 \text{ m}^3$$

$$\text{Bloques de concreto} = \text{Área total de paredes} / \text{Área de 1 bloque} = 129 \text{ m}^2 / 0.08 \text{ m}^2 = 1613$$

Ver Plano No. 06, área de incubación de las bolsas y área de producción.

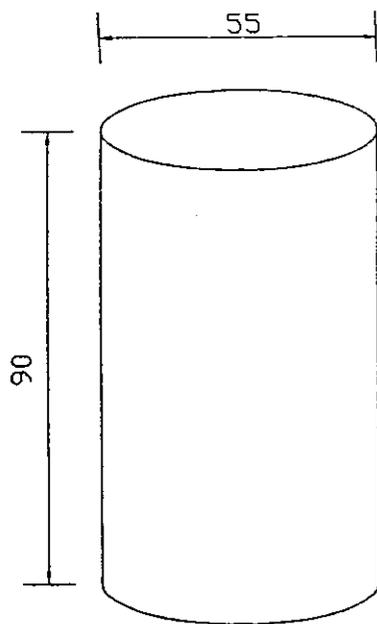
En muchos casos se pueden adaptar diferentes construcciones ya existentes en plantas productoras de hongos comestibles, procurando que se cumplan todos los requisitos señalados para hacer la producción mas eficiente. Es de suma importancia que al seleccionar el sitio donde se instale la planta productora de hongos, verificar que quede lejos de focos de contaminación, como basureros, fosas sépticas.

Finalmente, resulta necesario procurar un área como bodega o patio donde se almacenen los residuos de sustrato, mientras se les da uso.

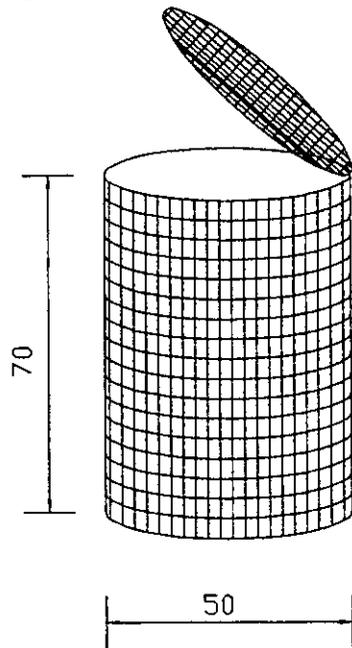


LOCALIZACION	
CLAVE	AREA
I	Zona de tratamiento de los sustratos
II	Zona de pasteurización
III	Laboratorio de producción del inóculo
IV	Zona de incubación del inóculo
V	Zona de siembra del sustrato
VI	Area de incubación de las bolsas
VII	Area de producción
VIII	Distribución

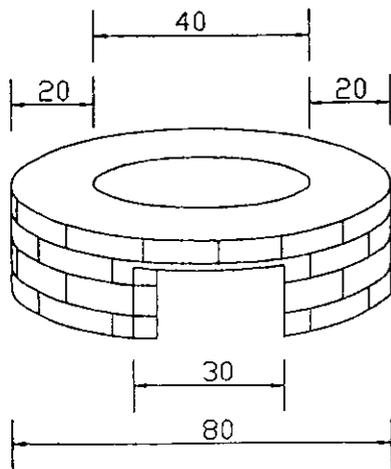
UNAM	FES ZARAGOZA
DISTRIBUCION DE AREAS	
PRODUCCION DE HONGO COMESTIBLE	
Rafael Alvarez Solís	Nc 01



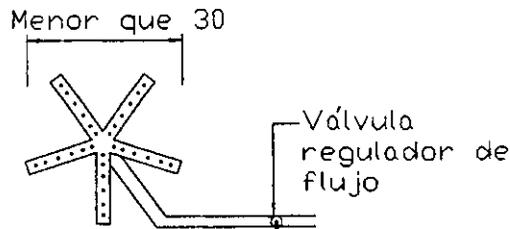
TANQUE DE PASTEURIZACION



CANASTO PARA SUBSTRATO

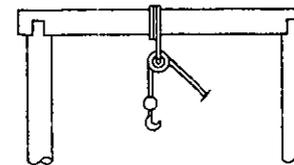


PARRILLA DE CONCRETO PARA TANQUE DE PASTEURIZACION



QUEMADOR

LISTA DE MATERIALES	
CANTIDAD	CONCEPTO
2 m	Tela de alambre con orificios menores a 0.5 cm.
1 pz	Recipiente o barril de acero de 90X55
50 pz	Bloque de concreto
50 kg	Cemento gris
1 pz	Quegador de gas LP
1 pz	Válvula para regular de mariposa
1 pz	Polea de pozo con resistencia de 500 Kg
2 pz	Vigas de madera de 3"X3" de 2 m de largo
1 pz	Viga de madera de 3"X3" de 2 de largo



SISTEMA DE POLEA

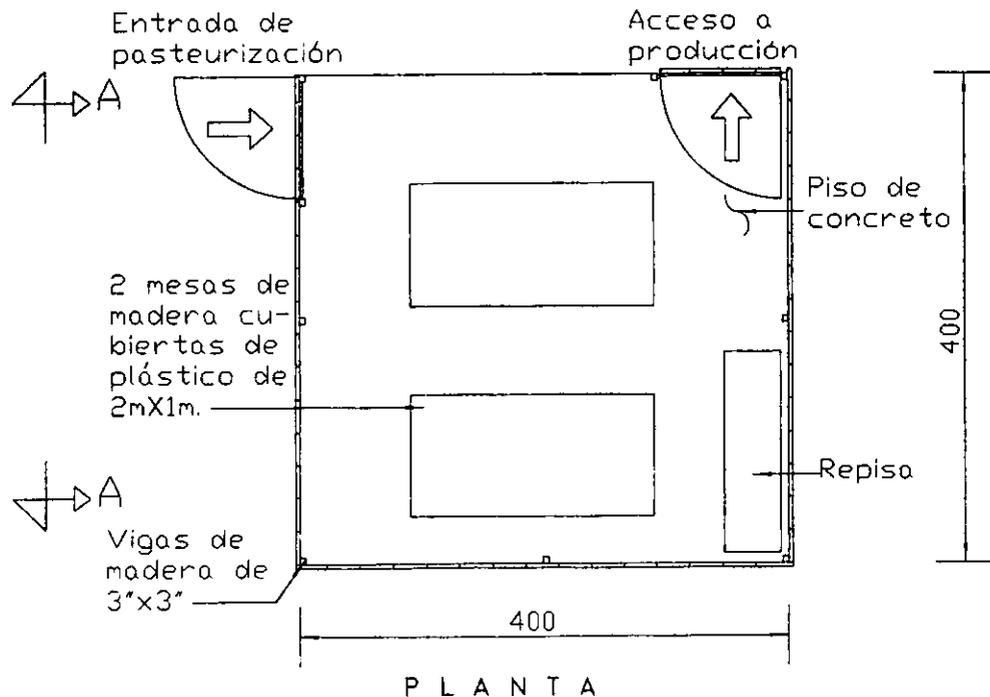
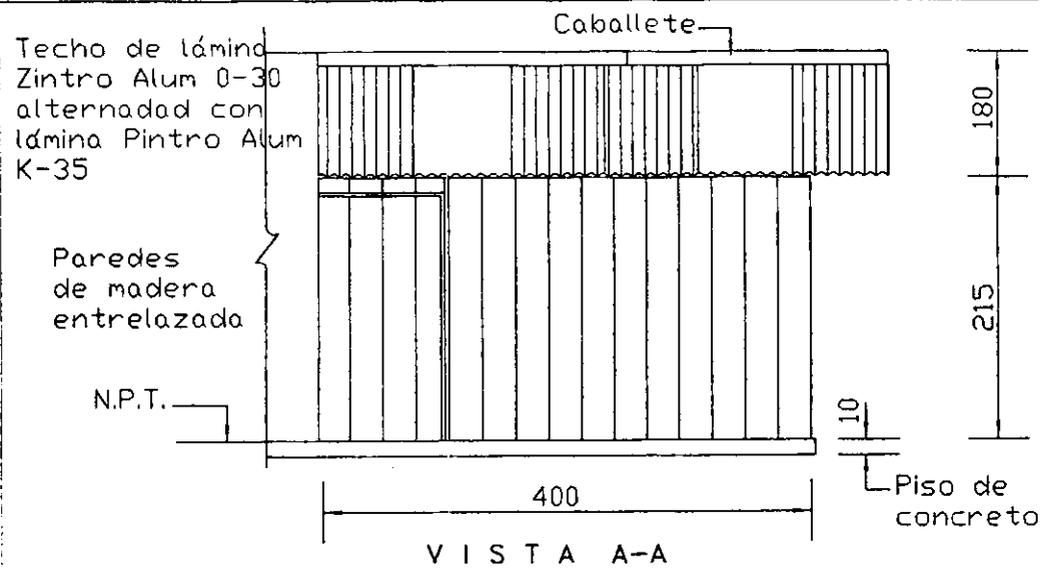
NOTA: Todas las dimensiones estan en centímetros.

UNAM FES ZARAGOZA

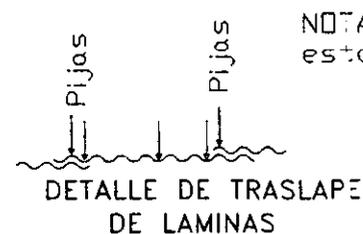
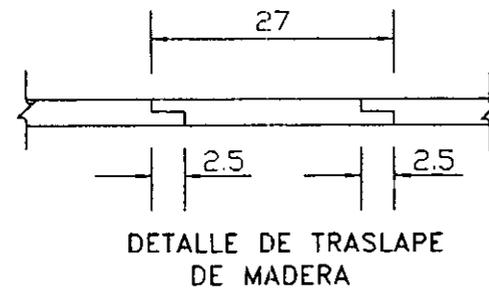
ZONA DE PASTEURIZACION

PRODUCCION DE HONGO COMESTIBLE

Rafael Alvarez Solís No. 02

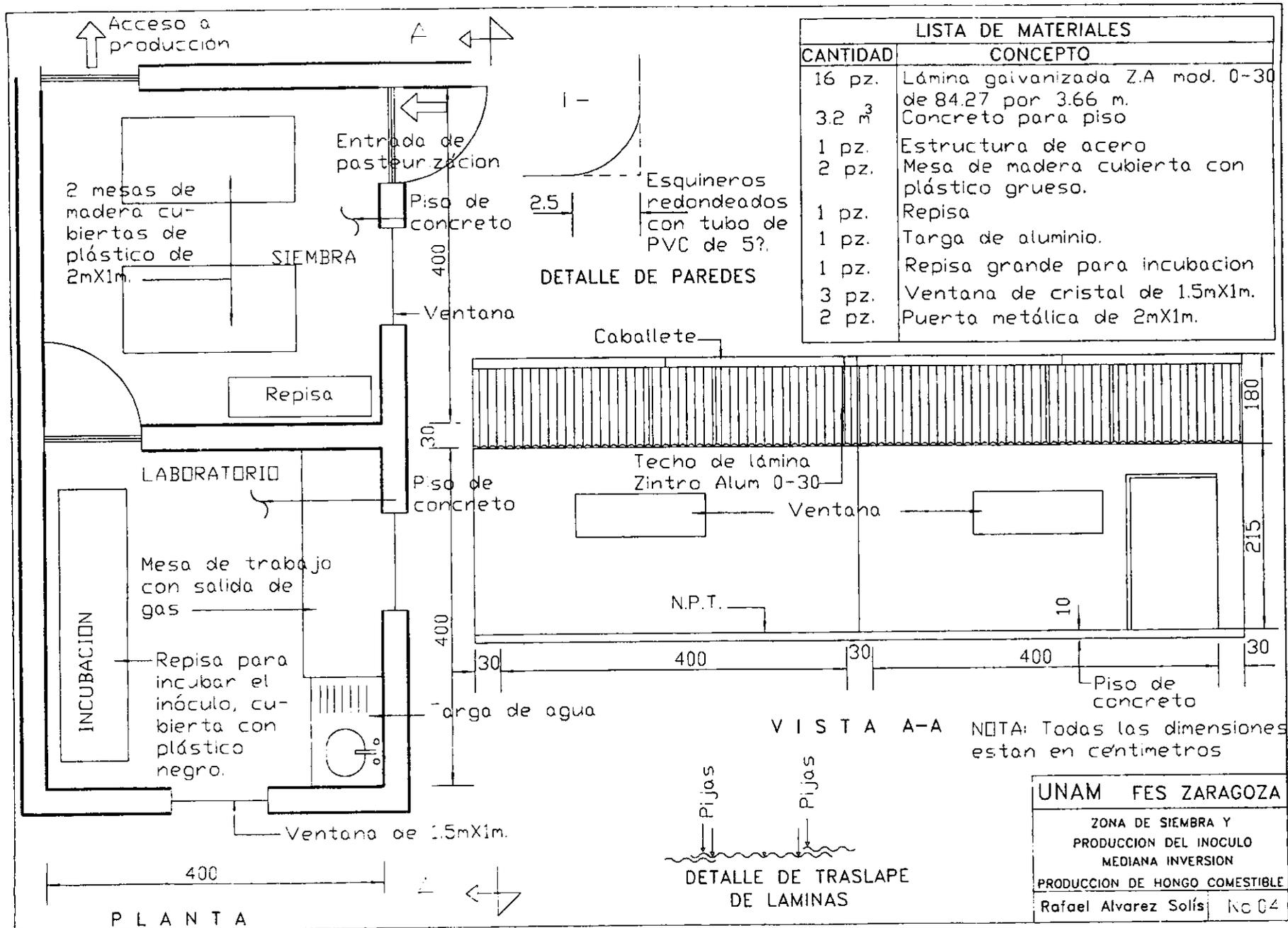


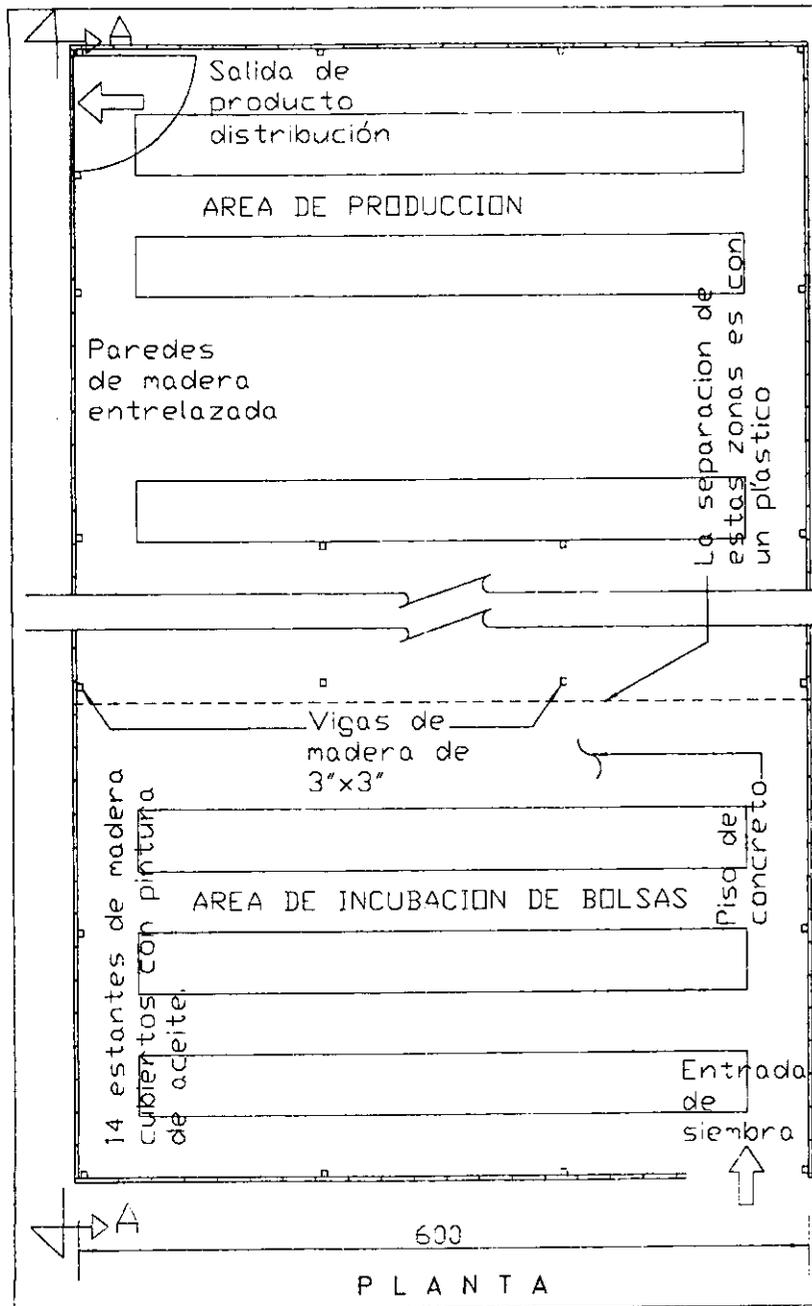
LISTA DE MATERIALES	
CANTIDAD	CONCEPTO
8 pz.	Lámina galvanizada Z.A. mod. 0-30 de 84.27 por 3.66 m.
4 pz.	Lámina poliester P.A. mod. k-35 de 84.27 por 3.66 m.
2 pz.	Mesa de madera cubierta con plástico grueso.
1 pz.	Repisa
1.6 m <sup>3</sup>	Concreto para piso
38 pz	Vigas de madera de 3"x3" de 2 m. de largo
3 pz	Vigas de madera de 5"x5" de 4 m. de largo
57 pz	Tablas de madera de 27cm X 1" con 2.15 m de largo.



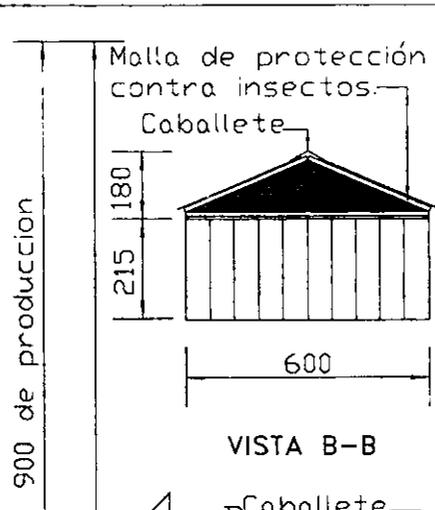
NOTA: Todas las dimensiones están en centímetros

UNAM FES ZARAGOZA	
ZONA DE SIEMBRA DEL SUBSTRATO BAJA INVERSION	
PRODUCCION DE HONGO COMESTIBLE	
Rafael Alvarez Solís	No.03

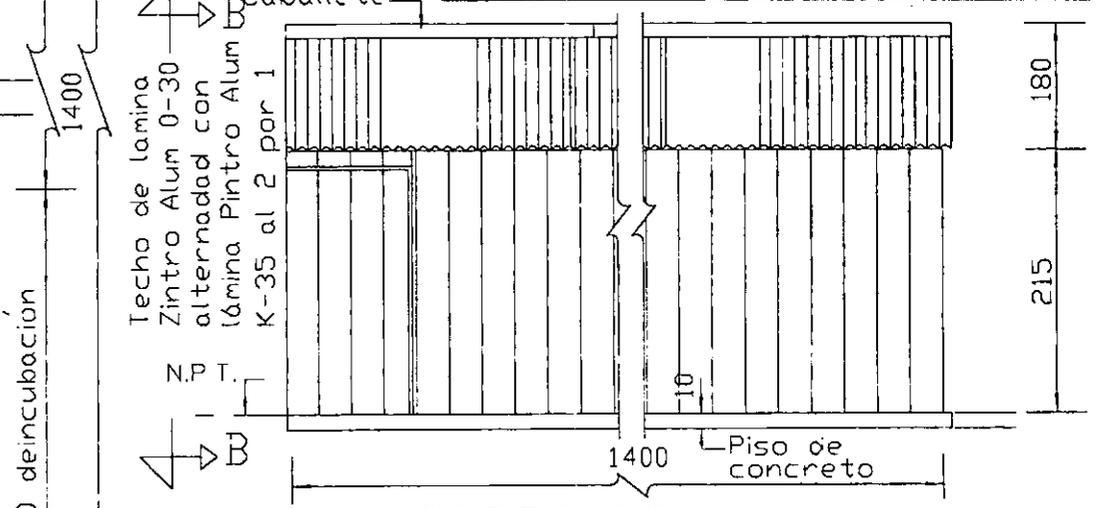




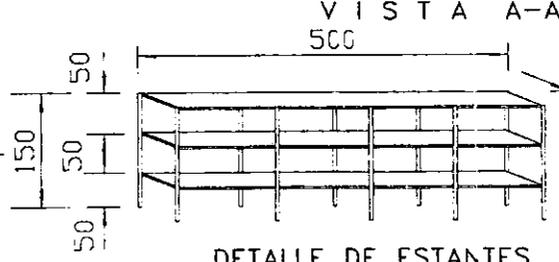
PLANTA



VISTA B-B



VISTA A-A

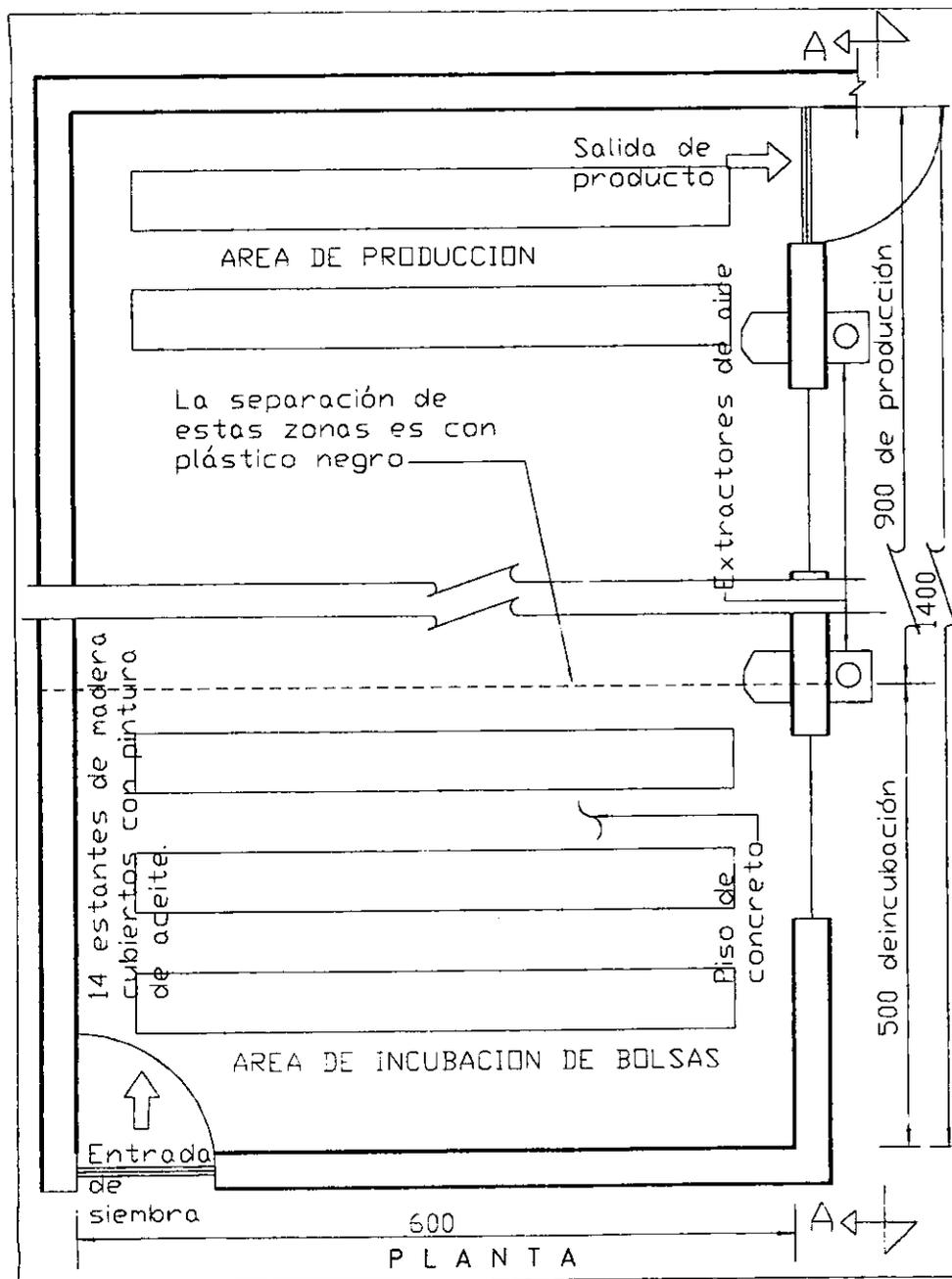


DETALLE DE ESTANTES

LISTA DE MATERIALES	
CANTIDAD	CONCEPTO
24 pz.	Lámina galvanizada Z.A. mod. 0-30 de 84.27 por 3.66 m.
12 pz.	Lámina poliester P.A. mod. k-35 de 84.27 por 3.66 m.
12 m <sup>2</sup>	Tela para insectos
8.4 m <sup>3</sup>	Concreto para piso
132 pz	Vigas de madera de 3"x3" de 3 m. de largo
10 pz	Vigas de madera de 5"x5" de 6 m. de largo
235 pz	Tablas de madera de 27cm X 1" con 2.15 m de largo.

NOTA: Todas las dimensiones están en centímetros

UNAM FES ZARAGOZA  
 ZONA DE INCUBACION Y PRODUCCION  
 BAJA INVERSION  
 PRODUCCION DE HONGO COMESTIBLE  
 Rafael Alvarez Solís No 05

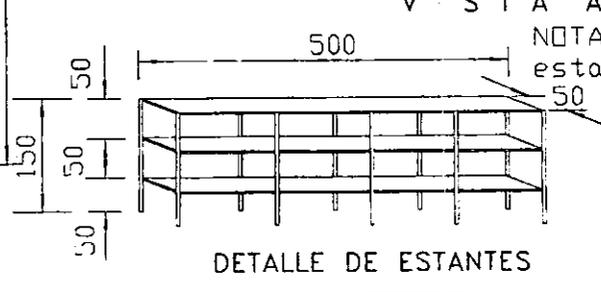
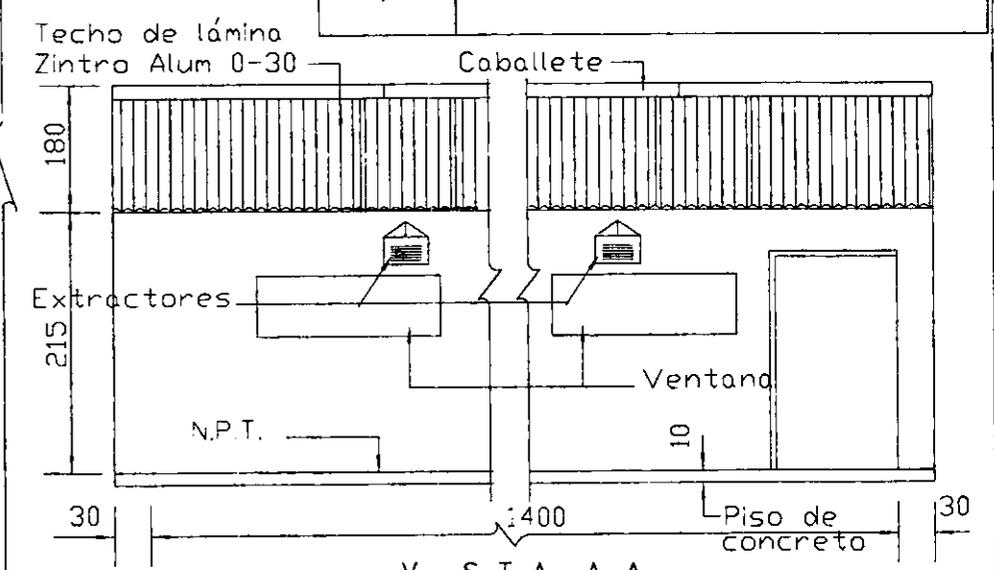


Esquineros redondeados con tubo de PVC de 5".

2.5

DETALLE DE PAREDES

LISTA DE MATERIALES	
CANTIDAD	CONCEPTO
38 pz.	Lámina galvanizada Z.A. mod. 0-30 de 84.27 por 3.66 m.
8.8 m <sup>3</sup>	Concreto para piso
1 pz.	Estructura de acero
70 pz.	Vigas de madera de 3"X3" con 3 m. de largo
56 pz.	Tablas de madera de 27cmX1.5cm con 3 m. de largo
2 pz.	Ventana de cristal de 1.5mX1m.
2 pz.	Puerta metálica de 2mX1m.
2 pz.	Extractores de aire



UNAM FES ZARAGOZA

ZONA DE INCUBACION Y PRODUCCION  
 MEDIANA INVERSION

PRODUCCION DE HONGO COMESTIBLE

Rafael Alvarez Solís No.06

## VI. COSTOS

De acuerdo a cotizaciones realizadas en las principales distribuidores de materiales para la construcción, ferreterías y distribuidores madereros, en la zona de los Altos de Chiapas, en el año de 1998 (ver anexo: cotizaciones) se llego a los siguientes costos:

### VI.1. Inversión inicial.

Prototipo para Baja inversión = \$ 31,190.60

Prototipo para Mediana inversión = \$ 47,265.40

### VI.2. Costos fijos mensuales.

Prototipo Baja inversión = \$ 6,030.57

Prototipo Mediana inversión = \$ 4,590.57

### VI.3. Costos variables mensuales.

Prototipos Baja y Mediana inversión = \$ 3,050.00

Estas cotizaciones se realizaron durante los meses de junio y julio de 1998, con precios de costos de materiales con libre abordo en las principales ciudades del estado de Chiapas. (ver anexos, cotizaciones).

Los factores que no se consideraron durante la inversión inicial, fueron :

a) Valor del terreno

Es el costo económico por unidad de área. En el seno de las comunidades rurales el precio de una hectárea puede variar desde \$ 1,000.00 hasta \$65,000.00, dependiendo las vías de acceso, irrigación y cultivos que ahí se realicen, por lo que la inversión inicial en este parámetro es muy variable de un terreno a otro, lo cual afectaría la confiabilidad de este proyecto.

b) Mano de obra

Es el costo económico de la fuerza de trabajo durante la construcción de una planta. En algunas ocasiones la política gubernamental en cuanto a este tipo de proyectos, es la de proveer de recursos financieros, mientras que la población de una comunidad rural es aportar la mano de obra. No obstante, es importante revalorizar el empleo de la fuerza de trabajo con salarios más justos.

#### VI.4. Factibilidad

Para mediana inversión:

INVERSIÓN INICIAL = \$ 47,265.40

VENTAS MENSUALES = \$ 20 X 16 Kg X 30 días = \$ 9,600.00

COSTOS MENSUAL = Costo fijo + Costo Variable = \$ 7,640.57

FLUJO DE CAPITAL MENSUAL = Ventas - Costos = \$ 1,959.43

FLUJO DE CAPITAL ANUAL = \$23,513.16

AMORTIZACIÓN = FLUJO DE CAPITAL ANUAL / INVERSIÓN INICIAL

AMORTIZACIÓN = 49.75 %

Cuadro 8. Amortización para mediana inversión.

Año	1999	2000	2001
Flujo de capital	23514.54	47029.08	70543.62

El proyecto es factible porque se recupera la inversión inicial en menos de 3 años del arranque de la planta productora de hongos (Porter, 1994).

Para baja inversión:

INVERSIÓN INICIAL = \$ 31,190.60

VENTAS MENSUALES = \$ 20 X 16 Kg X 30 días = \$ 9,600.00

COSTOS MENSUAL = Costo fijo + Costo Variable = \$ 9,080.57

FLUJO DE CAPITAL MENSUAL = Ventas - Costos = \$ 519.43

FLUJO DE CAPITAL ANUAL = \$ 6,233.16

AMORTIZACIÓN = FLUJO DE CAPITAL ANUAL / INVERSIÓN INICIAL

AMORTIZACIÓN = 20 %

Cuadro 9. Amortización para baja inversión.

Año	1999	2000	2001	2002	2003
Flujo de capital	6238.12	12476.24	18714.36	24952.48	31190.06

El proyecto es factible porque se recupera la inversión inicial en menos de 5 años del arranque de la planta productora de hongos (Porter, 1994).

## VII. CONCLUSIONES

El cultivo de hongos comestibles constituye una alternativa para el aprovechamiento de los residuos agropecuarios y agroindustriales en el estado de Chiapas

La especie *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible muy versátil con una gran capacidad de adaptación a las diferentes situaciones climáticas.

De los tres sustratos analizados en la fase de experimental, se encontraron mejores rendimientos con olote de maíz, que con cáscara de coco u hoja de maíz, registrando una eficiencia biológica de 96.6% en las condiciones rústicas y climáticas probadas.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus*, es factible para baja inversión de acuerdo a diseño, con un periodo de recuperación de cinco años.

El cultivo de *Pleurotus ostreatus*, es factible para mediana inversión de acuerdo a diseño, con un periodo de recuperación de tres años.

Se necesita realizar un estudio socioeconómico para definir la localización de la planta productora y su capacidad de producción, aunado a campañas de promoción en el consumo de los hongos.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, P. R., 1977. Monografía sobre hongos comestibles. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Anónimo, 1998. Información técnica de perfiles acanalados. Boletín, Industrias Monterrey, S. A., México, 23.
- Benítez, C. F. A., 1999. Caracterización de 18 cepas de *Pleurotus djamor* nativas de la región del Soconusco, Chiapas. Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, UNACH, Tapachula, Chiapas. 9-11.
- Bernabé, G. T., 1995. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* en el estado de Guerrero. UAG, Dirección de Investigación Científica, México. 54.
- Bernabé, G. T., Domínguez, R. M. S. y Bautista, B. S. A., 1993. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* var. florida sobre fibra de coco y pulpa de café. Rev. Mex. Mic. 9:13-18.
- Calvo-Bado, L. A., 1994. Estudio técnico para la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jaqc. ex Fr.) Kumer bajo condiciones rústicas. Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, UNACH. 60.
- Crane, W., 1989. Flujo de fluidos en válvulas y accesorios, Mc Graw Hill, México.
- Chang, S. T. and Miles, P. G., 1989. Edible mushroom and their cultivation, C.R.C. Press. 27-40 y 238-275.
- De León-Chocooj, R., Guzmán, G. y Martínez-Carrera, D., 1988. Planta productora de hongos comestibles en Guatemala, Rev. Mex. Mic. 4:297-300.
- Escobar, P. O. A., 1998. Análisis de mercado para conocer el consumo de hongos comestibles en la ciudad de Tapachula de Cordova y Ordóñez, Chiapas. Tesis

- de licenciatura, Facultad de Ciencias de la Administración, UNACH, Tapachula, Chiapas. 85.
- Gouthard, W. F., 1971. Managing and using engineering drawings, Chemical Engineering.
- Guzmán, D. L., Martínez-Carrera, D., Morales, P. y Soto, C., 1987. El cultivo de hongos comestibles *Pleurotus* sobre el bagazo de maguey de la industria tequilera. Rev. Mex. Mic. 3:47-49.
- Guzmán, D. L., Soto, C. y Martínez-Carrera, D., 1997. El bagazo de caña de azúcar como sustrato en la producción de *Pleurotus* en Jalisco. Rev. Mex. Mic. 3:19-82.
- Guzmán, G., 1990. Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes, Ed. Limusa Noriega, México 1990. 15-23 y 43-122.
- Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D, Soto-Velasco, C. y Guzmán, D. L., 1995. El cultivo de los hongos comestibles, 1a. ed., Veracruz, I.P.N., México.
- Harmander, S. R., 1991. Mushrooms, the art of cultivation. Sterling Publishers Private Limited, India. 95-109.
- Haynes, M. E., 1992. Administración de proyectos desde la idea hasta la implantación. Grupo Editorial Iberoamericana, S. A. de C. V., España. 86.
- Hernández, I. H., Sánchez-Vázquez, J. E. y Calvo, B. L. A., 1995. Estudio de cinco cepas nativas de *Pleurotus* spp de la región de Tapachula, Chiapas, México. Rev. Mex. Mic. 11:29-38.
- INEGI, 1996. Anuario estadístico del estado de Chiapas. 1a. ed., Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado, México. 121-123.

- López, A. A., 1977. Contaminantes del proceso de producción de *Pleurotus ostreatus*, en la planta PROBIOTEC, municipio de Cacahoatán, Chiapas. Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, UNACH, Chiapas. 44.
- Martin, D. L. y Gersuny, G., 1992. The rodale book of composting. Rodale Press. Inc., USA. 1-278
- Martínez-Carrera, D. y Morales, P., 1988. Variación morfológica y fisiológica de *Pleurotus ostreatus* en la región de Jalapa, Veracruz, México. Mic. Neotrop. Aplic. 1:71-78.
- Martínez-Carrera, D., Morales, P. y Sobal, M., 1988. Cultivo de diversas cepas mexicanas de *Pleurotus ostreatus* sobre pulpa de café y paja de cebada. Rev. Mex. Mic. 4:153-160.
- Martínez-Carrera, D., Quirarte, M., Soto-Velazco, C., Salmones, D. y Guzmán, G., 1984. Perspectivas sobre el cultivo de hongos comestibles en residuos agroindustriales en México. Bol. Soc. Mex. Mic. 19:207-219.
- Martínez-Carrera, D., Soto, D., y Guzmán, G., 1985. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café con paja como sustrato, Rev. Mex. Mic. 2:101-108.
- Martínez-Carrera, D., Soto-Velazco, C., Murrieta, M. E. y Guzmán, G., 1986. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre hojas usadas en la extracción de aceites esenciales. Rev. Mex. Mic. 2:119-124.
- McCabe, W. L., Smith, J. C, y Harriott, P., 1991. Operaciones básicas de ingeniería química. 4a ed., Mc Graw Hill, España. 445-480.
- Morales, P., 1987. Cultivo de *Pleurotus ostreatus* sobre la pulpa de cardamomo. Rev. Mex. Mic. 3:71-73.

- Moreno, R. L., 1996. Factibilidad del cultivo del *Lentinus edodes* en la región del Soconusco, Chiapas. Tesis de licenciatura, Escuela de Ciencias Químicas, UNACH, Tapachula, Chiapas, México, 40.
- Porter, E. M., 1993. Ventaja competitiva. CECSA, LIMUSA, México.
- Porter, E. M., 1994. Estrategia competitiva. CECSA, LIMUSA, México.
- Rangel, S. J., Young, M. M. A. y Beristain, B. B., 1986. Panorama general de producción y aprovechamiento de residuos agrícolas y agroindustriales. Memorias del taller regional, INIREB, México.
- Royse, D. J., 1985. Effect of spawn run time and substrate nutrition on yield and size of the shitake mushroom., *Mycologia* 77:756-762.
- Royse, D. J., 1989. Factors influencing the production rate of shitake. *Mush. J. Tropics*. 9:127-136.
- S.A.R.H.-C.E.R.I., 1992. Marco de referencia de forrajes y sistemas de producción bovina en la costa de Chiapas. México.
- Sánchez-Vázquez, J. E., 1994. Producción de Hongos Comestibles, Centro de Investigaciones Ecologicas del Sureste, S. C. L. C., Chiapas, México, 108.
- Sánchez-Vázquez, J. E., Huerta, P. G. y Calvo, B. L., 1996. El cultivo de los hongos comestibles como una alternativa sustentable en el trópico. In: I. H. Chapela and M. E. Palm, *Mycology in sustainable development. Expanding concepts, Vanishing Borders*, North Carolina, Parkway Publishers. 227-237.
- Soto, C., Martínez-Carrera, D., Morales, P. y Sobal, M., 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.

- Soto-Velazco, C., Guzmán-Davalos, L. y Rodríguez, O., 1989. Cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* sobre bagazo de maguey tequilero fermentado y mezclado con paja de trigo. Rev. Mex. Mic. 5:97-101.
- Villa-Cruz, V., 1999. Fermentación sólida de la mezcla de olote de maíz y pulpa de café para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Tapachula, Chiapas, México. 59.
- Villa-Cruz, V., Huerta-Palacios, G. y Sánchez-Vázquez, J. E., 1999. Fermentation of a mixture of corn-cobs and coffee pulp for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. Micol. Neotrop. Aplic. 12:67-74.
- Villahernández, M. A., 1970. Estudio técnico-económico sobre las posibilidades de aprovechamiento de desperdicios de origen vegetal. Tesis de licenciatura, UNAM, México.4-15.
- Zadrazil, F., 1978. Cultivation of *Pleurotus*. In: The biology and cultivation of edible mushrooms. Edited by Chang-Hayes. Ac. press. 521-537.
- Zadrazil, F., y Kurtzman, R., 1982. The biology of *Pleurotus* cultivations in the tropics. In: Chang, S. T. y Quimio, T. H. (eds.), Tropical mushrooms. Biological nature and cultivation methods. The Chinese University Press. Hong Kong, p. 493.

## IX. ANEXOS

### IX.1. COTIZACIONES

#### PLANTA PRODUCTORA DE HONGOS DE BAJA INVERSIÓN

CONCEPTO	UNI.	CANT.	PREC./UNI	PRECIO
Lámina galvanizada Zintro A. mod. 0-30 d	pza	32	73	2,355.2
Lámina poliester P.A. mod. K-35 de 84.27	pza	16	178	2,854.4
Malla para insectos de orificio pequeño	m2	16	10	160.0
Vigas de madera de 3"X3" de 3 m. de largo	pza	170	40	6,868.0
Vigas de madera de 5"X5" de 6 m. de largo	pza	13	80	1,046.5
Tablas de madera de 27 cm por 2.40 de largo	pza	405	25	10,327.5
Quemador de gas L.P. (30 de diámetro)	pza.	1	40	40.0
Válvula de mariposa	pza	1	12	12.0
Gastos de instalación de gas	jgo	1	800	800.0
Cemento gris puzolánico	bulto	58	54	3,132.0
Calhidra	bulto	175	15	2,625.0
Bloque de concreto	pza	100	3.2	320.
Gastos de instalación de electricidad	jgo.	1	650	650.

BAJA INVERSIÓN INICIAL = \$ 31,190.60

## PLANTA PRODUCTORA DE HONGOS DE MEDIANA INVERSIÓN

CONCEPTO	UNI.	CANT.	PREC./UNI	PRECIO
Lámina galvanizada Zintro A. mod. 0-30 d	pza	62	73	4,563.2
Estructura de acero para claro de 14 X 6	jgo	1	6,500	6,500.0
Estructura de acero para claro de 9 X 4	jgo.	1	4,800	4,800.0
Vigas de madera de 3"X3" de 3 m. de largo	pza	70	40	2,828.0
Tablas de madera de 27 cm por 2.40 de largo	pza	168	25	4,284.0
Quemador de gas L.P. (30 de diámetro)	pza.	1	40	40.0
Válvula de mariposa	pza	1	12	12.0
Gastos de instalación de gas	jgo	1	800	800.0
Cemento gris puzolánico	bulto	106	54	5,724.0
Calhídra	bulto	317	15	4,755.0
Bloque de Concreto	pza	1713	3.2	5,481.6
Gastos de instalación de electricidad	jgo.	1	650	650.0
Targa de aluminio grande	pza	1	507	507.0
Puertas metálicas de 1m X 2 m	pza	4	850	3,400.0
Ventanas de acero con cristal de 1.5 m X 1 m.	pza	4	380	1,520.0
Extractores de aire de 53X17.7X50 cm	pza	2	700	1,400.0

MEDIANA INVERSIÓN INICIAL = \$ 47,265.40

## IX.2. COSTOS FIJOS MENSUALES

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

### PLANTA PRODUCTORA DE HONGOS DE BAJA INVERSIÓN

CONCEPTO	UNI.	CANT.	PREC./UNI	PRECIO
Encargadas de la siembra, cuidado y cosecha	psa	2	820	1,640.0
Encargado de venta y de la planta	psa	1	1,500	1,500.0
Combustible	Kg	29.9	3.28	98.0
Bolsas de polietileno de 50X70 cm	Kg	7.5	15	112.0
Agua	Tarifa		25	25.0
Electricidad	Tarifa		15	15.0
Inóculo primario para la siembra	Kg	176	15	2,640.0

**COSTOS FIJOS MENSUALES BAJA INVERSIÓN = \$ 6,030.5**

### PLANTA PRODUCTORA DE HONGOS DE MEDIANA INVERSIÓN

CONCEPTO	UNI.	CANT.	PREC./UNI	PRECIO
Encargadas de la siembra, cuidado y cosecha	psa	2	820	1,640.0
Encargado de venta y de la planta	psa	1	1,500	1,500.0
Encargado de laboratorio	psa.	1	1,200	1,200.0
Combustible	Kg	29.9	3.28	98.0
Bolsas de polietileno de 50X70 cm	Kg	7.5	15	112.0
Agua	Tarifa		25	25.0
Electricidad	Tarifa		15	15.0

**COSTOS FIJOS MENSUALES MEDIANA INVERSIÓN = \$ 4,590.5**

### IX.3. COSTOS VARIABLES MENSUALES

#### BAJA INVERSIÓN Y MEDIANA INVERSIÓN

CONCEPTO	UNI.	CANT.	PREC./UNI	PRECIO
Transporte de la mercancía	día	30	50	1,500.0
Viáticos	día	30	30	900.0
Jabón, cloro, escobas, trapeadores	varios		150	150.0
Otros	varios		500	500.0
COSTOS VARIABLES MENSUALES BAJA Y MEDIANA INVERSIÓN = \$				3,050.0